İSSN 2708-955X

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION OF AZERBAIJAN REPUBLIC
SUMGAYIT STATE UNIVERSITY

KONFRANS
MATERİALLARI

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

CONFERENCE PROCEEDINGS

2020 № 7

SDU
SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

SUMQAYIT - 2020

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION OF AZERBAIJAN REPUBLIC
SUMGAYIT STATE UNIVERSITY

KONFRANS
MATERİALLARI

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

CONFERENCE PROCEEDINGS

2020 № 7

SUMQAYIT – 2020
СУМГАИТ – 2020
SUMGAYIT – 2020

Sumqayıt Dövlət Universiteti
Konfrans materialları

REDAKSİYA HEYƏTİ

ELXAN HÜSEYNOV *prof., rektor (baş redaktor)*
RAMAZAN MƏMMƏDOV *prof., elm və innovasiyalar üzrə prorektor, (baş redaktor müavini)*
ƏKBƏR AĞAYEV *prof. (təbiət və texniki elmlər bölməsi üzrə məsul katib)*
NİGAR İSGƏNDƏROVA *prof., (sosial və humanitar elmlər bölməsi üzrə məsul katib)*

Сумгаитский государственный университет
Материалы конференций

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ЭЛЬХАН ГУСЕЙНОВ *проф., ректор (главный редактор)*
РАМАЗАН МАМЕДОВ *проф., проректор по науке и инновациям (заместитель главного редактора)*
АКПЕР АГАЕВ *проф. (ответственный секретарь раздела естественных и технических наук)*
НИГЯР ИСКЕНДЕРОВА *проф., (ответственный секретарь раздела социальных и гуманитарных наук)*

Sumgayit State University
Conference proceedings

EDITORIAL BOARD

ELKHAN HUSEYNOV *prof., rector (chief editor)*
RAMAZAN MAMMADOV *prof., vice-rector for science and innovations, (deputy chief editor)*
AKBAR AGAYEV *prof. (executive secretary of the department of natural and technical sciences)*
NIGAR ISGANDAROVA *prof., (executive secretary of the department of social and humanitarian sciences)*

TƏTBİQİ FİZİKA VƏ ENERGETİKANIN AKTUAL MƏSƏLƏLƏRİ

II BEYNƏLXALQ ELMİ KONFRANS

(12-13 noyabr 2020-ci il)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

(12-13 ноября 2020-го года)

ACTUAL PROBLEMS OF APPLIED PHYSICS AND ENERGETICS

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

(November 12-13, 2020)

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

RUSİYA FEDERASİYASININ ELM VƏ ALİ TƏHSİL NAZİRLİYİ
TATARISTAN RESPUBLİKASININ ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
FEDERAL PEŞƏ TƏHSİLİ DÖVLƏT BÜDCƏ TƏHSİL TƏŞKİLATI
KAZAN DÖVLƏT ENERGETİKA UNİVERSİTETİ

TƏTBİQİ FİZİKA VƏ ENERGETİKANIN AKTUAL MƏSƏLƏLƏRİ
II BEYNƏLXALQ ELMİ KONFRANS
12-13 noyabr 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
12-13 ноября 2020

MINISTRY OF EDUCATION OF AZERBAIJAN REPUBLIC
SUMGAIT STATE UNIVERSITY
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN
FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
«KAZAN STATE POWER ENGINEERING UNIVERSITY»

ACTUAL PROBLEMS OF APPLIED PHYSICS AND ENERGETICS
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE FOR THE
November 12-13, 2020

TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ
ORGANIZING COMMITTEE

HƏMSƏDRLƏR

E.B.Hüseynov	SDU-nun rektoru, professor
Э.Ю.Абдуллазянов	Ректор КГЭУ, доцент

SƏDR MÜAVİNLƏRİ

R.S.Məmmədov	SDU-nun Elm və innovasiyalar üzrə prorektoru, professor
И.Г.Ахметова	Проректор по научной работе КГЭУ, доцент

ÜZVLƏR

N.H.Talıbov	SDU-nun Tədrisin təşkili və təlim texnologiyaları üzrə prorektoru, dosent
Q.N.Atayev	SDU-nun Beynəlxalq əlaqələr üzrə prorektoru, dosent
R.A.Hüseynov	SDU-nun Humanitar məsələlər üzrə prorektoru, dosent
N.İ.Hacıyev	SDU-nun İqtisadi məsələlər üzrə prorektoru
T.Ə.Əhmədova	SDU-nun Fizika və elektroenergetika fakültəsinin dekanı, dosent
Ю.С.Валеева	Директор ЦПА КГЭУ, доцент
M.M.Zərbəliyev	SDU-nun Bərk cism və yarımkeçiricilər fizikası kafedrasının müdiri, professor
N.M.Hacıbalayev	SDU-nun Elektrotexnika və energetika kafedrasının müdiri
F.Ə.Məmmədov	SDU-nun Fizika və onun tədrisi metodikası kafedrasının müdiri, dosent
S.K.Orucov	SDU-nun Elmi hissəsinin müdiri, dosent
S.İ.Məmmədova	SDU-nun beynəlxalq əməkdaşlıq və əcnəbi tələbələr şöbəsinin müdiri
A.N.Abdullayev	SDU-nun Linqvistik mərkəzin rəhbəri

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ
PROGRAM COMMITTEE

Abdinov Cavad Şahvələd oğlu	AMEA, Fizika İnstitutu, AMEA-nın həqiqi üzvü, Azərbaycan
Hüseynov Vəli Allahverdi oğlu	SDU, professor, AMEA-nın müxbir üzvü, Azərbaycan
Həsənov Afiq Rəşid oğlu	MAA, Elmi işlər üzrə prorektor, AMEA-nın müxbir üzvü, Azərbaycan
Abdinov Əhməd Şahvələd oğlu	BDU, Fiziki elektronika kafedrasının müdiri, professor, Azərbaycan
Zərbəliyev Məhəmmədəli Məzahir oğlu	SDU, Bərk cism və yarımkeçiricilər fizikas kafedrasının müdiri, professor, Azərbaycan
Hüseynov Aqil Həmid oğlu	SDU, İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedarsının müdiri, professor, Azərbaycan
Mənsurov Qadir Məmməd oğlu	SDU, İnformasiya və kompüter texnikası kafedrasının müdiri, dosent, Azərbaycan
Pənahəliyeva Məlahət Ömər qızı	SDU, Dünya iqtisadiyyatı və marketinq kafedarsının müdiri, dosent, Azərbaycan
Barxalov Barxal Şabanoğlu	SDU, Bərk cism və yarımkeçiricilər fizikas kafedrası, professor, Azərbaycan
Balametov Əşrəf Balamet oğlu	AETvə LAEİ, Enerji sisteminin rejimləri şöbəsi, professor, Azərbaycan
Quliyev Hüseynqulu Bayram oğlu	AETvə LAEİ, Enerji sisteminin rejimləri şöbəsinin rəisi, dosent, Azərbaycan
Ахметова Ирина Гареевна	КГЭУ, проректор по научной работе, доцент, Россия
Адамия Зураб Александрович	ИК ГТУ, профессор, Грузия
Ваньков Юрий Витальевич	КГЭУ, заведующий кафедрой Промышленной теплоэнергетики и системы теплоснабжения, профессор, Россия
Голенищев-Кутузов Александр Вадимович	КГЭУ, заведующий кафедрой Промышленной электроники и светотехники, профессор, Россия

Губаев Дамир Фатыхович	КГЭУ, заведующий кафедрой Релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем, профессор Россия
Дмитриев Андрей Владимирович	КГЭУ, заведующий кафедрой Теоретических основ теплотехники, доцент, Россия
Ившин Игорь Владимирович	КГЭУ, директор института Электроэнергетики и электроники, профессор, Россия
Ильин Владимир Кузьмич	КГЭУ, заведующий кафедрой Энергообеспечения предприятий и энергоресурсосберегающих технологий, профессор, Россия
Кашапов Наиль Фаикович	КФУ, проректор по инженерной деятельности, член-кор. Академии наук Республики Татарстан, Россия
Козелков Олег Владимирович	КГЭУ, заведующий кафедрой Приборостроения и мехатроники, доцент, Россия
Коровкин Николай Владимирович	СПбГПУ, профессор, Россия
Критская Татьяна Владимировна	ИУНИ ЗНУ, профессор, Украина
Махиянова Алина Владимировна	КГЭУ, заведующая кафедрой Менеджмента, профессор, Россия
Плотников Владимир Витальевич	КГЭУ, заведующий кафедрой Автоматизации технологических процессов и производств, профессор, Россия
Сироткин Олег Семенович	КГЭУ, заведующий кафедрой Материаловедения и технологии материалов, профессор, Россия
Умаров Салим Халлокович	БМУ, заведующий кафедрой Биофизики и информатики, Узбекистан
Хуснутдинов Рустем Рауфович	КГЭУ, заведующий кафедрой Физики, доцент, Россия
Чичирова Наталья Дмитриевна	КГЭУ, директор института Теплоэнергетики, профессор, Россия

PLENAR İCLAS
ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ
PLENARY SESSION

COMPUTER-CONTROLLED ACOUSTO-OPTIC DELAY LINE

Hasanov A.R., Agayev E.A., Huseynov A.Q., Suleymanov I.I., Huseyn-Zade B.E.
Azerbaijan National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan
afig.gasanov.51@mail.ru

Keywords: acousto-optic interaction, spatial modulation, laser, delay line, diffraction

The principle of constructing an acousto-optic delay line (AODL) is analyzed, in which signal fields are formed by a system of semitransparent and opaque mirrors, and the signal delay is controlled by changing the frequency of a voltage-controlled generator. The possibility of constructing a computer-controlled AOLZ has been experimentally confirmed. Some results of experimental studies are presented in the form of tables and figures, which unambiguously confirmed the effectiveness of the proposed design.

The controlled delay of signals is one of frequently used functional operations in systems for formation and processing of the information. It is applied, for example, in radar systems [1].
Acousto-optic effect has greatest potential opportunities in this context. It is caused by its following advantages: an opportunity of smooth control of a delay time of signals over a wide range (approximately, 80 μs); the big operating ratio of a full delay time (approximately, 2); a low level of distortions brought in a processable signal; broadband (makes 40-60 % from the central frequency); an opportunity of processing of superhigh frequency signals in real time scope.
A controlled delay of signals in AODL is received by using interaction of elastic waves (EW) with a laser beam. Thus the radio-frequency signal will be transformed in EW on one end of photo-elastic media (PEM) and taken through acousto-optic connection in some variable distance from entrance electro-acoustic transducer (EAT). A cell consisting from EAT, PEM and an acoustic absorber (AA) is named an acousto-optic modulator (AOM). Thus the achievable significant delay of a signal (it is determined by EW propagation time from EAT up to a point of acousto-optic interaction) is the result of comparatively low speed of EW propagation in PEM (approximately in 10^5 time less of speed of propagation of electromagnetic waves). Reaction of photodetector (PD), established on the way of the diffracted light, lags behind influence on an electric input for the time

$$\tau = x/\upsilon \ , \qquad (1)$$

where x is the distance from EAT up to a crossing point of an optical and elastic waves; υ is the speed of EW propagation in PEM.
The distance x can be changed by mechanical moving AOM concerning for the laser beam. However mechanical installation of PEM position excludes an opportunity of AODL use in the information processing systems in which high-speed control of delay time of signals is required.
The purpose of the present work is the synthesizing of computer-controlled AODL with short time for an establishment of a necessary delay of signals.
For AODL construction it is possible to use the Raman-Nat or Bragg diffractions [2]. The basic external difference between Bragg diffraction and Raman-Nat diffraction is asymmetrical occurrence diffraction orders at change of a falling angle θ_0 of a laser beam on PEM surface. At $\theta_0 = \theta_B$ where

θ_B is the Bragg angle, the supreme orders diffraction effects disappear with increase in EW frequency. The light beams in zero and first orders play the prevailing role. This feature of Bragg diffraction can be used for construction of the computer-controlled AODL. Some peculiarities of AODL constructions with direct detection are discussed in the work [3].

The Bragg angle in PEM is determined by the relation

$$\sin\theta_B = 0{,}5\lambda f_0/\upsilon \ , \tag{2}$$

where f_0 is the EW central frequency in PEM, λ is the wavelength of the laser beam.

The diffracted order is propagated at θ_d angle determined by the relation

$$\sin\theta_d + \sin\theta_B = \lambda/\Lambda \ , \tag{3}$$

where $\Lambda = \upsilon/f$ is the length of EW in PEM, f is the frequency of EW in PEM.

Expect that the angle of falling of a light beam on PEM surface is not varying; it is possible to receive the following expression for a diffraction angle θ_d in Bragg mode from the joint analysis (2) and (3):

$$\sin\theta_d = 0{,}5\lambda f/\upsilon \ . \tag{4}$$

It is followed from the relation (4), that the direction of propagation of the diffracted order is determined by EW frequency f in PEM at $\sin\theta_B = const$, and, consequently, also by the frequency of an input electric signal. It is possible to receive the following expression for a small changes of the diffraction angle $\Delta\theta_\mathrm{d}$ (when $\sin\Delta\theta_\mathrm{d} \approx \Delta\theta_\mathrm{d}$), from the relation (4):

$$\Delta\theta_\mathrm{d} \approx 0{,}5\lambda\cdot\Delta f/\upsilon \ , \tag{5}$$

where $\Delta f = f - f_0$.

It is followed from the relation (5), that the changing of the frequency of the input signal is accompanied by the linear changing of the diffraction angle in space. It is the feature of Bragg diffraction, which is used in the synthesis computer-controlled AODL with short time for an establishment of a necessary delay.

Let's note that the peculiarities of using of frequency modulation are considered in the work [4].

The task in view is solved by AODL synthesis (fig. 1) where formation of N light fields is provided with a system of the semi-transparent and non-transparent mirror 1. The formatted light beams are directed to PEM surface at different Bragg angles. In this case the expression (2) for n th light beam will get the following form:

$$\theta_{B.n} \approx 0{,}5\lambda f_n/\upsilon, \tag{6}$$

where $f_n = \dfrac{\omega_n}{2\pi}$ is the n th frequency of the voltage-controlled oscillator (VCO).

The central frequency of the VCO becomes equal to f_0. The VCO frequency changes under action of a low-frequency controlling voltage $U_=$ with an interval equal to Δf. Beam 1 falls on PEM surface at the angle, equal to $\theta_\mathrm{B} + 0{,}5N\cdot\Delta\theta$, where $\Delta\theta \approx 0{,}5\lambda\cdot\Delta f/\upsilon$, and beam 2 – at the angle $\theta_\mathrm{B} + (0{,}5N-1)\cdot\Delta\theta$, beam N - at the angle $\theta_\mathrm{B} - 0{,}5N\cdot\Delta\theta$. Thus, Bragg condition for the falling on PEM surface light beams is carried out on different frequencies.

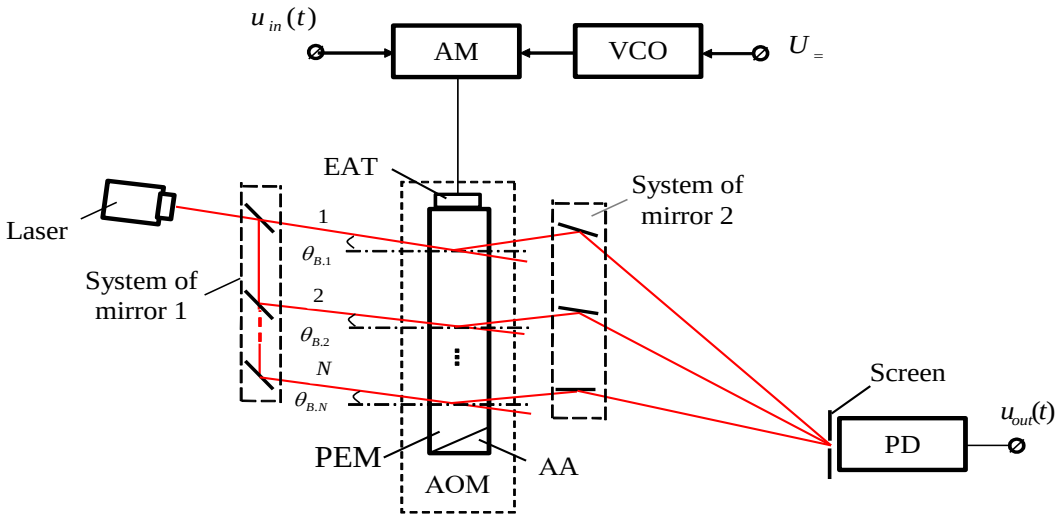


Fig. 1. Structural-electrical scheme of the computer-controlled AODL

The range of VCO operational frequencies is defined as well as $f_0 \pm 0{,}5N \cdot \Delta f$ provides the reception N of discrete values of delay time (equally to number of light beams falling on PEM surface). The spectrum of a processed signal $u_{in}(t)$ is transferred to the area of AOM operational frequencies by the amplitude modulator (AM). The output signal of the amplitude modulator moves to EAT plugs, which rises in PEM EW propagating with a speed υ. EW frequency is equal to the frequency of the amplitude-modulated signal.

Crossing PEM aperture in the distance x_{on} from EAT light beam, by diffraction on EW form the signal beams getting on photosensitive surface of PD through corresponding apertures of a screen. At each moment of time only one diffracted order beam chosen corresponding value of frequency of VCO can fall on the photosensitive PD surface. The other diffraction orders either disappear, or do not pass through the aperture of the screen.

The output signal of PD, within constant multiplier, corresponds to the input signal, delayed on time x_{on}/υ, i.e.:

$$u_{out}(t) = c \cdot u_{in}(t - x_{\text{on}}/\upsilon) \ , \tag{7}$$

where c - constant factor.

The opportunity of construction of the computer-controlled AODL has been verified experimentally. The PEM has been made of a flint glass $TF-7$ ($\upsilon = 3{,}5\kappa m/s$), and EAT – from the $LiNbO_3$. Central frequency AOM is equal to 80 MHz. PD has been realized on the $FEU-114$. By changing the frequency of the generator $Q4-107$ from 70 MHz up to 90 MHz we obtain 3 discrete values of a delay time: 3,5; 4; 5 µs.

The laser radiation is split into three beams by a non-transparent and semi-transparent mirror in the experimental setup (Fig. 2). There have been selected only three light beams, in order to simplify the installation. To form the light beams from a simple mechanism their number can be selected quite a lot, for example ten. Note that for this purpose you also can use a range of laser diodes.

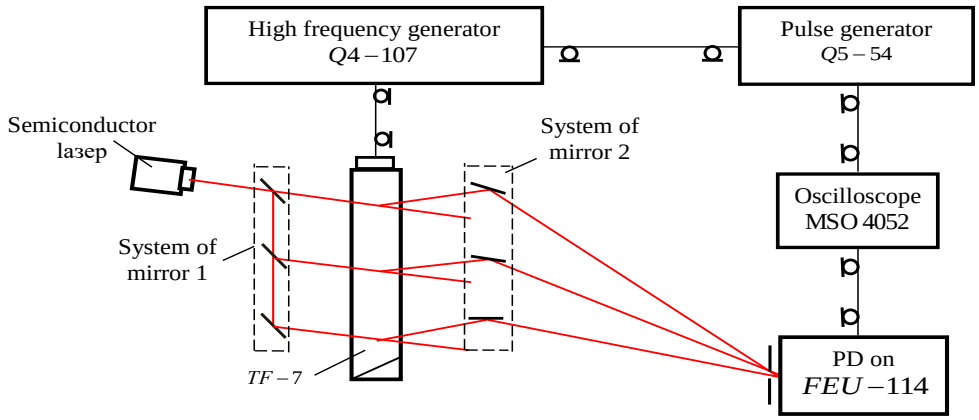


Fig. 2. The scheme of experimental setup to the research peculiarities of the computer-controlled AODL

The generated light beams cross AOM aperture at three different distances. The angles of incidences of the light beams into AOM aperture are calculated by formula (6). The angle of the incidence of the first light beam (in the direction of the propagation of the EW) into AOM aperture of the has been established by $\theta_{B.1} \approx 0{,}373^o$, the angle of the second beam - $\theta_{B.2} \approx 0{,}398^o$ and the angle of the third beam - $\theta_{B.3} \approx 0{,}423^o$. Note that the angles of incidence of the light beams are set with the specified precision at the place where the accurate measurements are not required. In other words, the maximum intensity of the deflected light on the corresponding input frequency is established on-site. The above mentioned procedure for selection of angular positions of the light beams is arbitrary. It is enough to know the correspondence of the direction of the light beam to the specific frequency.

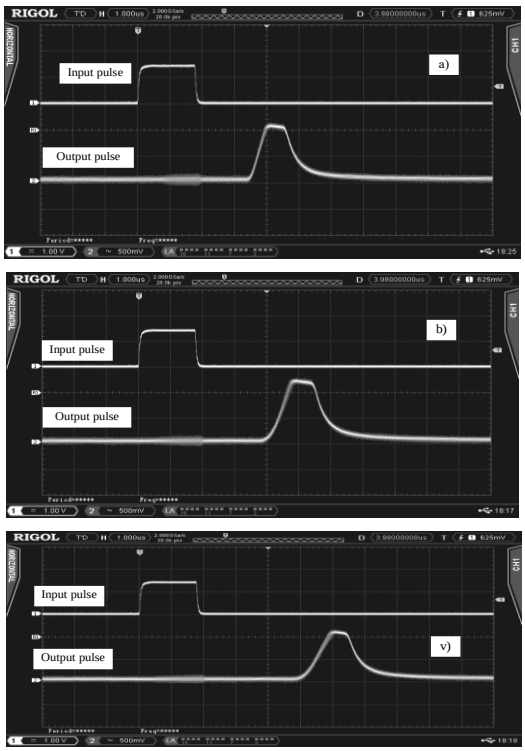


Fig. 3. Waveforms of pulses at the input and at the output of the computer-controlled AODL

We conclude from the selected disposition of the layout nodes that the greatest delay provides a third light beam, because it is the most remote from the EAT of AOM.

The laboratory version of the PD has been used at the experiments.
The rectangular pulse from $Q5-54$ generator modulates the high-frequency oscillation of $Q4-107$ generator. The same pulse is used for synchronization of $\mathrm{MSO}\,4052$ oscilloscope, which allows you to observe the modulation pulse from $Q5-54$ generator and the pulse at the output of the PD simultaneously.
Three values of delay time of the pulse from $Q5-54$ generator have been realized by changing the frequency of $Q4-107$ generator in the measurements. The values of the frequency of $Q4-107$ generator and the corresponding delay times of the pulse of $Q5-54$ generator are given in Table 1. It is followed from this table that if $Q4-107$ generator is tuned to $70MHz$ frequency the pulse of $Q5-54$ generator is delayed for $3{,}5\,мкs$ (Fig. 3a). In the case of setting of $Q4-107$ generator on frequency equal to $80MHz$, the pulse from $Q5-54$ generator is delayed for $4\,мкs$ (Fig. 3b). The pulse from $Q5-54$ generator is delayed for $5\,mks$ by just tuning the generator on the frequency equal to $90MHz$ (Fig. 3v).

Table 1. The correspondence of the frequency of $Q4-107$ generator and the delay time of the pulse from $Q5-54$ generator

The frequency of $Q4-107$ generator, f, MHz	70	80	90
The delay time of the pulse from $Q5-54$ generator, $\tau, \mu s$	3,5	4	5

Conclusion

We can decrease step of the delay time adjustment by increasing of the number of the light beams. The same experiment can be provided by using a range of the laser diodes. The computer-controlled acousto-optic delay line with small size can be done by optimizing of the design of the individual nodes.

THE BIBLIOGRAPHIC LIST

1. Reindl, L; Ruppel, CCW: Berek, S; and other. Design, fabrication, and application of precise SAW delay lines used in an FMCW radar system. IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, 49, (4), pp. 787-794
2. Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich. Fundamentals of Photonics. John Wiley & Sons, 1991.-866p.
3. Hasanov A. R., Hasanov R. A. Some Peculiarities of the Construction of an Acousto-Optic Delay Line with Direct Detection// Instruments and Experimental Techniques, 2017, 60, (5), pp. 722–724
4. Gasanov A.R., Gasanov R.A. Selection of modulation type in acousto-optic delay line with direct detection. "Radioelectronics and Communications Systems", 2015, l58, (6). pp.258-268

АКУСТООПТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ, УПРАВЛЯЕМАЯ КОМПЬЮТЕРОМ

Гасанов А.Р. , Агаев Э. А., Гусейнов А.Г., Сулейманов И.И., Гусейн-Заде Б.Э.
Национальная Академия Авиации Азербайджанат, Baku, Azerbaijan
afig.gasanov.51@mail.ru

Ключевые слова: акустооптическое взаимодействие, пространственная модуляция, лазер, линия задержки, дифракция.

Проанализирован принцип построения акустооптической линии задержки (АОЛЗ), в которой сигнальные поля формируются системой полупрозрачных и непрозрачных зеркал, а задержка сигналов управляется изменением частоты управляемого напряжением генератора. Экспериментально подтверждена возможность построения АОЛЗ с компьютерным управлением. Некоторые результаты экспериментальных исследований представлены в виде таблиц и рисунков, которые однозначно подтвердили эффективность предложенной конструкции.

KOMPÜTERLƏ İDARƏ OLUNAN AKUSTOOPTİK LƏNGİTMƏ XƏTTİ

A.R. Həsənov, E.A. Ağayev, A.Q. Hüseynov, İ.İ. Süleymanov, B.E. Hüseyn-Zade
Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası
afig.gasanov.51@mail.ru

Açar sözlər: akustooptik qarşılıqlı təsir, fəza modulyasiyası, lazer, ləngitmə xətti, difraksiya
Siqnal sahələri şəffaf və qeyri-şəffaf güzgülərlə formalaşdırılan və siqnalların gecikməsi gərginliklə idarə olunan generatorun tezliyinin dəyişməsi ilə tənzimlənən akustooptik ləngitmə xəttinin (AOLX) qurulma prinsipi araşdırılmışdır. Kompüterlə idarə olunan AOLX-nın qurulma imkanı eksperimental olaraq təsdiqlənmişdir. Eksperimental tədqiqatların bir sıra nəticələri cədvəl və şəkillər formasında təqdim olunmuşdur. Bu nəticələr təklif olunan konstrusiyanın effektivliyini birmənalı olaraq təsdiqləyir.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Чичирова Н.Д.
Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия
ndchichirova@mail.ru

Ключевые слова: электрогенерация РФ, корпорации – производители электроэнергии, договор поставки мощности.

В обзоре представлена информация о ретроспективе и перспективах развития электрогенерации в Российской Федерации, начиная от плана ГОЭРЛО до ДПМ-1 и ДПМ-2. В настоящее время установленная мощность единой энергетической системы РФ составляет 246,3 ГВт. В России десять основных корпораций – производителей электроэнергии: «Росатом», «Газпромэнергохолдинг», «Русгидро», «Интер РАО», «ЕвроСибЭнерго», «Т-плюс», «АО-Юнипро», «ПАО «Энел Россия», ПАО «Фортум». В республике Татарстан 3 крупнейших производителя электрической и тепловой энергии в режиме комбинированной выработки – АО «Татэнерго», ОАО «ТГК-16», ООО «Нижнекамская ТЭЦ» со следующей структурой совокупной установленной мощности: ТЭС – 6554,3 МВТ, ГЭС – 1205 МВт, электростанции промышленных предприятий – 225,614 МВТ.

В этом году в Российской Федерации отмечается 100-летие плана ГОЭЛРО (государственной комиссии по электрификации России, созданной 21 февраля 1920 г.). Основоположником плана ГОЭЛРО выступил Глеб Максимилианович Кржижановский.

План ГОЭЛРО – документ из шести разделов: 1 - электрификация и план государственного хозяйства; 2 - электрификация и топливоснабжение; 3 - электрификация и

водная энергия; 4 - электрификация и сельское хозяйство; 5 - электрификация и транспорт; 6 - электрификация и промышленность.

Начальный этап плана ГОЭЛРО (10-15 лет) – строительство 30 районных электростанций (20 ТЭС и 10 ГЭС) общей мощностью 1,7 млн кВт. В результате было выделено 7 основных экономических районов: Северный, Центрально-промышленный, Южный, Приволжский, Уральский, Кавказский, Западная Сибирь, Туркменистан.

В 1931 г. план ГОЭЛРО был перевыполнен.

Выработка электроэнергии в 1932 г.: 13,5 млрд кВт*ч,
в 1940 г.: 48,3 в млрд кВт*ч. Суммарная предвоенная мощность советской энергетики 11,2 млн кВт.

Однако оккупация Украины, Белоруссии и центральной части России в 1942 г. привела к сокращению суммарной генерации до 29,1 млрд кВт*ч. Поэтому Государственный Комитет Обороны приравнял строительство новых мощностей к оборонзаказу.

В результате в 1945 г. были достигнуты почти предвоенные показатели в 43,3 млрд кВт*ч.

В 1967 г. завершено создание единой энергетической системы европейской части страны, объединившей 600 электростанций общей мощностью 65 млн кВт.

1960-1980 гг. – перенос центра строительства электростанций в Сибирь и Среднюю Азию, новый этап развития советской гидроэнергетики.

Это возведение Братской ГЭС 4500 МВт на Ангаре (1961 г.) и вслед Красноярской ГЭС на Енисее мощностью 6000 МВт, которые легли в основу Братско-Усть-Илимского территориально-производственного комплекса и Объединенной Энергосистемы Сибири.

Дальнейшее развитие гидроэнергетики на Дальнем Востоке - Зейская ГЭС мощностью 1330 МВт дала ток в 1978 г.

В итоге к 1990 г. мощность советских ГЭС достигла 65 млн кВт (выработка электроэнергии 233 млрд кВт*ч).

В 80-х годах XX века появилась принципиально новая программа, предусматривающая развитие атомной энергетики. В 1985 г. доля выработки на АЭС составляла 10,8% (против 5,6% в 1980 г.).

В период после распада СССР до 2000 г. снизились инвестиции в отрасль, началась консервация станций, строительство которых велось.

В 1992 г. (Указ Президента РФ №923) создано РАО ЕЭС России. Атомные станции перешли под контроль «Росэнергоатома». В РАО ЕЭС не вошли Татэнерго, Башкирэнерго, Иркутскэнерго и Новосибирскэнерго. В связи со сложной экономической ситуацией в стране и системным кризисом в энергетике командой Чубайса было решено провести реформу энергетики с разукрупнением единой энергосистемы и созданием ряда частных генерирующих и сбытовых компаний. В 2008 г. РАО ЕЭС ликвидировано с образованием 6 ОГК, 14 ТГК, 8 региональных генерирующих компаний, ФСК, единого системного оператора (СО ЕЭС).

В 2010 г. для стимулирования сокращения дефицита мощности в экономике регуляторами энергетического рынка была инициирована программа договоров на поставку мощности (ДПМ), которая была призвана создать условия для финансирования инвестиций в строительство новых генерирующих мощностей. (Распоряжение Правительства РФ №1334-р от 11 августа 2010 г. «Перечень генерирующих объектов, с использованием которых будет

осуществляться поставка мощности по договорам о предоставлении мощности) [1]. В рамках ДПМ был введен ряд мощных ПГУ с КПД 58%.

После успешного проведения программы ДПМ, нацеленной на строительство новых генерирующих мощностей в российской электроэнергетике, Правительство разработало новую программу ДПМ-2 (ДПМ – штрих), в рамках которой планируется модернизировать имеющиеся старые мощности в общем объеме до 41 ГВт. В Распоряжении Правительства РФ №232-р от 7 февраля 2020 г. дан перечень генерирующих объектов, мощность которых поставляется по договорам купли-продажи (поставки) мощности модернизированных генерирующих объектов.

Основные производители по объему выработки электроэнергии в РФ в 2020 г.

Выработка электроэнергии электростанциями Единой энергетической системы (ЕЭС) России в 2019 г. составляла 1080,6 млрд кВт*ч. За 9 лет с 2011 г. общий рост выработки +6%, при среднегодовом приросте + 0,7%.

Установленная мощность ЕЭС России на 01.01.2020 г. составила 246,3 тыс. МВт. Прирост установленной мощности с 2011 г. + 12,9% или в среднем 3,1 ГВт в год [2].

Сейчас в России десять основных корпораций – производителей электроэнергии.

Концерн «Росэнерго», входит в электроэнергетический дивизион госкорпорации «Росатом». Установленная мощность – 30,258 ГВт. Является крупнейшей генерирующей компанией в России и 2-ой в мире, уступая французской EDF.

На 10 электростанциях АЭС России эксплуатируется 36 энергоблоков, доля выработки составляет 19 % от всего производимого электричества. 19 декабря 2019 г. введена в эксплуатацию ПАТЭС (плавучая атомная электростанция) в изолированной сети Чаун-Билибинского узла Чукотского автономного округа. В России 21 энергоблок с реакторами ВВЭР (1200 или 1000), 13 энергоблоков с канальными реакторами типа РБМК-1000. 2 энергоблока с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением БН-600, БН-800 на Белоярской АЭС.

«Росатом» осуществляет масштабную программу строительства АЭС за рубежом. Сейчас ведется строительство в Финляндии (Ханхикиви-1), Турции (Аккую), Египте (Эль-Дабаа), Бангладеше (Руппур), Индии (Куданкулам), 2 в Китае (Тяньвань и Сюйдапу), в Иране (Бушер), Венгрии (Пакш), Белоруссии (Островецкая). Все поставляемые реакторы ВВЭР – 1000, ВВЭР – 1200.

«Газпромэнергохолдинг» является крупнейшим в России владельцем электроэнергетических активов (контрольные пакеты акций ПАО «Мосэнерго», ПАО «МОЭК», ПАО «ТГК-1» и ПАО «ОГК-2»). В состав группы входит порядка 80 электростанций, около 17% установленной мощности всей российской энергетики.

ПАО «Мосэнерго» поставляет >60% электрической энергии для Московского региона и обеспечивает 90% потребностей Москвы в тепловой энергии.

ПАО «ТГК-1» - 53 электростанции на северо-западе РФ в 4-х субъектах: Санкт-Петербурге, Республике Карелия, Ленинградской и Мурманской областях. Обладает уникальной структурой производственных активов: 40% установленной мощности приходится на гидрогенерацию (40 ГЭС общей мощностью 3000 МВт).

ПАО «ОГК-2» - 12 ГРЭС, расположены по всей территории России. Установленная мощность 18,8 ГВт.

ТЭЦ с ПГУ: Киришская ГРЭС, Рязанская ГРЭС, Серовская ГРЭС, Адлеровская ТЭС, Грозненская ТЭС расположены в европейской части РФ. ТЭЦ с энергоблоками на суперсверхкритических параметрах – Троицкая ГРЭС.

«Русгидро». Установленная мощность 39,4 ГВт.

Группа компаний «Русгидро» объединяет более 60 гидроэлектростанций в России: 9 ГЭС Волжско-Камского каскада, крупнейшую в РФ Саяно-Шушенскую ГЭС, первенца большой гидроэнергетики на Дальнем Востоке Зейскую ГЭС (1330 МВт), Бурейскую ГЭС (2010 МВт), Новосибирскую ГЭС, несколько десятков ГЭС на Северном Кавказе, геотермальные станции на Камчатке, единственную в РФ Кислогубскую приливную электростанцию (в губе Кислая Баренцева моря, Мурманская область), Загорскую гидроаккумулирующую станцию (ГАЭС) в Московской области.

Кроме того, среди активов Русгидро крупнейшие ТЭЦ и ГРЭС на Дальнем Востоке: Советская Гавань, Сахалин, Комсомольск-на-Амуре, Якутские и Благовещенские ТЭС.

«Интер РАО»

Диверсифицированный энергетический холдинг, управляющий активами России, а также в странах Европы и СНГ. Поставляет > 9% всей электрической мощности России.

Кроме крупнейших ГРЭС дочерними предприятиями России являются Томская генерация, ТГК-11 или Омская генерация и, с недавнего времени, Башкирская генерирующая компания – одна из крупнейших генерирующих энергетических компаний, владеет одной ГРЭС (Кармановская), 11-ю ТЭЦ, 2-мя крупными ТЭС и объектами малой энергетики: ветропарк «Тюпкильди» (1,65МВт) и микро ГЭС.

ТЭЦ с ПГУ: Верхнетагильская ГРЭС; Джубгинская ТЭС; Ивановские ПГУ; Калининградская ТЭЦ-2; Маяковская ТЭС; Нижневартовская ГРЭС; Пермская ГРЭС; Прегольская ТЭС; Северо-Западная ТЭЦ; Сочинская ТЭС; Уренгойская ГРЭС; Южноуральская ГРЭС-2; Затонская ТЭЦ; Уфимская ТЭЦ-2.

ТЭЦ с энергоблоками на суперсверхкритических параметрах: Черепецкая ГРЭС; Каширская ГРЭС (угольные станции).

Из зарубежных активов:

Холдинг владеет ветропарком «Видмантай» в Литве (30МВт); Молдавской ГРЭС (2520МВт); Храми ГЭС-1 (112,8МВт), ГЭС-2 (114,4МВт) в Грузии; Trakya Electrik (478МВ) в Западной Турции.

«ЕвроСибЭнерго»

Крупнейшая частная энергокомпания страны. Участвует во всех сферах энергетического бизнеса, начиная от добычи угля для ТЭС, производства электро- и тепловой энергии и заканчивая ее продажами конечным потребителям.

Основные активы «Евросибэнерго»: гидро- и тепловые электростанции, а также угольные разрезы, расположенные в Восточной Сибири. Установленная мощность – 19,5 ГВт. Объем выработки электрической энергии – 67,6 млрд кВт*ч.

Входят 15 ТЭЦ, 5 ГЭС и 1 СЭС (солнечная электростанция Абаканская СЭС, мощность - 5,2 МВт введена в эксплуатацию в 2017 г., 20 тыс. солнечных модулей).

«Т-плюс»

Объединяет активы Волжской ТГК, ТГК-5, ТГК-6, ТГК-9 и Оренбургской ТГК. Основной акционер – компания «Ренова». Компания обеспечивает стабильное и бесперебойное электроснабжение в 16 регионах РФ, объединяет 60 электростанций, среди которых 52 ТЭЦ, 3 ГРЭС, 2 ГЭС и 3 СЭС, а также ряд теплосетевых компаний. В 2015 году

введена в эксплуатацию Орская СЭС, мощностью 40МВт, имеющая 160110 фотоэлектрических модулей.

АО «ЮНИПРО»

Установленная мощность - 11,2 ГВт. Объем выработки электроэнергии 44,6 млрд. кВт*ч. В состав АО «ЮНИПРО» входит 5 ГРЭС. Особенность АО «ЮНИПРО» - мощные блоки ПГУ на Сургутской ГРЭС-2, Шатурской ГРЭС, Яйвинской ГРЭС, а также блоки на суперсверхкритических параметрах на Березовской ГРЭС.

«Сибирская Генерирующая компания»

Установленная мощность - 10,9 ГВт. Объем выработки электроэнергии - 46,0 млрд кВт*ч. Компания осуществляет деятельность на территории Алтайского края, Кемеровской области, Красноярского края, Новосибирской области, Свердловской области, Республики Хакасии и Республики Тувы.

Данная компания дает 25% выработки тепла и электроэнергии для Сибири. Все станции «Сибирской Генерирующей компании» работают на угле, кроме Новокузнецкой ГТЭС с 2-мя газотурбинными установками ГТЭ-145.

ПАО «Энел Россия»

Установленная мощность - 9,4 ГВт. Объем выработки электроэнергии 41,3 млрд кВт*ч. ПАО «Энел Россия» представлена в пяти регионах: Тверская область – Конаховская ГРЭС; Ставропольский край – Невиномысская ГРЭС; строящийся ветропарк Родниковская ВЭС (71МВт);

Свердловская область – Среднеуральская ГРЭС, Мурманская область – строящаяся Кольская ВЭС (201МВт) – крупнейший ветропарк за полярным кругом, занимает площадь 257 гектаров. Ростовская область – строящийся ветропарк Азовская ВЭС.

ПАО «Фортум»

Установленная мощность - 4,9 ГВт. Объем выработки электроэнергии 28,1 млрд кВт*ч. Компания располагает активами на Урале и Западной Сибири, а также развивает возобновляемые источники энергии. В структуре компании 8 ТЭС: 5 в Челябинской области, 3 в Тюменской области, в том числе Няганская ГРЭС (г. Нягань, ХМАО - Югра) - одна из крупнейших ПГУ – 410 МВт. В январе 2018 года начала работать в Ульяновской области первая промышленная ветровая станция ВЭС – 35 МВт.

Также активами «Фортума» являются три солнечные станции суммарной мощностью 35МВт: Плешановская (10 МВт) и Грачевская (10МВт) в Оренбургской области, Бугульчанская СЭС (15 МВт) в республике Башкортостан.

Структура и планы развития энергетики Татарстана

В РТ на сегодняшний день 3 крупных производителя электрической и тепловой энергии в режиме комбинированной выработки: АО «ТатЭнерго»; ОАО «ТГК-16»; ООО «Нижнекамская ТЭЦ» [3].

Структура совокупной установленной мощности по видам генерации:

ТЭС - 6554,3 МВт; ГЭС – 1205 МВт; электростанции промышленных предприятий - 225,614 МВт. Энергосистема Татарстана по установленной мощности превышает ПАО «Фортум» и близка к ПАО «Энел Россия».

Прогноз потребления мощности на перспективу 2024 года составит 4748 МВт, рост относительно максимума 2018 года - 358 МВт, что соответствует 8,16%.

Прогноз потребления электроэнергии на перспективу до 2024 года составит 31828 млн кВт*ч, рост относительно 2018 года - 1638 млн кВт*ч, что соответствует 5,426%.

В республике Татарстан представлены ПГУ с газотурбинными установками F и H класса. На Казанской ТЭЦ-1 и Казанской ТЭЦ-2 установлены (в 2018 и 2014 годах, соответственно) по 2 блока ПГУ с газовыми турбинами GE PG6111FA (MS6001F/FA) мощностью 77 МВт каждая, на Казанской ТЭЦ-3 с 2017 года эксплуатируется ГТУ GE 9HA.01 мощностью 405,6 МВт. ПАО "Нижнекамскнефтехим" планирует запустить в эксплуатацию с 2021 года ПГУ-500 МВт для собственных нужд компании с газовыми турбинами Siemens E-класса с использованием в качестве топлива отдувок нефтехимических производств, включая продукты переработки нефтяного газа с действующего производства этилена. На Заинской ГРЭС в 2025 году запланирован ввод в эксплуатацию энергоблока ПГУ мощностью 858,3 МВт с газотурбинной установкой GE 9 HA.02.

Тепловые электрические станции играют определяющую роль в структуре производства электрической энергии на территории РФ. Причин этому несколько: так как в России много углеводородов, то исторически делался упор на развитие тепловой генерации, обеспечивая внутренний спрос на добываемые в стране нефть, газ и уголь; во-вторых, средняя температура воздуха в России - 2 градуса, поэтому обеспечение потребителей тепловой энергией является серьезной и приоритетной задачей. Очевидно, что выбор типа генерации зависит от прогнозируемого топливного баланса.

При этом наблюдается рост потребления газа в перспективе до 2025 г. в целом по стране до 6%, и снижение потребления угля на 1,2%.

Следует подчеркнуть, что повышение эффективности сжигания топлива может быть достигнуто для газа путем сжигания его в газовых турбинах парогазовых установок, по-другому его использовать совершенно неразумно и расточительно.

При сжигании угля для повышения эффективности энергоблоков надо повышать параметры температуры и давления пара путем повышения параметров блоков до суперсверхкритических (по этому пути последние два десятилетия идёт вся мировая энергетика).

По приоритетным типам используемого топлива РФ можно условно разделить на газовую - до Урала и угольную части за Уралом.

У будущего угольной генерации в России возможны различные варианты, среди которых можно выделить три альтернативы: продолжение текущего курса (business as usual); «зелёная (green) альтернатива», «угольная (coal) альтернатива».

В случае курса "business as usual" (текущий курс) объемы угольной генерации в России стабилизируются, а ее доля будет медленно снижаться: в 2000 г. была 20%, сегодня - 13,5% и будет снижаться до 12% в зависимости от сценария.

"Зелёная" альтернатива может состоять в том, что энергетическая политика в России будет дополнена климатической и экологической компонентой - по образу аналогичных изменений в Европе, США или Китае. Тем более, Россия подписала Парижское соглашение по климату летом 2019 года.

В этом случае ужесточаются требования к чистоте воздуха, вводится углеродный налог или система торговли выбросами. Это приведет к снижению конкурентоспособности угольной генерации на фоне газовой, а в долгосрочной перспективе - и на фоне возобновляемой энергетики.

Доля угольной генерации будет снижаться, что потребует выработки специальной социально - экологической политики в отношении угольных регионов.

В случае угольной альтернативы приоритетом может стать создание экономических стимулов для повышения эффективности сектора (в первую очередь за счёт когенерации и перехода на суперсверхкритические параметры) и экологичности угольных ТЭС, а также развития собственных компетенций в технологиях "чистого угля".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы о функционировании ЕЭС России в 2011 – 2019 годах. Опубликовано на сайте АО «СО ЕЭС» в соответствии с «Правилами разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 17.10.2009 №823) URL: https://www.so-ups.ru/

2. Информация по итогам работы Министерства энергетики России и основные результаты функционирования ТЭК: URL: https://minenergo.gov.ru

3. А.Г. Филимонов, А.А. Филимонова, Н.Д. Чичирова Модернизация тепловой генерации России // Труды Академэнерго. – 2020.– № 1. – С. 62-72.

RUSİYA FEDERASİYASINDA ELEKTRİK ENERJİSİNİN GENERASİYASININ PERSPEKTİVLƏRİ

Çiçirova N.D.

Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya

Açar sözlər: Rusiya Federasiyasında enerji istehsalı, şirkətlər - enerji istehsalçıları, enerji təchizatı müqaviləsi.

İcmalda GOERLO planından DPM-1 və DPM-2-yə qədər Rusiya Federasiyasında elektrik enerjisi istehsalının retrospektiv və perspektiv inkişafına dair məlumatlar verilir. Hazırda Rusiya Federasiyasının vahid enerji sisteminin quraşdırılmış gücü 246,3 GW-dir. Rusiyada elektrik enerjisi istehsal edən on böyük şirkət var: Rosatom, Gazpromenergoholding, RusHydro, İnter RAO, EuroSibEnergo, T-plus, AO-Unipro, PJSC Enel Russia, PJSC Fortum. Tatarıstan Respublikasında birləşmiş istehsal rejimində 3 ən böyük elektrik və istilik enerjisi istehsalçısı var - ASC Tatenergo, ASC TGK-16, LLC Nizhnekamskaya CHPP, ümumi qurulmuş gücün aşağıdakı quruluşuna sahibdir: İES - 6554,3 MW, SES - 1205 MW, sənaye müəssisələrinin elektrik stansiyaları - 225,614 MW.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC GENERATION IN THE RUSSIAN FEDERATION

Chichirova N.D.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Key words: power generation in the Russian Federation, corporations - power producers, power supply agreement.

The review provides information on the retrospective and perspectives development of power generation in the Russian Federation, from the GOERLO plan to DPM-1 and DPM-2. Currently, the installed capacity of the unified energy system of the Russian Federation is 246.3 GW. There are ten major corporations that produce electricity in Russia: Rosatom, Gazpromenergoholding, RusHydro, Inter RAO, EuroSibEnergo, T-plus, AO-Unipro, PJSC Enel Russia, PJSC Fortum. In the Republic of

Tatarstan, there are 3 largest producers of electric and thermal energy in the combined generation mode - JSC Tatenergo, JSC TGK-16, LLC Nizhnekamskaya CHPP with the following structure of total installed capacity: TPP - 6554.3 MW, HPP - 1205 MW, power plants of industrial enterprises - 225.614 MW.

ELEKTRIK ENERJISININ SABIT CƏRƏYANLA ÖTÜRÜLMƏSININ MÖVCUD VƏZIYYƏTI VƏ PERSPEKTIVLƏRI

Hüseynov R.A.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

Açar sözlər: sabit cərəyan, sabit cərəyan əlavəsi, elektrik veriliş xətti, düzləndirici, invertor, enerji nəqli.

Uzaq məsafələrə hava elektrik veriliş və kabel xətlərinin köməyi ilə enerjinin ötürülməsi zamanı iqtisadi effektivlik baxımından sabit cərəyandan istifadə olunması əhəmiyyət kəsb edir. Sabit cərəyandan istifadə olunma asinxron rejimdə işləyən və ya tamamilə müxtəlif tezliklərə malik olan sistemlərin birləşdirilməsi kimi həll olunması mümkün olmayan problemləri həll edir, böyük güclü enerji sistemlərin birləşdirilməsi zamanı kommutasiya avadanlıqlarının dəyişdirilməsinə ehtiyac yaratmır və etibarlıq yüksəldilmiş olur. Artıq reallıqdır ki, respublikanın ermənistan tərəfindən 30 il əvvəl işğal olunan təxminən 20 %-də bütün digər infrastrukturlar kimi enerji infrastrukturu da tamamilə dağıdılmış və hal-hazırda müzəffər ordumuz tərəfindən işğaldan azad olunan bu ərazilərdə enerji infrastrukturunun yenidən qurulmasına ehtiyac yaranmışdır. Bu baxımdan erməni işğalından azad olunmuş torpaqlarımızda sabit cərəyanla enerjinin ötürülməsi daha effektivdir.

Hava elektrik veriliş xətlərinin (EVX) uzunluğu 600-800 km-dən çox olan zaman enerjinin sabit cərəyanla ötürülməsi dəyişən cərəyana nisbətən çox ucuz başa gəlir. EVX-nin uzunluğu artdıqca bu iqtisadi effektivlik də daha da artır. Eyni zamanda uzunluğu 30-50 km və daha çox olan kabel xətlərinin qiyməti ekvivalent dəyişən cərəyan kabel xətlərindən çox ucuz başa gəlir. Hətta düzləndirici və invertor yarımstansiyalarının eyni binada yerləşdiyi halda, yəni xəttin uzunluğunun sıfır qiymətində belə sabit cərəyan əlavəsi (SCƏ) adlanan qurğu dəyişən cərəyan EVX-si tətbiq olunduğu halda, məsələn, asinxron rejimdə işləyən və ya tamamilə müxtəlif tezliklərə malik olan iki sistemin (məsələn, 50 və Yaponiyada olduğu kimi 60 Hs tezlikli sistemləri) birləşdirilməsi kimi həll olunması mümkün olmayan problemləri həll edir.

Yüksək gərginlikli sabit cərəyan ötürülməsi (YGSCÖ) xəttinin uzunluğu və gücü çevirici və transformator avadanlıqlarının parametrləri ilə məhdudlaşdırılır. Bununla belə, dəyişən cərəyan xəttinin uzunluğu və gücü həm də statiki və dinamiki dayanıqlıq problemləri ilə məhdudlaşdırılır.

YGSCÖ ilə ötürülən güc praktiki olaraq sıfırdan maksimuma qədər çox çevik tənzim edilə bilir. Lakin dəyişən cərəyan xətti ilə ötürülən gücün tənzimlənməsi çox daha çətindir.

YGSCÖ dəyişən cərəyan EVX-nə nisbətən daha etibarlıdır. Aydındır ki, bir fazada zədələnmə olanda dəyişən cərəyan EVX-si bütövlükdə açılır. Lakin, YGSCÖ xəttində qütblərdən birinin naqili zədələnən zaman qütbün salamat qalan naqili ilə gücün 50 %-ni ötürmək olur.

Enerji sistemlərin birləşdirilməsi onlarda qısa qapanma cərəyanının səviyyəsi yüksəldilmədən təmin edilə bilir. Məlumdur ki, dəyişən cərəyan EVX-nin köməyi ilə enerji sistemləri birləşdirilən zaman ümumi sistemdə qısa qapanma cərəyanının səviyyəsi yüksəldiyi üçün açar, ayırıcı və s. kimi avadanlıqların dəyişdirilməsi lazım gəlir.

Birləşmiş enerji sistemlərin statiki və dinamiki dayanıqlıqları yüksəlir və inkişaf etmiş ölkələrdə enerji sistemin gücünün sürətlə böyüməsi səbəbindən nəhəng iqtisadi ziyan vuran sistem qəzaları aradan qalxmış olur.

Elektrik enerjisinin yüksək keyfiyyəti və bütün gərginlik səviyyələrində qənaətliliyi təmin olunur, güc əmsalı yaxşılaşır, asinxron elektrik intiqallı avadanlıqların məhsuldarlığı yüksəlir.

Elektrik enerjisinin su maneəsi olan sahədən, məsələn, açıq dənizdə olan kompleks külək elektrik qurğusundan ötürülməsi və ya hansısa adanın elektrik enerjisi ilə təchizatı asanlaşır.

Hal-hazırda dünya enerji avadanlıqları istehsalı və quraşdırılması bazarında (Yaponiyadan başqa) sabit cərəyan EVX-nin tikintisi ilə üç transmilli korporasiya – ABB (İsveçrə), Siemens (Almaniya) və Alstom (Böyük Britaniya) şirkətləri məşğul olur. Yaponiyada Toshiba, Hitachi, Mitsubishi şirkətləri bu işləri görür.

Dünya bazarında elektrik sistemləri üçün güc elektronikası avadanlıqlarının illik dövriyyəsi 15-20 mlrd ABŞ dolları təşkil edir. Dövriyyə illik təxminən 8-12 % artır.

Mövcud sabit cərəyan əlavəli 120-dən çox elektrik ötürücü xəttinin ümumi gücü 400 QVt-dan çoxdur. Son 10 ildə təkcə Çində 200 QVt-dan çox gücə malik 44 YGSCÖ xətti tikilmişdir [1].

Qeyd etmək lazımdır ki, hal-hazırda dünyada ümumi gücü 10-12 QVt, ümumi uzunluğu 3000 km-dən çox olan ±500 - ±1100 kV gərginlikli magistral sabit cərəyan EVX-nin tikilməsi planlaşdırılır.

Bu göstəricilər bəzi aparıcı dövlətlər üzrə aşağıdakı kimidir:

Çin:

Mövcud olan -

- 1 SC EVX ±600 kV, 4000 MVt, 1335 km
- 5 SC EVX ±800 kV, 5000-dən 8000 MVt-dək, 1907 – 2192 km

Tikilməkdə olan –

- 2 SC EVX ±800 kV, 10000 MVt, 1235 və 1620 km
- 1 SC EVX ±1100 kV, 12000 MVt, 3340 km

Hindistan:

- 1989-2014-cü illər ərzində Siemens tərəfindən ±500 kV gərginlikli, 1500-2500 MVt gücündə 5, ±800 kV gərginlikli, 100-1000 MVt güclərində 4 yüksək gərginlikli sabit cərəyan xətti tikilib istifadəyə verilmişdir. ±800 kV gərginlikli, 6000 MVt güclü 2 yüksək gərginlikli sabit cərəyan xətti tikilməkdədir və ±800 kV gərginlikli, 3000 MVt gücündə bir xəttin tikintisi planlaşdırılır.

Braziliya:

- Gərginliyi ±600 kV, ümumilikdə gücü 3150 MVt, uzunluğu 2375 km olan 2 magistral sabit cərəyan xətti ABB və Alstom tərəfindən tikilməkdədir. Ölkənin şimalında (Belo Monte) tikilən 11000 MVt gücündəki SES-də istehsal olunacaq enerjini ölkənin mərkəzinə və cənub-şərqinə ötürmək üçün uzunluğu 2092-2439 km, gərginliyi ±800 kV, gücü 4000 MVt olan iki YGSCÖ xəttinin tikilməsi planlaşdırılır.

Avropa:

Mövcud olan -

- İngiltərə - İrlandiya, ±200 kV, 500 MVt, 2 terminal, 186+75 km dəniz və yerüstü kabel xətti (ABB – HVDC Light)
- Almaniya, DolWin1, ±320 kV, 800 MVt, 2 terminal, 75+90 km dəniz və yerüstü kabel xətti (ABB – HVDC Light)
- Norveç-Danimarka, Skagerrak 4, 500 kV, 700 MVt, 2 terminal (ABB)

Tikilməkdə olan –

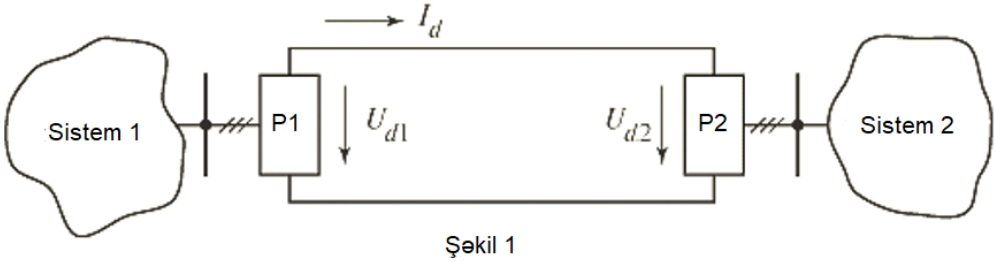
- BorWin2, ±300 kV, 800 MVt və HelWin1, ±250 kV, 576 MVt, 2 terminal (Siemens)
- Norveç-İsveç, South West link, ±300 kV, 1400 MVt, 3 terminal, hava-kabel EVX, 250 km, (Alstom)

Yuxarıda qeyd olunanları və respublikamızda enerji sahəsində sürətli inkişafı nəzərə alaraq həm respublikanın daxilində enerjinin daha ucuz ötürülməsi, həm də istehsal olunan artıq enerjinin eksport edilməsi üçün sabit cərəyan əlavəli belə sistemlərin istifadəsi məqsədəuyğun olardı. Nəzərə alsaq ki, 44 günlük hərbi əməliyyatlar nəticəsində Ali Baş Komandanımızın rəhbərliyi altında müzəffər ordumuz rəşadət göstərərək 30 ilə yaxındır düşmən tapdağında olan torpaqlarımızı düşməndən azad etdi, bu məsələ bir az daha çox aktuallıq kəsb edir. Artıq reallıqdır ki, respublikanın düşmən tapdağında olan təxminən 20 %-də bütün digər infrastrukturlar kimi enerji infrastrukturu da tamamilə dağıdılmışdır. Respublikamızın bu ərazisində enerji infrastrukturu sıfırdan qurulmalıdır. Əlbəttə mövcud dəyişən cərəyanla enerjinin ötürülməsi zamanı yeni - sabit cərəyanla enerji ötürülməsinə keçid etmək üçün hansısa tərəddüd etmək olardı. Ancaq yenidən bu sistem qurulursa burada sabit cərəyanla enerjinin ötürülməsi heç şübhəsiz çox daha effektivdir.

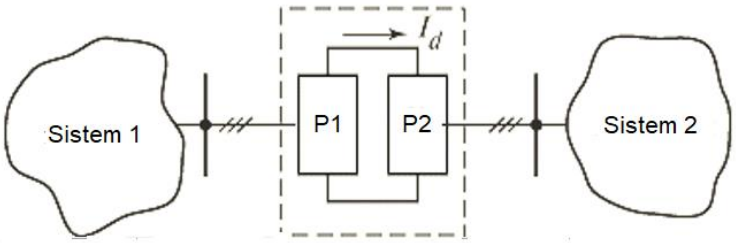
Mən həmçinin İranla Azərbaycan arasında belə bir əlaqələndirici sabit cərəyan çeviricisi əlavəli elektrik veriliş xəttinin tikintisinin planlaşdırıldığını vurğulamaq istəyirəm.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq sabit cərəyan çeviricisi əlavəli elektrik veriliş xətti haqqında az da olsa məlumat vermək istəyirəm.

Sabit cərəyan ötürücüsü və sabit cərəyan əlavəsinin struktur sxemləri şəkil 1 və şəkil 2-də verilmişdir. Enerji ötürülməsində sabit cərəyan yalnız elektrik enerjisini uzaq elektrik stansiyasından qəbuledici sistemə və ya bir sistemdən digərinə ötürmək üçün istifadə olunur. Bunun üçün ötürücü sistemin generatorları tərəfindən yaradılan dəyişən cərəyan elektrik enerjisi əvvəl sabit cərəyan elektrik enerjisinə çevrilməli, bu şəkildə xətt vasitəsilə ötürülməli, sonra yenidən dəyişən cərəyan elektrik enerjisinə çevrilməli və qəbuledici sistemə verilməlidir.



Şəkil 1



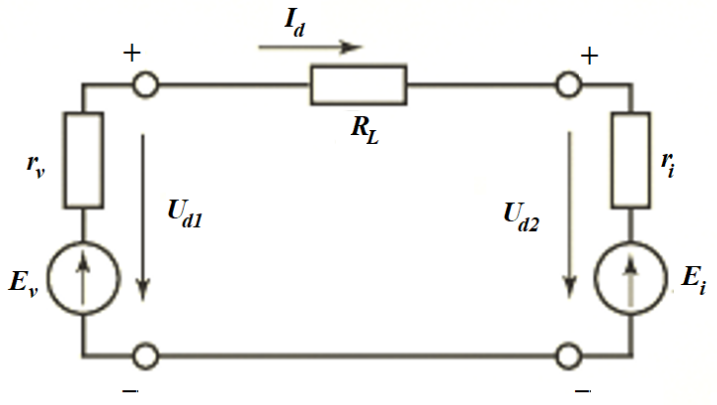
Şəkil 2

Enerji dəyişən cərəyanla nəql olunan sistemdə sabit cərəyan əlavəsi istifadə olunan zaman bu əlavə tezliyə görə birləşdirilən sistemləri tamamilə bir-birindən ayırmaq üçün istifadə olunur. Burada sabit cərəyan yalnız əlaqəli sistemləri bir-birindən təcrid edən bir əlavə rolunu oynayır.

Elektrik enerjisinin çevrilməsi ötürücü və qəbuledici sistemlərlə əlaqəli P1 və P2 çeviriciləri tərəfindən həyata keçirilir.

Çeviricilər reversiv xüsusiyyətə malikdirlər: gücün ötürülmə istiqamətini dəyişdirmək lazımdırsa, düzləndirici invertora, invertor isə düzləndiriciyə çevrilir. Çeviricinin növündən asılı

olaraq gücün reversivliyi ya çeviricinin polyarlığını dəyişdirməklə, ya da polyarlığı saxlamaqla cərəyanın istiqamətini dəyişdirməklə həyata keçirilir.
Qərarlaşmış rejim üçün sabit cərəyanın ötürülməsinin əvəz sxemi şəkil 3-də verilmişdir. Bu sxemdə düzləndirici E_v e.h.q-si, invertor isə E_i əks e.h.q-si ilə göstərilmişdir. Düzləndirici və invertor xəttin R_L müqaviməti ilə öz aralarında əlaqələndirilmişdirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, həm e.h.q., həm də əks e.h.q. sabit kəmiyyətlər deyil, onlar praktiki olaraq ani zamanda tənzimləyici qurğuların təsirindən bir-birindən asılı olmayaraq dəyişə bilər. Bu, güc ötürülməsinə dərin nəzarət qabiliyyətini verir, çünki ötürülən gücü və lazım olduqda gücün istiqamətini də dəyişdirir.



Şəkil 3.

Xətdə cərəyan aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$I_d = \frac{E_v - E_i}{r_v + r_i + R_L}$$

Sabit cərəyan xəttindən düzləndiriciyə ötürülən güc:

$$P_{d1} = U_{d1} I_d$$

Xətdən invertorun aldığı güc:

$$P_{d2} = U_{d2} I_d$$

Düzləndirici üçün e.h.q. və cərəyanın istiqaməti eynidir. Bu onu göstərir ki, düzləndirici sabit cərəyan xəttinə nisbətən elektrik enerjisi generatorudur. Eyni zamanda ötürücü sistemə nisbətən o bu enerjinin tələbatçısıdır.
İnvertorda cərəyan və əks e.h.q-nin istiqamətləri bir-birinin əksinədir. Bu onu göstərir ki, invertor sabit cərəyan xəttinin enerji tələbatçısı, dəyişən cərəyan sistemi üçün generatordur.
Beləliklə, aşağıdakı şərtlər ödənir:

$$E_v > U_{d1}, E_i < U_{d2}$$

Bu xüsusiyyət sabit cərəyan dövrələri üçün ümumidir və baxılan sxem də istisna deyil. Analoji şərtlər birlikdə işləyən sabit cərəyan generator və mühərrikləri üçün də eynidir.
Hal-hazırda elektrik ötürülməsində çevirici sabit cərəyan əlavələri kimi statiki tam və qismən idarə olunan ventil çeviricilərindən istifadə olunur.
Ventil çeviricilərindən istifadə olunması sistemdə elektrik açarlarının qoyulmasına ehtiyac yaratmır. Sistemin açılması tələb olunan zaman ventillərin idarə siqnalının əl ilə və ya avtomatik idarəetmə qurğusunun köməyi ilə kəsilməsi kifayət eləyir.
Belə sistemlərin daha bir üstünlüyı sistemin asanlıqla genişləndirilə bilməsidir.
Respublikamızda hal-hazırda bu istiqamətdə kadrların hazırlanması, hansı ki, ali təhsil müəssisələrinin öhdəsinə düşür, olduqca aktual məsələlərdən biridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Худяков В.В. Электропередачи постоянного тока и опыт их эксплуатации. М.: Издательство МЭИ, 1992.
2. Ивакин В.Н., Сысоева Н.В., Худяков В.В. электропередачи и вставки постоянного тока и статические тиристорные компенсаторы / Под ред. В.В. Худякова. М.: Энергоатомиздат, 1993.
3. Ивакин В.Н., Ковалев В.Д., Худяков В.В. Гибкие электропередачи переменного тока // Электротехника. 1996. № 8. С. 16-21.
4. Рыжов Ю.П., Бумагин Н.Ю. Современные пути создания управляемых линий электропередачи // Вестник МЭИ. 1999. № 4. С. 48-51.

CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DİRECT CURRENT POWER TRANSMİSSİON

Huseynov R.A.
Sumgait State University, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: Direct current, direct current supplement, power line, rectifier, inverter, power supply.

It is important to use direct current for long-distance transmission of energy through overhead power lines and cables in terms of economic effectivness. The use of direct current solves unsolvable problems such as the connection of systems operating in asynchronous mode or with completely different frequencies, reliability is increased and there is no need to change switching equipment when connecting large power systems.It is already a reality that in about 20% of the republic occupied by Armenia 30 years ago, the energy infrastructure, like all other infrastructure, was completely destroyed, and now there is a need to rebuild the energy infrastructure in these territories liberated by our victorious army. From this point of view, the transmission of energy with a constant current in our lands liberated from Armenian occupation is more effective.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

Гусейнов Р.А.
Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: постоянный ток, добавка постоянного тока, линия электропередачи, выпрямитель, инвертор, передача энергии.

Для передачи энергии на большие расстояния по воздушным линиям электропередачи и кабелям важно использовать постоянный ток. Использование постоянного тока решает такие нерешаемые проблемы, как подключение систем, работающих в асинхронном режиме или с совершенно разными частотами, нет необходимости менять коммутационное оборудование при подключении крупных энергосистем, повышается надежность. Это уже реальность, что примерно на 20% территории республики, оккупированной Арменией 30 лет назад, энергетическая инфраструктура, как и вся другая инфраструктура, была полностью разрушена, и теперь есть необходимость восстановить энергетическую инфраструктуру на

этих территориях, освобожденных нашей победоносной армией. С этой точки зрения передача энергии постоянным током на наши земли, освобожденные от армянской оккупации, более эффективна.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $TlInSe_2 - TlYbSe_2$

[1]Зарбалиев М.М., [2]Янушкевич К.И., [1]Агаева У.М., [1]Сардарова Н.С.

[1]Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

[2]Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению», Минск, Беларусь

zarbalievmm51@mail.ru

Ключевые слова: твердые растворы, тетрагональная сингония, кристаллизация, запрещенная зона, электропроводность.

Работа посвящена исследованию электрических свойств твердых растворов системы $TlInSe_2 - TlYbSe_2$. Установлены тип проводимости, ширины запрещенной зоны твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$, выяснены механизмы рассеяния носителей заряда в них.

Введение. Таллиевые халькоиндианаты лантанидов представляют собой новый класс полупроводниковых материалов[2,3]. Сочетание высоких температур плавления и термической стойкости с низким коэффициентом теплопроводности и высокой величиной термо – э.д.с. обуславливает интерес к их термоэлектрическим свойствам. Наряду с переключающими свойствами, они обладают высокими коэффициентами тензо- и фоточувствительности. С этой точки зрения представляет интерес исследование электрических и тепловых свойств сплавов системы $TlInSe_2 - TlYbSe_2$.

В решетках $TlSe$ атомы таллия проявляют переменную валентность. Благодаря особой электронной конфигурации и объемным данным соответствующих металлических компонентов, решетки $TlSe \rightarrow Tl^{+}[Tl^{3+}Se_2]$ оказываются составленными из двух самостоятельных структурных единиц – из восьмивершинника, с ионным характером связи $M^{I} - X(Tl^{+} - Se)$ и тетраэдра, с ковалентной связью между $M^{III} - X(Tl^{3+} - Se)$. С точки зрения пространственно-геометрических соображений определяющим из них является восьмивершинник, а в смысле химической связи – тетраэдр. Следовательно, ответственными в формировании кристаллической решетки данного типа являются одновалентные ионы таллия и индия в октаэдрах, в то время полупроводниковые особенности соединений с данной структурой определяются, главным образом, трехвалентными ионами Tl^{3+}, In^{3+} и Ga^{3+} в тетраэдрах [2,3].

Известно, что особые и весьма интересные свойства лантанидов в первую очередь связаны с наличием в их электронной оболочке атомов данных элементов достраивающегося глубинного 14 местного 4f-слоя [4]. Появление 4f- электронов в начале ряда лантанидов означает, что заряд ядра становится достаточно большим для того, чтобы удерживать их на этой орбите. Можно было предположить, что 4f – электроны должны оккупировать самые дальние орбитали, однако все с очевидностью указывает на то, что они расположены внутри

5s – оболочек. 4f –оболочки достаточно компактны и хорошо экранируется близко к ним расположенными замкнутыми 5s5p–оболочками, так что прямое перекрытие 4f–электронов соседних ионов оказывается пренебрежимо малым. Самые наружные 6s6p5d – электроны, образуют полосу (зону) проводимости, оставляя лантаниды в твердом теле трехвалентными. Именно свойства этой полосы определяют их электрические, тепловые, оптические и т.д. свойства.

По этим соображениям при взаимодействии компонентов в системе $TlInSe_2 - TlYbSe_2$, трехвалентные атомы иттербия в области растворимости (до ~10 мол., $TlYbSe_2$) частично замещают трехвалентных ионов индия, образуя твердых растворов с химической формулой $TlIn_{1-x}Yb_xS_2$.

Методика эксперимента. При синтезе исследуемых образцов в качестве исходных компонентов использованы Tl, In, Se ос.ч.и Yb х.ч. В процессе синтеза обнаружено, что по мере увеличения содержания иттербия в сплавах $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$ необходимо повышать температуру реакции и длительность изотермической выдержки. Тепловой состав и гомогенность синтезированных кристаллов контролировали с помощью химического, рентгенофазового и дифференциально-термического анализов. Дифракто-граммы образцов данной системы получали на аппарате ДРОН – 3 в C_uK_α–излучения с никелевым фильтром. Монокристаллы выращивались усовершенствованным методом Бриджмена, скорость фронта кристаллизации варьировались от 0,4 до 0,8 мм/час. О монокристалличности выращенных кристаллов судили по снятым лауэграммам. Данные химических анализов показали, что составы кристаллов твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$ соответствуют формульным. Измерения электропроводности (σ), коэффициентов Холла R_x и термо-э.д.с. (α) в слабых электрических и магнитных полях, проводились на постоянном токе компенсационным методом, теплопроводность (χ) измерена стационарным методом. Точность измерения σ, R_x, α и χ составляла 2,4,5 и 6% соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение. На рис.1 приведены температурные зависимости электропроводности, коэффициентов Холла и термо-э.д.с. твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$. Исследованные образцы во всем измеренном температурном интервале обладают *p*-типа проводимостью. На рис.1 представлены температурные зависимости электропроводности, коэффициента Холла, холловской подвижности носителей тока и термо-э.д.с. твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$.

Как видно из рисунка, коэффициент Холла в интервале ~300-500К почти не зависит от температуры, с увеличением температуры α возрастает, а σ уменьшается почти линейно. Из этих данных следует, что как в $TlInSe_2$, так и в твердых растворах на его основе $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$ в интервале ~300-500К реализуется область примесной проводимости, что дает основание для определения эффективной массы носителей тока m^* методом четырех коэффициентов.

Как известно, ширина запрещенной зоны ε_g и энергия активации ΔE примесных уровней, эффективная масса носителей заряда входят в выражение для многих кинетических коэффициентов. Поэтому данные о кинетических коэффициентах позволяют определить по даннымтемпературных зависимостей коэффициентов электропроводности - $\sigma(T)$, термо-

эд.с. $\alpha(T)$ и Холла - $R(T)$ в области собственной проводимости, а эффективную массу m^* по данным термо – э.д.с. коэффициента Холла в примесной области. Однако в выражениях α и R в примесной области проводимости одновременно входит и параметр механизма рассеяния $(\tau \sim \varepsilon^r)r$, величина которого даже в простых случаях часто неизвестна, а выявление его бывает недостаточно точными. В то же время известно, что под действием классически сильного магнитного поля $(\mu B >> 1)$ коэффициенты α и R достигают своих предельных значений, не зависящих от параметра рассеяния r. Это позволяет с высокой точностью определить эффективную массу носителей заряда. Конечно, при этом имеет место ряд случаев: случай предельного сильного вырождения и отсутствия вырождения электронного газа, произвольные вырождения, случай сильного и промежуточного магнитных полей, упругого и неупругого характера рассеяния носителей заряда и др. Поскольку исследуемые нами объекты являются, в основном, широкозонными полупроводниками с малой подвижностью и концентрацией носителей зарядов, то можно остановиться лишь на случаях слабого и промежуточного вырождения электронного газа и магнитных полей, квадратичного закона дисперсии и упругого характера рассеяния.

Если закон дисперсии квадратичный и степень вырождения произвольная, то термо-э.д.с. и коэффициент Холла в классически сильном магнитном поле выражаются формулами [1]:

$$\alpha_\infty = -\frac{k}{e}\left(\frac{5F_{5/2}}{3F_{3/2}} - \eta^*\right),\ R_\infty = -\frac{1}{nec}, \qquad (1)$$

где F_i - однопараметрические интегралы Ферми, η^* - приведенный уровень химпотенциала. Как видно, по данным R_∞ можно вычислить концентрацию электронов проводимости, связанной с η^* и m^*, как

$$n = 4\pi\left(\frac{2m^*kT}{h^2}\right)^{3/2} F_{3/2}(\eta^*) \qquad (2)$$

В случае отсутствия вырождения электронного газа

$$\alpha_\infty = -\frac{k}{e}\left(\frac{5}{2} - \eta^*\right) \qquad (3)$$

следовательно, по данным α_∞ можно вычислить η^*, затем по формуле (2) определить m^*.

Однако, следует заметить, что достижение значений сильного магнитного поля для проводников с относительно низкой подвижностью носителей заряда представляет особую трудность и долгое время данной методикой пользовались только для изучения закона дисперсии носителей заряда $\varepsilon(k)$ в указанных и бесщелевых полупроводниках [1], с высокой подвижностью электронов. Но и здесь не всегда удается достичь условия $\mu B >> 1$. Особенно при изучении закона дисперсии необходимо рассмотреть зависимость m^* от концентрации, достигающей предельных значений $(10^{19} - 10^{20} см^{-3})$. Безусловно, при таких концентрациях подвижность электронов сильно уменьшается и условия $\mu B >> 1$ в стационарных магнитных полях становится невозможным.

В данном случае эффективная масса плотности состояний совпадает со значением эффективной массы на дне зоны проводимости и эффективной массы у потолка валентной зоны.

Для определения ширины запрещенной зоны использованы данные $\sigma(T)$ и $R(T)$ в области собственной проводимости, т.е. ширина запрещенной зоны каждого состава была определена по наклонам высокотемпературной части температурных зависимостей электропроводности и коэффициента Холла. Анализ полученных результатов достаточно хорошо согласуются между собой.

Таким образом, для твердых растворов системы $TlInSe_2 - TlYbSe_2$ определены ширина запрещенной зоны ε_g, эффективная масса - m^* и собственная концентрация носителей заряда, уровень приведенного химического потенциала η^*.

Известно, что большой теоретический и практический интерес представляет изучение поведение носителей: заряда как в равновесных, так и в неравновесных условиях, когда они движутся в кристалле под действием приложенных полей: электрического, магнитного, температурного и др.

Важной особенностью неравновесных процессов является то, что они существенно зависят от механизма взаимодействия носителей заряда с колебаниями решетки и дефектами кристалла. В идеальном кристалле, обладающая строгой периодичностью, электрический ток, однажды возникнув, поддерживался бы бесконечно долго, т.е. создавалась бы бесконечная проводимость. Это означает, что время релаксации оказалось бы бесконечным $(\tau \sim \infty)$. Однако, в реальных кристаллах время релаксации в большинстве случаев сравнительно невелико, и это обусловлено искажениями периодичности кристаллической структуры. Такие искажения имеют различные происхождения: это тепловое колебание атомов или ионов; примеси, находившиеся в кристалле, ионизированном или нейтральном состояниях; всевозможные дефекты решетки (пустые узлы, сдвиги, дислокации, границы кристаллических зерен и т.д.). Каждый из этих препятствий рассеивает носителей заряда, отклоняя их от первоначальной территории, что и приближает всю систему и состоянию равновесия, соответствующему данной температуре кристалла.

Для выявления основного механизма рассеяния носителей заряда часто пользуются данными температурной и концентрационной зависимостью кинетических коэффициентов. Наиболее распространенными из них являются использование данных о подвижности носителей заряда.

Исследуемые в данной работе твердые растворы с формулой $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$ относятся к классу широкозонных полупроводников, закон дисперсий в которых до концентраций до $10^{19} см^{-3}$ можно считать квадратичным. Заметим, что во многих случаях Холловская подвижность совпадает с дрейфовой и имеет такой же физический смысл. В наших рассуждениях рассматривает лишь те случаи, когда из данных R и σ можно получить значения дрейфовой подвижности. Поэтому следует отметить, что это реализуется в случаях, когда в проводимости участвует только один сорт носителей заряда.

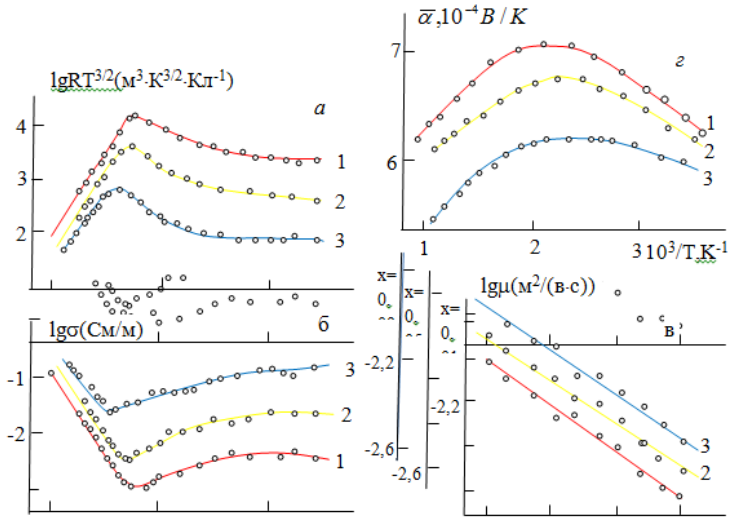


Рис.1. Температурные зависимости коэффициента Холла (а), электропроводности (б), холловской подвижности носителей заряда (в) и термоэдс (г) твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$.
Кривые: 1-x=0,01; 2-x=0,05 и 3-x=0,09

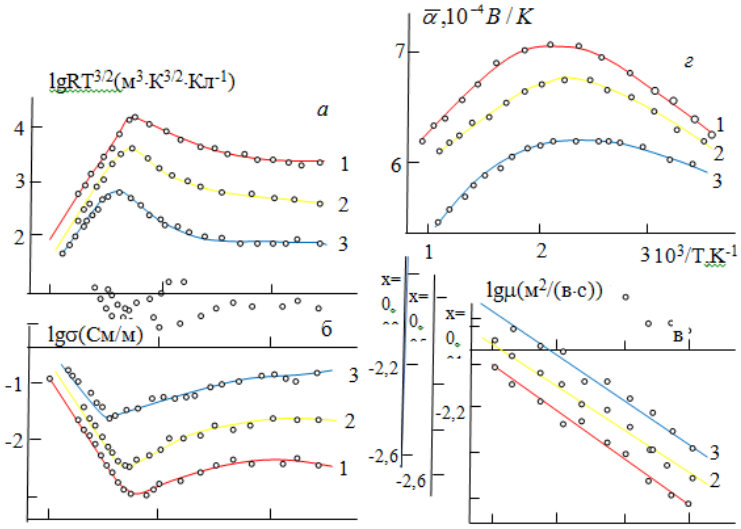


Рис.1. Температурные зависимости коэффициента Холла (а), электропроводности (б), холловской подвижности носителей заряда (в) и термоэдс (г) твердых растворов $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$.
Кривые: 1-x=0,01; 2-x=0,05 и 3-x=0,09

Как видно из рисунка 1, ход температурных зависимостей $\sigma(T)$ и $R(T)$ в области 300-500К можно рассматривать как чисто примесный и произведение $R\sigma = \mu$ в этом случае будет соответствовать подвижностям дырок в твердых растворах $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$. На рис. 1 эти данные представлены в координатах $(\ell g\mu;\ \ell gT)$, удобных для суждения о механизмах рассеяния. Из качественного рассуждения кривых $\ell g\mu = g(\ell gT)$ можно полагать, что в рассматриваемой области температур основным механизмом рассеяния является рассеяние на тепловых колебаниях решетки. Для уточнения эти рассуждения следует произвести количественные

теоретические расчеты как в случае рассеяния носителей заряда на акустических, так и на оптических фононах в отдельности и по соответствующим формулам оценить вклады каждого из них.

Заключение. Показано, что твердые растворы $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$ обладают *p*-типа проводимости, определеныширины запрещенной зоны и преимущественный механизм рассеяния носителей заряда в них. Установлено, что в исследуемых твердых растворах с ростом содержания иттербия в составах ширина запрещенной зоны уменьшается, основным механизмом рассеяния носителей заряда является рассеяние на акустических фононах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскеров Б.М. Кинетические эффекты в полупроводниках. Л.: Наука, 1970, 302 с.
2. Зарбалиев М.М. Явления переноса заряда и тепла в системах $TlInS_2(Se_2,Te_2)-TlLnS_2(Se_2,Te_2)$. Диссерт.доктора физ.-мат.наук, 2001, БГУ, 285 с.
3. Зарбалиев М.М., Годжаев Э.М., Алиев Ф.Ф. Полупроводниковые халькоиндианаты таллия и сплавы на их основе с редкоземельными элементами. Межд. научная конференция «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики». Сумгаит, 2018, с.22-27
4. Тейлор К, Дарби М. Физика редкоземельных соединений. (Пер.с англ.) М.: Мир, 1974, 376 с.

ELECTRICAL AND THERMAL PROPERTIES OF SYSTEM ALLOYS

[1]Zarbaliev M.M., [2]Yanuschkeviç K.I., [1]Agaeva U.M., [1]Sardarova N.S.

Sumgayıt State University, Sumgayit, Azerbaijan

[2]State Scientific and Production Association "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Materials Science"

Key words: solid solutions, tetragonal system, crystallize, band gap, electrical conductivity.

The work is devoted to the study of the electrical properties of solid solutions of the system $TlInSe_2-TlYbSe_2$. The type of conductivity, bandgap widths of solid solutions have been established $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$, and the mechanisms of scattering of charge carriers in them have been clarified.

$TlInSe_2-TlYbSe_2$ MƏHLULLARIN ELEKTRİK VƏ İSTİLİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

[1]Zərbəliyev M.M., [2]Yanuşkeviç K.İ., [1]Ağayeva Ü.M., [1]Sərdarova N.S.

[1]Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

[2]Belarusiya Milli Elmlər Akademiyasının Materialşünaslıq Elmi-Praktik Mərkəzi" Dövlət Elmi-İstehsalat Birliyi, Minsk, Belarus

Açar sözlər: qatı məhlullar, tetragonal sistem, kristallaşma, qadağan olunmuş zona, elektrik keçiriciliyi.

İş systemin qatı məhlullarının $TlInSe_2 - TlYbSe_2$ elektrik xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinə həs redilmişdir. Keçiricilik növü müəyyənedilmişdir, qadağan olunmuş zonanın eni $TlIn_{1-x}Yb_xSe_2$, içərisindəki yükdaşıyıcılarının səpələnmə mexanizmləri aydınlaşdırılıb.

IMPACT OF PRECURSOR THICKNESS AND $Pb(BO_2)_2$ DOPING ON SUPERCONDUCTING PROPERTIES OF Bi(Pb)-2223 CERAMICS

Adamia Z.A, Kvartskhava I.G, Margiani N. G.,
Mumladze G. A., Zhghamadze V.V.
Institute of Cybernetics of the Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia
zurab.adamia@gmail.com

Keywords: Bi(Pb)-2223 Superconductor, Phase Formation, Doping, Resistivity, Critical Current

The impact of precursor thickness and lead borate-Pb(BO2)2 dopant on phase formation, superconducting transport properties and microstructure of Bi1.7Pb0.3-xCa2Sr2Cu3Oy (Bi(Pb)-2223) high-temperature superconductor was investigated. The presented results show that Pb(BO2)2–doping leads to the strong acceleration of phase formation and enhancement of the transport critical current density of Bi(Pb)-2223 superconductor.

1. INTRODUCTION

High-temperature superconductivity is one of the most important new technologies in the 21st century. Superconducting property causes certain materials, at low temperatures, to lose all resistance to the flow of electricity. This state of "losslessness" enables a range of innovative technology applications in the sectors of electric power, transportation, medicine, etc [1]. The foundation of these applications is a superconducting wire (tape), capable of carrying vastly higher currents than conventional copper wires of the same dimension. Among superconducting materials, the (Bi,Pb)2Sr2Ca2Cu3Oy material, called Bi(Pb)-2223, is the best choice for manufacturing of superconducting wires (tapes). Quality of wire material is of vital importance to the final properties of superconducting wire [2]. To put superconductors into practical use, enhancement of the current-carrying capacity of superconducting wire is the primary requirement. Moreover, the rate of Bi(Pb)-2223 material formation is extremely low and requires long heating (hundreds of hours) to prepare a nearly pure superconductor [3]. After the discovery of Bi(Pb)-2223 superconductor tremendous efforts have been undertaken to accelerate the formation of (Bi,Pb)2Sr2Ca2Cu3Oy materials and improve their current carrying capacity. Partial substitution of Bi by lead is the most widely used method to enhance the formation of the 2223 phase [4], but after more than three decades, the formation of pure superconducting material having enhanced current carrying capacity is still an open subject in the field of applied superconductivity [5,6]. Many factors, including the nominal composition of the precursor powder, powder processing and doping, determine the final superconducting properties of Bi-based superconductor [7].

Highly promising results on the effect of carefully-selected dopants in Bi(Pb)-2223 superconductor have been obtained by our scientific group at the Institute of Cybernetics of the Georgian Technical University. We have found that appropriate doping leads to the strong enhancement of critical current density and promotes drastically the formation of Bi(Pb)-2223 material compared to the reference (undoped) sample [8-10]. In this study, we have investigated the

impact of the precursor thickness and partial substitution of lead oxide-PbO by lead borate-$Pb(BO_2)_2$ on the formation kinetics and superconducting transport properties of the Bi(Pb)-2223 phase.

2. MATERIALS AND METHODS

Undoped (reference) and Pb(BO2)2-doped Bi(Pb)-2223 materials with the nominal compositions Bi1.7Pb0.3-xCa2Sr2Cu3Oy[Pb(BO2)2]x, x=0.0, 0.05, 0.075, 0.15, 0.3 were prepared by the solid-state reaction method. The appropriate mixtures of Bi2O3, PbO, SrCO3, CaCO3, CuO and Pb(BO2)2 were thoroughly ground and sintered at 850 °C for 30 h with intermediate grindings. Precursors of ~ 6 to 7 mm thick were used. The resulting materials were pressed into pellets of ~ 1.5 mm thick under hydrostatic pressure at 29 MPa and annealed at 840 oC for 30 h in the air followed by the furnace cooling to room temperature. All the heat treatment procedures were performed in alumina crucibles. The synthesized compounds were characterized by powder X-ray diffraction (XRD) analysis using the Dron-3M diffractometer (CuKα radiation). The resistivity as a function of temperature and transport critical current was measured by a standard four-probe method. Surface morphology of samples was examined using a VEGA TS5130MM scanning electron microscope (SEM).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Our results indicate that the formation rate of Bi1.7Pb0.3Ca2Sr2Cu3Oy superconductor is extremely sensitive to the thickness (height) of precursor material during the heat treatment. Table 1 illustrates the effect of the thickness of undoped Bi(Pb)-2223 precursors on the superconducting properties of final products sintered at 840÷850 °C for ~60÷70 hours. Presented results show that phase formation and superconducting transport properties drastically enhanced with decreasing powder thickness.

Table 1. Dependence of superconducting volume fraction and superconducting transport properties of Bi(Pb)-2223 samples on the precursor thickness

Precursor thickness, mm	T_c, K	2223, %	Jc at 77 K, A/cm^2
“Thick” ~12÷15	~70	~10÷15	0
“Middle” ~5÷7	~ 90	~25÷30	~20÷30
“Thin” ≤ 3	~100	~40÷60	~120÷160

Figure 1 shows reference and Pb(BO2)2-doped Bi(Pb)-2223 compositions after heat treatment at 850 °C for 1 h. As a result of sintering, the doped composition acquires a black colour characteristic of a superconductor. At the same time, the colour of the reference sample remains grey, which indicates low kinetics of superconducting phase formation. We found that in contrast to the undoped Bi(Pb)-2223 samples, the superconducting properties of lead borate-doped Bi(Pb)-2223 material does not correlate with the thickness values ranging from 2 up to 15 mm. Thus, the influence of sample thickness on the properties of Bi(Pb)-2223 composition can be completely prevented by partial lead borate substitution for lead oxide.

Fig.1 Reference (right) and Pb(BO2)2-doped (left) Bi(Pb)-2223 composition after heat treatment at 850 °C for 1 h.

XRD patterns of the reference and Pb(BO2)2-doped compositions are presented in Figure 2. Introduction of Pb(BO2)2 leads to the strong acceleration of the high-Tc 2223 phase formation.

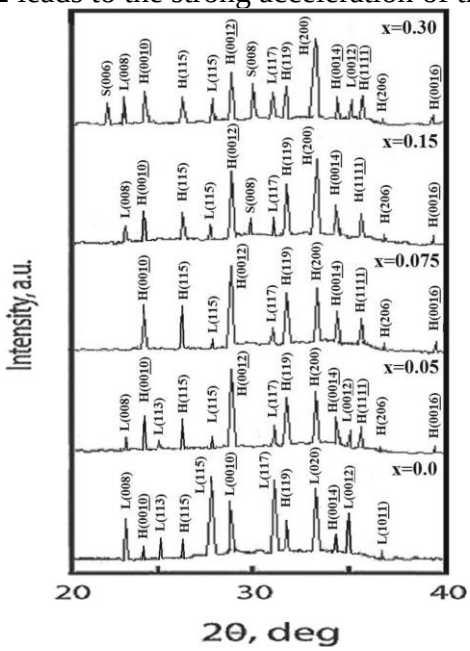


Fig. 2 XRD patterns of Bi1.7Pb0.3−xSr2Ca2Cu3O*y* [Pb*(*BO2*)*2]*x* samples with various Pb*(*BO2*)*2 amounts. The diffraction peaks indexed H(hkl), L(hkl), and S(hkl) represent 2223, 2212, and 2201 phases, respectively.

The calculated volume fraction of Bi(Pb)-2223 phase increases from ~25 % for the undoped specimen to ~85 % for x = 0.075. Figure 3 represents the temperature behaviour of resistivity for the reference and Pb(BO2)2-doped Bi(Pb)-2223 compositions. For the reference material, zero resistivity is reached at critical temperature Tc=93 K. With the introduction of dopant, Tc increases up to 102 K at an optimum doping level of 0.075, and then decreases gradually with increasing dopant content. A gradual decrease of Tc for higher doping level may be related to the appearance and increase of the secondary very low-Tc 2201 phase at x>0.075.

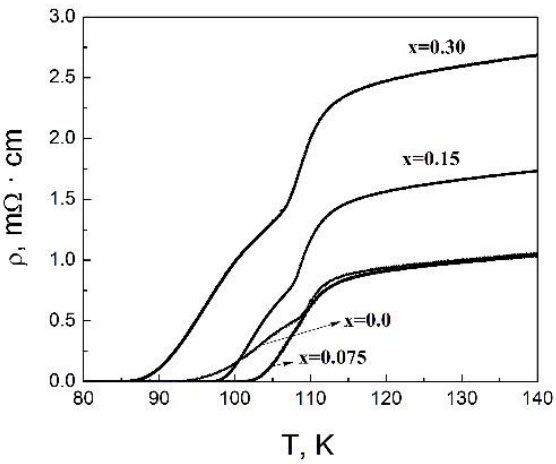


Fig. 3 Resistivity versus temperature curves for Bi1.7Pb0.3−xSr2Ca2Cu3O*y* [Pb*(*BO2*)*2]*x* samples.

Figure 4 illustrates the relationship between the transport Jc values (77 K, zero-field) and the Pb(BO2)2 content. The Jc values of doped samples are much higher than that of the reference composition. A maximum Ic of about 360 A/cm2 has been observed at x=0.075. Thus, optimal doping leads to a ~15-fold improvement in the value of current density. Increase of Jc seems to result from

the enhancement of the (Bi,Pb)-2223 phase fraction in the optimally doped superconductor. In agreement with the XRD and resistivity data, lower Jc values for the doping level x=0.15÷ 0.30 caused by the deterioration of coupling at grain boundaries due to the formation of secondary 2201 phase with increasing dopant content. We checked the impact of planetary ball milling on the transport Jc for an optimally doped sample. Ball milling was carried out in a planetary mill (Fritsch Pulverisette 7 Premium line) for 1 h at rotating speed of 200 rpm. Eighty agate balls 5 mm in diameter were used as a grinding medium. Ball milling leads to the further enhancement of Jc up to 400 A/cm2. This result may be attributed to the improved homogeneity and enhanced reactivity of ball-milled, fine precursor powder.

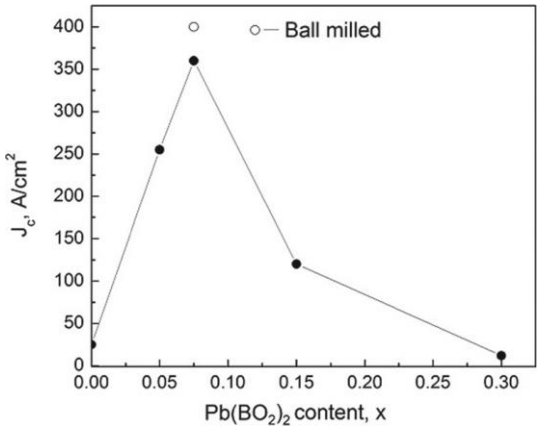


Fig. 4 Relationship between critical current density and $Pb(BO_2)_2$ content.

We suggest that due to the low melting point of $Pb(BO_2)_2$ (~ 500 ^oC), this dopant acts as a flux during the synthesis, promotes the extra liquid formation and accelerates the 2223 phase growth. It is also possible that the $Pb(BO_2)_2$ supplies an optimal oxygen content into the matrix and provides the more homogeneous oxygen distribution, which is beneficial to the Bi(Pb)-2223 phase formation and transport properties. Figure 5 shows the surface SEM micrographs of the reference and optimally doped samples with x=0 and 0.075, respectively.

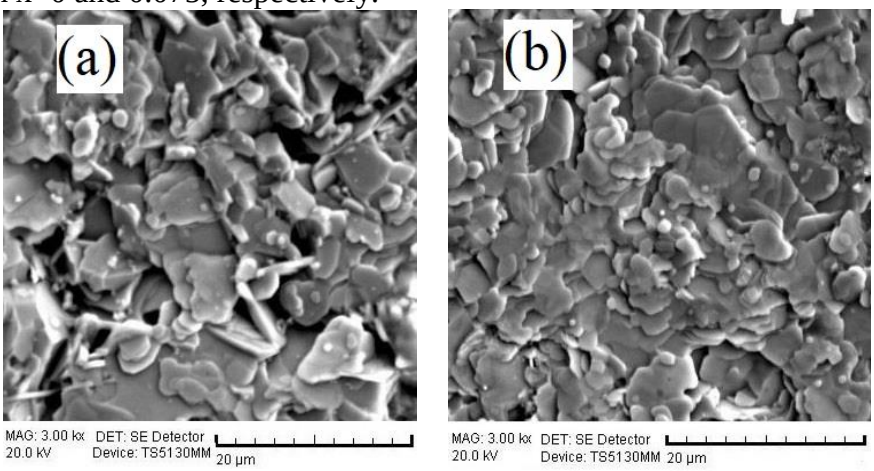


Fig. 5 Surface SEM images of Bi1.7Pb0.3−xSr2Ca2Cu3O*y* [Pb*(*BO2*)*2]*x* samples. (a): reference (x=0); (b): Pb(BO2)2-doped (x=0.075)

The Pb(BO2)2-doping leads to a higher degree of texturing and increased density of superconducting platelets in the Bi(Pb)-2223 material which promotes the enhancement of critical current density.

4. CONCLUSIONS

The presented results show that (i) the phase formation and transport properties of undoped $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Ca_2Sr_2Cu_3O_y$ superconductor are extremely sensitive to the precursor thickness during the

solid-state reaction. The volume fraction of Bi(Pb)-2223 phase, as well as Tc and Jc values in the final product, gradually increase with decreasing precursor thickness, (ii) impact of precursor thickness on phase formation kinetics and transport properties of Bi(Pb)-2223 superconductor can be completely prevented by optimal $Pb(BO_2)_2$ doping which reduces the time-consuming sintering time of Bi(Pb)-2223 and allows to prepare larger amounts of nearly pure Bi(Pb)-2223 material by using alumina crucibles, (iii) high-energy ball-milling of $Pb(BO_2)_2$-doped precursor powder is successful in enhancing the critical current density of the Bi(Pb)-2223 superconductor.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSF) [DI-18-479/ Development of advanced bismuth-based superconducting materials via doping and high-energy ball-milling].

REFERENCES

[1] Superconductivity: Present and Future Applications. 37p, 2009, http://www.ccas-web.org/pdf/ccas_brochure_web.pdf

[2] M. Ionescu, J. McKinnon, S. Zhou, S.X. Dou, Physica C: Superconductivity 400, pp. 81-88, 2003. https://doi.org/10.1016/j.physc.2003.08.001

[3] S. X. Dou: High Tc conductor processing techniques. In David A. Cardwell, David S. Ginley (eds), Handbook of Superconducting Materials, Volume. I: Superconductivity, Materials and Processes, chapter B3.1, p. 439, IOP Publishing LTD., 2003

[4] Takano M, Takada J, Oda K, Kitaguchi H, Miura Y, Ikeda Y, Tomii Y and Mazaki H Jpn. J. Appl. Phys. 27, L1041 (1988)

[5] M.S. Shalaby, H.M. Hashem, T.R. Hammad, L. A. Wahab, K.H. Marzouk, S. Soltan. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 9, 3, p. 345. 2016, https://doi.org/10.1016/j.jrras.2016.04.001

[6] Jun-ichi Shimoyama: Materials Aspects of Bi-2223. In Kenichi Sato (ed), World Scientific Series in Applications of Superconductivity and Related Phenomena. Vol. 1: RESEARCH, FABRICATION AND APPLICATIONS OF BI-2223 HTS WIRES, Chapter 1.1, p. 7. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2016

[7] P. Rani, R. S. Meena, A. K. Hafiz, and V. P. S. Awana, J. Supercond. Nov. Magn., vol.30, no.7, pp. 1737-1747, 2017

[8] N.G. Margiani, G.A. Mumladze, Z.A. Adamia, N.A. Papunashvili, D.I. Dzanashvili, J. Supercond. Nov. Magn. 27, 2, 2014, pp.397-400, https://doi.org/10.1007/s10948-013-2330-1

[9] N.G. Margiani, G.A. Mumladze, Z.A. Adamia, N.A. Papunashvili, D.I. Dzanashvili, J. Supercond. Nov. Magn. 28, 2, 2015, pp.499–502, https://doi.org/10.1007/s10948-014-2709-7

[10] N. G. Margiani, I. G. Kvartskhava, G. A. Mumladze, Z. A. Adamia, World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Electrical and Computer Engineering Vol:12, No:10, 2018, pp. 766-769. https://waset.org/publications/10009699/influence-of-sr-bo2-2-doping-on-superconducting-properties-of-bi-pb-2223-phase

PRECURSOR QALINLIĞI VƏ Pb (BO2) 2 DOPİROVANİYASININ Bi (Pb) -2223 KERAMİKALARIN İFRAT KEÇİRİCİLİK XÜSUSİYYƏTLƏRİNƏ TƏSİRİ

Adamia Z.A., Kvartsxava İ.Q, Marqiani N.Q, Mumladze Q.A. Jqamadze V.V.

Gürcüstan Texniki Universitetin Kibernetika İnstitutu, Tbilisi, Gürcüstan

Açar sözlər: Bi(Pb)-2223 superkeçirici, Faza Oluşumu, Dopinq, Rezistivlik, Kritik Cari

Prekursor qalınlığı və qurğuşun borat ─ Pb(BO2)2 dopantının Bi1.7Pb0.3-xCa2Sr2Cu3Oy (Bi(Pb)-2223) yüksək temperaturlu superkeçiricinin faz əmələ gəlməsinə, superkeçirici nəqliyyat xüsusiyyətlərinə və mikro quruluşuna təsiri araşdırılmışdır. Təqdim olunan nəticələr göstərir ki, Pb(BO2)2 – dopinq faza əmələ gəlməsinin güclü sürətlənməsinə və Bi(Pb)-2223 superkeçiricinin kritik cərəyan sıxlığının artmasına səbəb olur.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПРЕКУРСОРА И ДОПИРОВАНИЯ Pb(BO2)2 НА СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ Bi(Pb)-2223

Адамия З.А , Кварцхава И.Г, Маргиани Н.Г, Мумладзе Г.А, Жгамадзе В.В.

Институт Кибернетики Грузинского Технического университета, Тбилиси, Грузия

Ключевые слова: Сверхпроводник Bi(Pb)-2223, Фазообразование, Допирование,Удельное сопротивление, Критический ток

Исследовано влияние толщины прекурсора и допанта бората свинца-Pb(BO2)2 на фазообразование, сверхпроводящие транспортные свойства и микроструктуру высокотемпературного сверхпроводника Bi1.7Pb0.3-xCa2Sr2Cu3Oy (Bi(Pb)-2223). Представленные результаты показывают, что допирование боратом свинца приводит к сильному ускорению фазообразования и увеличению плотности транспортного критического тока сверхпроводника Bi(Pb)-2223.

I BÖLMƏ
ELEKTRON TEXNİKANIN MATERİALLARI VƏ TEXNOLOGİYALARI
I СЕКЦИЯ
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ
I SECTION
MATERIALS AND TECHNOLOGIES OF ELECTRONIC EQUIPMENT

ELEKTRON TULLANTILARIN İDARƏ EDİLMƏSİ: AVROPA BİRLİYİNDƏ MÖVCUD VƏZİYYƏT

Ağayev B.S.
AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan, bikies418@gmail.com

Açar sözlər: tullantılar, elektron tullantıları, tullantıların həyat tsikli, utilizasiya, elektron tullantıların idarəetmə sistemi.

Xülasə**.** Məqalə elektron tullantıların Avropa Birliyində idarə edilməsi problemlərinin həlli məsələlərinin analizinə həsr edilmişdir. Elektron tulantıların idarəçiliyinin qanunvericilik, texniki və texnoloji, iqtisadi, təşkilati və s. aspekləri təhlil edilmişdir.

Giriş

Azərbaycanın ekoloji hüquq qanunvericiliyində elektron tullantılar anlayışı təsbit edilmədiyindən məqalənin məqsədləri üçün Avropa Birliyinin (AB) elektron tullantıları haqqında 2012/19/EU/EP Direktivi ilə müəyyənləşdirilmiş bir neçə terminindən istifadə edilmişdir və onların izahı aşağıdakı kimidir [1]:

- ***Elektrik və elektron avadanlıqları*** (EEA)–işi elektrik cərəyanından və ya elektromaqnit sahəsindən asılı olan, eləcə də cərəyan və elektromaqnit sahəsi istehsal edən, ötürən və ölçən qurğular
- ***Elektrik və elektron avadanlıqlarının tullantıları*** (elektron tullantıları, ET) – istifadə olunmuş və istismardan çıxarılma anında avadanlığın bütün tərkib hissələri, qovşaqları, çıxdaş materialları daxıl olmaqla sahibinin (mülkiyyətçinin) atdığı (tulladığı) və ya atmaq üçün nəzərdə tutduğu və ya atmalı olduğu EEA.
- ***ET-nin idarə edilməsi*** (ETİ)–tullantıların yığılması (toplanması), nəqli, yerləşdirilməsi (anbarlanması), ilkin və təkrar emalı, utilizasiyası əməliyyatlarından ibarət fəaliyyət.
- ***Selektiv yığım*** – ET-nin yaranma mənbələrindən qəbul məntəqələrinə digər tullantı növlərindən ayrıca yığılması (toplanması) prosesi.
- ***Resiklinq*** – ET-nin bərpa, təmir və s. üsullarla təkrar istifadəyə qaytarılması və ya ilkin və ya təkrar emalı yolu ilə yenidən təsərrüfat dövriyyəsinə qaytarılması prosesi.

Məlumdur ki, tullantılar, o cumlədən ET (ingilisdilli ədəbiyyatda Waste Electrical and Electronic Equipment − e-waste və ya WEEE) xüsusi texnoloji emal prosesini keçmədən tullantı poliqonlarına atıldıqda ətraf mühitin təsiri altında (günəş şüaları, yağıntı, külək və s.) təbii aşınma və ya yanğınlar nətıcəsində tərkibindəki ziyanlı maddələr, yaranan zəhərli qaz və birləşmələr atmosferi, torpağı, qrunt sularını zəhərləyir, ətrafda yaşayan insanların sağlamlığı üçün təhlükə yaradır. Digər tərəfdən tullantılar təbii yeraltı sərvətlərlərdən fərqli olaraq fasiləsiz bərpa olunan xammal-material və istilik-energetik resurslar (təkrar resurslar) mənbəyidir.

Birləşmiş Millətlər Təşkilatının (BMT) təsisçisi olduğu və ET problemləri ilə məşğul olan StEP (Solving the E-Waste Problems Initiative) beynəlxalq təşkilatının mütəxəssislərinin hesablamalarına görə məlumatına görə 2019-cu ilin sonuna dünyada 60 mln. tona yaxın ET yaranmışdır və hər il 3÷5% artır [2].

ET-nin ətraf mühit və insan sağlamlığı üçün yaratdığı potensial təhlükə BMT tərəfindən qlobal ekoloji təhlükələr sırasına daxil edilmişdir.

ET-nin idarə edilməsi problemləri

Hal-hazırda ETİ sisteminin (ETİS) işlənməsi və həyata keçirilməsi istənilən ölkə qarşısında duran ən mühüm və aktual məsələlərdən hesab edilir. Son illər, ümumiyyətlə, tullantıların idarə edilməsi sisteminin səmərəlilik dərəcəsi həmin ölkənin iqtisadi, texnoloji inkişaf səviyyəsinin əsas göstəricilərindən biri kimi qəbul edilməkdədir. ETİS üçün bazis konsepsiyası kimi 1987-ci ildə BMT Baş Assambleyasının Təbiəti Mühafizə Komissiyasının iclasında təqdim etdiyi "Bizim ümumi gələcəyimiz" adlı məruzənin tərkib hissəsi olan "Dayanıqlı İnkişaf Konsepsiyası" qəbul edilmişdir. Konsepsiyanın tullantılara aid hissəsində tullantıların idarə edilməsinin (TİE) yeni strategiyası kimi təsərrüfat fəaliyyətinin qapalı tsiklinin yaradılması qəbul edilmişdir. Konsepsiyaya görə təbii sərvətləri gələcək nəsillərə saxlamaq üçün onlardan qənaətlə istifadə edilməlidir. Bu məqsədlə elə fəaliyyət dairəsi yaratmaq lazımdır ki, tullantılar təsərrüfat dövriyyəsində ilkin təbii resursları (yeraltı və yerüstü sərvətləri, xammalı) əvəz etsin. Konsepsiyada bu strategiyanın praktik realizə sxemi də göstərilmişdir: məhsulun tullantıları ilkin (birinci) və təkrar (ikinci) emal edilərək tərkiblərindəki xammal/materiallar çıxarılmalı və yenidən təsərrüfat dövriyyəsinə qaytarılmalıdır. Eləcə də, bu prosesin təşkili istehsalçının məsuliyyətinə (istehsalçının genişləndirilmiş məsuliyyəti prinsipi-Extended Producer Responsibility, EPR) aid edilir. Tövsiyyə edildi ki, hər bir ölkə tullantıların idarə edilməsi mexanizmlərinin işlənməsində və praktiki tətbiqində bu strategiyaya əsaslansın.

AB-də ET-nin idarəçiliyi problemlərinin həlli vəziyyəti

AB-də ET-nin idarəçiliyi "Dayanıqlı İnkişaf Konsepsiyası" əsasında işlənmiş "Tullantıların İdarə Edilməsi Konsepsiyası" üzrə həyata keçirilir. AB-də ETİS-nin məqsədi hazırda toplanmış və yaranan tullantıların miqdarının azaldılması, təkrar istifadəsi, eləcə də ətraf mühitə və insan sağlamlığına minimal ziyanla utilizasiya edilməsidir. ET-in effektiv idarə edilməsi üçün Konsepsiya biri-biri ilə sıx əlaqədə olan normativ-hüquqi, iqtisadi, teniki-texnoloji, sosial, informasiya təminatı və s. tərkiblərdən ibarət bazanın yaradılmasını nəzərdə tutur. Sistemin bəzi əsas tərkiblərinin mövcud vəziyyətinin qısa şərhini verək.

Normativ-hüquqi baza *(NHB).* Bu normativ-hüquqi sənədlər bazası ekoloji hüquq qanunvericiliyi əsasında yaradılıb və əsasən iki qrupdan ibarətdir:

– Proqram aktları (Action Programmes) – normativ-hüquqi aktlardan (NHA) ibarət olan çərçivə sənədləridir və bir qayda olaraq idarəetmənin ümumi və xüsusi qaydalarını, eləcə də yaxın zaman və perspektiv üçün məqsədləri, öhdəlik göstəricilərinin parametrlərini (minimum, orta, maksimum, və s.) müəyyənləşdirir.

– Normativ-hüquqi texniki aktlar (NHTA–standartlar, texniki tələblər, müqavilələr, təlimatlar və s.) AB üzvləri üçün TİE sahəsində konkret məsələlərin həllinə aid edilir.

Hər iki qrup sənədlər bir qayda olaraq Avropa Komissiyasında işlənir, Avropa Şurası və Avropa Parlamenti tərəfindən qəbul edilir. Bu sənədlərdən başqa Avropa Komissiyası dövrü olaraq Kommunike və ya Xəbərlər (Communikation) adı ilə sənədlər hazırlayır. Bu sənədlər normativ aktların müddəalarının ümumiləşdirilməsinə və ya şərhinə, eləcə də uyğun sahədə aparılan işlərin icra vəziyyətinin nəticələrinə (hesabat qaydasında) həsr edilir. AB üçün ümumi olan bu NHA əsasında

üzv ölkələr öz milli (ölkə üçün ümumi, bələdiyyələr üçün xüsusi aktlar) və regional qanunvericilik sistemlərini formalaşdırırlar. Milli qanunvericilikdə perspektiv göstəricilərə çatmaq müddəti uzadıla, bəzi müddəalar qəbul edilməyə və ya müəyyən əlavə və dəyişiklərlə qəbul edilə bilər.

AB-nin milli hökümətləri TİE sahəsindəki işlərini özlərinin 1-3 illik planları əsasında qurur. Bu planlar Avropa Komissiyasının işlədiyi 10-15 illik strateji planlar əsasında yaradılır. Bu strategiyalar öz növbəsində dövlətlərin məqsəd və vəzifələrini əks etdirən, geniş elmi araşdırmalara əsaslanan perspektiv dövlət strategiyaları əsasında formalaşdırılır.

AB-də ET ilə münasibətlər əsasən aşağıdakı normativ aktlarla tənzimlənir.

– 1600/2002/EC/EP–"6-cı Ekoloji Fəaliyyət Proqramı" [3].

– 2008/98/EC /EP Direktivi – "Tullantılar haqqında" haqqında [4].

– 2012/19 EC/EP Direktivi – "Elektrik və elektron avadanlıqlarının tullantıları haqqında" [1].

–2002/95EC Direktivi. "Bəzi təhlükəli maddələrdən elektrik və elektron avadanlıqlarında istifadə məhdudiyyətləri haqqında" [5].

–Bazel Konvensiyası–"Təhlükəli tullantıların transsərhəd daşınmasına və onların utilizasiyasına nəzarət haqqında" [6] və s.

Texnoloji baza. Texnoloji baza dedikdə ET-nin həyat tsiklinin bütün mərhələlərini (qəbul, toplama, ilkin və təkrar emal, utilizasiya və s.) həyata keçirən istehsalat infrastrukturunun (sənaye sahəsinin) yaradılması, eləcə də məhsulun layihələndirilməsi, istehsalı və satışı mərhələlərində ET-nin yaranmasını minimallaşdırmağa imkan verən effektiv texnologiyalardan istifadə edilməsi nəzərdə tutulur. Sonuncuya adətən avadanlıqların uzunömürlüyü, çoxdəfəli istifadə imkanı, tərkibindəki təhlükəli və ziyanlı maddə və materalların azaldılması/əvəzlənməsi, ekodizayn tələbləri (asan demontaj, ilkin/təkrar emal imkanı və s.) və s. nəzərdə tutulur.

AB-nin hər bir üzvü iqtisadi inkişaf səviyyəsindən asılı olmayaraq ET-nin emalı üzrə öz infrastrukturunu AB-nin qəbul etdiyi baza normativ-hüquqi sənədlərdə qeyd olunan minimal tələblər səviyyəsinə uyğunlaşdırmalıdır.

İqtisadi baza. AB-də tullantıların yaranma mənbəyində əmələ gəlməsinin qarşısının alınmasını/minimallaşmasını, təkrar istifadə və təkrar emal dərəcəsinin yüksəldilməsini stimullaşdırmaq məqsədilə müxtəlif iqtisadi bazar mexanizmləri–güzəştli kredit, məqsədli subsidiyalar, çevik vergi siyasəti, cərimələr, cəza və sanksiyalar tətbiq edilir.

Tullantı sahiblərinə (mülkiyyətçiyə) güzəşt və ya cərimələrin tətbiq edilməsində, dərəcələrinin müyyənləşdirilməsində "tullantıları idarəetmənin məqsədəuyğunluq iyerarxiyası" prinsipindən istifadə edilir. Bu prinsip tullantıları emal üsullarının "çox yaxşıdan çox pisədək" qiymətləndirilməsinə və emal subyektinə qarşı adekvat iqtisadi təsir mexanizmlərinin tətbiq edilməsinə əsaslanır. Bu iyerarxik ardıcıllıq aşağıdakı kimidir:

– tullantı yaranmasının qarşısının alınması və ya maksimum azaldılması;

– məhsuldan təkrar istifadə;

– xammal və ya yeni materiala çevirmə (resiklinq);

– enerji almaqla yandırma və ya basdırma;

– enerji almamaqla yandırma və ya basdırma.

Təsir mexanizmi kimi tətbiq edilən iqtisadi həvəsləndirmə mexanizmləri əsas etibarilə aşağıdakı prinsiplərə əsaslanır.

– *nə qədər çox tullantı yaradırsansa o qədər çox ödəyirsən.* Ev və təsərrüfat subyektləri əmələ gətirdikləri tullantıların çəkisinə/həcminə görə emal müəssisələrinə haqq ödəyir.

– *ET-nin basdırılması və yandırılması həcminə kvota və diferensasiya olunmuş vergi*. Tullantı sahibi təyin edilmiş kvota daxilində artan şkala üzrə vergi ödəyir. Mülkiyyətçinin kvotanın tam və ya qənaət edilmiş hissəsini satmaq hüququ var.

– *istehsalçının genişləndirilmiş məsuliyyəti (EPR).* Bu prinsipə-strategiyaya görə tullantı halına keçmiş ET-nin tam həyat tsiklinin, o cümlədən texnoloji emal proseslərinin təşkili və həyata keçirilməsi üçün məsuliyyəti həmin avadanlıqların istehsalçıları daşıyır. İstehsalçının bu prinsiplə müəyyənləşdirilmiş məsuliyyəti AB çərçivəsində qüvvədədir. Lakin AB-nın məhsul istehsalçıları alıcı ölkələrin TİE üzrə müvəkkil edilmiş strukturları ilə bağlanmış müqavilələr çərçivəsində bu prinsipdən istifadə edə bilər. Məsələn Apple, Hewlet Packard (HP), IBM kimi şirkətlər məhsullarının satıldığı ölkələrin 95%-də (Azərbaycan bura daxil deyil) öz məhsullarının tullantılarının yığımını, resiklinqini və utilizasiyasını həyata keçirir. Bu şirkətlər əlavə utilizasiya vergilərinin və cərimələrin ödənilməməsi, ilkin emal prosesindən əldə etdiyi xammalın/materialın (metal, şüşə, plastik, əlvan və nəcib metallar və s.) satışı və s. nəticəsində ETİ prosesini rentabelli istehsalat sahəsinə çevirmişlər.

– *ET-nin yaranmasının qarşısının alınması və ya minimallaşdırılması planları.* Bu planlar (öhdəliklər) bütöv istehsal sahələrindən tutmuş ayrı-ayrı məhsulların istehsalçıları ilə hakimiyyət orqanları arasında bağlanan müqavilələr əsasında həyata keçirilir və qrantlardan, subsidiyalardan, tarif və vergi güzəştlərindən istifadə etməklə aparılır. Bu iqtisadi mexanizmin məqsədi istehsalçını tərkibində təhlükəli maddə və materialların miqdarı daha az olan və ya daha az təhlükəli maddə və materiallarla əvəz edilmiş, ekodizayn tələblərinə uyğun olan (avadanlığın daha asan demontal edilməsi, uzunömürlüyü və çoxqat istifadəsi, təmirinin asanlığı və s.) məhsul istehsalına stimullaşdırmaqdır.

– *"Könüllü razılaşmalar"* – ETİ prosesində fiziki şəxslərin, ictimai təşkilatların iştirakı-xüsusilə selektiv yığım (növ kimi ayrıca yığım) mərhələsi üzrə-tullantıların emalına cavabdeh dövlət orqanları ilə könüllülük prinsipi üzrə bağlanmış müqavilələr vasitəsilə (haqqı ödənilməklə) həyata keçirilir. AB-nin ayrı-ayrı ölkələrində qeyd olunan iqtisadi həvəsləndirmə mexanizmlərinin müxtəlif variantları və kombinasiyaları tətbiq edilir.

İnformasiya dəstəyi mexanizmləri. Bura, ilk növbədə, tullantılar haqqında, tullantıların yaranmasının qarşısının alınması və ya azaldılması məsələləri üzrə ev təsərrüfatlarına, idarə və müəssisələrə məlumat və məsləhətlər verilməsi, cəmiyyətin bütün təbəqələri üçün çap və elektron informasiya materiallarının hazırlanması, uşaqlar və yeniyetmələr üçün əyləncəli tədbirlərin, yarışların keçirilməsi və s. aiddir. Bu tədbirlər dövlət, ictimai təşkilatlar, xeyriyyə cəmiyyətləri, ayrı-ayrı fiziki şəxslər tərəfindən hərtərəfli dəstəklənir. Orta məktəblərdə ekoloji mühafizə, o cümlədən tullantıların əsasları tədris proqramlarına daxil edilir, ali təhsil müəssisələrində bakalavr və magistr səviyyələrində kadrlar hazırlanır.

Qeyd etmək lazımdır ki, istər Azərbaycanda, istərsə də MDB ölkələrinin heç birində bu günədək ET-nin tam texnoloji həyat tsiklini əhatə edən idarəetmə sistemi yaradılmayıb. Bunun əsas səbəbi ET-nın idarə edilməsi ilə bağlı xüsusi qanunvericilik bazasının yaradılmaması, selektiv yığım/toplama mərhələsinin zəif təşkili və ya ümumiyyətlə aparılmaması və s. çatışmamazlıqlardır. Ona görə də bu ölkələrdə ET-nın emalının əsas üsulu utilizasiyadır və bu, əsasən poliqonlarda yandırma və ya basdırma yolu ilə həyata keçirilir.

Nəticə

Deyilənlərdən məlum olur ki, AB-də ETİ məsələsinə ilk növbədə ekoloji tarazlığın saxlanması, ətraf mühitin və insan sağlamlığının qorunması problemlərinin prioritet məsələsi kimi baxılır. Bu məqsədə çatmaq üçün effektiv ETİS yaradılıb və getdikcə təkmilləşdirilir. Bu sistem ET-

nin tam həyat tsiklini, yəni selektiv yığım/toplama, ilkin və təkrar emal, utilizasiya mərhələlərini əhatə edir. AB ərazisində yaranan ET-nin ümumi həcminin 55÷95%-i (üzv ölkələrdən asılı qlaraq) idarəetmə prosesi ilə əhatə edilib.

ƏDƏBİYYAT

1. Directive 2012/19/EC of the European Parliament and the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment.
   http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32012L0019
2. Solving the E-waste Problem (StEP) Initiative.
   http://isp.unu.edu/research/step/
3. 1600/2002/EC of the European Parliament and of the Council laying down the Sixth CommunityEnvironmentActionProgramme.
   https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/17828533/Decision%20No%201600-2002-EC.pdf
4. Directive 2008/98/EC of the european parliament and of the council on waste and repealing certain directives of 19 november 2008.
   https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098
5. Directive 2002/95/EC of the european parliament and of the council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.
   https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0095&from=SV
6. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal.
   https://www.fairphone.com/wp-content/uploads/2015/03/BaselConventionText-e.pdf

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫМИ ОТХОДАМИ

Агаев Б.С.

Институт информационных технологий НАНА, Баку, Азербайджан, bikies418@gmail.com

Ключевые слова: отходы, электронные отход, жизненный цикл отходов, утилизация, система управление электронными отходами.

Статья посвящена анализу решения проблем управления электронными отходами в Европейском Союзе. Анализ охватывает законодательные, технико-технологические, экономические и другие аспекты управления электронными отходами.

ELECTRONIC WASTE MANAGEMENT

Agayev B.S.

Institute of information technology ,ANAS, Baku, Azerbaijan, bikies418@gmail.com

Keywords: waste, electronic waste, waste life cycle, selective collection, recycling, electronic waste management system

Article in e-waste in the European Union, management, problem solving questions are analyzed. Analysis of e-waste management, and legislative, technical and technological, economic, organizational, etc aspects covers.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТЕПЛОЕМКОСТЬ, ТЕМПЕРАТУРАПРОВОДНОСТЬ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ МАНГАНИТОВ $PR_{0.7}SR_XBA_{0.3-X}MNO_3$

[1]Гамзатов А.Г., [1]Батдалов А.Б., [1]Алиев А.М., [2]Йен П.Д.Х., [3]Тан Т.Д., [3]Данг Н.Т., [4] Ю С-Д., [2]Ким Д-Х

[1] Институт физки имени Х.И. Амирханова Дагестанского федерального исследовательский центра Российской академии наук, Махачкала, Россия

[2]Отделение физики, Чунбукский национальный университет, Чхонджу, Южная Корея

[3]Институт материаловедения, Вьетнамская Академия наук и технологий, Ханой, Вьетнам

[4] Школа естественных наук, Ульсанский национальный институт науки и техники, Ульсан, Южная корея

E-mail: gamzatov_adler@mail.ru

Ключевые слова: манганиты, теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность.

В работе представлены результаты исследования влияние магнитного поля 1.8 Т на теплоемкость (C_P), температурапроводность (η) и теплопроводность (κ) поликристаллов $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ (x=0, 0.1, 0.2, 0.3). На зависимости η(T) для всех образцов вблизи T_C наблюдаются ярко выраженные минимумы, которые в магнитном поле сглаживаются. На зависимости κ(T) вблизи T_C обнаружены небольшие минимумы и резкое скачкообразное изменение теплопроводности при переходе в ФМ фазу.

Манганиты, получившие широкую известность благодаря эффекту колоссального магнетосопротивления (КМС) [1, 2], в последние годы стали также объектами пристального внимания благодаря обнаруженному в них магнитокалорическоскому эффекту (МКЭ) [3], на основе которого могут быть созданы магнитно-охлаждающиеся устройства [4]. Большая часть литературы, посвященная МКЭ в манганитах, фокусируется на понимании и демонстрации экспериментальных фактов изучения изменений энтропии [5-7]. Однако для использования таких материалов в прикладных целях и особенно в магнитных охлаждающих устройствах, требуются знания других физических параметров, таких как теплопроводность и температурпроводность и влияние на них магнитного поля, от которых зависит эффективность работы холодильной машины [8]. Особый интерес представляют манганиты с частичным замещением ионов как в А подрешетке, так и в подрешетке Mn. Такое замещение позволяет управлять температурой Кюри в широком интервале температур без заметных потерь в величинах наблюдаемых эффектов (КМС, МКЭ) [9-11]. Несмотря на большое количество работ [2, 12-25] посвящённых изучению механизмов теплопереноса в манганитах, до сих пор однозначно не установлены механизмы наблюдаемых вблизи фазовых переходов аномалий в поведении κ(T) и η(T), дискуссионными остается и механизмы самого процесса теплопереноса [16, 17] и влияния магнитного поля на эти процессы.

В рассматриваемой нами системе $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$, частичное замещение в А подрешётке приведет к изменению фактора толерантности $f = (\langle r_A \rangle + r_O)/\sqrt{2}(r_{Mn} + r_O)$ и параметра беспорядка $\sigma^2 = \sum x_i r_i^2 - \langle r_A \rangle^2$ (где x_i – концентрация i- катиона, r_i- ионный радиус i- катиона) вызванный различием в ионных радиусах А– катионов. Такое замещение создает «химическое давление» и приводит к деформации кристаллической решетки, в данном случае к уменьшению объема элементарной ячейки и среднего ионного радиуса А – катионов $\langle r_A \rangle$.

Изменение параметров σ^2 и f приводит к изменениям длин межатомных связей Mn – O и валентных углов Mn – O – Mn в кислородных октаэдрах, от которых зависит интенсивность обменных взаимодействий. Эти изменения будут сказываться на исследуемых макроскопических параметрах (теплоемкость, теплопроводность, температурапроводность) и поведении их в магнитном поле.

В данной работе мы сообщаем о результатах наших экспериментальных исследованиях по влиянию магнитного поля H=1.8T на теплоемкость, температурапроводность и теплопроводность для соединений $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ в интервале температур 80-320 K.

Результаты и обсуждение

На рис.1 представлены результаты температурной зависимости теплоемкости для системы $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ при H=0 и H=1.8 T. Для всех образцов наблюдается ярко выраженные аномалии, связанные с фазовым переходом ФМ-ПМ, с максимумом при температурах T_C=184, 200, 231 и 263 K соответственно для x=0, 0.1, 0.2 и 0.3. Магнитное поле подавляет аномалии и смешает температуру максимума. Следует также отметить, что увеличение концентрации Sr приводит к смещению T_C в сторону высоких температур, которая связана с увеличением обменных взаимодействий и ферромагнетизма достигая максимума для x=0.3 [26] и характерному для манганитов монотонному увеличению величины аномальной части [10, 11, 14].

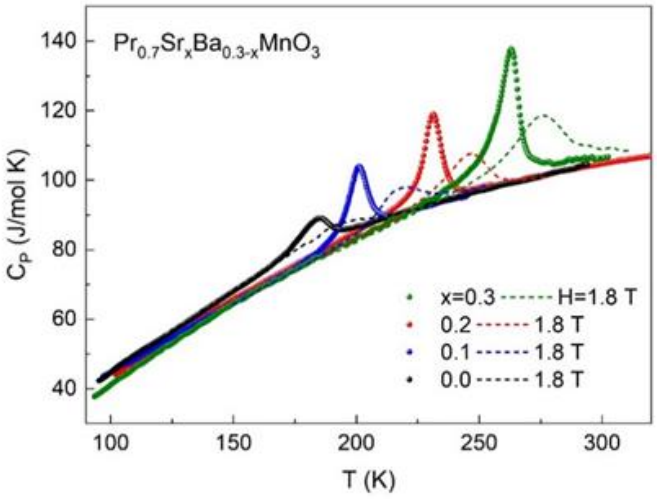


Рис.1. Температурные зависимости теплоемкости для системы $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ при H=0 и H=1.8 T.

На рис.2 (a-b) приведены результаты температурной зависимости η(T) и κ(T) для системы $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ при H=0 и H=1.8 T. Отметим, что температурапроводность характеризует скорость изменения температуры материла в нестационарных тепловых процессах и равна отношению коэффициента теплопроводности к произведению его удельной теплоёмкости на плотность ρ: $\eta=\kappa/\rho C_P$. Однако судя по литературе, единичные группы занимаются исследованием температурапроводности манганитов [10, 23, 24, 27] и еще меньше работ, посвященных исследованию влияния магнитного поля на η(T) [23, 24]. Как видим на зависимости η(T) (рис.2a) для всех образцов близи T_C наблюдаются минимумы, которые в магнитном поле сглаживаются.

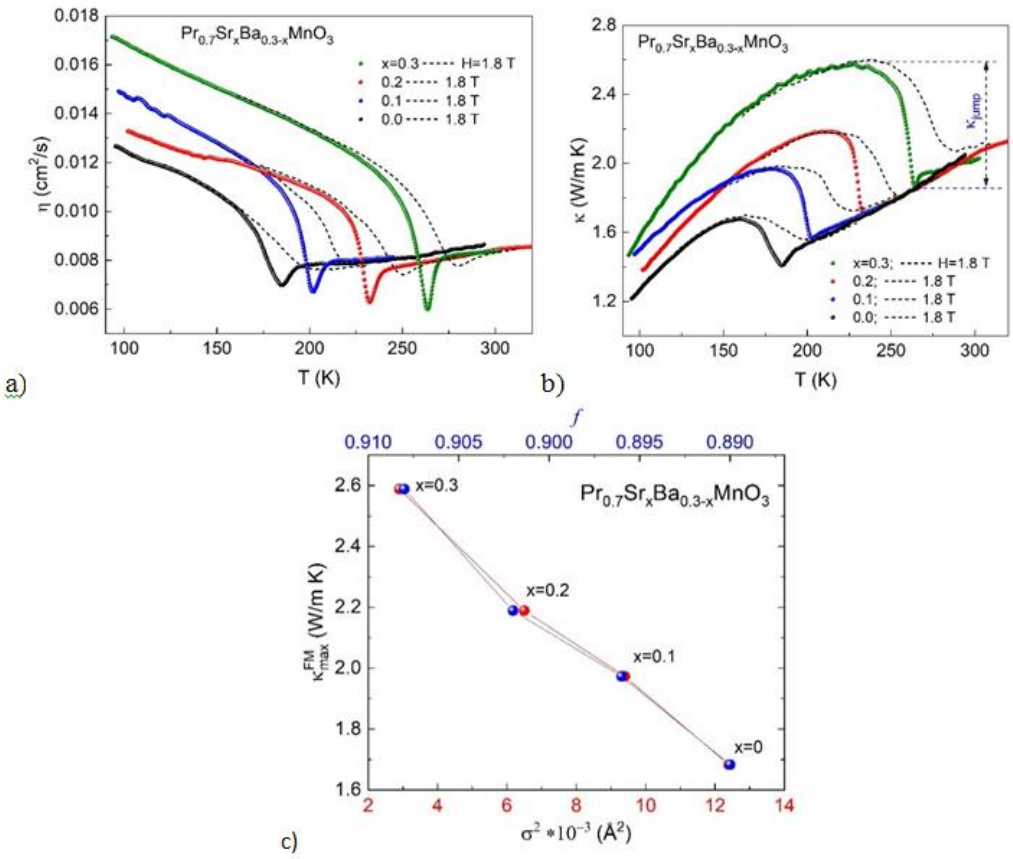


Рис.2. Температурные зависимости для $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ при H=0 и H=1.8T a) температурапроводности, b) теплопроводности. c) Зависимость максимальной величины теплопроводности в ФМ фазе от σ^2 и *f*.

Поведение минимумов для системы $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ на кривых η(T) в зависимости от концентрации Sr и магнитного поля наталкивает на мысль, что при интерпретации теплопереноса необходимо рассматривать несколько механизмов, которые приводят к изменению скорости рассеяния носителей тепла. С одной стороны, здесь прослеживается прямая связь между глубиной наблюдаемых минимумов и параметром беспорядка σ^2. Как правило уменьшение катионного беспорядка (в нашем случае рост концентрации Sr) должно привести к сглаживанию наблюдаемых минимумов вблизи T_C вследствие уменьшения рассеяния на искажениях кристаллической решетки, вызванных катионным беспорядком. Однако на рис.2(a) для системы $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ мы наблюдаем обратную картину, т.е. уменьшение σ^2 (рост концентрации Sr) приводит к увеличению глубины минимума на зависимости η(T). Это связано с тем, что мы наблюдаем усиление ферромагнетизма с ростом концентрации Sr [26], что приводит к росту флуктуаций параметра порядка вблизи T_C и тем самым более ярко выраженным аномалиям в исследуемых параметрах (C_P, η и κ). Таким образом уменьшение катионного беспорядка приводит к росту термодинамических флуктуаций вблизи T_C, на которых рассеяние носителей тепла является преобладающим.

Магнитное поле (1.8 T) подавляя флуктуации приводит к сглаживанию минимумов и смещению T_{min} в строну высоких температур. Кроме того, одновременно с этим магнитное поле снимает искажения Яна-Теллера, на которых также происходит рассеяние носителей тепла. При этом в парамагнитной области ($T>T_C$) поведение η(T) показывает слабый рост с температурой. Постоянство или слабый рост величины η(T) выше T_C означает, что длина

свободного пробега фононов l_{ph} ограничена размерами структурных несовершенств, с которыми фононы взаимодействуют.

На рис.2(b) приведена температурная зависимость теплопроводности для системы $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ при H=0 и H=1.8 T. Отметим следующие особенности в поведении κ(T) для системы $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$. Температурный ход и относительно низкие значения теплопроводности 1.2-2.6 W/m K, являются характерными для большинства манганитов [12-24]. В ферромагнитной области абсолютная величина теплопроводности увеличивается с ростом концентрации Sr. Максимальная величина теплопроводности в ФМ фазе (κ_{max}^{FM}) для $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ системы прямо пропорционально фактуру толерантности $\kappa_{max}^{FM} \sim F(f)$ и обратно пропорционально параметру беспорядка $\kappa_{max}^{FM} \sim 1/F(\sigma^2)$ (см. Рис.2(c)). Это означает, что основным механизмом рассеяния носителей тепла являются статические и/или динамические искажения кристаллической решетки, вызванные различием в ионных радиусах A катионов.

С понижением температуры при переходе в ФМ фазу для всех образов теплопроводность испытывает скачок, (как правило характерный для ФП первого рода [21]), который может быть связан с уменьшением рассеяния фононов на искажениях октаэдров MnO_6, вызванных эффектом Яна–Теллера [28]. При переходе в ферромагнитную фазу искажения снимаются [12], вызывая резкий рост теплопроводности. Магнитное поле снимает ян-теллоровские искажения и приводит к росту теплопроводности вблизи T_C. С другой стороны, как видно, из рис.2(b) прослеживается и прямая связь между параметром беспорядка σ^2 и величиной скачка теплопроводности (κ_{jump}) при переходе в ФМ фазу. Так для x=0.3 κ_{jump}(x=0)=0.73 W/m K а для x=0.3 κ_{jump}(x=0)=0.28 W/m K, т.е величина скачка теплопроводности для x=0.3 на 38 % больше, чем для x=0. Еще одной особенностью в поведении κ(T) является наличие небольших минимумов вблизи T_C.

Выводы

Таким образом исследовано влияние магнитного поля 1.8 T и катионного беспорядка на C_P(T), η(T) и κ(T) поликристаллов $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ (x=0, 0.1, 0.2, 0.3). Увеличение концентрации Sr приводит к увеличению температуры Кюри T_C, уменьшению беспорядка σ^2 и росту теплопроводности в ФМ фазе на 38 % для x=0.3 по сравнению с x=0. На зависимости η(T) для всех образцов вблизи T_C наблюдаются ярко выраженные минимумы, которые в магнитном поле сглаживаются. На кривой κ(T) вблизи T_C обнаружены небольшие минимумы и резкое скачкообразное увеличение теплопроводности при переходе в ФМ фазу. Сравнение этих результатов позволяют предположить, что аномалии на зависимостях η(T) и κ(T) связаны с рассеянием тепловых фононов как на искажениях кристаллической решетки, вызванных эффектом Яна-Теллера, так и на спиновых флуктуациях.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и ВАНТ в рамках научного проекта №20-58-54006, а также при финансовой поддержке гранта РНФ № 18-12-00415.

ЛИТЕРАТУРА

1. M.B. Salamon, M. Jaime, *Reviews of Modern Physics*, **73**(3), 583 (2001).
2. J.L. Cohn, *Journal of Superconductivity*, **13**(2), 291-304 (2000).

3. M. H. Phan, and S. C. Yu, *JMMM*, **308**, 325 (2007).
4. K. G. Sandeman, *Scripta Materialia* **67**, 566 (2012).
5. B.F. Yu, Q. Gao, et all, *International Journal of Refrigeration* **26**, 622 (2003).
6. M. Liu and B. Yu, *International Journal of Refrigeration* **34**, 617 (2011).
7. J.A. Turcaud, K. Morrison, et all, *Scripta Materialia*, **68**(7), 510-513 (2013).
8. K. K. Nielsen and K. Engelbrecht, *Journal of Physics D: Applied Physics* **45**, 145001 (2012).
9. Y. Pham, T. D. Thanh, et all, *AIP Advances* **8**, 101417 (2018).
10. A.G. Gamzatov, A.M. Aliev, et all, *JMMM* **474**, 477-481 (2019).
11. A.B. Batdalov, A.G. Gamzatov, et all, *Journal of Alloys and Compounds* **782**, 729-734 (2019).
12. J. L. Cohn, J. J. Neumeier, et all, *Phys. Rev. B* **56**, R8495-R8498 (1997).
13. J. Hejtmanek, Z. Jirák, et all, *Journal of Applied Physics*, **83**(11), 7204-7206 (1998).
14. M. Tachibana, E. Takayama-Muromachi, *Applied Physics Letters*, **92**(24), 242507 (2008).
15. M. Matsukawa, H. Ogasawara, et all, *Phys. Rev. B* **62**, 5327-5330 (2000).
16. B. Samantaray, N. Khan, et all, *Europhysics Letters*, **113**(1), 17003 (2016).
17. D.W. Visser, A.P. Ramirez, and M.A. Subramanian, *Phys. Rev. Lett*. **78**, 3947-3950 (1997).
18. B. X. Chen, J. H. Xu, et all, *Phys. Rev. B* **55**, 15471-15474 (1997).
19. J.A. Turcaud, K. Morrison, et all, *Scripta Materialia*, **68**(7), 510-513 (2013).
20. M. Ikebe, et all, *Journal of the Physical Society of Japan* **67**, 1083-1085 (1998).
21. H. Fujishiro, S. Sugawara, M. Ikebe, *Physica B* **316-317**, 331-334 (2002).
22. Y. Kashiwada, H. Fujishiro, M. Ikebe, *Physica B* **329–333**, 924-925 (2003).
23. A.B. Batdalov, A.G. Gamzatov, et all, *Journal of Alloys and Compounds* **705**, 740-744 (2017).
24. A. G. Gamzatov, A. B. Batdalov, et all, *JMMM* **443**, 352-357 (2017).
25. A.B. Инюшкин, A.H. Талденков, et all, ПЖЭТФ 63, 689-693 (2001).
26. Y. Pham, Y.K. Yu, T. V Manh, A. Gamzatov, et all, *Physics of the Solid State*, 62, 756 (2020).
27. H. Fujishiroa, M. Ikebea, T. Akashib, T. Goto, *Physica B* **316-317**, 261–264 (2002).
28. P.G. Radaelli, M. Marezio, et all, *Phys. Rev. B* **54**, 8992 (1996).

MAGNETİK SAHƏNİN İSTİLİK KAPASİTƏSİNƏ, TEMPERATÜR KEÇİRİLMƏSİNƏ VƏ PR0.7SRXBA0.3-XMNO3 MANGANİTLƏRİNİN TERMAL ÖTÜRDÜRÜLMƏSİNƏ TƏSİRİ

[1] Qamzatov A.Q., [1] Batdalov A.B., [1]Əliyev A.M. , [2] Yen P.D.H., [3] Than T. D., [3] Dan N.T, [4] Yu S.-C., [2] Kim D-H.

[1]Əmirxanov adına Fizika İnstitutu, Rusiya Elmlər Akademiyasının Dağıstan Federal Tədqiqat Mərkəzi, Maxaçkala, Rusiya

[2] Çunbuq Milli Universitetin Fizika Departamenti, Çonju, Cənubi Koreya

[3]Materialşunaslıq institutu, Vyetnam Elmlər və Texnologiyalar Akademiyası, Xanoy, Vyetnam

[4]Təbiət Elmləri Məktəbi, Ulsan Elm və Texnologiyalar Milli İnstitutu

Ulsan , South Korea

E-mail: gamzatov_adler@mail.ru

Açar sözlər: manqanitlər, istilik tutumu, istilik yayılması, istilik keçiriciliyi.

Məqalədə 1.8 T maqnit sahəsinin Pr0.7SrxBa0.3-xMnO3 polikristallarının (x = 0, 0.1) istilik tutumuna (CP), istilik keçiriciliyinə (η) və istilik keçiriciliyinə (κ) təsirinin öyrənilməsinin nəticələri

təqdim edilmişdir (x=0, 0.1, 0.2, 0.3). TS yaxınlığındakı bütün nümunələr üçün η (T) asılılığı, maqnit sahəsində düzəldilmiş, ifadə olunan minimumları göstərir. Kiçik minimum və FM fazasına keçid zamanı istilik keçiriciliyində kəskin kəskin dəyişiklik TC yaxınlığındakı κ (T) asılılığında tapılır.

INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON HEAT CAPACITY, TEMPERATURE CONDUCTIVITY, AND THERMAL CONDUCTIVITY OF PR0.7SRXBA0.3-XMNO3 MANGANITES

[1]Gamzatov A.G., [1]Batdalov A.B. [1], [1]Aliev A.M., [2]Yen P.D.H., [3]Thanh T. D., [3]Dung N. T., [4]Yu S.-C., [2]Kim D-H.

[1]Amirkhanov Institute of Physics, Dagestan Scientific Center Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

[2]Department of Physics, Chungbuk National University, Cheongju, South Korea

[3]Institute of Materials Science, Vietnam academy of science and technology, Hanoi, Vietnam

[4]School of Natural Science, Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan, South Korea

Keywords: manganites, specific heat, thermal diffusivity, thermal conductivity

The paper presents the results of studying the effect of a magnetic field of 1.8 T on the heat capacity (CP), temperature conductivity (η) and thermal conductivity (κ) of Pr0.7SrxBa0.3-xMnO3 polycrystals (x = 0, 0.1, 0.2, 0.3). The η (T) dependence for all samples near the TS exhibits pronounced minima, which are smoothed out in a magnetic field. Small minima and a sharp abrupt change in thermal conductivity during the transition to the FM phase are found on the κ (T) dependence near TC.

$TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ KRISTALLARININ TENZOREZISTIV XASSƏLƏRI.

[1]Məmmədova G.N.,[2]Səfərova S.İ.

[1]Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

gulsen3yasar@gmail.com

[2.] Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

safarova_sevinc@aztu.edu.az

Açar sözlər: $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ monokristalları, tenzohəssaslıq əmsalı, statik rejim, mexaniki deformasiya, zona əritmə üsulu, krezol.

Təqdim olunan işdə perspektivli $TlInSe_2$ birləşməsi əsasında alınmış $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ monokristalların tenzohəssaslıq əmsallarının nəticələri verilmişdir. Monokristallar zona əritmə üsulu ilə alınmışdır. Tenzohəssaslıq əmsalı statik rejimdə ölçülmüşdür. İşdə $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ monokristalları əsasında tenzoötürücülərin hazırlanması barədə məlumatlar verilmiş, tenzohəssaslıq əmsalının statik rejimdə təyin olunmuş qiymətlərinin mexaniki deformasiyanın və tərkibə daxil olan komponentlərin miqdarında asılılıqları öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olounan kristallar kifayət qədər yüksək tenzohəssaslıq əmsalına malikdirlər və bu əmsalın qiymətini kənar təsirlərin köməyi və tərkibin dəyişməsi ilə tələb olunan istiqamətdə idarə etmək olar.

Məlum olduğu kimi, $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ tip kristallar fərqləndirici xüsusiyyətlərə malikdirlər [1,2]. Yarımkeçirici tenzometriya baxımından bu, onların yüksək tenzohəssaslıqları, hazırlanma texnalogiyasının sadəliyi, parametrlərinin stabilliyi və s. ilə müəyyənləşdirilir. Bu xüsusiyyətlərdən biri göstərilən kristallarda elektomaqnit dalğalarının təsirilə tenzohəssaslıq əmsalının artması ilə səciuuələndirilir.

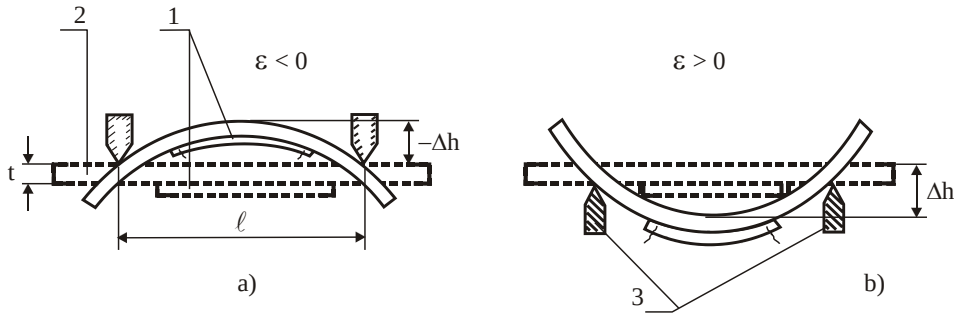
$TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ kristallarının özünəməxsus xüsusiyyətləri bu kristallar əsasında çox sadə texnologiyanın köməyilə tenzovericilərin hazırlanmasına imkan verir. Bu zaman məsələnin həlli külçələrdən təbii yolla qoparılmış güzgü səthli düzbucaqlı nümunələrin alınması ilə sadələşir. Bu əməliyyat adi tiyə vasitəsilə həyata keçirilir.

Alınan məmulatın enini müəyyən etməyə imkan verən vəziyyəti qeyd etdikdən sonra kristal mikromanipulyatorun köməyilə sındırılma xəttinə perpendikulyar istiqamətdə mikroskop altına daxil edilir. Bu yolla alınmış «iynəvari» kristal məmulatlar heç bir əlavə emal edilmədən altlıq üzərində yerləşdirilir. Qeyd olunmuş məmulatların omik kontaktlarının lehimlənməsi zamanı aşağıdakı üsuldan istifadə olunur: uyğun naqillərin, kondensatorun boşalması yolu ilə əvvəlcədən təsirsiz qaz selində qızdırılmış kristalın uclarına bilavasitə qaynaq olunması.

Yapışdırılmış vericilər üçün dayaq rolunda qalınlığı 1 mm, uzunluğu isə 80 mm olan 45 markalı polad müstəvilərdən istifadə olunmuşdur. Emal olunma texnologiyasına əsasən altlığın səthi 7-ci sinifə uyğun gəlir. Qeyd olunmuş altlıqlar, onlar üzərinə müəyyən təbəqənin çəkilməsindən əvvəl toluolun köməyilə yağsızlaşdırılır, sonra isə etil spirtində yuyulur. Bu yolla təmizlənmiş altlıqların üzərinə fırçanın köməyi ilə epoksid-krezol (EP-96) lak təbəqəsi çəkilir. Bu təbəqənin qalınlığı 10-15 mkm tərtibində olur. Təbəqənin çəkilmə prosesində onun bütün səth boyunca bərabər qalınlığı təmin olunur. Altlıq otaq temperaturunda 1saat saxlanıldıqdan sonra yüksək temperaturlu polimerləşməyə məruz qalmaq üçün quruducu şkafa yerləşdirilir.

Altlığın temperaturu tədricən 450K-ə qədər qaldırılır və sonra 1 saat müddətində bu temperatur sabit saxlanılır. Bu zaman altlığın tam polimerləşməsi baş verir. Bu yolla hazırlanmış altlığın üzərinə tenzorezistorun ölçülərindən böyük olan 2-ci lak təbəqəsi çəkilir. $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ kristalları qaynaq olunmuş çıxışları ilə birlikdə lak təbəqəsinə yerləşdirilir və yavaşca onun səthinə sıxılır. Eyni zamanda kristala altlıq müstəvisində lazımi vəziyyət verilir. Vericinin sıx təmasda olması və onun altlığa nəzərən verilmiş oriyentasiyanı saxlaması üçün cihaz eni 1,5 mm olan nazik ftoroplast lenti ilə sarınır. Cihazın qurudulması 290-296K temperaturda 1dər/saat ərzində aparılır sonra isə 463 $\pm$3K temperaturda dəmləmə həyata keçirilir. Qurudulduqdan sonra lent asanlıqla hazır verici üzərindən qoparılır. Qeyd olunmuş qurudulma rejimi ən optimal olmuşdur və bu qayada ilə hazırlanmış datçiklər maksimal həssaslığa malik olmuşlar.

Məhz bu əlamətlər həmin tip kristalların tətbiq olunma imkanlarını genişləndirir və onların əsasında prinsipcə yeni qurğuların yaradıla bilməsi perspektivlərini açır. Həmin kristalların tenzohəssaslıqlarının temperaturdan asılılıqlarına əsaslanaraq prinsipcə yeni qurğu yaratmaq mümkündür.



Şəkil 1. Statik rejim zamanı tədqiq olunan kristalların deformasiyasının ölçülməsi.

$TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ yarımkeçirici kristallarının tenzohəssaslıq əmsalları statik üsulla ölçülür. Statik rejim zamanı tədqiq olunan kristalların deformasiyasının ölçülməsi şəkil 1-də təsvir olunan xüsusi qurğu ilə aparılır. Tədqiq olunan 1 kristalı 10 mkm qalınlıqda nazik düzbucaqlı monokristalların 2 müstəvi polad dayağına yapışdırılması ilə hazırlanır. Nümunənin əyilmiş ucları arasındakı məsafə ℓ, maksimal əyilməsi isə Δh-dır. Nisbi deformasiyanın qiyməti

$$\varepsilon = \frac{4t}{\ell^2} \cdot \Delta h \qquad (1)$$

düsturu ilə hesablanır. Hər iki halda Δh saat mexanizmi olan indikatorun köməyi ilə yüksək dəqiqliklə ölçülmüşdür. Həm deformasiyanın olmadığı (R_0), həm də olduğu halda (R_ε) nümunələrin müqavimətləri VK7-9 lampalı voltimetr vasitəsilə təyin edilmiş və

$$K = \frac{R_\varepsilon - R_0}{R_0 \cdot \varepsilon} \qquad (2)$$

düsturu vasitəsilə tenzohəssaslıq əmsalı hesablanmışdır. Ölçmə [1] işində təsvir olunan üsulla aparılmışdır. Bu zaman nizamlayıcı stabilləşdirilmiş sabit gərginlik mənbəyinə (V_s) ardıcıl olaraq deformasiyası dəyişə bilən ($\varepsilon = \frac{\Delta\ell}{\ell_0}$), R_ε müqaviməti və R_y müqaviməti qoşulur. Beləliklə, qidalandırıcıdan verilən gərginlik kristalın müqavimətində və yük müqavimətində paylanır.

$$V_S = V_k + V_\varepsilon \qquad (3)$$

Qapalı dövrə üçün Om qanunu

$$V_S = J(R_\varepsilon + R_y) \qquad (4)$$

buna müvafiq olaraq kristalın müqaviməti verilmiş deformasiya halında

$$R_\varepsilon = \frac{R_y}{V_\varepsilon}(V_S - V_\varepsilon) \qquad (5)$$

olur. Burada $V_\varepsilon = J \cdot R_y$ nisbi deformasiya olduqda yük müqavimətində gərginlik düşgüsüdür. Deformasiya olmadıqda ($\varepsilon = 0$), kristalın müqaviməti

$$R_0 = \frac{R_y}{V_0}(V_S - V_0) \qquad (6)$$

olur. Beləliklə, deformasiya nəticəsində nümunənin müqavimətinin mütləq dəyişməsi

$$\Delta R_{\varepsilon,0} = -R_y \cdot V_S \cdot \frac{V_\varepsilon - V_0}{V_\varepsilon \cdot V_0}. \qquad (7)$$

Müqavimətin nisbi dəyişməsi isə

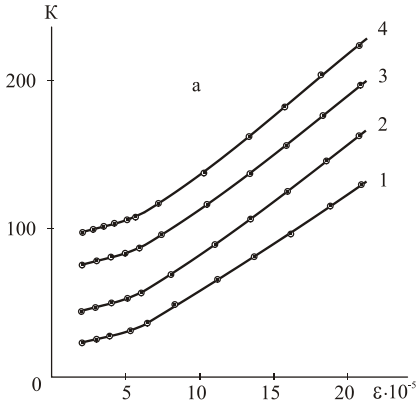
$$\frac{\Delta R_{\varepsilon,0}}{R_0} = -\frac{V_S \cdot V_0}{V_S - V_0} \cdot \frac{\Delta V_{\varepsilon,0}}{V_\varepsilon \cdot V_0}\ , \qquad (8)$$

buna müvafiq olaraq tenzohəssaslıq əmsalının dəqiq qiyməti

$$K = -\frac{\Delta V_{\varepsilon,0}}{V_\varepsilon \cdot \varepsilon} \qquad (9)$$

düsturu ilə təyin olunur. Əgər ($R_y << R_k$) olarsa yəni gərginlik düşgüsü əsasən kristalda baş verərsə ($V_S >> V_0$), onda $\frac{V_S}{V_S - V_0} \approx 1$ və tenzohəssaslıq əmsalı yenə də həmin düsturla hesablanmalıdır. Deməli, tenzohəssaslıq əmsalının təyin olunması deformasiyanın olmadığı (V_0) və olduğu(V_ε) hallarda gərginliklərin ölçülməsi ilə həyata keçirilir.

$TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ kristallarının tədqiqinin nəticələri şəkil 2- də verilmişdir. Tədqiqatlar x=0; 1; 2; və 3 tərkibli kristallarda aparılmışdır. Şəkildən göründüyü kimi kristallarının tenzohəssaslıq əmsalları müxaniki deformasiyanın qiymətinin artması ilə artır. Bu artma deformasiyanın kiçik qiymətlərində nisbətən zəif, böyük qiymətlərində isə kəskin olub xətti qanunla baş verir. Tenzohəssaslıq əmsalının artması $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ kristallarında indium atomlarının qallium atomları ilə əvəz olunması halında isə azalır. Buna baxmayaraq göstərilən tip bərk məhlulların tenzohəssaslıq əmsalları kifayət qədər yüksəkdir və bu kristalların praktikaya tətbiq olunmasını böyük perspektivləri vardır.



Şəkil 2. $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ kristallarının tenzohəssaslıq əmsallarının mexaniki deformasiyanın qiymətindən və tərkibdən asılılıqları.

ƏDƏBİYYAT

1.Müller D., Eulenberqer G., Hahn H. Über ternare Thalliumchalkogenide mit thalliums- selenid-struktur// Z. Anorg.allg.Chrmie, 1973, v. 398, №2, p.207-220.

2.Годжаев Э.М. Структура, электронные и тепловые свойства сложных полупроводников на основе sp и $4f$ элементов : автореферат диссерт. на соиск. уч. степ. докт. физ.-мат наук. Баку, 1985, 34 с

ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВО КРИСТАЛЛОВ $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$.

[1]Мамедова Г.Н., [2]Сафарова С.И.

[1]Нахчыванский государственный университет, Нахчыван, Азербайджан.

gulsen3yasar@gmail.com

[2]Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан,

safarova_sevinc@aztu.edu.az

Ключевые слова: $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ монокристаллы, тензочувствительность, статический режим, механическое деформирование, метод зонной плавки, крезол.

В представленной работе приведены результаты исследывания тензорезистивных свойств монокристаллов $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$, полученные на основе перспективного соединения $TlInSe_2$. Монокристаллы получены методом зонной плавки. Коэффициент чувствительности к растяжению измеряли в статическом режиме. В данной работе предоставлена информация по изготовлению преобразователей деформации на основе монокристаллов $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$, исследована зависимость значений коэффициента деформационной чувствительности, определенного в статическом режиме, от механической деформации и количества компонентов, входящих в состав. Оказалось, что исследуемые кристаллы обладают достаточно высоким коэффициентом чувствительности к растяжению, и значение этого коэффициента можно контролировать в нужном направлении с помощью внешних воздействий и изменением состава.

TENSORESISTIVE PROPERTIES OF CRYSTALS $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$.

[1]Mammadova G.N., [2]Safarova S.I.

[1]Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan. gulsen3yasar@gmail.com

[2]Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan, safarova_sevinc@aztu.edu.az

Keywords: single crystals $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$, strain sensitivity coefficient, static mode, mechanical deformation, zone melting method, cresol.

The results of the tensor sensitivity coefficients of single crystals $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ obtained on the basis of a promising combination $TlInSe_2$ are given in the presented work. Single crystals were obtained by the zone melting method. The tensile sensitivity coefficient was measured in static mode. In this work, information was provided on the preparation of strain transducers based on single crystals $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$, the dependence of the values of the strain sensitivity coefficient determined in the static mode on the mechanical deformation and the amount of components included in the composition was studied. It was found that the crystals under study have a fairly high tensile sensitivity, and the value of this ratio can be controlled in the required direction with the help of external influences and changes in composition.

Ge və Si KRISTALLARININ OPTİK XASSƏLƏRİ VƏ KİMYƏVİ RABİTƏ: AB-İNİTİO HESABLAMALAR

Qədimova L. İ.

Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

qedimovalale@gmail.com

Açar sözlər: yarımkeçirici, dedektor, ion, fotovoltaik,optik, Kristal

Məqalədə Ge və Si yarımkeçirici kristallarının optik funksiyalarının və atomlara proyeksiyalanmış energetik hal sıxlıqlarının hesablamaları Funksional Sıxlıq Nəzəriyyəsi istifadə olunmaqla həyata keçirilmişdir. Göstərilmişdir ki, Ge və Si yarımkeçiricilərinin fundamental qadağan zolağı uyğun olaraq 0.7 eV və 1.15 eV –a bərabərdir, plazma effektləri isə 4.1 eV və 4.15 eV enerjilərdən başlayaraq özünü göstərir. Udulmanın maksimumu Ge (Si) kristalı üçün 4.1 eV (4.0 eV) təşkil edir.

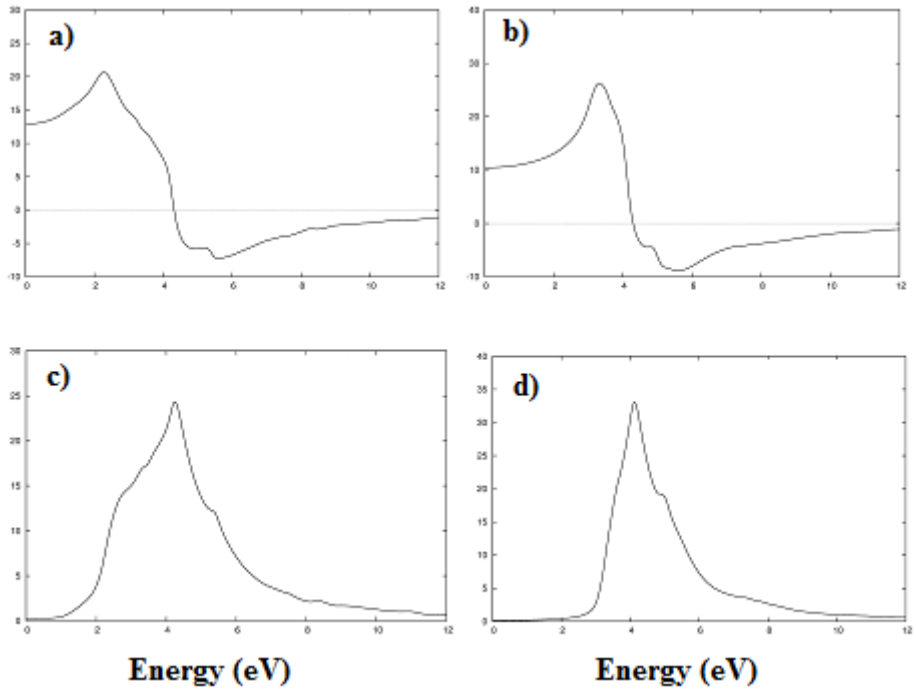
Bundan başqa, müəyyən olunmuşdur ki, valent zonasının tavanı p-, keçirici zonanın dibi isə s-, p- və d- hallarından törəyir.

Son illərdə silisium və germanium kristalları kimi yarımkeçirici birləşmələrin elektron strukturlarının və optik xassələrinin nəzəri olaraq ilk prinsiplərdən hesablanması onların fotovoltaik və fotonik sahələrdə praktiki istifadəsi üçün ümidləri artırdı. Silisium və germanium nanokristalları qeyri-adi, texnoloji cəhətdən perspektivə malik optik xassələr nümayiş etdirir [1,2] və bu səbəbdən gələcəkdə optik cəhətdən aktiv bir material kimi istifadə edilə bilər. Əlavə olaraq, müasir fotovoltaik cihazlarda həm silisium, həm də germanim kristalında kvant konfaynment (tələ) xarakteristikalarından faydalanmaq olar. Xüsusilə, bu birləşmələr əsasında hazırlanmış nanokristallarda, hər üç istiqamətdə konfaynmenti tənzimləyərək yükdaşıyıcıların enerji spektrini idarə etmək mümkündür.

Məqalədə Ge və Si kristallarının optik funksiyalarının və atomlara proyeksiyalanmış hal energetik hal sıxlıqlarının hesablamaları Funksional Sıxlıq Nəzəriyyəsi[3] istifadə olunmaqla Wien2k proqramı çərçivəsində GGA [4] yaxınlaşması ilə hesablanmış elektron spektrə uyğun olaraq yerinə yetirilmişdir.

Ge və Si kristallarının optik xassələri.

Ge və Si kristallarının enerji spektri hesablamalarından dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsinin, xəyali hissənin Kramers-Kroniq analizindən isə həqiqi hissəsi hesablanmışdır. Kompleks dielektrik funksiyası $\varepsilon(\omega) = \varepsilon_1(\omega) + i\varepsilon_2(\omega)$ məlum olduqda müvafiq formulalardan istifadə etməklə həmçinin digər optik sabitlərin və xarakteristikaların hesablanması mümkündür. Maddələrin optik xassələri onların optoelektronikada tətbiqini müəyyənləşdirir. Ge və Si kristallarının dielektrik nüfuzluğunun $\varepsilon_1(\omega)$ həqiqi və $\varepsilon_2(\omega)$ xəyalı hissəsi şəkil 1.-də verilmişdir. Məlumdur ki, yuxarı tezliklərdə elektron və ion sisteminin dielektrik nüfuzluğuna verdiyi əlavə $\varepsilon(0)$ static dielektrik nüfuzluğu ilə müəyyən olunur. Şəkil 1.a və şəkil 1.b-dən göründüyü kimi Ge və Si kristallarının statik dielektrik nüfuzluğu $\varepsilon(0)$ uyğun olaraq 13 və 11-ə bərabərdir. Dielektrik nüfuzluğunun $\varepsilon_2(\omega)$ xəyalı hissəsinin aşağı tezlik sərhəddi -fundamental udulma sərhəddi valent zonasının tavanı və keçirici zonanın dibi arasında baş verən elektron keçidləri ilə xarakterizə olunur. Şəkildən 1.c və şəkil 1.d-də dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsinin interpolyasıyasından alınır ki, $\varepsilon_2(\omega)$-nin udulma sərhəddi- fundamental qadağan zolağının eni Ge və Si kristalları üçün uyğun olaraq ~0.7 eV və ~1.15 eV təşkil edir. Ge (Si) kristalında dielektrik nüfuzluğunun $\varepsilon_1(\omega)$ həqiqi hissəsi enerjinin 4.1 eV (4.15 eV) qiymətindən başlayaraq mənfi qiymətlər alır və kristalda plazma effektləri başlayır. Ge (Si) kristalında $\varepsilon_2(\omega)$ xəyalı hissəsinin maksimumu 4.1 eV (4.0 eV) enerjisinə uyğun gəlir və 2.5 – 4.5 eV (3.1 – 5.1 eV) intervalında güclü udulma müşahidə olunur.

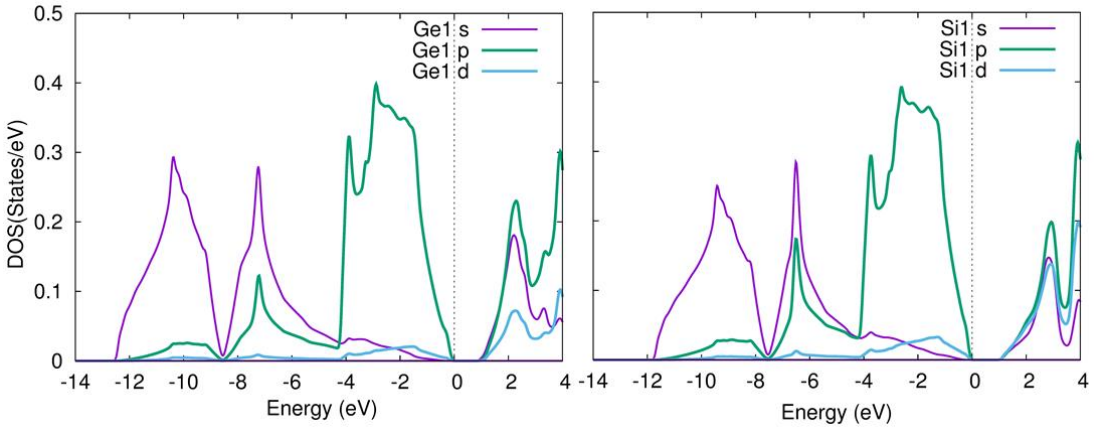


Şəkil 1. a)-, b) – Ge və Si –un dielektrik nüfuzluğunun $\varepsilon_1(\omega)$ həqiqi hissəsi, c), d) –xəyali hissəsi.

qadağan zolağının eni Ge və Si kristalları üçün uyğun olaraq ~0.7 eV və ~1.15 eV təşkil edir. Ge (Si) kristalında dielektrik nüfuzluğunun $\varepsilon_1(\omega)$ həqiqi hissəsi enerjinin 4.1 eV (4.15 eV) qiymətindən başlayaraq mənfi qiymətlər alır və kristalda plazma effektləri başlayır. Ge (Si) kristalında $\varepsilon_2(\omega)$ xəyalı hissəsinin maksimumu 4.1 eV (4.0 eV) enerjisinə uyğun gəlir və 2.5 – 4.5 eV (3.1 – 5.1 eV) intervalında güclü udulma müşahidə olunur.

Ge və Si kristallarıda kimyəvi rabitə.

Şəkil 2.-də Ge və Si kristallarının ayrı-ayrı atomlara proyeksiyalanmış energetik hal sıxlıqları göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi hər iki maddənin energetik hal sıxlıqları -12 ÷ -8 eV, -7 ÷ -4 eV və -4 ÷ 0 eV enerji intervalında yerləşən üç altqrupdan ibarətdir. -12 ÷ -8 eV və -4 ÷ 0 eV enerji intervalında yerləşən zonalar uyğun olaraq s- və p- hallarından törəyir. -7 ÷ -4 eV enerji intervalında isə zonalar həm s- , həm də p- hallarından törəyir və bu oblastda güclü sp hibridizasiya müşahidə olunur. Keçirici zonanın dibi s-, p- və d- hallarından əmələ gəlmişdir.



Şəkil 2. Ge və Si kristallarının ayrı-ayrı atomlara proyeksiyalanmış energetik hal sıxlıqları.

ƏDƏBİYYAT

1. L. Pavesi, L. Dal Negro, C. Mazzoleni, G. Franzó, F. Priolo, Nature 408 (2000) 440;

L. Dal Negro, et al., Appl. Phys. Lett. 82 (2003) 4636;

2. M. Cazzanelli, D. Kovalev, L. Dal Negro, Z. Gaburro, L. Pavesi, Phys. Rev. Lett. 93 (2004) 207402;

K. Luterová, et al., Appl. Phys. Lett. 84 (2004) 3280.

3.Hohenberg P., Khon W. İnhomogeneous electron gas // Phys. Rev. B, 1964, v.136, No.3B, p. B864-B871.

4.Perdew J., Burk K., Wang Y. Generalized gradient approximation for the exchange-correlation hole of a many-electron system // Phys. Rev. B, 1996, v.54, p.16533-16539.

OPTİCAL PROPERTİES AND CHEMİCAL BONDİNG OF GE AND Sİ CRYSTALS: ab-initio CALCULATİONS

Gadimova L.I.

Azerbaijan technical university, Baku,Azerbaijan

qedimovalale@gmail.com

Key words: semiconductor, detector, ion, photovoltaic, optics, crystal

In the paper, the calculations of the optical functions of the semiconductor crystals Ge and Si and the energy state densities projected on the atoms were performed using the Functional Density Theory. It is shown that the fundamental excitation band of Ge and Si semiconductors is equal to 0.7 eV and 1.15 eV, respectively, and the plasma effects are manifested starting from 4.1 eV and 4.15 eV. The maximum absorption is 4.1 eV (4.0 eV) for the Ge (Si) crystal. In addition, it was found that the ceiling of the valence band is derived from the p-, and the bottom of the conductive zone from the s-, p- and d-.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ КРИСТАЛЛОВ GE И Sİ: РАСЧЕТЫ ab-initio

Гадимова Л.И.

Азербайджанский технический университет, г.Баку, Азербайджан

qedimovalale@gmail.com

Ключевые слова: полупроводник, детектор, ион,фотоэлектрический, оптика, кристалл

В данной статье расчеты оптических функций полупроводниковых кристаллов Ge и Si и плотности энергетических состояний, проецируемых на атомы, были выполнены с использованием теории функциональной плотности. Показано, что основная полоса возбуждения полупроводников Ge и Si составляет 0,7 и 1,15 эВ соответственно, а плазменные эффекты проявляются начиная с 4,1 и 4,15 эВ. Максимальное поглощение для кристалла Ge (Si) составляет 4,1 эВ (4,0 эВ). Кроме того, было обнаружено, что потолок валентной зоны определяется p-, а дно проводящей зоны - s-, p- и d-.

$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ ƏRİNTİLƏRİN TERMOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Qəhrəmanova A.S.
Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası,Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
E-mail: qahramanova2013@mail.ru

Açar sözlər: elektrik keçiriciliyi, termoelektrik hərəkət qüvvəsi, istilik keçiriciliyi.

$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2) bərk məhlulların istilik keçiriciliyi, elektrik keçiriciliyi və termoelektrik hərəkət qüvvəsi tədqiq olunu. $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlulların p-tipli keçirici olması və yüksək termoelektrik faydalılıq əmsalı göstərdiyi müəyyən edilib.

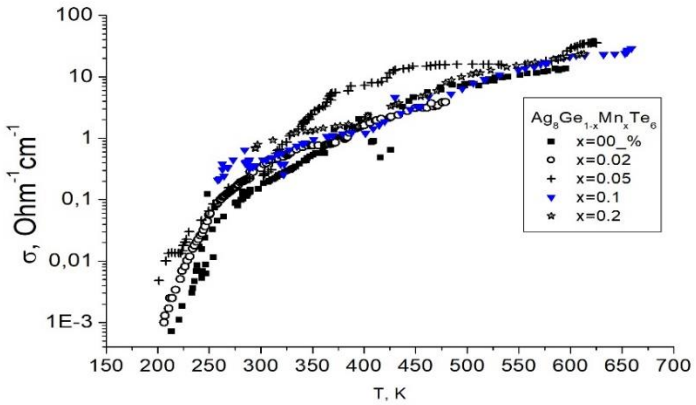
Ag_8GeTe_6 üçlü birləşməyə Mn elementi daxil edilərək $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0;0.2) bərk məhlulları sintez edilmişdir. Diferensial darama kalorimetrində aparılmış tədqiqatlarla (x=0.05; 0.1; 0.2) ərintilərində otaq temperaturundan aşağı temperaturlarda iki, yuxarı temperaturlarda isə bir neçə endotermik pik müşahidə olunub. 300-650K temperatur bölümündə hər bir tərkibdə müşahidə olunan endotermik piklər fərqlidir: x=0.05 tərkibdə piklər 339.18K; 626.25K, x=0.1 tərkibdə pik yalnız 626.76K-də və x=0.2 tərkibdə piklər 351.6K; 421.69K; 626.69K temperaturlarda müşahidə olunur.

$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlullarının elektrik keçiriciliyi 180-600 K, termoelektrik hərəkət qüvvəsi 280-500K və istilik keçiriciliyi 90-400K temperatur bölümündə tədqiq olunub.

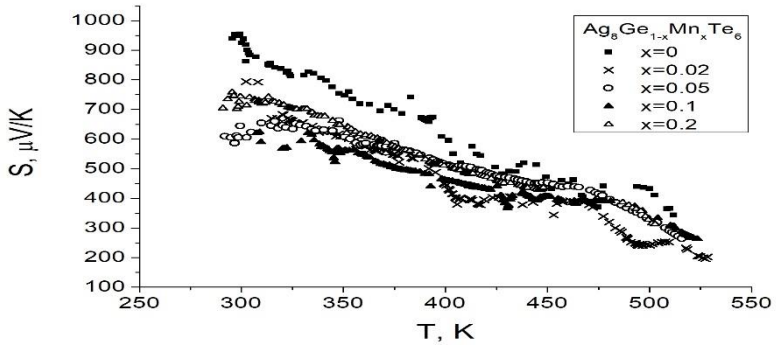
180 K temperaturdan yuxarıda nümunələrin elektrik keçiriciliyi temperatur artdıqca sürətlə yüksəlir (Şəkil 1). 180÷300K temperatur bölümündə σ(T) asılılığı Mott qaydasına uyğun olaraq sıçrayışla artır $\sigma(T) \sim \exp(T^{-1/4})$.

$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ kristallarının termoelektrik hərəkət qüvvəsinin temperatur asılılığı 2-ci şəkildə verilib. Temperatur artdıqca termo-ehq 800μV/K-dən 300 μV/K-dək azalır. Belə azalma nümunənin p-tip yarımkeçirici olduğunu göstərir. *Temperatur artdıqca termo-ehq azalır*.

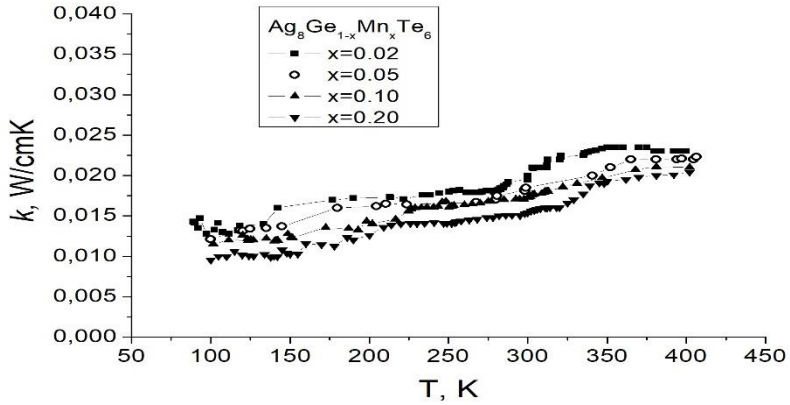
$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ kristallarının istilik keçiriciliyi 3-cü şəkildə verilib. 80÷320 K temperatur bölümündə *k*(T) asılılığı anomal olaraq artır, daha yüksək temperaturlarda isə asılılıq dəyişmir. *k*(T) asılılığında müşahidə olunan artıma səbəb istiliyin foton seli və biopolyar yük daşıyıcıların diffuziyası ilə daşınması ola bilər. T>350 K temperatur bölgəsində nümunələrin elektrik keçiriiliyi kiçik olduğuna görə elektronların payına düşən istilikkeçiriciliyi cüzi olacaq. *Yuxarı temperaturlarda isə k(T) asılılığında artım müşahidə olunur*.



Şəkil 1. $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlulun elektrik keçiriciliyi.



Şəkil 2. $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlulun termoelektrik hərəkət qüvvəsi.



Şəkil 3. $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlulun istilik keçiriciliyi.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$

Гахраманова А.С.
Институт Физики Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азерабйджан
E-mail: qahramanova2013@mail.ru

Ключевые слова: электропроводность, термоэлектрическая движущая сила, теплопроводность.

Исследованы теплопроводности электропроводности, теплопроводности и термоэдс твердых растворов $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2). Установлено, что сплавы имеют p-тип проводимость и проявляют высокий термоэлектрический добротность.

THERMOELECTRİC PROPERTİES OF Ag8Ge1-xMnxTe6 SOLİD SOLUTİONS

Gahramanova A.S.
Azerbaijan National Academy of Sciences Institute of Physics, Baku, Azerbaijan
E-mail: qahramanova2013@mail.ru

Keywords: electrical conductivity, thermoelectric driving force, thermal conductivity.

The thermal conductivity of electrical conductivity, thermal conductivity and thermoelectric power of Ag8Ge1-xMnxTe6 solid solutions (x = 0; 0.02; 0.05; 0.1; 0.2) have been investigated. It was found that the alloys have p-type conductivity and exhibit high thermoelectric figure of merit.

MİS İONLARININ BİTKİ MƏNŞƏLİ MELANİNLƏRLƏ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏ ƏMƏLƏ GƏTİRMƏSİNİN TƏDQİQİ

Heybətova B.T, Bağırov R.M.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan
e-mail: baharadpu@gmail.com , bagirovrafiq@list.ru

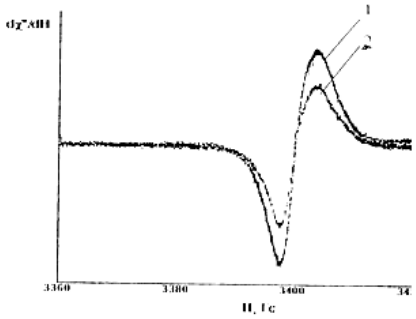
Açar sözlər: Oksidləşmə-reduksiya, kompleks birləşmə, çöküntü, inkubasiya müddəti, spektral zolaqlar.
Xülasə: Mis ionlarının bitki mənşəli melaninlərlə effektiv sürətdə kompleks birləşmə əmələ gətirmədə melaninlərin tərkibində olan karbonil- , karnoksil- , amid- , və amin- qrupları nəzərə alınmaqla araşdırılmışdır.

Son zamanlar canlı orqanizm və bitki aləmində mühüm rol oynayan metal ionlarının bioloji aktiv leqantlı kompleks birləşmələrinin alınması və tədqiqi geniş tədqiqatçı kütləsinin dərin maraq dairəsindədir. Bu ilk növbədə onunla əlaqədardır ki, biometallar (o cümlədən mis ionları) canlı orqanizmlərdə və bitkilərdə bir qayda olaraq kompleks birləşmə halında olur, digər tərəfdən bu cür birləşmələr artıq özlərinə biotexnologiyada , farmakologiyada, təbabətdə, kənd təsərrüfatında və elmin digər sahələrində inamlı tətbiq sahələri tapmışlar [1 , 2].Təqdim olunan iş qara üzüm və qara kəndəlaş bitkilərinin meyvələrinin qabığından melanin piqmentinin ayrılması , onların mis ionları ilə kompleks birləşmələrinin alınası və alınmış kompleks birləşmələrin bəzi struktur xüsusiyyətlərinin araşdırılmasına dair aparılmış eksperimental tədqiqatların sərhinə həsr olunmuşdur.

Melaninlər təbiətdə geniş yayılmış qara (bəzi hallarda tünd qəhvəyi) rəngli, polimer təbiətli piqmentlərdir. Onlara canlılarda, bitkilərdə və mikroorqanizmlərdə rast gəlinir. Əvvəllər belə hesab olunurdu ki, melaninlər toxumaları günəş radiasiyasından mühafizə edən passiv ekran funksiyasını yerinə yetirir. Başqa sözlə onlar günəş radiasiyasını udaraq istilik enerjisinə çevirir və toxumaları radiasiyanın dağıdıcı təsirindən mühafizə edir. Lakin bu halda bilavasitə günəş radiasiyasının təsirinə məruz qalmayan orqanlarda da melaninlərin toplanmasının səbəbi qaranlıq qalırdı. Son zamanlar melaninlərin bir sıra fiziki –kimyəvi xassələri aşkar olunmuşdur ki, (elektret , yarımkeçirici, oksidləşdirici- reduksiyaedici, antioksidant, bir sıra elektrofil və nüklofil birləşmələrdə yükdaşıma kompleksləri əmələ gətirməsi, katalitik və s.) bu da geniş tədqiqatçı kütləsinin onlara marağını artırmışdır.

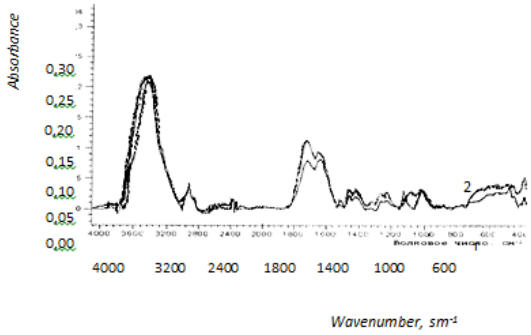
Melaninlər qara üzüm meyvəsinin (BM1) və qara kəndalaş (BM2) birkilərinin meyvələrinin qabığından qələvi mühitdə ekstraksiya metodu ilə ayrılmışdır. Əvvəlcə meyvələrin qabıqları ayrılaraq,bir neçə dəfə distillə edilmiş su ilə yuylaraq sərilmiş , kölgə və otaq tempraturda fasiləsiz havalandırma şəraitində qurudulmuş, sonra isə mexaniki üsulla xırda hissələrə doğranmışdır. Bu xırdalanmış hissələr 1N KOH (pH 11) məhluluna əlavə edilərək maqnit qarışdırıcısı üzərində 50° S tempraturda müntəzəm qarışdırmaqla 8 saat müddətində ekstraksiya edilmişdir. Sonra tünd qara rəngli suspenziya ayrılaraq H_2SO_4 əlavə etməklə pH 4-ə endirilmişdir. Bu zaman lopa şəkilli çöküntü ayrılmağa başlamışdır. Çöküntü suspenziyadan sentrifuqanın köməyi ilə (4000g , 20 dəq.)

ayrılmışdır.Alınmış çöküntü neytral reaksiya müşahidə olunana dək ardıcıl olaraq distillə olunmuş su ilə yuyulmuş və sentrifuqanın köməyi ilə çökdürülmüşdür. Daha sonra çöküntü eksikatorda CaCl üzərində qurudulmuşdur.Alınmış çöküntünün identifikasiyası məqsədi ilə onların EPR- və İQ-spektrləri qeyd olunmuşdur.(şəkil 1 və şəkil 2)



Şəkil 1. Ayrılmış piqmentlərin EPR-spektrləri

1 – BM1: 2 – BM2



Şəkil 1. Ayrılmış piqmentlərin İQ -spektrləri

1 – BM1; 2 – BM2

Alınmış piqmentlərin EPR-spektrləri eni ~ 6.5 Qs olub, g- faktorunun qiyməti sərbəst elektron üçün g-faktorunun qiymətinə bərabər (2.003±0.001) bərabər olan , yüngül asimmetriyaya malik sinqlet formalı spektral xətdən ibarətdir.Nümunələrin İQ-spektrlərindən amin- və fenol 0 sm^{-1}) , C – H qruplarının aromatik skelet rəqsləri (1420 ÷ 1400 sm^{-1}) , C – O , C – C, C = O qruplarının valent rəqsləri (1260 ÷ 1220 sm^{-1}) üçün xarakterik olan spektral zolaqlar müşahidə olunmuşdur.

EPR- və İQ- spektrlərin parametrlərinin qiyməti elmi ədəbiyyatlarda melaninlər üçün müşahidə olunmuş analoji spektrlərin parametrlərin qiymətinə çox yaxındır [3,4]. Bu bizə alınmış piqmentlərin bitki mənşəli melanin olması gümanını irəli sürməyə imkan verir.

Mis ionlarının bitki mənşəli melaninlərlə kompleks birləşmələri ayrılmış melaninlərin (18 mq quru çəkidə), 0,23 mq/ml konsentrasiyada 10 ml $CuSO_4$ məhlulunda otaq temperaturunda 2 saat müddətində inkubasiyası metodu ilə alınmışdır. İnkubasiya müddətində reaksiya sisteminin pH-ı nəzarətdə saxlanılmışdır.

İnkubasiya prosesində reaksiya sisteminin pH-ı sabit qalmışdır. İnkubasiya müddətinin sonunda çöküntü suspenziyadan sentrifuqanın köməyi ilə (4000 g , 20 dəq.) ayrılmış , sonra həmin pH-da distillə olunmuş su ilə yuyularaq yenidən çökdürülmüş , daha sonra çöküntü eksikatorda CaCl üzərində qurudulmuşdur.

Alınmış çöküntülərin EPR-və İQ- spektrlərinin parametrlərinin qiymətləri melaninlərin uyğun spektrlərinin parametrlərinin qiymətlərində fərqlənir. Bu bizə belə güman etməyə imkan verirki alınmış çöküntü mis ionları ilə bitki mənşəli melaninlərin mexaniki qarışığı olmayıb mis ionları ilə melaninlərin kompleks birləşmələridir. Aparılmış araşdırmaların nəticələri göstərmişdir ki, mis ionları bitki mənşəli melaninlərlə effektiv sürətdə kompleks birləşmə əmələ gətirir. Kompleks əmələ gətirmədə melaninlərin tərkibində olan karbonil- , karnoksil- , amid- , və amin-qrupları iştirak edir.Birləşməyə daxil olan mis ionları oktaedrik liqant əhatəsinə malikdir. Parametrlərin qiymətlərinin müqayisəli analizi onu göstərir ki, melaninlər mis ionları ilə kompleks birləşmə əmələ gətirdikdə zəif sahəli liqant kimi iştirak edir. Liqant əhatəsinin təhrif dərəcəsi çox güman ki, alınan birləşmələrin fiziki – kimyəvi xassələri və bioloji aktivliyində mühüm rol oynayır.

ƏDƏBİYYAT

1. X.D. Abdullayev , R.İ. Xəlilov, N.M. Musayev, Q.İ. Əlizadə, A.N. Zeynalova, N.K. Köçərli. Biofizika, Bakı, 2017
2. A.M Feyzullayev, T.M. İlyaslı , Kordinasiya kimyasının əsasları , Bakı 2007
3. Сакина Н.Л., Донцов А.Е., Дегтярев Е.Н. и др. Сравнительная оценка содержания меланина в составе меланосом и меланолипофусциновых гранул клеток ретинального пигментного эпителия глава человека. Офтальмохирургия, 2018, №1, с 78-82
4. M.Abbas, F.D.Amico, L.Morresi et al. Strukteral, electrical and optical properties of melanin films. European Physical Jornal E, 2009, vol.28, no3, p.285-291.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ КОМБИНАЦИИ ИОНОВ МЕДИ С МЕЛАНИНАМИ РАСТЕНИЙ

Гейбатова Б.Т., Багирова Р.М.
Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
baharadpu@gmail.com , bagirovrafiq@list.ru

Ключевые слова: Восстановление-окисление, комплексные соединения, осадок, инкубационный период, спектральный диапазон.

Ионы меди были изучены с учетом карбонильных, карноксильных, амидных и аминогрупп, содержащихся в меланинах, при образовании комплексных соединений с меланинами растительного происхождения с эффективной скоростью.

STUDY OF COMPLEX COMBINATION OF COPPER IONS WITH PLANTIC MELANINES

Heybatova B.T, Bağirov R.M.
Baku State University, Baku, Azerbaijan
baharadpu@gmail.com , bagirovrafiq@list.ru

Key words: Reduction–oxidation, coordination complex, sediment, incubation period, spectral band.

Copper ions have been studied taking into account the carbonyl-, carnoxyl-, amide-, and amine-groups contained in melanins in the effective complex formation of complexes with plant-derived melanins.

$(TlGaSe_2)_{1-x}$ $(TlInS_2)_x$ (x=0,1; 0,2) BƏRK MƏHLULLARINDA KİPLİK SIXLIĞI VƏ ATOMLARARASI QARŞILIQLI ƏLAQƏ QÜVVƏSI

Qurbanov M.M., Qocayev M.M., Dəmirov A.H., Zeynalov H.İ.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
qurbanovmehti@mail.ru

Bərk məhlul, kiplik sıxlığı, qarşiliqli əlaqə, istidən genişlənmə, istilik tutumu.

Yarımkeçiricilərin termodinamikasının hərtərəfli öyrənilməsi baxımından kristallarda atomlararası rabitə qüvvəsi və bununla əlaqədar qəfəsin enerjisinin qiymətinin müəyyən edilməsi mühüm

əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, bu enerjini bilməklə kristalın istilik xassələri ilə yanaşı, mexaniki xassələri və xüsusilə mikrobərkliyi haqda əvvəlcədən müəyyən fikirlər söyləmək olur.

Bu cür əlqələndirmə vasitəsilə müəyyən edilmişdir ki, bir sıra kubik quruluşda kristallaşan birləşmələrdə Debay xarakteristik temperaturu artdıqca kristal qəfəsinin enerjisi də artır.

Son zamanlar laylı və zəncirvari quruluşlu kristallar və onların əsasında alınmış bərk məhlulların istilik və elastiqiyyət parametrlərinin temperatur asılılıqlarına dair eksperimental qiymətlər əsasında bir sıra nəzəri modellər və fiziki parametrlərin qarşılıqlı əlaqəsini əks etdirən empirik düsturlar verilmişdir. Həmin düsturların köməyi ilə uzun müddət tələb edən mürəkkəb eksperimentlər aparmadan praktik məqsədlər üçün lazım ola biləcək müəyyən məlumatları əvvəlcədən bilmək olar [1].

Belə müəyyən edilmişdir ki, almaz tipli kristallik quruluşa malik yarımkeçirici kristallarda elektron qəfəsinin vahid səthi ilə müsbət yüklü ionlar arasında yaranan Kulon qarşılıqlı əlqə qüvvəsi

$$R = \frac{ze^2}{4\pi\varepsilon_o r^2} \dots (1)$$

kimi hesablana bilər. burada *ze* elektron qəfəsiilə rabitədə olan müsbət yüklü ionların effektiv yüküdür, *r*-atomlar arası məsafədir. Bu işdə həmçinin göstərilmişdir ki, elektron qəfəs daxilində vahid səthə düşən qarşılıqlı əlaqə qüvvəsini istilik parametrlərinin köməyi ilə də hesablamaq olar.

$$R = \frac{1}{a^{2/3\chi_s}} \ (2), R = \frac{C_p \cdot d}{a \cdot 3\alpha} \ (3), R = \frac{\Delta H_t^0 \cdot d \cdot N}{3aM} \ (4) və \ R = \frac{k^2 \pi M}{h^2 r} \theta_0^2 \ (5)$$

Burada *R*-in vahidi $\frac{N}{m^2}$ alınır. Bu ifadələrə daxil olan *Cp*-sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu, *d*-sıxlıq, *a*-atomların kipləşmə sıxlığı, α-xətti genişlənmə əmsalı, ΔH_t^0 -ionlaşma dərəcəli ion qazının entalpiyası, M-atom çəkisi, N-Avoqadro ədədi, k-Bolsman sabiti, h-Plank sabiti, θ_o-sıfırıncı yaxınlaşmaya uyğun xarakteristik temperatur və χ_s-adiabatik sıxılma əmsalıdır.

Bu işdə $(TlGaSe_2)_{1-x}(Tl\dot{I}nS_2)_x$ (x=0,1; 0,2) bərk məhlullarının istidən genişlənmə əmsalının, izotermik sıxılma əmsalının eksperimental qiymətləri, eləcə də bu qiymətlər əsasında hesablanmış kristal qəfəsində atomların kipləşmə sıxlığının (*a*) və adiabatik sıxılma əmsalının (χ_s) qiymətləri verilmişdir. *a* və χ_s-in məlum qiymətləri əsasında (2) düsturunun köməyi ilə vahid səthə düşən qarşılıqlı əlaqə qüvvəsinin qiymətləri tapılmışdır.

Tədqiq olunan məhlullar ədəbiyyatda mövcud olan metodika əsasında sintez olunmuş, rentgenoqrafik üsulla kristallik quruluşun növü və qəfəs parametrləri təyin olunmuşdur [2]. Sintez olunmuş maddələrdən uzunluğu 0,03 m, diametri 0,005 m olan silindirik formalı nümunələr hazırlanmış, mövcud metodika əsasında istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalları ölçülmüşdür [3]. Bu parametrlərin ölçülməsi zamanı nisbi xəta 0,5% olmuşdur.

İstidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsallarının eksperimental qiymətləri cədvəldə verilmişdir (cədvəl 1).

Cədvəl 1.

	$(TlGaSe_2)_{0,9}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,1}$		$(TlGaSe_2)_{0,8}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,2}$	
T,k	$\alpha \cdot 10^6;\ k^{-1}$	$\chi_T \cdot 10^{-12} m^2/N$	$\alpha \cdot 10^6;\ k^{-1}$	$\chi_T \cdot 10^{-12} m^2/N$
90	4,96	6,37	4,95	6,32
100	7,65	6,46	7,62	6,45
120	8,29	6,48	8,24	6,46
140	7,45	6,59	7,43	6,54
160	7,81	6,68	7,79	6,63
180	8,25	6,70	8,21	6,65
200	10,12	6,72	10,07	6,70
250	11,02	6,73	10,95	6,68
300	11,28	6,78	11,24	6,71

Cədvəldə verilən qiymətlər əsasında hesablanmış *a*, χ_svə R-in qiymətləri cədvəl 2-də verilmişdir.

Kristal qəfəsində atomların kiplik sıxlığının (a) qiyməti ədəbiyyatda mövcud olan düstur əsasında hesablanmışdır [4].

$$\beta = \frac{C_p \chi_T}{3a} \rho \ldots (6)$$

Burada β-həcmi genişlənmə əmsalı, χ_T-izotermik sıxılma əmsalı, Cp-sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu, ρ-sıxlıqdır. Cp-nin qiymətləri də ədəbiyyatdan götürülmüşdür [5].

Adiabatik sıxılma əmsalının qiyməti (χ_s) ədəbiyyatdan mövcud olan termodinamik düsturun köməyi ilə hesablanmışdır [2].

$$\chi_T - \chi_s = \frac{9\alpha^2 VT}{C_p} \ldots (7)$$

Cədvəl 2.

			$(TlGaSe_2)_{0,9}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,1}$		$(TlGaSe_2)_{0,8}(Tl\dot{I}nS_2)_{0,2}$		
№	**T,k**	***a***	$\chi_s \cdot 10^{-12} \frac{m^2}{N}$	$\boldsymbol{R \cdot 10^{11}\, N/m^2}$	***a***	$\chi_s \cdot 10^{-12} \frac{m^2}{N}$	$\boldsymbol{R \cdot 10^{11}\, N/m^2}$
1	90	0,336	6,32	3,27	0,339	6,26	3,28
2	100	0,339	6,35	3,24	0,343	6,33	3,22
3	120	0,341	6,37	3,21	0,344	6,34	3,21
4	140	0,343	6,39	3,19	0,346	6,37	3,18
5	160	0,345	6,41	3,17	0,348	6,40	3,15
6	180	0,346	6,48	3,13	0,349	6,43	3,13
7	200	0,347	6,51	3,11	0,351	6,49	3,10
8	250	0,348	6,53	3,10	0,349	6,51	3,09
9	300	0,349	6,55	3,08	0,352	6,53	3,07

Cədvəldən göründüyü kimi $(TlGaSe_2)_{1-x}(Tl\dot{I}nS_2)_x$ sistemində tərkibdə $Tl\dot{I}nS_2$-in çəki nisbəti artdıqca kristal qəfəsində vahid səthə düşən qarşılıqlı əlaqə qüvvəsi də azalır. Bu bir daha təsdiq edir ki, kristal qəfəsində atomlararası kimyəvi rabitə zəifləyir.

Bu cür dəyişiklik $(TlGaS_2)_x(TlGaSe_2)_{1-x}$ bərk məhlulunda da müşahidə edilmişdir [6].

Ədəbiyyatda qeyd olunduğu kimi hesablamalarda istifadə olunan düsturların nəzəri olaraq elektron qəfəsi üçün çıxarılmasına baxmayaraq, həmin düsturlardan müəyyən həndəsi formaya malik kristal quruluşlu yarımkeçiricilərin fiziki parametrlərinin də hesablanmasında istifadə oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Ошерин Б.Н. К вопросу природы электроотрицательности в твердых веществах. Химическая связь в полупроводниках и термодинамика. Минск, 1966, 339 с.
2. Курбанов М.М., Годжаев М.М., Мамедов С.Д., Магеррамов А.Б., Мамедов Э.Г. Корреляция между тепловым расщирением, изотермической сжимаемостью и фотопроводимостью в твердых растворах $(TlGaSe_2)_{1-x}(Tl\dot{I}nS_2)_x$ (x=0,1; 0,2). Изд. РАН, Неорган. материалы, 2012, Т.48, № 7, 1-3 с.
3. Курбанов М.М. Тепловое расширение и изотермическая сжимаемость $TlGaTe_2$. Изв. РАН, Неорган. материалы, 2005, Т.41, № 12, 1449-1451 с.
4. Баталов В.С., Пелецкий В.Э. Использование дилатометрин для измерения температурной зависимости сжимаемости металлов и сплавов. Физика метталов и металловедение. 1969, Т.28, в.4, 752 с.
5. Курбанов М.М., Годжаев М.М., Магеррамов А.Б. Тепловое расширение и упругие параметры твердых растворов $(TlGaSe_2)_{1-x}(Tl\dot{I}nS_2)_x$ (x=0,1; 0,2). AMEA-nın Elmi Xəbərləri, 2017, № 5, 31-34 s.
6. Qurbanov M.M., Qocayev M.M., Dəmirov A.H. $(Tl\dot{I}nS_2)_x(TlGaSe_2)_{1-x}$ (x=0,1; 0,2) bərk məhlulunun istidən genişlənməsi və atomlararası ortakvadratik dinamik yerdəyişmə. Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri. Beynəlxalq Elmi Konfransının materialları. Sumqayıt, 24-25 may 2018, 41-43 s.

$(TlGaSe_2)_{1-x}(TlInS_2)_x$ (x = 0,1; 0,2) ПЛОТНОСТЬ ЗАМЫКАНИЯ И СИЛА МЕЖАТОМНОЙ СВЯЗИ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ

Гурбанов М.М., Годжаев М.М., Дамиров А.Х., Зейналов Н.И.
Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Твердый раствор, плотность уплотнения, взаимный контакт, тепловое расширение, теплоемкость.

В данной работе плотность атомов в кристаллической решетке определена и дана на основе экспериментальных значений теплового расширения и теплоемкости твердого раствора $(TlGaSe_2)_{1-x}(TlInS_2)_x$ (x = 0,1; 0,2). Было показано, что существует связь между плотностью плотности и параметром Грюнайзена, который указывает на степень негармоничности колебаний атомов. Также можно найти силу взаимодействия между атомами через плотность.

$(TlGaSe_2)_{1-x}(TlInS_2)_x$ x (x = 0.1; 0.2) CLOSURE DENSITY AND INTER-ATOMIC CONNECTION FORCE IN SOLID SOLUTIONS

Gurbanov M.M., Godzhaev M.M., Damirov A.Kh., Zeynalov N.I.
Sumgait State University, Sumgayit, Azərbaycan

Solid solution, compaction density, mutual contact, thermal expansion, heat capacity.

In this work, the density of atoms in the crystal lattice is determined and given on the basis of experimental values of thermal expansion and heat capacity of the solid solution $(TlGaSe_2)_{1-x}(TlInS_2)_x$ (x = 0.1; 0.2). It was shown that there is a relationship between the density of the density and the Gruneisen parameter, which indicates the degree of inharmonicity of atomic vibrations. You can also find the force of interaction between atoms through the density

İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN $TlInSe_2$ BƏRK MƏHLUL KRİSTALINDA FONONLARIN SƏPİLMƏ MEXANİZMİNƏ TƏSİRİ

[1]Sərdarova N.S., [1,2]Nurullayev Y.Q.,[2] Rəhimov R. Ş., [2]Davıdova N.F.
[1]Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqait şəhəri,
[2]Bakı Dövlət Universiteti, Bakı şəhəri, Azərbaycan
naile545@mail.ru.

Açar sözlər: aşqarlanma ,laylı və zəncirvari quruluş, elektron xassəsi, istilik fonon daşınması , fonon istilikkeçirməsi, $\gamma-$şüalanma.

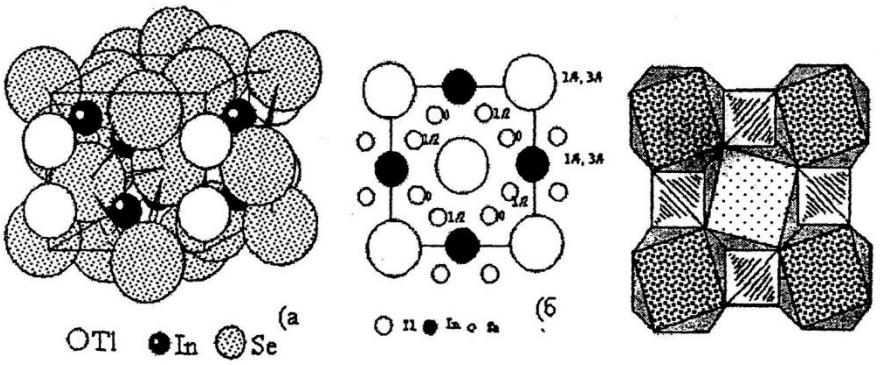
İşdə 80—600 K temperatur intervalında Eu nadir torpaq element atomları əlavə olunmuş $TlInSe_2$ monokristalının istilikkeçirməsinə $\gamma-$şüalarının təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, $\gamma-$kvanlarla şüalanmış kristallarda 400 K-dən yuxarı temperaturda istilikeçirmə əmsalı artır Bu artım $\gamma-$kvantların təsiri ilə defektlərin konsentrasiyasının azalması ilə bağlıdır. İstilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı və onun ədədi qiyməti istilik enerşisinin fononlarla daşındığını təsdiq edir

Ədəbiyyatdan [1] məlumdur ki, kristal müxtəlif zərrəciklərlə şüalandıqda kristalda müxtəlif

təbiətli defektlər əmələ gəlir. Yaranan defektlər kristalın istilikkeçirmə xassələrinə kəskin təsir edir. Şüalanma nəticəsində kristalda müxtəlif tip defektlər yaranır ki, bu da kristalın istilik keçirməsi ilə bağlı alınan nəticələrin təhlilində müəyyən çətinliklər yaradır. Neytron yüksüz zərrəcik olduğundan kristalda yüklü zərrəciklərlə qarşılıqlı təsirdə olmur, o yalnız maddənin nüvəsinə təsir edir. Sürətli neytronların nüvə ilə toqquşması zamanı nüvə təfindən neytron tutulmur, amma qismən zəif enerjili (enerjisi 20 keV dan az) neytronlar nüvə tərəfindən tutulur. Zəif enejili neytronların tutulması nəticəsində kristalda qamma şüalanması baş verir.Ümumiyyətlə neytron şüalanması kristal qəfəsində müxtəlif cür struktur pozuntuları yaradır. Bu pozuntular kristalda vakansiyalar, düyünlərarası atomlar, aşqar atomlar şəklində olur. Sürətli elrktronların ($\approx$1Mev tərtibində) bərk cismin atomları ilə toqquşmasında kristalda Frenkel defektləri yaranır. Bərk cismin γ və rentgen şüaları vasitəsilə şüalandıqda kristalın daxilində sürətli elektronlar yaranır. Bu halda kristalda ionlaşma və elektron həyacanlaşması baş verir və sürətli elektronlar yaranır. Bu halda yaranan əlavə enerji daxildə sonrakı ionlaşmaya sərf olunur və nəticədə atomun yerini dəyişməsi baş verir. Qamma şüalar ilkin ionlaşma yaradır, sonra isə atomun öz yerindən sürüşməsi baş verir [4].

Radiasiya şüalanması nəticəsində yaranan və kristalda olan defektlərin təbiəti haqqında qiymətli məlumat kristalın istilikkeçirməsinin temperatur asılılığının tədqiqindən alınır. Radiasiya defektləri olan kristal tarazlıqda olmayan sistemdir. Müəyyən müddət keçdikcə bu sistem tarazlıq halına qayıdır və nəticədə defektlərin sayı azalır. Radiasiya defekləri olan kristalın istilik xassələrinin araşdırılması kristalda vakansiyaların, düyünlərarası atomların hərəkəti və bu defektlərin kimyəvi aşqar və dislokasiyalarla olan qarşılıqlı təsiri haqqında məlumat verir [2].

$A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ birləşmələr sinfinə daxil olan, maraqlı xassələrə malik və praktik əhəmiyyətli birləşmələrdən biri $TlInSe_2$ bərk məhlul kristallarıdır [5]. Tədqiqat işində $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ tipli birləşmələrin tipik nümayəndəsi $TlInSe_2$ və $TlIn_{0,97}Eu_{0,03}Se_2$ bərk məhlul monokristalında istilik enerjisinin daşınma mexanizmini aydınlaşdırmaq məqsədilə 80—600 K temperatur intervalında istilikkeçirmə əmsalı laylara perpendikulyar istiqamətdə stasionar metodla tədqiq olunmuşdur. Tədqiq olunan monokristallar Bricmen-Stokbarqer metodu ilə alınmışdır. Kristalın strukturu onun göyərdilmə prosesində müəyyən termodinamik şəraitdə formalaşır. $TlInSe_2$ tipli birləşmə elementar qəfəs parametrləri a=8,02A^0 , c=7,15A^0 , fəza qəfəsi 14/mcm , Z=4 olan tetraqonal sinqoniyada kristalaşır. $TlInSe_2$ srukturu TlSe birləşməsinin strukturuna uyğundur. Ədəbiyyatda [3] göstərilir ki, strukturda talliy atomları səkkiz selen atomu əhatəsində, indium atomu isə dörd selen atomu ilə əhatə olunub. Şəkil 1-də $TlInSe_2$ kristalının atomlarının qəfəsdə paylanması göstərilib.



Şəkil 1. $TlInSe_2$ kristal qəfəsi (*a*), atomların bazis müstəvisində proeksiyası (*b*), qəfəsin kəsiyi (*c*).

Leybfrud və Xazen nəzəriyyəsindən istifadə edib $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ tipli birləşmələrin qəfəs istilikkeçirmə əmsalın və onun temperatur asılılığını uyğun olaraq Debay temperaturundan yuxarı temperaturlarda aşağıdakı ifadə ilə hesablamaq olar [4]:

$$\chi_q = \frac{12}{5}\cdot\left(\frac{k}{h}\right)^3 \frac{M\delta\theta^3}{\gamma^2\cdot T} = 5{,}7\frac{M\delta\theta^3}{\gamma^2 T}. \qquad (1)$$

Burada, k –Bolsman sabiti, h-Plank sabiti, $\gamma -$ Qryunarzen sabiti (əksər yarımkeçiricilər üçün onun qiyməti ≈ 2 tərtibindədir) M – birləşmənin orta molyar kütləsi, δ – atomun həcminin orta qiymətinə uyğun məsafə, θ – Debay temperaturudur. TlİnSe$_2$ bərk məhlul birləşməsi üçün $M = \frac{M_{Tl} + M_{In} + 2M_{Se}}{2} = 238{,}6\cdot\frac{q}{mol.}$, Debay temperaturu $\theta = 200\ K,\ \delta \approx 4\cdot 10^{-8}\ sm,$ tərtibindədir. Uyğun nəzəri hesablamalardan TlInSe$_2$ binar məhlulu üçün otaq temperaturunda $\chi_q \cdot T$ hasilinin qiyməti $\chi_q \cdot T = 1{,}2\ {}^{Vt}\!/_{sm}$ tərtibindədir. Təcrübi nəticələrdə isə otaq temperaturunda $\chi_{q,tac.} \cdot T = 6.2\ {}^{Vt}\!/_{sm}$ qiyməti alınır. Araşdırmadan aydın olur ki, nəzəri hesablamalarla təcrübi nəticələr istilikkeçirmə əmsalını eyni tərtibli olub bir - birindən təqribən iki dəfə fərqlənsə də alınan nəticələ istilikkeçirməni keyfiyyətcə xarakteriza edir. Burada heç də yüksək dəqiqlik tələb etmək məqsədəuyğun deyil, çünki nəzəri nəticələr düzgün kubik kristallar üçün olan düstura görə aparılıb və hesablamada müəyyən təqribiliyə yol verilib. Termofiziki xassələrin tədqiqi bu tip kristallarda elektron və deşiklərin hərəkəti və fononların kristal qəfəsdə səpilməsi ilə bağlı effektlərin izah olunmasında əhəmiyyətə malikdir. Azot temperaturundan aşağı temperaturlarda mümkün olan bütün rəqslər "*donur*". Temperaturun artması ilə kristalda iki faktor: istilik eneji daşıyıcı rəqslər artır və bu halda fonon-fonon səpilməsi əsas rol oynayır. Ədəbiyyat məlumatlarına görə defektsiz kristallarda yuxarı temperaturlarda istilikkeçirmə əmsalı temperaturun artması ilə $\chi \approx T^{-1}$ qanunu ilə dəyişməlidir. İlkin nəzəri hesablamalardan aydın olur ki, 80—600 K temperatur intervalında tədqiq olunan kristalın istilikkeçirmənin elektron toplananı nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçikdir. Bu tip kristallarda istilik enerjisi əsasən fononlarla-qəfəs rəqsləri ilə köçürülür. Qəfəs istilikkeçirməsi bir sıra parametrlərdən asılı olub istilikkeçirmə əmsalı kristalın strukturunda yaranan cüzi fluktasiyalara həssasdır. Tədqiq olunan kristallar defektli kristallardır. Bu defektlər kristal yetişdirilərkən, termik işlənmədə, deformasiyada, radioaktiv şüalanma nəticəsində yaranır. Kristalda həmişə tarazlıqda olmayan termik defektlər mövcuddur. Bu defektlər kristalın fiziki və mexaniki xassələrini müəyyənləşdirir.

Kristal müxtəlif zərrəciklərlə şüalandıqda yaranan müxtəlif təbiətli defektlər öz növbəsində istilikkeçirmənin azalmasına səbəb olur. Yaranan nöqtəvi defektlər fononların əlavə səpilməsini yaradır və istilik müqaviməti artır. Müşahidə olunan effekti izah etmək üçün üç fononlu cəpilmə mexanizmindən istifadə olunur [4]. Bu halda fononların relaksasiya müddətinin tərs qiymətini τ^{-1}, üçfononlu τ_{ff}^{-1} və nöqtəvi defektlərdən $\tau_{n.d}^{-1}$ səpilmə müddətinin tərs qiymətlərinin cəmi kimi götürmək lazımdır.

$$\tau^{-1} = \tau_{ff}^{-1} + \tau_{n.d}^{-1}. \qquad (2)$$

Nisbətən yuxarı temperaturlarda fonon-fonon relaksasiya müddəti τ_{ff}^{-1} mütləq temperaturla düz mütənasibdir:

$$\tau_{ff}^{-1} = AT \ . \qquad (3)$$

Burada, A – mütənasiblik əmsalı olub, alçaq temperaturlarda fononların tezliyinin dördüncü dərəcəsindən asılıdır. Nisbətən yuxarı temperaturlarda asılılıq daha mürəkkəb xarakter daşıyır və nöqtəvi defektlərin relaksasiya müddəti temperaturdan asılı olmur: $\tau_{nd}^{-1} = const.$ Daha yüksəkı temperaturlarda nöqtəvi defektli kristalın istilikkeçirməsi aşağıdakı düsturla ifadə olunur [4]:

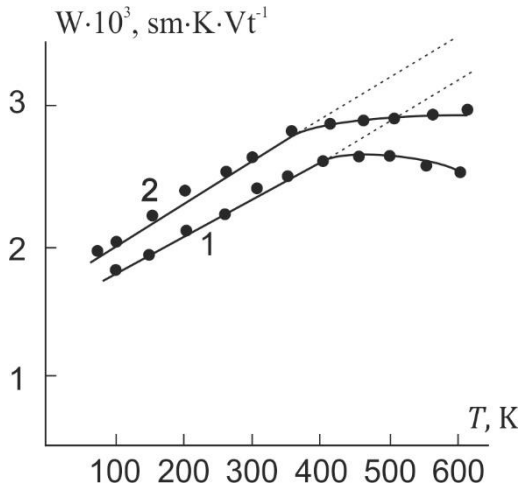
$$\chi = CT^{-1} - DT^{-2} . \qquad (4)$$

Burada, C və D – mütənasiblik əmsallarıdır. Defektli kristallarda İstilik müqaviməti aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$W = \frac{1}{\chi} = \frac{1}{CT^{-1} - DT^{-2}} = \frac{1}{CT^{-1}}(1 + \frac{C}{DT^{-1}}) = W_0 + \frac{D}{C^2} .$$

(5)

Burada, W_0 -defektsiz kristalın istilik müqavimətidir. Yuxarıdakı ifadədən görünür ki, nisbətən yuxarı temperaturlarda nöqtəvi defektlər istilik müqavimətinə kiçik $\frac{D}{C^2}$ əlavəsini verir. Radiasiya defektləri olan kristal tarazlıqda olmayan sistemdir. Müəyyən müddətdən sonra kristal ilkin halına qayıdır və defektlərin konsentrasiyası azalır. Bu halda fononların səpilməsi iki prosesin nəticəsində: optik və akustik fononlardan səpilmə hesaına baş verir. Şəkil 2-də $TlInSe_2$ və $TlIn_{0,97}Eu_{0,03}Se_2$. kristalları üçün laylara perpendikulyar istiqamətdə istilik müqavimətinin temperatur asılılığı göstərilmişdir.



Şəkil 2. $TlInSe_2$ (1) və $TlIn_{0,97}Eu_{0,03}Se_2$ (2) kristalları üçün laylara perpendikulyar istiqamətdə istilik müqavimətinin temperatur asılılığı

Aşağı temperaturlarda (10—250 K) *İn-İn* əlaqəsi, 250 K-dən yuxarı temperaturda isə *Se—Se* əlaqələrini rəqsi yaranır. Şüalanmış kristallarda 400 K-dən yuxarı temperaturda əksinə istilikkeçirmə əmsalı artır. Bu onunla əlaqədardır ki $\gamma-$şüalanma nəticəsində müəyyən sayda defektlər kompensasiya olunur və defetlərin konsentrasiyası azalır.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абасова А.З., Мадатов Р.С., Стафеев В.И. Радиационно-стимулированные процессы в халькогенидных структурах. Баку: Элм, 2010, 352 с.
2. *Сардарова Н.С., Бархалов Б.Ш., Нуруллаев Ю.Г., Вердиева Н.А., Джафаров М.Б.* Электрические свойства кристаллов твердых растворов $TlInS_2$-$TlEuS_2$ различного состава // Наука, техника и образование, 2016. № 11 (29). С. 6-9.
3. *Керимова Э.М.* Кристаллофизика низкоразмерных халькогенидов. Баку: Элм, 2012. 708 с.
4. *Оскотский В.С.* Дефекты в кристаллах и теплопроводность. Л.: Наука, 2003. 110 с
5. *Зарбалиев М.М.* Теплопроводность твердых растворов системы $TlInTe_2 - TlNdTe_2$ // Физика, 1997. Т. 3. № 4. С. 35-38.

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МЕХАНИЗМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОНОНОВ В КРИСТАЛЛЕ ТВЕРДОГО РАСТВОРА TLInSe2

[1] Сардарова Н.С., [1,2]Нуруллаев Ю.Г.,[2] Рагимов Р.Ш. , [2]Давыдова Н.Ф.

[1]Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

[2]Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан

naile545@mail.ru

Ключевые слова: твердый раствор, слоистые и цепочные структуры, электронные свойства, фононная теплопроводность, γ-излучение.

Аннотация: В настоящей работе изучено влияние $\gamma-$излучения на теплопроводность монокристалла $TlInSe_2$ с редкоземельным элементом европием (Eu) в температурном интервале 80-600 К. Обнаружено, что в облученных кристаллах выше 400 К теплопроводность возрастает, что можно связать с тем, что при γ-облучении концентрация дефектов уменьшается. Температурная зависимость коэффициента теплопроводности, а также его численное значение указывают на то, что перенос тепловой энергии осуществляется фононами кристаллической решетки.

EFFECT OF IONIZING RADIATIONS ON PHONON DISTRIBUTION MECHANISMS IN TLInSe2 HARD SOLUTION CRYSTAL

[1]Sardarova N.S., [1,2]Nurullayev Y.Q.,[2] Rahimov R. Ş., [2]Davıdova N.F.

[1]Sumgayit State University, Baku State University

naile545@mail.ru

Key words: solid solution, layered and chain structures, electronic properties, phonon thermal conductivity, γ-radiation.

The effect of irradiation on the thermal conductivity of the single crystal TlInSe2 with a rare earth element Europium (Eu) in the temperature range 80-600 K have been investigated. It is found that in the exposed crystals above 400 K the thermal conductivity increases, which can be associated with the fact that when exposed to gamma irradiation the concentration of defects in crystal decreases. Temperature dependence of the thermal conductivity coefficient, as well as its numerical value indicates that the transfer of thermal energy is carried out by phonons of the crystal lattice.

АНОМАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ХОЛЛА В НОВЫХ МАГНИТНЫХТОПОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРАХ $MnBi_2Te_4$ И $MnBi_8Te_{10}$

[1,2]Абдуллаев Н.А. , [1,3]Алигулиева Х.В., [1,4]Алиев З.С., [1,2]Амирасланов И.Р., [5]Зверев В.Н. , [6]Шикин А.М., [1]Мамедов Н.Т., [6,7]Чулков Е.В.

[1]Институт физики НАН, Баку, Азербайджан

[2]Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан

[3]Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

[4]Азерб. государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

[5]Институт физики твёрдого тела РАН, Черноголовка, Россия

[6]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

[7]Международный центр физики, Доностия, Испания

[*]e-mail: xayala-firuza@mail.ru

Ключевые слова: топологические изоляторы, эффект Холла, ферромагнетик, антиферромагнетик, проводимость, фазовый переход

Поверхностные состояния топологических изоляторов обладают уникальным свойством – беездиссиапативного переноса заряда, подобно свкрхпроводникам. Поэтому исследования электрических и гальваномагнитных свойств новых топологических изоляторов представляют собой не только научный, но и практический интерес. В настоящей работе исследованы электропроводность новых магнитных топологических изоляторов $MnBi_2Te_4$ и $MnBi_8Te_{13}$. Обнаружены температуры фазового перехода парамагнетик-антиферромагнетик T_N=25,4К (для $MnBi_2Te_4$) и парамагнетик-ферромагнетик T_C=12К (для $MnBi_8Te_{13}$). Выявлено влияние внешнего магнитного поля на упорядочение спиновых моментов. Обнаружен и исследован аномальный эффект Холла в антиферромагнетиках ($MnBi_2Te_4$) и ферромагнетиках ($MnBi_8Te_{13}$).

Недавно были впервые получены монокристаллы новых полупроводниковых магнитных топологических изоляторов семейства $(MnBi_2Te_4)(Bi_2Te_3)_n$ (n=0, 1, 2, 3, 4 ...) [1]. Среди этого ряда соединений находятся соединения $MnBi_2Te_4$ (n=0) и $MnBi_8Te_{10}$ (n=3) Данные фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением (ARPES) подтверждают линейный характер дисперсии энергии E(k) (т.н. конусы Дирака) для поверхностных состояний этих соединений [2,3]. Исследования температурной зависимости удельного сопротивления $\rho_{xx}(T)$ монокристаллов $MnBi_2Te_4$ в интервале температур 5-300К выявили особенность в виде пика при температуре T = 25,4 К (рис.1). Как видно из рисунка 1 зависимость $\rho_{xx}(T)$ имеет типичный «металлический» ход. Это обусловлено наличием большого количества дефектов, создающих локальные уровни в запрещённой зоне. Это приводит к образованию примесной зоны, перекрывающую всю запрещённую зону, что

приводит к тому, что в полупроводнике наблюдается «металлический» ход зависимости $\rho_{xx}(T)$. Чтоб выявить природу особенности при T = 25,4 К, было изучено влияние внешних магнитных полей на пик в зависимости $\rho_{xx}(T)$. На рисунке 2 приведены зависимости удельного сопротивления $\rho_{xx}(T)$ монокристаллов $MnBi_2Te_4$ при различных внешних магнитных полях.

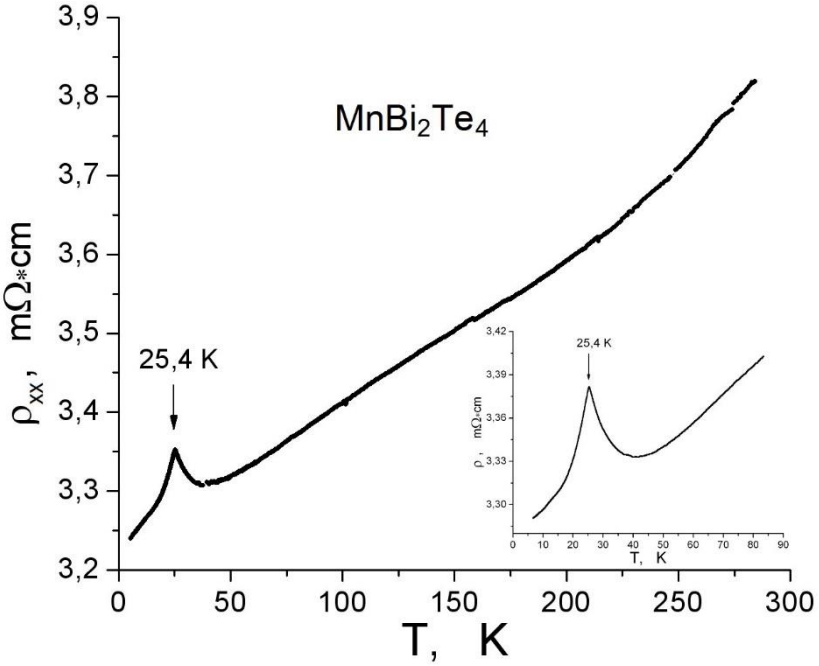


Рис. 1. Температурная зависимость удельного сопротивления $\rho_{xx}(T)$ монокристаллов $MnBi_2Te_4$ в интервале температур 5-300К. На вставке зависимость $\rho_{xx}(T)$ в интервале температур 5-90К.

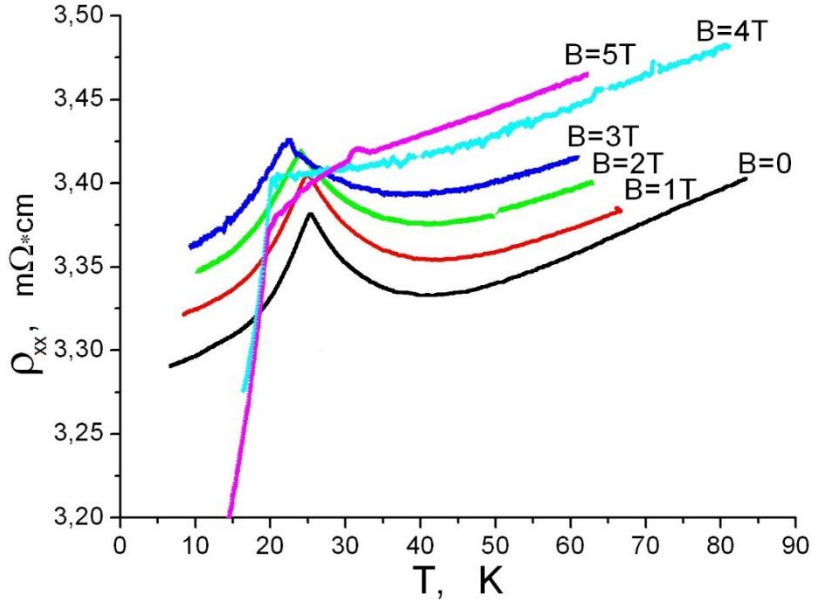


Рис. 2. Температурная зависимость удельного сопротивления $\rho_{xx}(T)$ монокристаллов $MnBi_2Te_4$ во внешних магнитных полях B=0, 1, 2, 3, 4, 5 T.

Как видно из рис.2, по мере увеличения внешнего магнитного поля пик в зависимости $\rho_{xx}(T)$ смещается в сторону низких температур и исчезает при полях выше 5T. Таким образом, очевидно магнитная природа наблюдаемого пика в зависимости $\rho_{xx}(T)$. Из данных [2] исследований температурной зависимости магнитной восприимчивости и полевой зависимости намагниченности выявлено, что с понижением температуры при температуре T

= 25,4 К происходит магнитный фазовый переход парамагнетик-антиферромагнетик. Это так называемая температура Нееля T_N.

Нами было проведено исследование эффекта Холла при различных температурах T= 4,5; 15; 20; 22; 24; 25 и 35К. Из данных экспериментов (рис. 3.) следует:

1. Холловское напряжение имеет отрицательный знак, что указывает на то, что основными носителями заряда являются электроны;
2. При наименьшей температуре T = 4,5 К (рис.4a) наиболее чётко видно при внешнем магнитном поле B ~ 4 T происходит значительный скачок холловского напряжения U_H. Это свидетельствует о возникновении внутреннего магнитного поля в монокристаллах $MnBi_2Te_4$. Такой скачок холловского напряжения обусловлен spin-flop эффектом, при котором под воздействием сильного внешнего поля происходит поворот спинов, исчезает антиферромагнитное упорядочение спинов и возникает внутреннее магнитное поле.
3. С увеличением температуры происходит размытие скачка магнитного поля;
4. При температуре T = 35 К (рис.4b) наблюдается стандартная линейная зависимость холловского напряжения от величины внешнего магнитного поля $U_H(B)$. Определённая из наклона зависимости $U_H(B)$ концентрация электронов оказалась равной примерно 10^{20} см$^{-3}$.

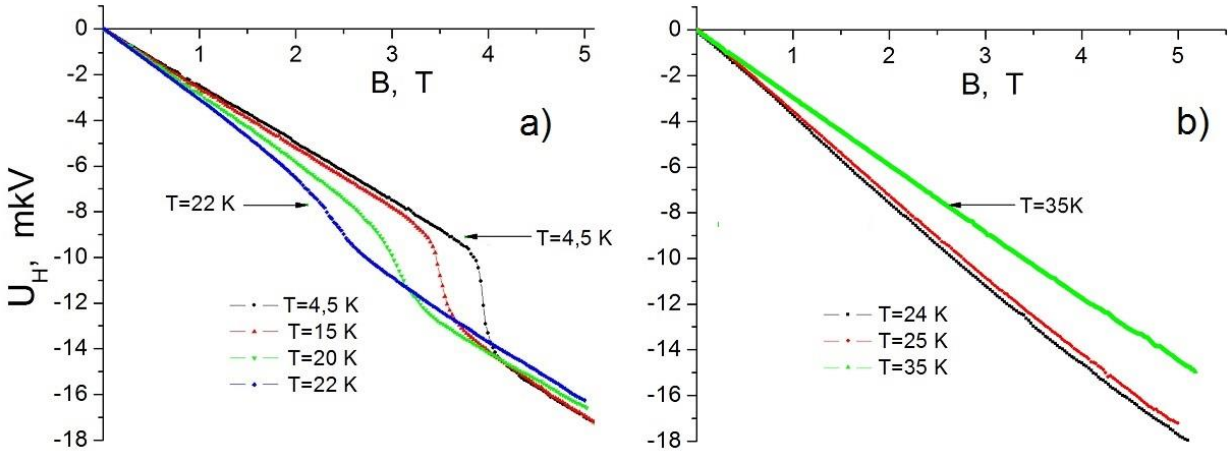


Рис. 3. Магнитополевая зависимость холловского напряжения $U_H(B)$ при температурах a) T= 4,5; 15; 20; 22К и b) T= 24; 25 и 35К.

Нами были исследованы также новые полупроводниковые магнитные топологические изоляторы $MnBi_8Te_{10}$ (n=3). Из исследований фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением (ARPES) также следует линейный характер дисперсии энергии E(k) (т.н. конусы Дирака) для поверхностных состояний этих соединений [3]. Исследования температурной зависимости удельного сопротивления $\rho_{xx}(T)$ монокристаллов $MnBi_8Te_{10}$ в интервале температур 5-300К выявили особенность в виде пика при температуре T = 12 К (рис.4). Как видно из рисунка 4 зависимость $\rho_{xx}(T)$ имеет типичный «металлический» ход.

Для выявления природы особенности в виде пика на зависимости $\rho_{xx}(T)$ нами было изучено влияние внешних магнитных полей. На рисунке 5 приведены температурные зависимости удельного сопротивления $\rho_{xx}(T)$ монокристаллов $MnBi_8Te_{13}$ при воздействии различных внешних магнитных полей.

Как видно из рис.5, по мере увеличения внешнего магнитного поля пик в зависимости $\rho_{xx}(T)$, в отличии от $MnBi_2Te_4$, смещается в сторону высоких температур и исчезает при полях выше 1T. Таким образом, очевидно магнитная природа наблюдаемого пика в зависимости $\rho_{xx}(T)$. Из данных [3] исследований температурной зависимости магнитной восприимчивости

и полевой зависимости намагниченности выявлено, что с понижением температуры при температуре T = 12 K происходит магнитный фазовый переход

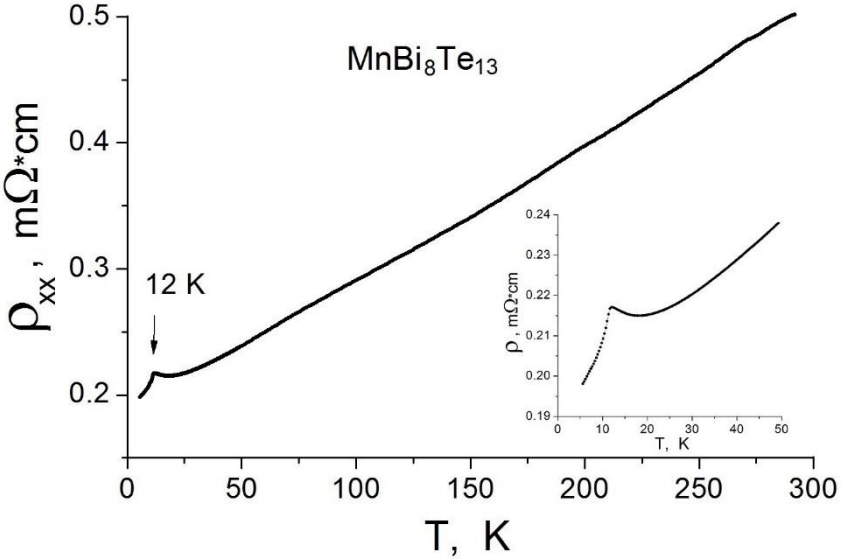


Рис. 4. Температурная зависимость удельного сопротивления $\rho_{xx}(T)$ монокристаллов $MnBi_8Te_{13}$ в интервале температур 5-300К. На вставке зависимость $\rho_{xx}(T)$ в интервале температур 5-50К.

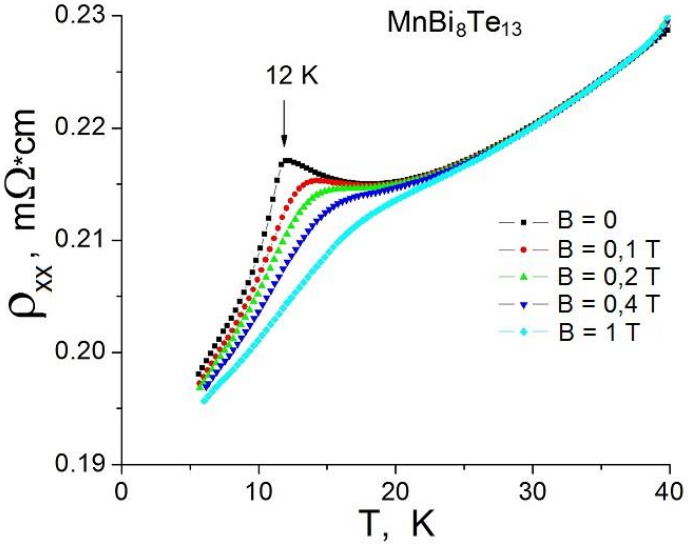


Рис. 5. Температурная зависимость удельного сопротивления $\rho_{xx}(T)$ монокристаллов $MnBi_8Te_{13}$ во внешних магнитных полях B=0, 0,1, 0,2, 0,4, 1 T.

парамагнетик-ферромагнетик. Это так называемая температура Кюри T_C.

Нами было проведено исследование аномального эффекта Холла при различных температурах. Полученные результаты экспериментов представлены на рисунке 6. Из данных экспериментов (рис. 6) следует:

1. Холловское напряжение имеет отрицательный знак, что указывает на то, что основными носителями заряда являются электроны;
2. При наименьшей температуре T = 1,4 K чётко видно петля гистерезиса характерного для ферромагнетиков;
3. С увеличением температуры происходит площади петли и, наконец, при температурах выше 12 K наблюдается линейно зависимая $\rho_{xx}(B)$;

4. Определённая из наклона зависимости $U_H(B)$ концентрация электронов оказалась равной примерно 2×10^{20} см$^{-3}$.

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики (гранты № EİF-BGM-4-RFTF-1/2017-21/04/1-M-02 и EİF/MQM/Elm-Tehsil-1-2016-1(26)-71/16/1) и Российского Фонда фундаментальных исследований (грант № 18-52-06009).

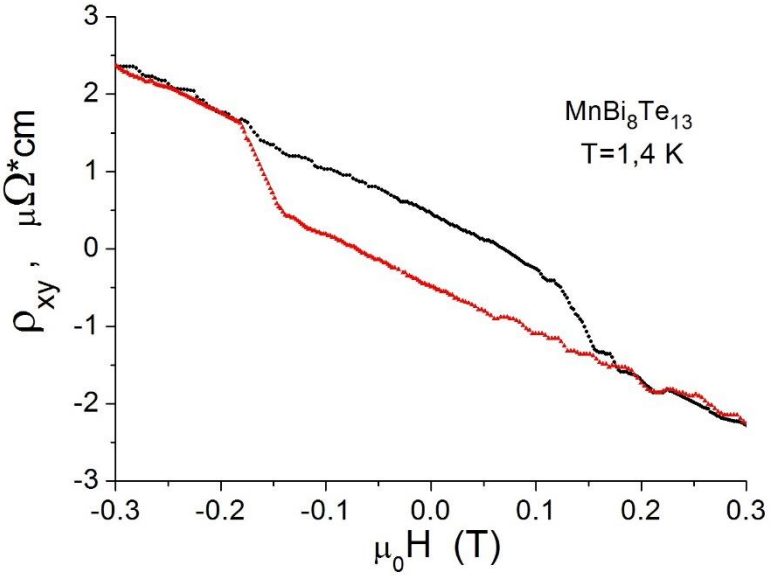


Рис. 6. Магнитополевая зависимость холловского сопротивления $\rho_{xx}(B)$ при температуре T = 1,4 K.

ЛИТЕРАТУРА

1. Z.S. Aliev, I.R. Amiraslanov, N.A. Abdullayev, N.T.Mamedov, M.B. Babanly, E.V. Chulkov et al., Journal of Alloys and Compounds **789**, 443 (2019).
2. M.M. Otrokov, Z.S. Aliev, I.R. Amiraslanov, N.T.Mamedov, N.A. Abdullayev, V.N. Zverev, A.M. Shikin, E.V. Chulkov et al., Nature **576**, 416 (2019).
3. I.I. Klimovskikh, M.M. Otrokov, Z.S. Aliev, I.R. Amiraslanov, N.A. Abdullayev, V.N. Zverev, N.T.Mamedov, A.M. Shikin, E.V. Chulkov et al., npj Quantum Materials **789**, 443 (2020).

YENİ $MnBi_2Te_4$ və $MnBi_8Te_{10}$ MAQNİT İZOLYATORLARDA ANOMAL HALL EFFEKTİ

[1,2]Abdullayev N.A. , [1,3]Aliquliyeva X.V., [1,4]Əliyev Z.S., [1,2]Əmiraslanov İ.R., [5]Zverev V.N. , [6]Şikin A.M., [1]Məmmədov N.T., [6,7]Çulkov Y.V.

[1]AMEA-nın Fizika İnstitutu, Bakı, Azətbaycan

[2]Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

[3]Sumqayıt Dövlət Universitet, Sumqayıt , Azərbaycan

[4]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan

[5]Rusiya Elmlər Akademiyasının Bərk Cism Fizikası İnstitutu, Çernoqolovka, Rusiya

[6]Sankt-Peterburq Dövlət Universiteti, Sankt-Peterburq, Rusiya

[7]Donostia Beynəlxalq Fizika Mərkəzi, Donostia-San Sebastian, İspaniya

Açar sözlər: topoloji izolyatorlar, Hall effekti, ferromaqnit, antiferromaqnit, keçiricilik, faza keçidi

Topoloji izolyatorların səth halları özünəməxsus bir xüsusiyyətə malikdir - ifratkeçiricilərdə kimi qeyri dissipativ yük ötürülməsi. Bu səbəbdən yeni topoloji izolyatorların elektrik və galvanomaqnit xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi yalnız elmi deyil, həm də praktiki maraq doğurur. Bu işdə $MnBi_2Te_4$ və $MnBi_8Te_{13}$ yeni maqnit topoloji izolyatorlarının elektrik keçiriciliyi araşdırılmışdır. Paramaqnet-antiferromaqnit faza keçidinin temperaturlarının T_N = 25.4K ($MnBi_2Te_4$ üçün) və paramaqnetik-ferromaqnet T_C = 12K ($MnBi_8Te_{13}$ üçün) olduğu müəyyən olunub. Xarici maqnit sahəsinin spin momenlərin nizamlasına təsiri aşkar edilmişdir. Anormal Hall effekti antiferromaqnitlərdə ($MnBi_2Te_4$) və ferromaqnitlərdə ($MnBi_8Te_{13}$) aşkar edilmiş və araşdırılmışdır.

ANOMALOUS HALL EFFECT IN NEW MAGNETIC TOPOLOGICAL INSULATORS $MnBi_2Te_4$ and $MnBi_8Te_{10}$

[1,2]Abdullayev N.A. , [1,3]Aliquliyeva X.V., [1,4]Aliyev Z.S., [1,2]Amiraslanov I.R., [5]Zverev V.N. , [6]Shikin A.M., [1]Mammadov N.T., [6,7]Tshulkov Y.V.

[1] Institut of Physics Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
[2]Baku State Universiti, Baku, Azerbaijan
[3]Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan
[4]Azerbaijan State Oil and Industry University , Baku, Azerbaijan
[5] İnstitute of Solid State Physics Russian Academy of Sciences , Chernogolovka, Russia
[6]Sankt-Peterburq State University, Sankt-Peterburq, Russia
[7]Donostia International Physics Center, Donostia-San Sebastian, Spain

Institute of Physics Azerbaijan National Academy of Sciences

Key words: topological insulators, Hall effect, ferromagnet, antiferromagnet, conductivity, phase transition

The surface states of topological insulators have a unique property - non-dissipative charge transfer, similar to superconductors. Therefore, the study of electrical and galvanomagnetic properties of new topological insulators is not only scientific, but also of practical interest. The conductivity of electrical conduction of new magnetic topological insulators $MnBi_2Te_4$ and $MnBi_8Te_{13}$ has been studied. The temperature of the phase transition paramagnetic-antiferromagnetic T_N = 25.4K (for $MnBi_2Te_4$) and paramagnetic-ferromagnetic T_C = 12K (for $MnBi_8Te_{13}$) were detected. The effect of the external magnetic field on the order of the spin moments is revealed. The anomalous Hall effect in antiferromagnets ($MnBi_2Te_4$) and ferromagnets ($MnBi_8Te_{13}$) has been discovered and studied.

О ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ СОЕДИНЕНИЯ $Tl_2InNdTe_4$

Агаева У.М.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан
ulker.567@mail.ru

Ключевые слова: физические свойства, коэффициент электропроводности, коэффициент Холла, термо-э.д.с., коэффициент линейного теплового расширения.

Аннотация. В настоящей работе исследованы температурные зависимости электропроводности σ, коэффициентов Холла R, термоэ.д.с. α и линейного теплового расширения α_p четверного соединения в широком интервале температур. Установлено, что

четверное соединение $Tl_2InNdTe_4$ является типичным полупроводником, обладающим *p*-типапроводимости с шириной запрещенной зоны 0,80 эВ. Эффективнаямассадырокравна $\sim 0{,}55m_0$.

Введение.В [2-4] методами физико-химического анализа исследована система $Tl_2InTe_2 - TlNdTe_2$ и показано, что в этой системе при комнатной температуре существует область твердых растворов, простирающаяся до 10 мол.% $TlNdTe_2$, а при соотношении исходных компонентов 1:1 образуется новое четверное соединение $TlInNdTe_4$.

При исследовании вольтамперных характеристик [5] установлено, что четверное соединение $Tl_2InNdTe_4$, как и все твердые растворы системы $TlInTe_2 - TlNdTe_2$, обладает переключающими свойствами.

В настоящей работе исследованы температурные зависимости электропроводности $\sigma(T)$, коэффициентов Холла $R(T)$, термо-э.д.с. $\alpha(T)$ и линейного теплового расширения $\alpha_p(T)$ $Tl_2InNdTe_4$ в широком интервале температур.

$Tl_2InNdTe_4$ синтезировали из веществ ос.ч. в эвакуированных до 0,05 Па кварцевых ампулах в течение 15 ч. Образцы $Tl_2InNdTe_4$ для измерения вырезали из средней части слитка, они были поликристаллическими.

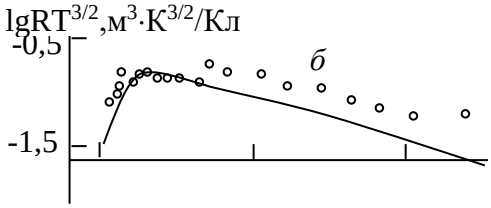
Электропроводность, эффект Холла измеряли при 300-1100 К, термо- э.д.с. - при 80-1100 К, а тепловое расширение - при 80-400 К. На рис. 1 и 2 представлены экспериментальные результаты о $\sigma(T), R(T)$ и $\alpha(T)$. Все эти данные указывают на полупроводниковый характер проводимости в $Tl_2InNdTe_4$ *p*-типа в изученном интервале температур.

Результаты исследования и их обсуждение. Электропроводность $Tl_2InNdTe_4$ в интервале ~300-800 К уменьшается с ростом температуры аналогично электропроводности металлов (рис. 1,а). По-видимому, концентрация носителей тока не зависит от температуры, а холловская подвижность ограничивается в основном рассеянием на акустических колебаниях (рис.2,*б*); следовательно, подвижность и электропроводность падают с ростом температуры.

Коэффициент Холла для $Tl_2InNdTe_4$ остается постоянным при ~300-800 К (рис. 1,б).

Выше ~800 К начинает проявляться тепловое возбуждение носителей через запрещенную зону. Так как число термически возбужденных носителей возрастает с температурой экспоненциально, переходная область между примесной и собственной проводимостью будет узкой. Собственные носители быстро становятся доминирующими, проводимость экспоненциально увеличивается и коэффициент Холла уменьшается с ростом температуры.

По наклонам зависимостей $\lg\sigma = f(10^3/T)$ и $\lg RT^{3/2} = f(10^3/T)$ при высоких температурах определены значения ширины запрещенной зоны, они оказались почти одинаковыми: 0,80 и 0,81 эВ.



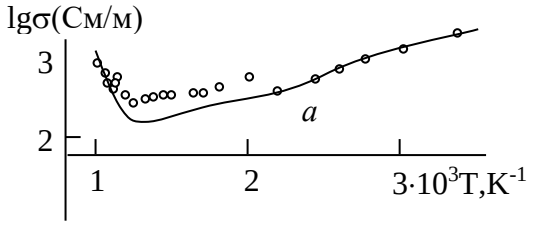


Рис.1. Температурные зависимости электропроводности (а) и коэффициент Холла (б) $Tl_2InNdTe_4$

Температурная зависимость подвижности носителей тока при высоких температурах (T>300 К) следует закону $\mu \sim T^{-3/2}$ что соответствуетвзаимодействию их с продольными акустическими фононами (рис. 2, б) .

В исследуемых образцах $Tl_2InNdTe_4$ с ростом температуры α при 80- 620 К возрастает до 500 мВ/К, а при дальнейшем повышении температуры-уменьшается (рис. 2, а).

Обычно в полупроводниках типа $A^{III}B^{V}$, термоэлектрическиузкозонных полупроводниках PbTe, PbSe, PbS, $BiTe_3$, и т.д. термо-э.д.с. в области собственной проводимости резко падает и происходит смена знака проводимости, однако, как видно из рис. 2,а, в $Tl_2InNdTe_4$ термо-э.д.с. после достижения максимума уменьшается не резко, т.е. нет тенденций смены знака проводимости. Подобные результаты наблюдаются и в температурной зависимости коэффициента Холла (рис. 1,б). Видимо, это обусловлено тем, что в $Tl_2InNdTe_4$ кривизна зоны проводимости и валентной зоны близки между собой, т.е. эффективные массы электронов и дырок близки. Так как при известном механизме рассеяния r по данным R и α можно вычислить концентрацию носителей тока и уровень химического потенциала [1], а затем и эффективную массу носителей тока m_p^*, то оказалось, что для $Tl_2InNdTe_4$ $m_p^* = 0{,}55 m_0$.

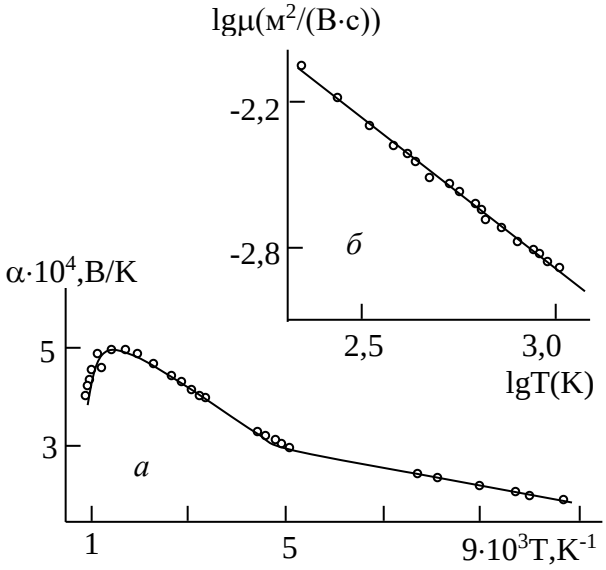


Рис.2. Температурные зависимости коэффициента термо-э.д.с. (а) и холловской подвижности носителей тока (б) $Tl_2InNdTe_4$

Тепловое расширение исследуемых образцов измеряли на дилатометре по методике [4].

Отсутствие аномалии на температурной зависимости КТР исследуемых образцов $Tl_2InNdTe_4$ (рис. 3) свидетельствует о том, что при 80-400 К в $Tl_2InNdTe_4$ не происходит фазовое превращение. При 80-150 К наблюдается сравнительно сильная зависимость КТР от температуры, затем степеньтемпературной зависимости КТР уменьшается и, начиная с~270 К, становится незначительной. По данным рис. 3 вычислены n и k в температурной зависимости КТР-$\alpha_p = kT^n$ для различных интервалов температур: $n = 1{,}63,\ k = 5{,}22 \cdot 10^{-6}$ при $90 < T < 115K$;при $n = 1{,}03,\ k = 7{,}05 \cdot 10^{-6}$ при $115 < T < 145K$ $n = 0{,}54,\ k = 9{,}66 \cdot 10^{-6}$ при $145 < T < 200K$, $n = 0{,}33,\ k = 12{,}8 \cdot 10^{-6}$ при $200 < T < 225K$. Такой характер температурной зависимости КТР $Tl_2InNdTe_4$ связан с температурой зависимостью ангармоничности тепловых колебаний атомов в кристаллической решетке. Постоянная Грюпайзена, служащая мерой ангармоничности колебаний атомов, с ростом температуры уменьшается в $Tl_2InNdTe_4$ и, начиная с ~270 К, практически остается постоянной.

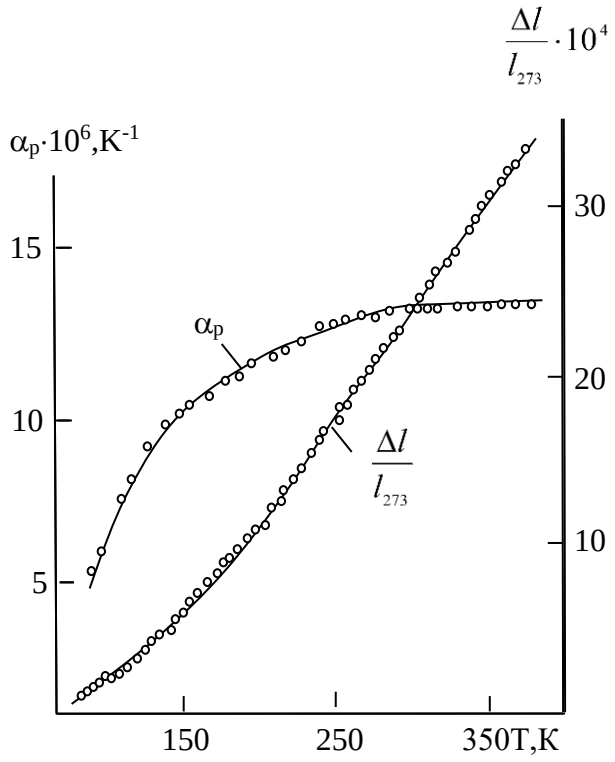


Рис 3. Температурные зависимости линейного теплового расширения $Tl_2InNdTe_4$ ($\Delta l / l_{273}$ - относительное удлинение, α_p - коэффициент линейного теплового расширения)

Выводы

Исследованы температурные зависимости электропроводности, коэффициентов Холла, термо-э.д.с., линейного теплового расширения $Tl_2InNdTe_4$ в широком интервале температур. Установлено, что четверное соединение $Tl_2InNdTe_4$ - полупроводник *p*-типа проводимости с шириной запрещенной зоны 0,80 эВ. Эффективная масса дырок равна $\sim 0{,}55m_0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскеров Б.М. Кинетические эффекты в слабом магнитном поле.- В кн.: Кинетические эффекты в полупроводниках. Л.: Наука, 1970, с.130.

4.Годжаев Э.М., Зарбалиев М.М., Джафаров К.М., Мамедов С.Д. Некоторые свойства сплавов системы $TlInTe_2 - TlNdTe_2$.-Изв. АН СССР. Неорган. материалы, 1980, т.16, №11, с.1932.

2.Годжаев Э.М., Зарбалиев М.М. Эффект переключения в сплавах систем $TlInTe_2 - TlLnTe_2$.-Изв. АН СССР. Неорган. материалы, 1979, т. 15, № 9, с. 1558.

5. Годжаев Э.М., Зарбалиев М.М., Курбанов М.М. Дилатометр для измерения ТКЛР твердых тел в широком интервале температур. Измерительная техника. Москва. Изд.стандартов, 1985, №2, с.44-45.

4. Зарбалиев М.М., Годжаев Э.М., Алиев Ф.Ф. Полупроводниковые халькоиндианаты таллия и сплавы на их основе с редкоземельными элементами. Материалы международной конференции «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики». Сумгаит, 2018, с.22-27.

ABOUT THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE COMPOUNDS $Tl_2InNdTe_4$

Agayeva U.M.
Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan
ulker.567@mail.ru

Key words: physical properties, electrical conductivity coefficient, Hall coefficient, thermo-emf, coefficient of linear thermal expansion.

Annotation. In this work, the temperature dependences of electrical conductivity σ, Hall coefficients R, thermoelectric power α are investigated and linear thermal expansion α_p of the quaternary compound over a wide temperature range. It is found that the quaternary $Tl_2InNdTe_4$ compound is a typical p-type semiconductor with a band gap of 0.80 eV. Theeffectivemassofholesis $\sim 0{,}55m_0$.

$Tl_2InNdTe_4$ BİRLƏŞMƏLƏRİN FİZİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Ağayeva Ü.M.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
ulker.567@mail.ru

Açar sözlər:fiziki xüsusiyyətlər, elektrik keçiriciliyi əmsalı, Holl əmsalı, termo-emf, xətti istilik genişlənmə əmsalı.

Bu işdə elektrik keçiriciliyinin σ, Holl əmsallarının R, termoelektrik gücünün α istilik asılılığı araşdırılmışdır və α_p dördüncü birləşmənin geniş bir temperatur aralığında xətti istilik genişlənməsi.

Dördüncü birləşmənin $Tl_2InNdTe_4$ eni qadağan olunmuş zonanın 0,80 eV olan tipik bir *p* tipli yarımkeçirici olduğu aşkar edilmişdir. Effektiv delik kütləsi $\sim 0{,}55m_0$.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПСЕВДОЩЕЛЕВОГО СОСТОЯНИЯ $BY_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ В ТСП МАТЕРИАЛЕ

[1]Алиев В.М., [2]Рагимов Дж.А., [3]Алиева Г.А , [1]Таиров Б.А.

[1]Институт Физики НАН Азербайджана,, Баку, Азербайджан

[2]Азербайджанский Медицинский Университет, Баку, Азербайджан

[3]Институт ИНХП НАН Азербайджана , Баку, Азербайджан

v_aliev@bk.ru

Ключевые слова: псевдощелевое, состояние, механизм образования избыточная проводимость,

Механизм образования избыточной проводимости в купратных ВТСП образцах $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y1) и $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y2) был рассмотрен в рамках модели локальных пар с учетом теории Асламазова-Ларкина вблизи T_c. Рассчитаны значения длины когерентности $\xi c(0)$ вдоль оси *c* флуктуационных куперовских пар. Показано, что частичное замещение Y на Cd в\ системе Y-Ba-Cu-O приводит к уменьшению $\xi c(0)$ почти в 2 раза (соответственно с 6,32Å и 3,53Å). Критической температуры образцов Y1 и Y2 составляет соответственно T_{c1} = 92,63К и T_{c2}=90,9К. При этом удельное сопротивление ρ образца $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ в нормальной фазе при 300К по сравнению с $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ увеличивается почти в 2 раза. Определены максимальные значения величины псевдощели и составляет для $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 34,56 мэВ а для $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ 34,65 мэВ.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы появился цикл работ [1-5], посвященных анализу псевдощелевых эффектов в ВТСП соединениях. Псевдощель (ПЩ) - уникальное явление, характерное для ВТСП с активной плоскостью CuO_2 (купраты) в области допирования меньше оптимального. Оно проявляется при исследованиях явлений туннелирования, фотоэмиссии, теплоемкости [2,4] и ряда других свойств ВТСП. Предполагается, что при некоторой температуре $T^* >> T_c$ (T_c - критическая температура СП перехода) перераспределяется плотность состояний на поверхности Ферми: на части этой поверхности плотность состояний уменьшается. Ниже температуры T^* соединение находится в состоянии с псевдощелью. В этих работах также обсуждаются возможные механизмы проводимости в режимах нормального, сверхпроводящего и псевдощелевого состояний ВТСП.

Недавно появилась работа [6], посвященная изучению псевдощелевого состояния в $Pb_{0.55}Bi_{1.5}Sr_{1.6}La_{0.4}CuO_{6+\delta}$ (Pb-Bi2201). Была получена серия монокристаллов Pb-Bi2201, на которой был проведен широкий ряд исследований для выявления псевдощелевого состояния. Результаты исследований по трем различным экспериментальным методикам указывают на то, что появление псевдощели при T≅132 К нужно воспринимать не иначе, как фазовый переход. Таким образом, авторы подтвердили предположение, что по мере понижения температуры ВТСП материал должен испытать два фазовых перехода: сначала появление псевдощели, а затем переход в сверхпроводящее состояние.

Для получения ответов на обозначенные выше вопросы в настоящей работе нами проведен анализ избыточной проводимости, выделенной из резистивных измерений частично допированного $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ с СП переходом при 85 К.

Таким образом, целью настоящей работы является изучение нормального состояния $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ и $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ в области темпреатур $T^*>T>T_c$, определение их физических характеристик, а также исследование возможности возникновения ПЩ состояния в этих соединениях. Анализ проводился на основе исследования избыточной проводимости выше T_c в рамках модели локальных пар (ЛП) [3,4] с учётом флуктуационной теории Асламазова-Ларкина [7] вблизи T_c.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Методика получения $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ описана в работе [8].

Температурные зависимости удельного сопротивления ρ образцов □ $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y1) и $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ **(Y2)** представлены на рис.1. Критические температуры СП перехода T_c были определены по максимуму, получаемому при дифференцировании кривой ρ (T). Критической температуры образцов Y1 и Y2 составляет соответственно T_{c1} = 92,63К и T_{c2}=90,9К. При этом удельное сопротивление ρ образца $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ в нормальной фазе при 300К по сравнению с $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ увеличивается почти в 2 раза.

Как отмечалось выше, в купратах при $T<T^*$ происходит уменьшение плотности электронных состояний квазичастиц на уровне Ферми [9], что создает условия образования псевдощели в спектре возбуждений и в конечном итоге приводит к образованию избыточной проводимости. Величина и температурная зависимость псевдощели в исследованных образцах была проанализирована в рамках модели локальных пар с учётом предсказываемого теорией [10] для ВТСП перехода от Бозе-Эйнштейновской конденсации (БЭК) к режиму БКШ при уменьшении температуры в интервале $T^*<T<T_c$. Отметим, что избыточная проводимость существует именно в этом интервале температур, где фермионы предположительно образуют пары - так называемые сильно связанные бозоны (ССБ). Псевдощель характеризуется некоторым значением энергии связи $\varepsilon_b \sim 1/\xi^2(T)$, обусловливающей создание таких пар [10,11], которая уменьшается с температурой, поскольку длина когерентности куперовских пар $\xi(T)=\xi(0)(T/T_c-1)^{-1/2}$, напротив, возрастает при уменьшении температур. Поэтому, согласно ЛП модели, ССБ трансформируются в ФКП при приближении температуры к T_c (БЭК-БКШ переход), что становится возможным благодаря исключительно малой длине когерентности ξ(T) в купратах.

Из проведенных нами исследований можно оценить величину и температурную зависимость ПЩ, на основе температурной зависимости избыточной проводимости во всём интервале температур от T* до T_c согласно [3,11]:

$$\Delta\sigma(\varepsilon) = \left\{ \frac{A(1-T/T^*)[\exp(-\Delta^*/T)]e^2}{16\hbar\xi_c(0)\sqrt{2\varepsilon_0{}^* \cdot sh(2\varepsilon/\varepsilon^*{}_0)}} \right\}, \qquad (1)$$

где (1-T/T*) определяет число пар, сформированных при T ≤ T*: а exp(-Δ*/T) – число пар, разрушаемых тепловыми флуктуациями ниже температуры БЭК-БКШ перехода.

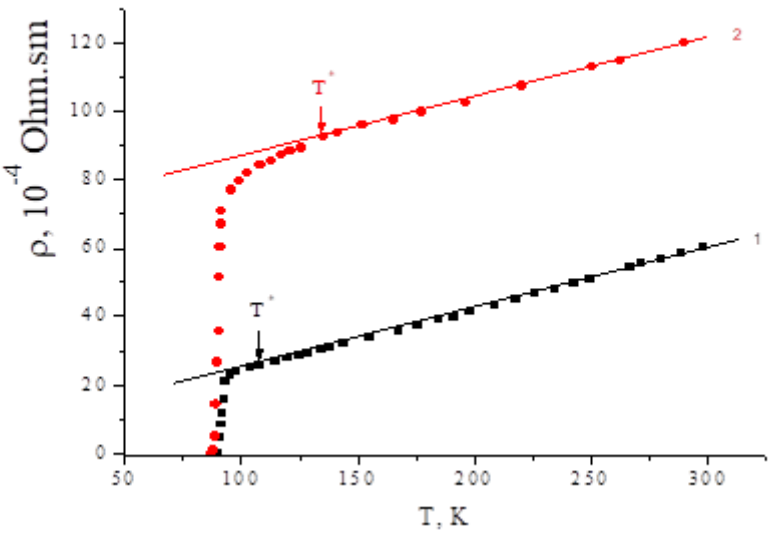


Рис.1 Температурные зависимости удельного сопротивления образцов $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (1) и $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (2).

Коэффициент A имеет тот же смысл, что и коэффициент C в уравнение Асламазова-Ларкина [7].

Решение уравнения (1) дает величину Δ^*:

$$\Delta^*(T) = T \cdot \ln\left\{\frac{A(1-T/T^*)e^2}{\Delta\sigma(T)16\hbar\xi_c(0)\sqrt{2\varepsilon_0^* \cdot sh(2\varepsilon/\varepsilon^*{}_0)}}\right\}, \qquad (2)$$

где Δσ(T) – избыточная проводимость, определяемая из зависимостей ρ(T) (рис.1).

На основе зависимостей ln(Δσ) и $\varepsilon = \ln(T/T_c-1)$ определены длину когерентности локальных пар вдоль оси *c* [12,13] по уравнению $\xi_c(0) = d\sqrt{\varepsilon_0}$ образцов $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ и $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, где d ≈ 11,7Å - расстояние между внутренними проводящими плоскостями в Y-Ba-Cu-O [11]. Соответственно было получено $\xi_c(0)$ = 6,32 Å ($\ln\varepsilon_0 \approx -1{,}2318$) для Y1 и $\xi_c(0)$ = 3,535 Å ($\ln\varepsilon_0 \approx -2{,}3937$) для Y2.

Температурная зависимость и величина параметра псевдощели Δ*(T) (рис.2) были рассчитаны на основе уравнения (2) с параметрами, приведенными выше. Как отмечается в [3,4,11], величина коэффициента A подбирается из условия совпадения температурной зависимости Δσ(1), полагая Δ* = Δ*(T) с экспериментальными данными в области 3*D* флуктуаций вблизи T_c. Согласно [11,14] оптимальная аппроксимация для ВТСП материала достигается при значениях $2\Delta^*(T)/K_BT) \approx 5 \div 7$. Для образца Y1 значение $2\Delta^*(T_c)/K_BT_c = 5{,}4$, а для Y2 $2\Delta^*(T_c)/K_BT_c = 5$. В результате из ЛП анализа для Y1 были получены значения $\xi_c(0)$= 6,32Å, T*=107,57K, A=82,4 и $\Delta^*(T_c)$ = 92,62·2,7=250,07K; для Y2 $\xi_c(0)$= 3,535 Å, T*=140,24K, A=7,6 и $\Delta^*(T_c)$= 90,9·2,5 = 227,25K, что согласуется с данными эксперимента.

Полученные на основе уравнения (2) температурные зависимости $\Delta^*(T)$ представлены на рис. 2. Определены максимальные значения величины псевдощели для Y1 $\Delta^*_m \approx 34{,}56$ мэВ ($\Delta^*(T_m)$□$\approx 402{,}66$ K, T_m=97,98K), для Y2 $\Delta^*_m \approx 34{,}65$ мэВ ($\Delta^*(T_m)$□$\approx 406{,}0$ K, $T_m \approx 108{,}15$K).

Из представленных данных на рис.2 также видно, что с понижением T величина псевдощели сначала возрастает, затем, пройдя через максимум, уменьшается. Это уменьшение обусловлено трансформацией ССБ в ФКП в результате БЭК-БКШ перехода, сопровождающегося увеличением избыточной проводимости при $T \to T_c$. Такое поведение Δ^* с понижением температуры впервые было обнаружено на пленках YBCO [3,13] с разным содержанием кислорода, что, по-видимому, является типичным для купратных ВТСП [13]. Таким образом, можно придти к заключению, что в исследованных нами $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ и $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$, возможно образование локальных пар носителей заряда при $T \gg T_c$, что создает условия для образования псевдощели [11,14] с последующим установлением фазовой когерентности флуктуационных куперовских пар при $T < T_c$ [15].

Исследование влияния частичного замещения Y на Cd на механизм избыточной проводимости в поликристаллах Y-Ba-Cu-O показало, что частичное замещение Y на Cd приводит к уменьшению критических температур образца $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y2) по сравнению с $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y1) (соответственно T_c(Y2)=90,9K и T_c(Y1)=92,628K). При этом удельное сопротивление образца $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ в нормальной фазе при 300K по сравнению с $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ увеличивается (2 раза).

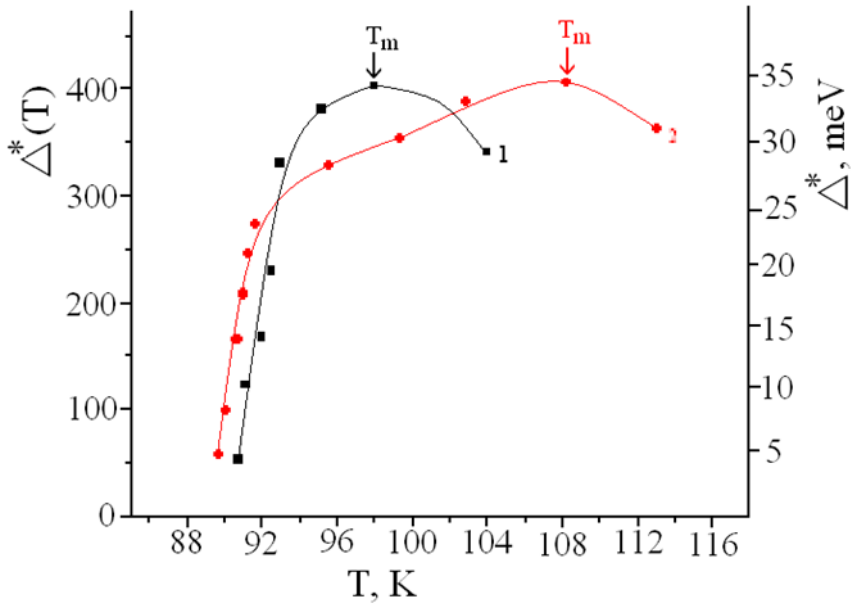


Рис.2. Температурные зависимости расчетной величины псевдощели образцов Y1 (1) и Y2 (2) с параметрами, приведенными в тексте. Стрелки показывают максимальные значения величины псевдощели.

Показано, что частичное замещение Y на Cd в системе Y-Ba-Cu-O приводит к расширению как области существования псевдощели, так и области сверхпроводящих (СП) флуктуаций вблизи T_c. Определены температурная зависимость псевдощели $\Delta^*(T)$ и значения $\Delta^*(T_c)$, а также оценены температуры T_m, отвечающие максимуму температурной зависимости

псевдощели в этих материалах. Максимальные значения величины псевдощели в образцах $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_y$ и $YBa_2Cu_3O_x$ составляют, соответственно, 34,56 мэВ и 34,65 мэВ

Проведенные исследования и анализ показали, что избыточная проводимость $\Delta\sigma(T)$ в $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_y$ в интервале температур $T_c<T<T^*$ удовлетворительно описывается в рамках модели локальных пар [3,9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Е.Б.Амитин, К.Р. Жданов, А.Г. Блинов и др.ФНТ, 31, 4, (2005), 323-326
2 М.В.Садовский, УФН, 171, (2001), 539 -564
3 М.Р.Трунин, УФН, 175, 10, (2005), 1017-1037
4 А.Л.Соловьев, В.М.Дмитриев, ФНТ, 32, 6, (2006), 753 -760
5A.L. Solovjov, M.A. Tkachenko, R.V. Vovk, A. Chroneos, Physica C ,501, (2014), 24–31
6 He Rui-Hua., M.Hashimoto, H.Karapetyan et al. Science, 331, (2011), 1579-1583
7 L.G.Aslamazov and A.L.Larkin, Physics Letters, 26A, 6, (1968), 238-239
8]S.A.Aliev, S.S.Ragimov, V.M.Aliev, Fizika, 2004, 10, 4, (2004) 42-43
9. A.A. Kordyuk, ФНТ, 41, 5, (2015), 417- 444
10].M.Loktev, V.M.Turkowski, Fizika Nizkikh Temperatur, 30, 3, (2004), 247-260
11. А.Л.Соловьев, В.М.Дмитриев, ФНТ, 35, 3, (2009) 227-264
12. Hikami S., Larkin A.I., Modern Phys. Lett., v.B2, (1988) 693-697
13Oh B., Char K., Kent A.D., et al. Phys. Rev. B37, 13, (1988) 7861-7864
14 В.В.Флорентьев, А.В.Инюшкин, А.Н.Талденков и др. Сверхпроводимость: физика, химия, техника, 1990, 3, 10, ч.2, (1990) 2302-2319
15 R. Peters and J.Bauer, Phys. Rev. B **92**, 014511 – Published 22 July 2015

$Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ İFRATKEÇİRİCİ MATERİALDA PSEVDOZOLAQ VƏZİYYƏTİNİN TƏDQİQİ

Əliev V.M., Rəhimov C.Ə., Əlieva G.Ə., Tahirov B.A.

[1]AMEA-nın Fizika İnstitutu,, Bakı, Azərbaycan
[2]Azərbaycan Tibb Universiteti, Bakı, Azərbaycan
[3]AMEA-nın Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: mexanizm, formalaşma, artıq keçiricilik

$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y1) və $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y2) ifratkeçirici kupratların fluktuasiya keçiriciliklərinə Tc yaxınlığında Aslamazov-Larkin nəzəriyyəsi nəzərə alınmaqla local cütlər modeli çərşivəsində baxılmışdır. Bu ifratkeçirici materialların 2D fluktuasiya oblastından 3D oblastına keçid temperaturları (Tcr) təyin edilmişdirşdir. Eyni zamanda, bu ifratkeçiricilərin *c* oxu istiqamətdə kuper cütlərinin koherentlik uzunluqları $\xi c(0)$ hesablanmışdır. Göstərilmişdir ki, Y-Ba-Cu-O sistemində ittrinin qismən kadmi ilə əvəz olunması kuper cütlərinin koherentlik uzunluqlarının $\xi c(0)$ iki dəfəyə qədərazalmasına səbəb olur (6,26Å, 5,79Å, 3,8Å, 3,18Å). Bu zaman alımmış $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ nümunənin xüsusi müqaviməti normal fazada 300K temperaturda $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ nümunənəyə nisbətən 2 dəfə artır. (Y1) və (Y2) nümunələrdə əmələ gələn psevdozolaqların maksimum qiymətləri hesablanmışdır və müvafiq olaraq Y1 üçün $\Delta^*_m \approx 34,56$ meV, Y2 üçün isə $\Delta^*_m \approx 34,65$ meV olmuşdur.

STUDY OF THE PSEUDOGAP STATE IN $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ HTSC MATERIAL

Aliyev V.M., Rahimov J.A., Aliyeva G.A., Tairov B.A.
[1]*Institute of Physics Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan*
[2]*Azerbaycan Medical University, Baku, Azərbaijan*
[3]*Institute of Petrochemical Processes of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan*

Keywords: mechanism, formation, excess conductivity

The mechanism for the formation of excess conductivity in cuprate HTSC samples $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y1) and $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Y2) was considered within the framework of the model of local pairs, taking into account the Aslamazov-Larkin theory near Tc. The values of the coherence length ξc (0) along the c axis of fluctuation Cooper pairs are calculated. It was shown that the partial substitution of Y for Cd in the Y-Ba-Cu-O system leads to a decrease in ξc (0) by almost 2 times (from 6.32 Å and 3.53 Å, respectively). The critical temperature of samples Y1 and Y2 is Tc1 = 92.63K and Tc2 = 90.9K, respectively. In this case, the resistivity ρ of the $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ sample in the normal phase at 300K in comparison with $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ increases almost 2 times. The maximum values of the pseudogap are determined and is 34.56 meV for $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ and 34.65 meV for $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$.

ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНОКРИСТАЛЛОВ $TlGa_{0,995}Sb_{0,005}S_2$

Керимова Э.М., Гасанов Н.З., Гасанов А.И., Шарифов, Магеррамов А.Б.
Институт Физики НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан
ekerimova@physics.ab.az

Ключевые слова: монокристалл, электропроводность, пьезомодуляция, одноосное давление, переменная деформация.

В настоящей работе сообщается о влиянии одноосного давления в направлении [001] (т.е. перпендикулярно слоям) на электрические свойства слоистых монокристаллов $TlGa_{1-x}Sb_xS_2$. **Определены изменения проводимости** монокристаллов $TlGa_{0,995}Sb_{0,005}S_2$ в направлении [001] в зависимости от динамического давления (ΔP_ω) при фиксированных значениях постоянного сжатия: $P_{01}=2,7\cdot10^5$Па, $P_{02}=5,4\cdot10^5$Па, $P_{03}=12,5\cdot10^5$Па.

Из группы полупроводников типа $TlA^{III}B_2^{VI}$ наименее изученными можно считать монокристаллы $TlGaS_2$. Из последних работ, посвященных изучению электрических и оптических свойств монокристаллов $TlGaS_2$, можно назвать [1-7]. А материалы на основе соединения $TlGaS_2$, получаемые частичным замещением соответствующих катионов в подрешетках (например, полученные замещением Ga на Sb) совершенно не изучены. Соединение $TlGaS_2$ и твердые растворы на его основе представляют интерес с точки зрения асимметрии химических связей и резкой анизотропии физических свойств. Последнее обстоятельство делает интересным изучение влияния одноосного давления на физические (электрические, фотоэлектрические, оптические и т. д.) свойства. В настоящей работе

сообщается о результатах влияния одноосного давления в направлении наиболее слабой химической связи [001] (т. е. перпендикулярно слоям) на электрические свойства кристаллов $TlGa_{1-x}Sb_xS_2$.

Влияние одноосного давления в направлении, перпендикулярном слоям, изучено на специально созданной для этой цели установке, позволяющей при заданном постоянном давлении (или сжатии) измерить пьезорезистивный эффект в зависимости от степени переменного возбуждения, точнее, динамического давления. Постоянное давление осуществлялось наложением грузов, а переменная составляющая создавалась пьезокерамикой или же посредством модулирующего переменного магнитного поля через специальное задающее устройство.

Изучаемые образцы имели форму прямоугольного параллелепипеда (с площадью основания $S=0,45\cdot10^{-4}$ - $0,5\cdot10^{-4}m^2$ и толщиной $l=3\cdot10^{-4}$ - $4\cdot10^{-4}m$) с плоскопараллельными зеркальными гранями естественного скола, покрытыми напыленными в вакууме металлическими слоями из серебра для электрических контактов. Данные образцы для передачи на них одноосного давления при помощи специального устройства зажимались между двумя жесткими металлическими шайбами, диаметром превышающими размеры образца и служащими электродами для подключения к электроизмерительной схеме. Передача как постоянного (P_o), так и переменного (ΔP_ω) давлений к данной системе осуществлялась через две пьезокерамики в металлической экранировке, одна из которых служила для возбуждения переменного давления, а другая, после предварительной градуировки, использовалась в качестве приемника передаваемого на кристалл переменного (динамического) давления. Проводимость кристаллов измерялась в режиме малого нагрузочного сопротивления, т. е. при $R_н \ll R_{кр}$ ($R_н$-нагрузочное сопротивление, $R_{кр}$-сопротивление кристалла). Пропорциональный величине проводимости ток при этом измерялся падением напряжения на нагрузке $R_н$. Постоянная составляющая проводимости (U_o) при этом измерялась через усилитель постоянного тока типа В7-30, а переменная составляющая ($\Delta U_{\Delta p.0}$) - через избирательный усилитель с синхронным детектором УПИ-1, настроенный на частоту пьезомодуляции.

Проведенные таким образом измерения показали, что электропроводность кристаллов $TlGa_{1-x}Sb_xS_2$ весьма чувствительна к одноосному давлению в направлении [001]. Характер изменения электропроводности смешанных кристаллов $TlGa_{1-x}Sb_xS_2$ под действием одноосного давления оказался одинаковым для всех изученных образцов. Поэтому ниже ограничимся приведением результатов, относящихся лишь к образцу, соответствующему составу $TlGa_{0,995}Sb_{0,005}S_2$.

Результаты измерений представлены графиками изменения проводимости монокристалла $TlGa_{0,995}Sb_{0,005}S_2$ в направлении [001] в зависимости от степени динамического давления (ΔP_ω) при фиксированных значениях постоянного сжатия: $P_{01}=2,7\cdot10^5$Па, $P_{02}=5,4\cdot10^5$Па и $P_{03}=12,5\cdot10^5$Па (рис.1). Величина $\Delta\sigma_{\Delta p.0}$ рассчитывалась по формуле

$$\Delta\sigma_{\Delta p.0} = \Delta U_{\Delta p.0}\cdot 1/U_{пит}\cdot R_H\cdot S,$$

где $U_{пит}$- напряжение питания, подаваемое на кристалл.

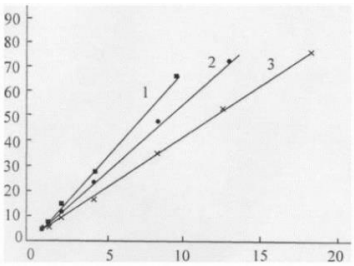


Рис.1. Зависимость изменения проводимости $TlGa_{0,995}Sb_{0,005}S_2$ от динамического давления при фиксированных значениях постоянного сжатия 1 - $P_{01}=2,7\cdot10^5$Па; 2 - $P_{02}=5,4\cdot10^5$Па; 3 - $P_{03}=12,5\cdot10^5$Па.

Как следует из рисунка, зависимость пьезопроводимости от степени переменной деформации во всем интервале значений переменных давлений ($0,8\cdot10^2$Па < ΔP_ω < $19\cdot10^2$Па), при всех трех рассмотренных значениях постоянного сжатия, носит линейный характер ($\Delta\sigma_{\Delta p.0}=L\cdot\Delta P_\omega$) и характеризуется в каждом случае постоянным коэффициентом пьезопроводимости L (L-изменение проводимости на единицу давления):

$L_1=7,06\cdot10^{-15}$Ом$^{-1}\cdot$м$^{-1}$/Па для $P_{01}=2,7\cdot10^5$ Па
$L_2=6,10\cdot10^{-15}$Ом$^{-1}\cdot$м$^{-1}$/Па для $P_{02}=5,4\cdot10^5$ Па
$L_3=4,25\cdot10^{-15}$Ом$^{-1}\cdot$м$^{-1}$/Па для $P_{03}=12,5\cdot10^5$ Па

Как следует из табличных данных (см. таблицу), коэффициенты пьезопроводимости (наклоны зависимостей на рис.1) закономерно уменьшаются по мере увеличения постоянного давлении (сжатия).

	$\Delta U_{\Delta P,0}$ В	$\Delta\sigma_{\Delta p.0}$ Ом$^{-1}$,м$^{-1}$	L Ом$^{-1}\cdot$ м$^{-1}$ /Па	Примечания
$9,6\cdot10^2$	$38,75\cdot10^{-6}$	$66,96\cdot10^{-13}$	$6,98\cdot10^{-15}$	$1=3\cdot10^{-4}$ м; $S=4,8\cdot10^{-5}$ м^2
$4,2\cdot10^2$	$17,5\cdot10^{-6}$	$29,61\cdot10^{-13}$	$7,05\cdot10^{-15}$	$P_0=2,7\cdot10^5$ Па
$2,1\cdot10^2$	$8,86\cdot10^{-6}$	$15,3\cdot10^{-13}$	$7,29\cdot10^{-15}$	$\sigma_0=7,29\cdot10^{-11}$ Ом$^{-1}$ m^{-1}
$1,2\cdot10^2$	$4,6\cdot10^{-6}$	$7,95\cdot10^{-13}$	$6,63\cdot10^{-15}$	$U_0=1,2\cdot10^{-4}$ В
$0,83\cdot10^2$	$2,96\cdot10^{-6}$	$4,65\cdot10^{-13}$	$5,60\cdot10^{-15}$	$U_{пит}=12$В
$12,9\cdot10^2$	$42,86\cdot10^{-6}$	$74,22\cdot10^{-13}$	$5,75\cdot10^{-15}$	**$1=3\cdot10^{-4}$ м; $S=4,8\cdot10^{-5}$м^2**
$8,3\cdot10^2$	$28,0\cdot10^{-6}$	$48,39\cdot10^{-13}$	$5,83\cdot10^{-15}$	**$P_0=5,4\cdot10^5$ Па**
$4,2\cdot10^2$	$13,89\cdot10^{-6}$	$24,00\cdot10^{-13}$	$5,71\cdot10^{-15}$	$\sigma_0=6,25\cdot10^{-11}$ Ом$^{-1}$ m^{-1}
$2,1\cdot10^2$	$6,79\cdot10^{-6}$	$11,73\cdot10^{-13}$	$5,59\cdot10^{-15}$	$U_0=1,4\cdot10^{-4}$В
$1,2\cdot10^2$	$4,0\cdot10^{-6}$	$6,90\cdot10^{-13}$	$5,75\cdot10^{-15}$	$U_{пит}=12$В
$0,83\cdot10^2$	$2,37\cdot10^{-6}$	$4,08\cdot10^{-13}$	$4,92\cdot10^{-15}$	
$18,3\cdot10^2$	$45,0\cdot10^{-6}$	$77,76\cdot10^{-13}$	$4,25\cdot10^{-15}$	$1=3\cdot10^{-4}$м; **$S=4,8\cdot10^{-5}$м^2**
$12,5\cdot10^2$	$31,11\cdot10^{-6}$	$53,76\cdot10^{-13}$	$4,30\cdot10^{-15}$	**$P_0=12,5\cdot10^5$ Па**
$8,3\cdot10^2$	$20,62\cdot10^{-6}$	$35,64\cdot10^{-13}$	$4,29\cdot10^{-15}$	$\sigma_0=3,65\cdot10^{-11}$ Ом$^{-1}$ m^{-1}
$4,2\cdot10^2$	$9,5\cdot10^{-6}$	$16,41\cdot10^{-13}$	$3,91\cdot10^{-15}$	$U_0=0,7\cdot10^{-4}$В
$2,1\cdot10^2$	$5,36\cdot10^{-6}$	$9,27\cdot10^{-13}$	$4,14\cdot10^{-15}$	$U_{пит}=12$В
$1,2\cdot10^2$	$3,0\cdot10^{-6}$	$5,19\cdot10^{-13}$	$4,32\cdot10^{-15}$	

Экспериментальные данные свидетельствуют о сильной анизотропии зонного спектра, его трехмерной природе и о заметном смещении экстремумов в зоне Бриллюэна исследуемых

кристаллов при одноосном давлении перпендикулярно слоям.

ЛИТЕРАТУРА

1. K.R. Alakhverdiev, T.G. Mamedov, R.A. Suleymanov, N.Z. Gasanov. Pressure and temperature effectson electronic spectra of $TlGaSe_2$ type crystals. Fizika 8, (2002), s.44-47.
2. Керимова Е.М., Пашаев А.М., Воздействие внешних факторов на физические свойства низкоразмерных полупроводниковых соединений типа $TlA^{III}B_2^{VI}$ и твердых растворов на их основе, включающих переходные металлы и редкоземельные элементы. Сб. трудов Межд. конф. Fizika-2005. Баку, Элм, 2005. с.872-874.
3. Guseinov G.D., Kyazimov S.B., Kerimova E.M., Gorban I.S., Beyli V.A., Bobyr A.V. Excition states in Pure and intercalated single crystals $TlGaS_2$. Turkish Journal of Physics. 1994.V.18.P.721-725.
4. Горбань И.С., Охрименко О.Б. Параметры экситонного поглощения в кристалле $TlGaS_2$. ФТТ, 2001, Т. 43, вып. 11, с. 1963-1965.
5. Шелег А.У., Иодковская К.В., Курилович Н.Ф. Влияние gamma-облучения на диэлектрическую проницаемость и элекропроводность кристаллов $TlGaS_2$. ФТТ, 2003, т.45, №1, с. 68-70.
6. Allakhverdiev K.R., Mammadov T.G., Suleymanov R.A., Gasanov N.Z. Pressure and temperature effects on electronic spectra of $TlGaSe_2$ type crystals. J. Phys.: Condensed Matter. 2003, V. 15, p. 1291-1298.
7. Mustafaeva S.N., Kerimova E.M., Gasymov Sh.G., Asadov M.M. DC-electrical properties of $TlGaTe_2$ single crystals under hydrostatic pressure. Physics Research International. Volume 12, 2011, article ID 513848, p. 5.

PIEZORESISTIVE CHARACTERISTICS OF SINGLE CRYSTALS $TlGa_{0,995}Sb_{0,005}S_2$

Kerimova E.M., Gasanov N.Z., Hasanov A.I. , Sharifov G.M., Magerramov A.B.

Institute of Physics Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

ekerimova@physics.ab.az

Keywords: single crystal, electrical conductivity, piezomodulation, uniaxial pressure, variable deformation.

In the present work it is informed on results of influence of uniaxial pressure in a direction of the weakest chemical bond [001] (i.e. perpendicular to layers) on electric properties of layered $TlGa_{1-x}Sb_xS_2$ single crystals. Change of conductivity of $TlGa_{0.995}Sb_{0.005}S_2$ single crystal in a direction *[001]*, depending on *a* degree of dynamic pressure at the fixed values of constant compression: $P_{01}=2.7\cdot10^5$ *Pa*, $P_{02}=5.4\cdot10^5$ *Pa* and $P_{03}=12,5\cdot10^5$ *Pa*, was calculated.

$TlGa_{0,995}Sb_{0,005}S_2$ MONOKRISTALLARININ PYEZOREZİSTİV XARAKTERİSTİKALARI

Kərimova E.M. , Həsənov N.Z. , Həsənov A.I., Şərifov Q.M., Məhərrəmov Ə.B.

AMEA-nın Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

ekerimova@physics.ab.az

Açar sözlər: monokristal, elektrik keçiriciliyi, piezomodulyasiya, 1 ox üzərində təzyiq, dəyişkən deformasiya.

Təqdim edilmiş işdə laylara perpendikulyar istiqamətdə [001] yönəldilmiş ox üzərində təzyiqin $TlGa_{1-x}Sb_xS_2$ laylı monokristallarının elektrik xassələrinə təsiri araşdırılmışdır. Statik təzyiqin verilmiş sabit qiymətlərində (***P_{01}=2,7·10^{5}Pa, P_{02}=5,4·10^{5}Pa*** və ***P_{03}=12,5·10^{5}Pa)*** $TlGa_{0.995}Sb_{0.005}S_2$ monokristalında [001] istiqamətində keçiriciliyin dəyişməsinin qiymətləri müəyyən edilmişdir.

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И ОПТИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ ОБРАЗЦА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО CVD ZnSe

[1]Мусаев М.А., [2] Гусейнов Дж.И., [1]Садиг Х.О., [1]Аббасов И.И., [1]Аскеров Д.Дж.

[1]Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

[2]Азербайджанский государственный педагогический университет, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: поликристаллический селенид цинка, метод химического осаждения из газовой фазы (CVD), дифрактограмма и оптическая микроскопия образца CVD ZnSe

С помощью рентгенофазового анализа исследована кристаллическая структура, а рентгеновским микроанализом определены фазовый состав и распределение химических элементов на поверхности исследуемого образца CVD ZnSe. Установлено, что область гомогенности селен-цинк имеет двойственный характер. В зависимости от синтеза в условиях избытка цинка или селена, соответственно, можно получить как *n*-, так и *p*-тип проводимости для селенида цинка.

Широкозонные полупроводники A^2B^6, в частности селенид цинка, являются перспективным материалом, кристаллы которого используются в различных областях оптоэлектроники и лазерной техники [1,2]. Вследствие большой величины ширины запрещенной зоны, особо чистые поликристаллические ZnSe имеют высокое удельное сопротивление, еще прозрачны в видимой области спектра и хорошо пропускают инфракрасное излучение [3,4].

Прозрачность в видимом диапазоне селенида цинка достаточно расширяет возможность юстировки всех приборов с оптикой, которые изготовлены из поликристаллического ZnSe . Поликристаллический селенид цинка активно используется в приборах ночного видения, тепловизионных системах переднего обзора. Особочистые кристаллы ZnSe могут быть получены различными технологиями, но их однородность, оптические свойства и механическая прочность существенно отличаются. Многие проблемы, связанные с получением крупногабаритных, однородных и высокопрозрачных образцов селенида цинка. Это удалось решить с помощью метода химического осаждения из газовой фазы с использованием паров цинка и селеноводорода (цинк-гидридный метод, CVD – метод) [5].

Выращивание кристаллов из паровой фазы происходит при более низкой температуре по сравнению с расплавной технологией. Это способствует снижению концентрации объемных дефектов, а также позволяет уменьшить загрязнение растущего кристалла материалом ампулы. Материал с низким содержанием примесей и собственных дефектов

структуры удаётся получить методом химического осаждения из газовой фазы (Chemical Vapour Deposition, в дальнейшем - CVD) с использованием в качестве исходных реагентов цинка и смеси газообразного селеноводорода. Это делает CVD-метод наиболее перспективным для получения образцов ZnSe с высокими эксплуатационными характеристиками [5]. Несмотря на высокую стоимость CVD-ZnSe, этот метод нашел промышленное применение [1,2,5].

Поликристаллический CVD-ZnSe получают в реакторах – установках, использующих процессы химического осаждения вещества из газовой фазы. CVD-ZnSe осаждается на графитовую подложку, исходные реагенты – пары цинка и газ селеноводород H_2Se. Метод CVD осуществляется в проточной системе с непрерывной подачей реагентов, разбавляемых газом-носителем в зону осаждения. Скорость испарения цинка регулируется, изменяя температуру рабочей части реактора. Пары цинка смешиваются с потоком аргона и поступают в реактор, куда подается селеноводород, предварительно также разбавленный аргоном. Температура в зоне реакции 600-800 ^{0}C, давление менее 100 торр. Процесс химического осаждения ZnSe протекает внутри реактора, стенки которого химически инертны, термически стойки и не обладают адгезией к селениду цинка. Обычно в качестве подложки используют пластины из углеродсодержащих материалов (графит). Для уменьшения адгезии осаждаемого материала к подложке на графитовую подложку предварительно наносится порошок графита. В данной работе исследованы некоторые физические свойства, в том числе рентгеноструктурный анализ и оптическая микроскопия образца поликристаллического CVD ZnSe. Исследуемым образец в данной работе поликристаллического ZnSe толщиной 3мм также получен методом химического осаждения из газовой фазы [5].

Соединение ZnSe в природе обычно встречается в виде двух модификаций: кубической (это цинковая обманка или сфалерит) и гексагональной (вюрцит) [5,6]. Устойчивой модификацией являются кристаллы типа сфалерита, тип B-3, которые имеют пространственную группу $F43m(T_d^2)$. Кристаллы типа вюрцита, тип B-4, имеют пространственную группу $P63mC(C_{6v}^4)$. Модификация типа вюрцит существует только в пленках или в виде метастабильной фазы, которая возникает при кристаллизации из газовой фазы или при разложении органических комплексных соединений цинка [6].

Дифрактограмма образца CVD ZnSe снята с помощью рентгендифрактометра (XRD) марки Miniflex 600.

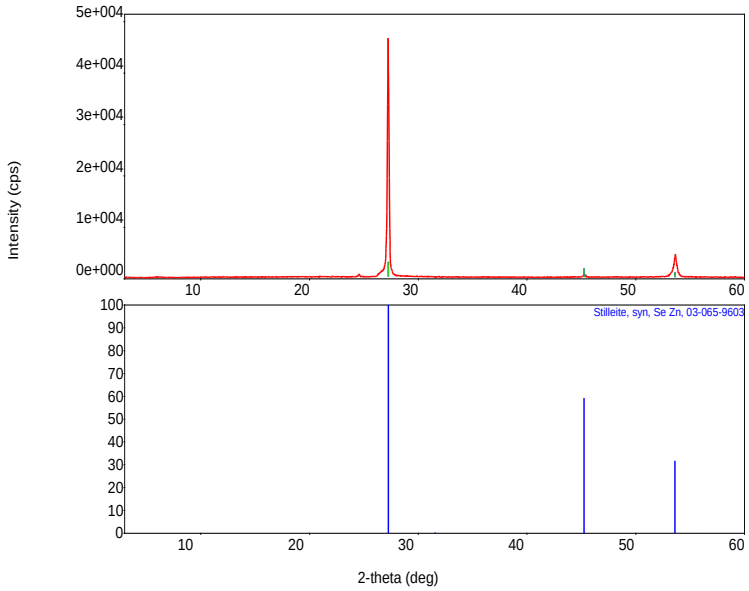
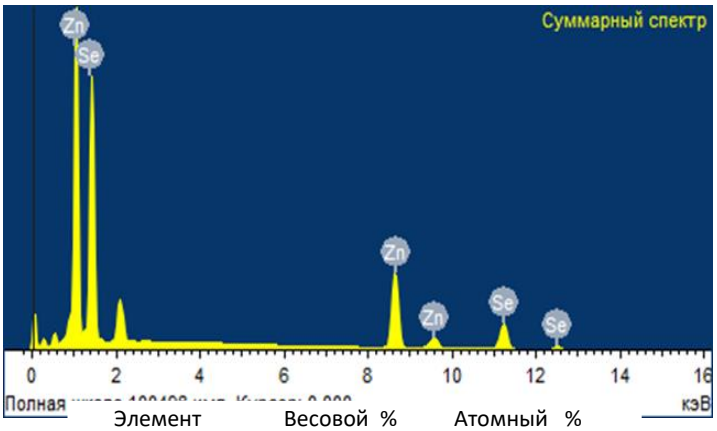


Рис. 1. Дифрактограммы CVD ZnSe

Дифрактограмма образца селенида цинка показана на рис. 1. Согласно результатам рентгенофазового анализа селенид цинка, полученный методом химического осаждения из газовой фазы, является поликристаллическим. Анализ интенсивностей рентгеновских отражений показывает наличие в кристалле преобладающего направления, а также, что исследуемый образец состоит из одной фазы. Наблюдаются дифракционные отражения с межплоскостными расстояниями 3.27 и 2.02 Å, которые можно приписать селениду цинка кубической сингонии. По данным рентгенофазового анализа все исследуемые препараты представляли собой кубическую фазу со структурой сфалерита. Кристаллической модификацией является сфалерит (пространственная группа $F43m(T_d^2)$., гранецентрированная кубическая (ГЦК). По полученным дифракционным картинам стандартными методиками [7] были определены параметры решетки селенида цинка. Параметр решетки ZnSe в структуре сфалерита a_0=5,667 Å. Полученные данные соответствуют ранее известным результатам[6,7,8].



Элемент	Весовой %	Атомный %
Zn	44.08	48.78
Se	55.92	51.22
Итоги	100	100

Рис 2 . Рентгеновский микроанализ поверхности кристаллов CVD ZnSe

Для исследования морфологии и микросостава поверхности образца использовался сканерный электронный микроскоп японского производства марки JEOL JSM6610-LV. Количественным рентгеновским микроанализом определен состав фазы и распределение химических элементов на поверхности исследуемого образца. Анализ полученных результатов показывает однородность поверхности, но с изменением стехиометрии в пределах области гомогенности ZnSe в сторону избытка селена (Рис.2). Получено изображение поверхности образца (Рис. 3). На рис. 4,5 представлено еще другое изображение сканирующей электронной микроскопии и рентгеновский микроанализ на базе растрового электронного микроскопа – микроанализатора РЕММА-102-02. В этом случае на поверхности данного образца наблюдаем изменение стехиометрии в пределах области гомогенности ZnSe со стороны избытка цинка. Таким образом, можно утверждать что область гомогенности селенида цинка имеет двухсторонний храктер и в зависимости от синтеза в условиях избытка цинка или [9,10] селена, соответственно можно получить как *n*- так и *p*-типа проводимости для селенид цинка [9,10] Авторы [5], которые выращивали поликристаллический CVD ZnSe считают, что это свойства еще можеть быть связано с обработкой поверхности образца.

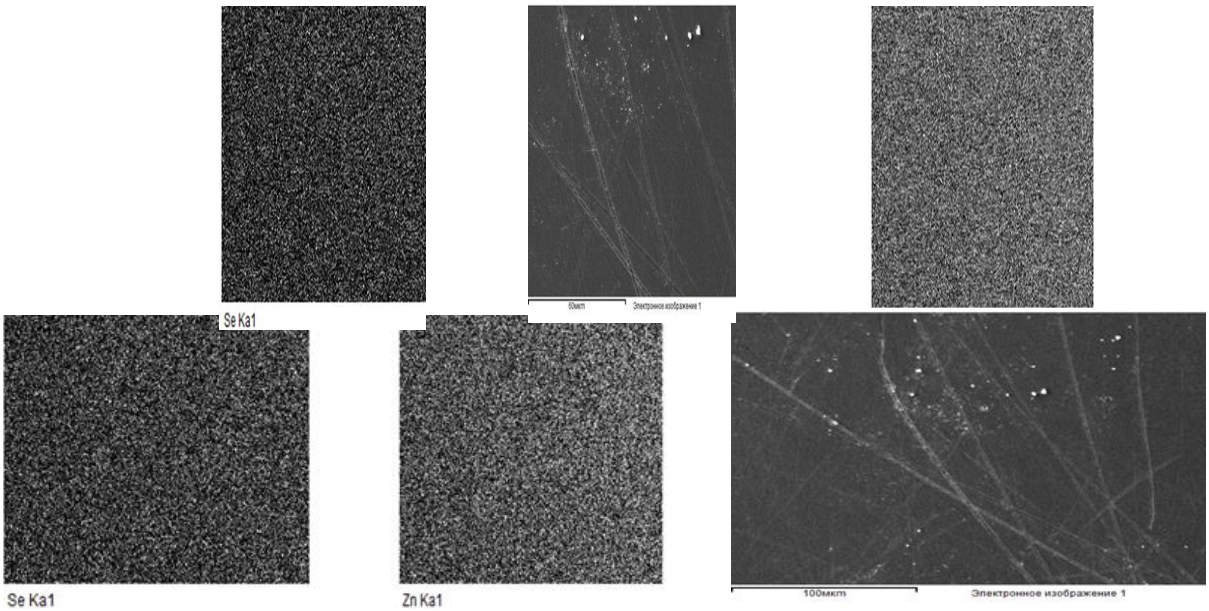


Рис 3. Микрофотографии поверхности кристаллов CVD

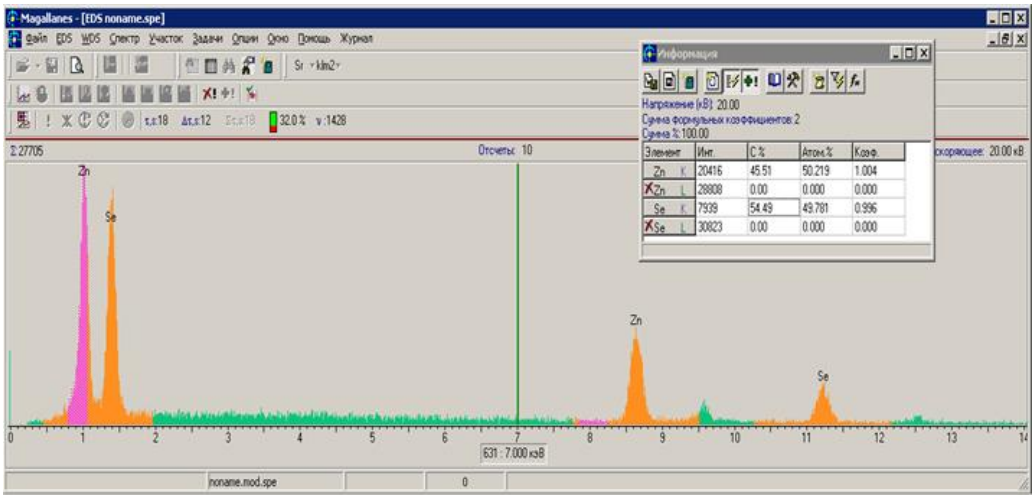


Рис 5. Рентгеновский микроанализ поверхности

ЛИТЕРАТУРА

1. *Н.Кульчицкий, А.Наумов, В.Семенов.* Современные оптоэлектронные приборы на основе селенида цинка. Фотоника № 6 / 54 / 2015 стр.90-99.

2. А.А.Дунаев, И.Л.Егоров. Свойства и оптическое применение поликристаллического селенида цинка полученного физическим осаждением из газовой фазы. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, том 15, № 3,стр.449-456 ,2015.

3. Т.В. Котерева, В.Б. Иконников, Е.М. Гаврищук, А.М. Потапов, Д.В. Савин. Применение ИК микроскопии для прецизионного контроля диффузионных профилей распределения примесей железа и хрома в халькогенидах цинка. *Журнал технической физики, том 88, вып. 7, стр.1110-1115,2018.*

4. Гаврищук Е.М. Поликристаллический селенид цинка для инфракрасной оптики // Неорганические материалы, т.39, № 9, с. 1030-1050,2003.

5. Е.М.Гаврищук. Автореф.док.диссертации. Получение высокочистого селенида цинка для ИК-оптики. **Нижний Новгород-2000.**

6. Гавриленко В. И. , Грехов А.М . , Корбутяк Д. В., Литовченко В. Г. Оптические свойства полупроводников: справочник. – Киев: Наукова думка, 1987. 607 стр.
7.Л.И.Миркин. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. Москва-1961.
8.Крылов П.Н.,Романов Э.А., Валеев Р.Г. Структура и свойства тонких нанокомпозитных пленок ZnSe. Поверхность. Рентгеновские, синхротонные и нейтронные исследования, №1, стр.41-45, 2007.
9.S.D.Scott, H.L.Barnes. Sphalerite-wurtzite equilibria and stoihiometry.Geochim.Cosmochim, Acta, 1972,Vol.36, p.1275-1295
10.Чан Конг Кхань. Автореф. канд. диссерт. Нестехиометрия и люминесцентные свойства кристаллического селенида цинка, Москва-2116, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва-2016.

CVD ZnSe POLİKRİSTALİK NÜMÜNƏNİN RENTGENOSTRUKTUR ANALİZİ VƏ OPTİK MİKROSKOPİYASI

[1]Musayev M.A., [2] Hüseynov C.İ., [1]Sadiq X.O., [1]Abbasov İ.İ., [1]Əsgərov D.C.
[1]Azərbaycan Dövlıət Neft və Sənaye,Baku, Azerbaijan
[2]Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Baku, Azerbaijan

Açar sözlər: polikristallik sink selenid, kimyəvi buxar çöküntüsü (CVD), difraksiya nümunəsi və CVD ZnSe nümunəsinin optik mikroskopiyası

CVD ZnSe nümunənin rentgenfaza analizi vasitəsilə kristal quruluşu, rentgen mikroanaliz metodu ilə faza tərkibi və səthdə kimyəvi elementlərin paylanması tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, sink-selenin homogenlik oblastı ikili xarakter daşıyır. Sintezin selenin və ya sinkin izafi olması şəraitində aparılmasından asılı olaraq sink-selen nümunəsinin n-tip və ya p-tipkeçiriciliyə malik olmasına nail olmaq olar.

X-RAY STRUCTURE ANALYSIS AND OPTICAL MICROSCOPY SAMPLE POLYCRYSTALLINE CVD ZnSe

[1]Musaev M.A., [2] Huseynov Dj.İ., [1]Sadiq X.O., [1]Abbasov I.I., [1]Asgarov D.Dj.
[1]Azerbaycan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan
[2]Azerbaijan State Pedagical University, Baku, Azerbaijan

Keywords: polycrystalline selenide zinc, method of chemical deposition from gas phase (CVD), diffractogram and optical microscopy of CVD ZnSe

The crystal structure has been studied by X-ray phase analysis, and the phase composition and distribution of chemical elements on the CVD ZnSe sample surface have been determined by X-ray microanalysis. It has been established that the homogeneity region of selenium-zinc has a dual character. Depending on the synthesis under the conditions of excess zinc or selenium, respectively, it is possible to obtain both n- and p-type conductivity for zinc selenide.

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ III-Y ГРУПП ЭЛЕМЕНТОВ И 3d-МЕТАЛЛОВ И ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

[1]Рагимов Р.Н., [4]Мамедов И.Х., [2]Барайшук С.М., [1]Араслы Д.Г., [1]Халилова А.А., [3]Янушкевич К.И., [2]Ткаченко Т.М.

[1]Институт Физики НАН Азербайджана;

[2] Белорусский Государственный Аграрный Технический Университет.

[3]ГО "НПЦ НАН Беларуси по материаловедению"

[4]Национальная академия авиации Азербайджана, Баку, Азербайджан

Получены тонкие пленки эвтектических композитов GaSb-CrSb, InSb-FeSb и InSb-MnSb методом мгновенного испарения. Рентгеноструктурным и калориметрическим анализами и определением элементного состава подтверждена идентичность структур пленок и массивных образцов. АСМ исследованиями поверхности пленок определена фрактальность и удельная концентрация поверхностных элементов пленки композитов исследуемых эвтектик.

Введение. Эвтектические композиты на основе соединений III–V групп с 3*d*-переходными металлами, состоящие из полупроводниковой матрицы и металлических включений, представляют интерес из-за сохранения микроструктуры до температуры плавления, повторяемости и стабильности характеристик. Такие эвтектические композиты ведут себя как неоднородные и вырожденные полупроводники, а их физические свойства существенно зависят от электронной конфигурации 3*d*-элементов, геометрии включений и особенностей формирования межфазных зон. Из-за наличия ферромагнитных металлических включений эти композиты перспективны для создании инжекторов спинполяризованных электронов. Ранее исследованы микроструктура и физические свойства эвтектических композитов на основе InSb и GaSb [1–3]. В данной работе приведены результаты рентгенофазового, микроструктурного анализов и атомно-силовой микроскопии поверхности полученных тонких пленок эвтектического композита GaSb-CrSb, InSb-MnSb, InSb-FeSb.

Экспериментальная часть

Тонкие пленки композитов на основе GaSb и InSb с 3*d*-переходными металлами (Fe, Cr, Mn) получены в два этапа: массивные образцы получены методом Бриджмена со скоростью передвижения фронта кристаллизации 1мм/мин. Затем полученный материал измельчался на агатовой ступке и по очереди пропускался через 300 и 100 микрометровое сито. Выбранные зерна засыпались на ящик с дверьми, открывающимися магнитными пускателями, находящийся в камере с вакуумом 5.10^{-5} Торр. Затем зерне попадали на испаритель - вольфрамовую лодочку, через которую пропускается ток 200А. Скорость падения зерен составляет примерно 10мг/сек.

Полученные тонкие пленки имели толщину в пределе 0.4÷1.0 μm.

Аттестация полученных пленок проведена рентгенофазовым анализом и изучением микроструктуры на электронном микроскопе. Рентгенофазовый анализ проведен на дифрактометре «Advance 8D» с CuK_{α}–излучением, микроструктурный анализ - сканирующим микроскопом FEI Quanta FEG, а элементный состав спектрометром "EDS system - Oxford Inca X-act". В атомном силовом микроскопе NC-AFM получены рельефы и профилограммы поверхности тонких пленок.

Результаты и обсуждение

Сравнительные дифракционные спектры массивных образцов композитов GaSb-CrSb, InSb-FeSb и InSb-MnSb и их тонких пленок приведены на рис.1. Как видно, массивные и тонкие пленки имеют двухфазные структуры. Острота интенсивных линий пленок указывает на высокий уровень кристаллизации.

Интенсивные линии на спектрах соответствуют соединениям GaSb и InSb (для них указаны индексы Миллера: [для GaSb-(111) ; (220); (220); (311); (400); (331), а для InSb - 23.77^0 (111), 39.31^0 (220), 46.48^0 (311), 62.41^0 (331), 71.38^0 (422)]), а слабые линии, обозначенные звездочкой - соединениям CrSb, FeSb и MnSb. В пленках эти линии немного смешены. Интенсивность линий на дифракционном спектре пленок указывает на их кристаллизацию, а идентичность рентгенограмм массивного и пленочного образцов обусловлена идентичностью их состава. На это указывают и микроструктуры тонких пленок GaSb-CrSb, InSb-FeSb и InSb-MnSb, полученные микроскопом FEI Quanta FEG и элементный состав тонких пленок, полученный спектрометром “EDS system-Oxford Inca X-act” (рис.2). Как видно из рисунка, все элементы распределяются почти равномерно. Распределение атомов In, Sb, Fe, Cr и Mn соответствует стехиометрическому составу.

Топография поверхности исследуемых тонких пленок изучена на много- функциональном атомном силовом микроскопе NT-206 Microtestmachines Co в контактном режиме с использованием зондов Mikromasch CSC 38. Для оценки поверхности было выбрано не менее 5 площадок сканирования размером 20×20 мкм^2 с разных участков поверхности, что позволило провести усреднение параметров рельефа. Обработка полученных данных произведена с помощью программы «*SurfaceXplorer*» по методике, описанной в [4].

АСМ - исследования показали, что поверхности всех тонких пленок имеют развитый рельеф. В частности, АСМ- изображения указывают на наличие на поверхности исследуемых композитов равномерно распределенных структурных образований округлой формы, диаметр которых: для GaSb-CrSb 0,3–0,5 мкм в основании при высоте от 50 до 100 нм (рис. 3); для InSb-MnSb – 0,5-2 мкм поперечнике с средней высотой 0,3-0,9мкм (рис.4). Для образцов InSb-FeSb картина несколько иная, на поверхности просматриваются 2 типа структур поперечнике с средней высотой 0.6-0.8 мкм (рис.5) и высотой 0,3-0,4мкм, кроме того присутствуют и значительно меньшие образования с высокой поверхностной концентрацией, размер которых 0,05-0,15мкм в поперечнике и высота не превышает 70 нм. Наличие мелких структур подтверждает и диаграмма кручения зонда, приведенная на рисунке 6, на которой заметно изменение твердости по границам низкоразмерных образований на поверхности композита InSb-FeSb. При анализе топографии аналогичные, но меньшие по размеру, структуры наблюдаются и для образцов GaSb-CrSb, однако при анализе Torsion изображений отсутствуют сколь либо значимые различия на их границах, что указывает на равномерную твердость поверхности и ее однородность.

Средняя арифметическая (Ra) и среднеквадратичные (Rq) шероховатости поверхности, усредненные по 5-ти различным площадкам, составляют Ra = 7,6 нм; 78,3 нм; 37,8 нм и Rq =9.8нм; 103,3нм; и 52нм для композитов GaSb-CrSb, InSb-MnSb, InSb-FeSb, соответственно. Основные характеристические параметры поверхности пленок исследуемых композитов приведены в таблице 1. Там же приведены данные о удельной концентрации поверхностных элементов обнаруженных в процессе микроскопии, наглядное представление о концентрации элементов можно получить из 3D снимков на рисунках 3-5.

Отношение полной площади поверхности к площади проекции составляет 1.16; 1.14 и 1,09 для композитов GaSb-CrSb, InSb-MnSb, InSb-FeSb, соответственно.

Проведен анализ фрактальности исследованных площадок по 500 подслоям исследуемых композитов.

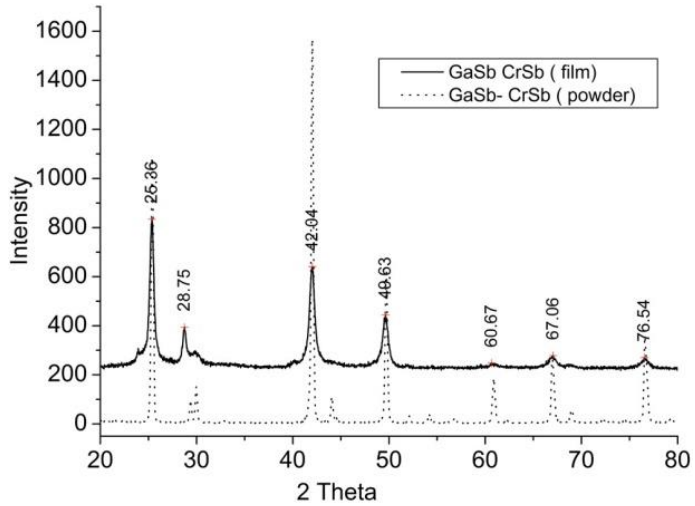
Проведенный анализ ориентированности поверхностных структур позволяет утверждать отсутствует ли сколь либо выраженная ориентация для структур большого размера, и упорядочение с вероятностью 28 и 21% вдоль одной оси для образований меньшего размера для композитов GaSb-CrSb и InSb-FeSb, соответственно.

В результате проведенных исследований показано, что тонкие пленки эвтектических композитов GaSb-CrSb, InSb-MnSb, InSb-FeSb, полученные методом мгновенного испарения имеют высокий уровень кристаллизации, распределение атомов In, Sb, Cr, и Mn соответствует стехиометрическому составу.

Таблица 1. Характеристические параметры поверхности пленок исследуемых композитов.

	Структурное образование		R_a (nm)	R_q (nm)	Фрактальность	Удельная концентрация поверхностных элементов, μm^{-2}
	Диаметр, µm	Высота, nm				
GaSb-CrSb	0,3-0,5	50-100	7,4	9,8	2,78	0,02
InSb-MnSb	0,5-2	300-900	78,3	103,3	2,79	0,67
InSb-FeSb	0,05-0,15 0,6-0,8	20-70 300-400	37,8	52	3,01	50 0,07

a)



b)

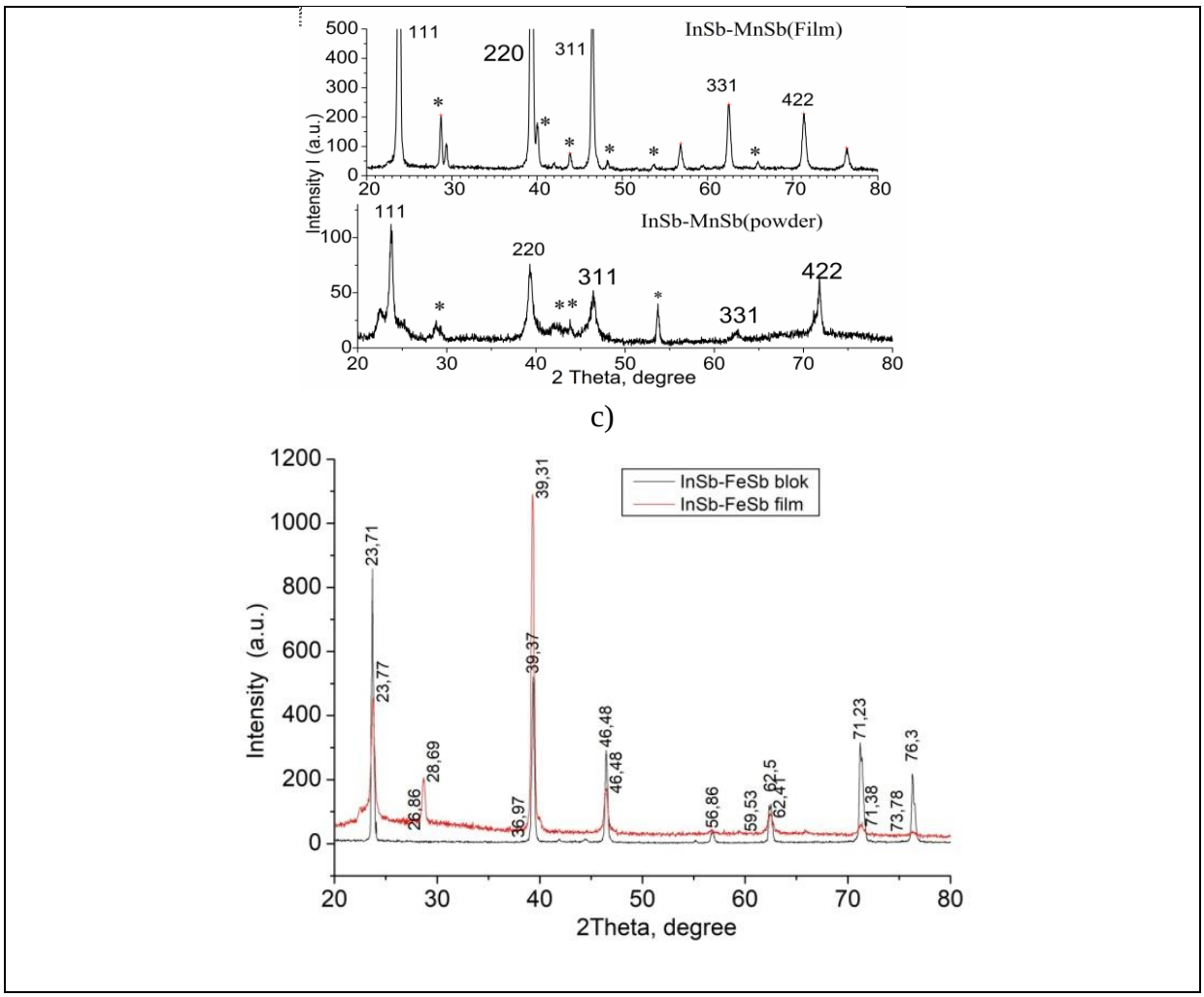


Рис.1 Дифрактограмма тонкой пленки и массивного образца эвтектики GaSb-CrSb (a), InSb-MnSb (б) и InSb-FeSb (c)

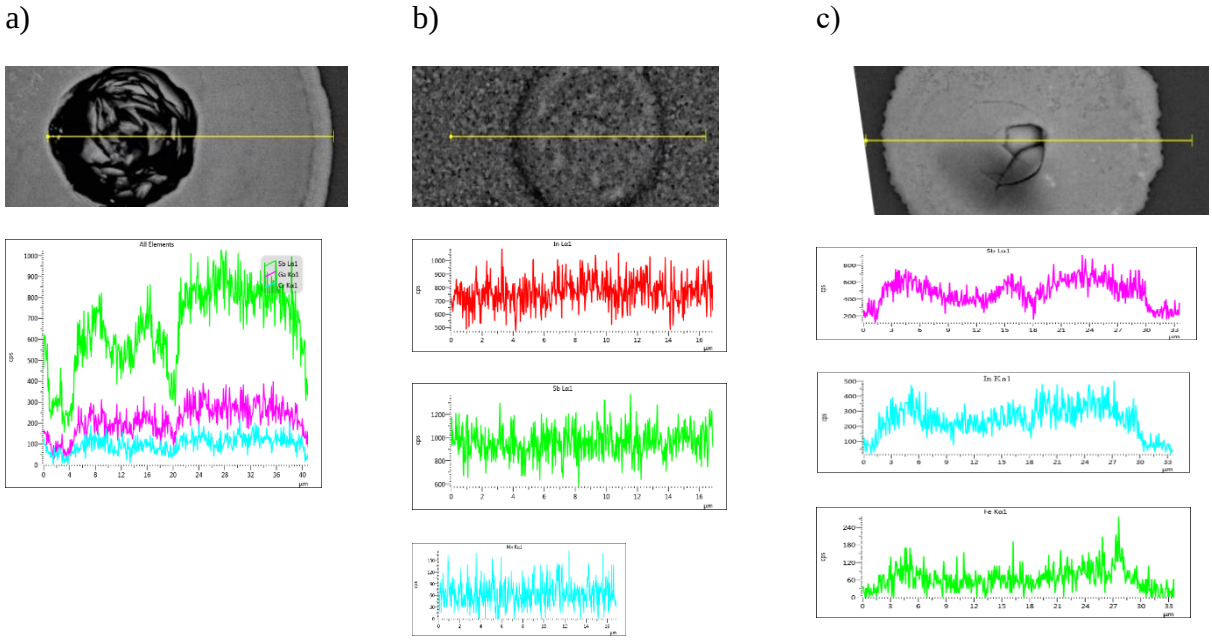


Рис.2. Микроструктура и элементный состав тонкой пленки композита GaSb-CrSb (a) InSb-MnSb (b) и InSb-FeSb (c)

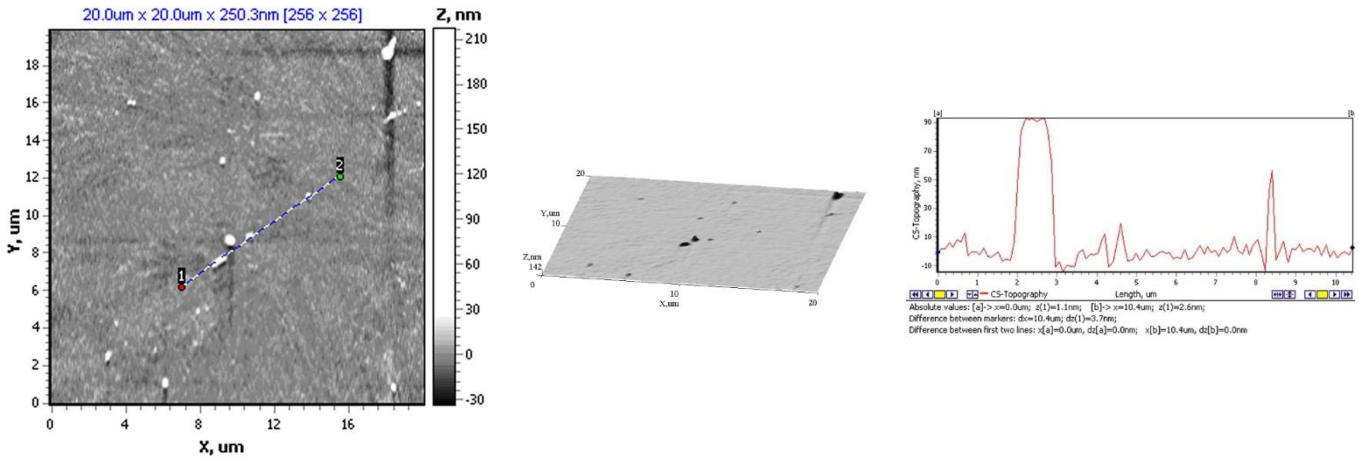


Рис.3. Топография поверхности (*a*), профиль сечения вдоль линии 1–2 (*b*) пленки композита GaSb-CrSb

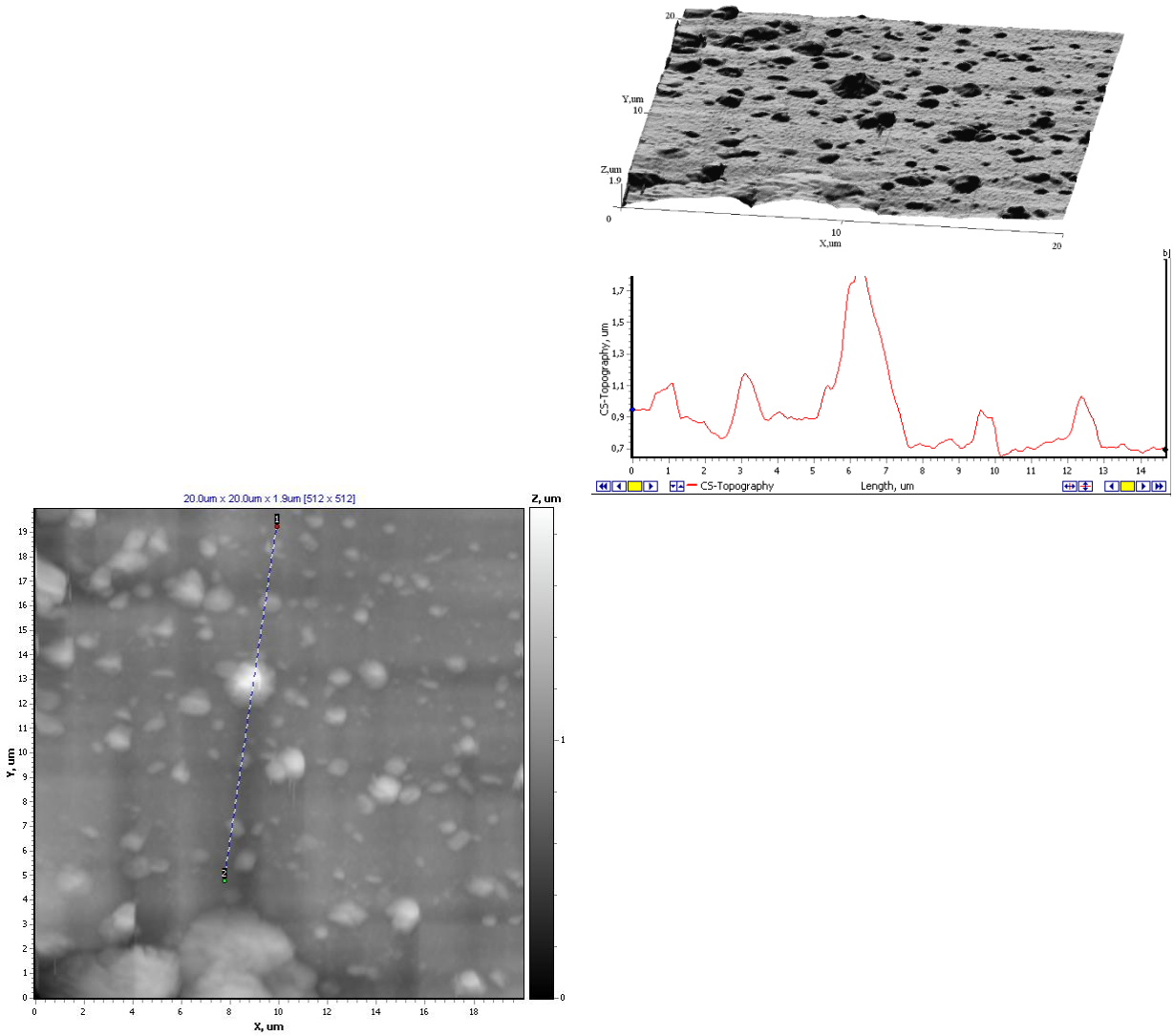


Рис.4. Топография поверхности (а), профиль сечения вдоль линии 1-2, 3-х мерная реконструкция поверхности пленки InSb-MnSb.

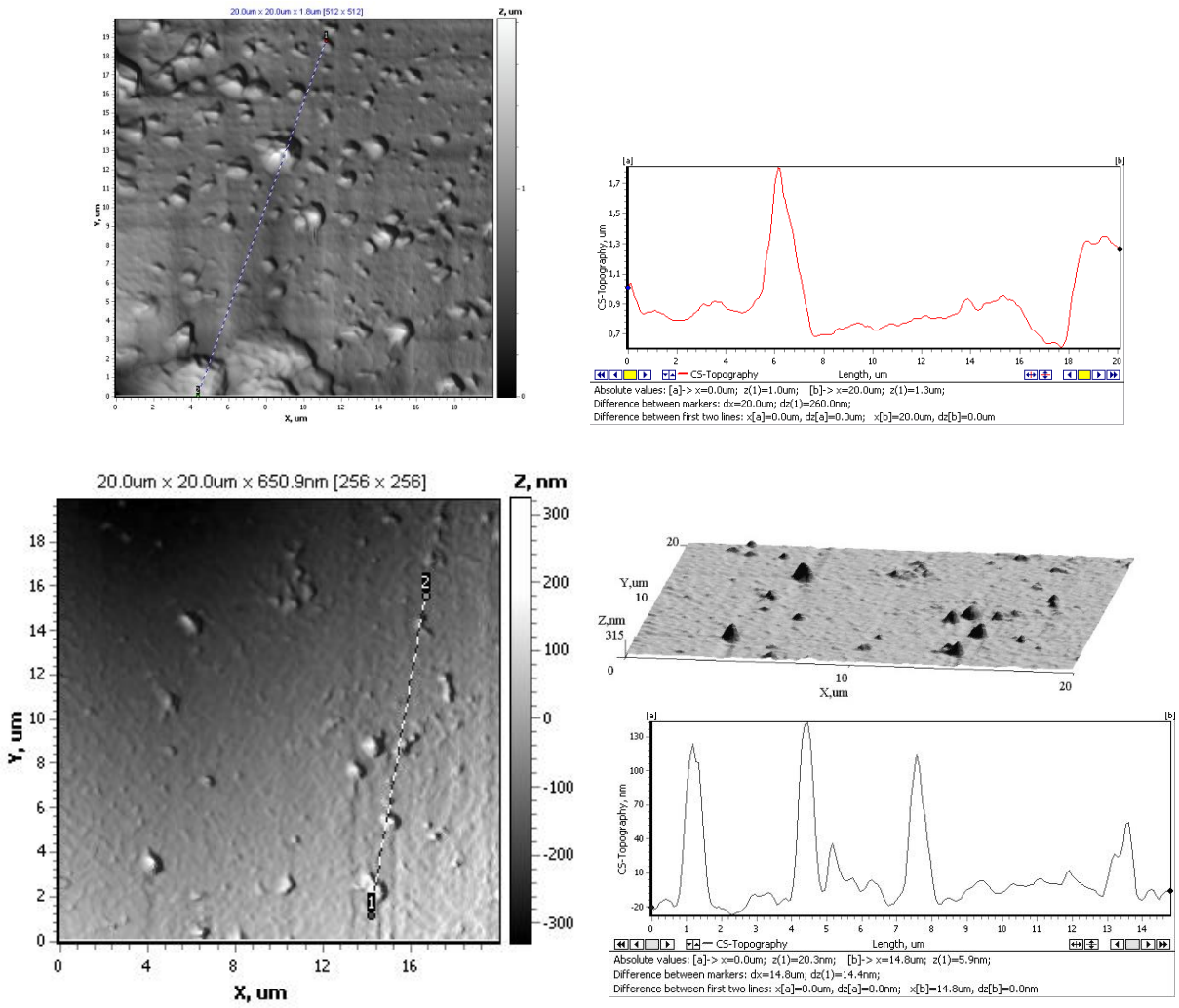


Рис.5. Топография поверхности, профиль сечения пленки композита InSb-FeSb

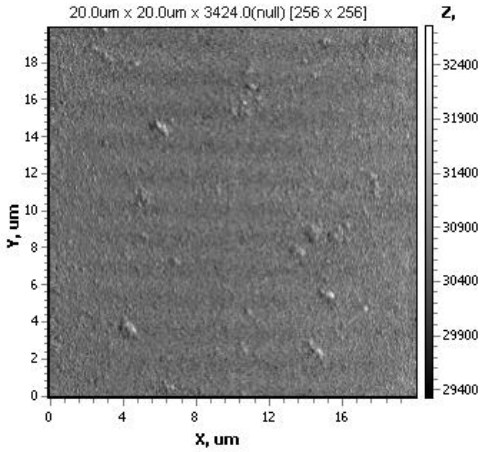


Рис.6. Диаграмма Torsion поверхности образца InSb-FeSb представленного на рисунке 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mamedov I. Kh., Arasly D. H., Khalilova A. A., and Rahimov R. N., Anisotropic Electrical Properties of a Eutectic InSb + MnSb Composite, *Inorganic Materials, 2016, Vol. 52, No. 4, pp. 423–428.*
2. Rahimov R.N., Kazimov M.VArasly., D.H., Khalilova A.A., Mammadov I.Kh., Features of Thermal and Electrical Properties of GaSb-Crsb eutectic composite. *Journal Ovonic Research,* 2017, Vol.13, No. 3, pp. 113 – 118.
3. Aliyev M.I. Khalilova A.A. Arasly D.H., Rahimov R.N., Tanoglu M. Ozyuzer L. Features of electron and phonon processes in GaSb-FeGa. *J.Phys.D: Applied Phys.*, 2003, 36, p.2627-2633.
4. Tashlykov I.S., Baraishuk S.M.. Elemental composition, topography, and wettability of the surface of graphite modified by ion-assisted deposition of chromium coatings, *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 2008, V. 49. N 4, P. 303-307.

III-Y QRUP EVTEKTIK BIRLƏŞMƏLƏRIN VƏ 3D METALLARIN NAZIK TƏBƏQƏLƏRI VƏ ONLARIN FIZIKI-KIMYAVI ANALIZI

[1]Rəhimov R.N., [4]Məmmədov İ.X., [2]Barayşuk S.M., [1]Araslı D.Q., [1]Xəlilova A.A., [3]Yanuşkeviç K.İ., [2]Tkaçenko T.M.

[1]AMEA Fizika institutu, Bakı, Azərbaycan
[2]Belarus aqrar texniki universiteti, Minsk, Belarus
[3]Belarusiya Milli Elmlər Akademiyasının Materialşünaslıq Elmi-Praktik Mərkəzi" Dövlət Elmi-İstehsalat Birliyi, Minsk, Belarus
[4]Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: nazik təbəqələr, eutektik komponentlər, ani buxarlanma üsulu

GaSb-CrSb, InSb-FeSb və InSb-MnSb evtektik kompozitlərin nazik təbəqələri ani buxarlanma üsulu ilə əldə edilib. Rentgen şüaların difraksiyası, kalorimetrik analiz və element tərkibin təyin edilməsi ilə nazik təbəqələrin strukturunun həcmi kristallarla eyni olduğu təsdiq edilib. Təbəqələrin səthində aparılan AFM tədqiqatları ilə öyrənilən təbəqələrdə fraktalıq və səth elementlərin xüsusi konsentrasiyası təyin edilib.

THIN FILMS OF EUTECTIC COMPOUNDS III-Y GROUPS OF ELEMENTS AND 3d-METALS AND THEIR PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS

[1]Rahimova R.N. [4]Мамадов I.Kh., [2]Bayrashuk S.M., [1]Arasli D.G., [1]Khalilova A.A., [3]Yanushkevich K.I., [2]Tкachenko T.M.

[1]Institute of Physics, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
[2] Belarusian State Agrarian Technical University,Minsk, Belarus
[3]SSPA "Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus", Minsk, Belarus
[4]National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan

Key words: thin films, eutectic components, flash method

Thin films of eutectic composites GaSb-CrSb, InSb-FeSb, and InSb-MnSb are obtained by the flash evaporation method. X-ray diffraction and calorimetric analyzes and determination of the elemental composition confirmed the identity of the structures of the films and bulk samples. AFM studies of the

surface of the films determined the fractality and specific concentration of the surface elements of the films of the studied eutectics.

ЛЕГИРОВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ $TlInSe_2$ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Умаров С.Х., Ашуров Ж. Дж., Ходжаев У.О., Нарзуллаева З. М., Хожиев Т. С., Намозов И. У.

Бухарский медицинский институт им. Абу Али ибн Сино, Узбекистан

E-mail:salim_umarov49@mail.ru

Ключевые слова: электрофизические, тензорезистивные, примеси, концентрации, твердом расплаве, тензочувствительности, термодатчиков.

В работе исследовано влияние легированием элементовIV группы на электрофизические и тензорезистивные характеристики кристаллов $TlInSe_2$, вводились примеси Ge, Si и Sn в расплав из расчета концентрации замещающего индий элемента в твердом расплаве по формуле $TlIn_{0.99}B_{0.01}Se_2$. Установлено, что с повышением температуры существенно увеличивается коэффициент тензочувствительности, что позволяет увеличить чувствительность термодатчиков на основе тензорезисторов.

Введение. В настоящее время в мире исследователи и практики уделяют большое внимание изучению различных полупроводниковых преобразователей, в том числе тензопреобразователям, основным преимуществом которых является высокая чувствительность и малогабаритность. Однако требования современной науки и техники неуклонно растут, что обусловливает поиск материалов, обладающих разнообразными свойствами, соответствующими этим требованиям.

Следовательно, в настоящее время, наряду с усовершенствованием свойств имеющихся материалов, поиск новых полупроводниковых материалов, в том числе тройных и более сложных соединений и их твердых растворов, и исследование их разнообразных характеристик являются одними из важнейших задач современной физики конденсированного состояния. Особую ценность представляет создание новых полупроводниковых материалов, если удается получить их в виде совершенных крупных монокристаллов. Среди многокомпонентных полупроводниковых соединений типа $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ особый интерес представляют полупроводниковые соединения $TlInSe_2$, закономерности многих физических явлений, в которых не получили достаточного освещения в специальной литературе. Согласно выше изложенного, целью нашего исследования является изучение тензорезистивных характеристик монокристаллов $TlInSe_2$ и создание высокочувствительный тензодатчиков для электронной техники на их основе.

Образцы для исследования и методика эксперимента: Для этой цели были использованы кристаллы, синтезированные сплавлением компонента в соответствии со стехиометрией в эвакуированных (~10^{-4}mmrt.st) и запаянных кварцевых ампулах. В качестве исходных компонентов для синтеза использовались особо чистые элементы таллия (Tl – 000), индия (In – 000) и селена (Se –ОСЧ-17-4). Монокристаллы выращивались усовершенствованным методом Бриджмена, скорость фронта кристаллизации варьировалась от 0,5 до 0,9 mm/chas.

Необходимые для исследования идентичные кристаллы из слитка получаются простейшим вдавливанием острого ножа, толщина лезвия □ 0,01 мм, на незакрепленный конец тонкой, но широкой и длиной пластинки монокристалла под углом 45°.

Полученные таким образом «игольчатые», кристаллы - заготовки с зеркальными гранями - без каких-либо дополнительных обработок готовы для приварки контактов и установки их на основание подложки.

При пайке «усиков», т.е. создании механически надежных омических контактов на указанных заготовках, использовались два способа:

а) вплавление индия в потоке инертного газа с последующей пайкой медных (или никелевых) проводов (ø = 0,01 mm).

б) непосредственная точечная сварка соответствующих проводов конденсаторным разрядом на торцы нагретой в потоке инертного газа заготовки. Второй способ оказался более эффективным и надежным (особенно для умеренных температур).

Тарировочными балками для наклеенных датчиков служили пластинки из стали 45 толщиной 0,5 - 1,0 mm и длиной от 20 mm до 80 mm. Поверхность подложки по классу обработки была не ниже 7 класса.

Результаты исследования и их обсуждение: Для исследования влияния примесей IV группы на электрофизические и тензорезистивные характеристики кристаллов $TlInSe_2$ вводились примеси Ge, Si и Sn в расплав из расчета концентрации замещающего индий элемента в твердом расплаве по формуле $TlIn_{0.99}B_{0.01}Se_2$, где B - вводимые примеси IV группы. Некоторые электрофизические характеристики исследованных образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Электрофизические параметры исследованных образцов $TlIn_{0.99}B_{0.01}Se_2$ (B=Si, Ge, Sn)

Состав кристалла тензодатчика	Размер образцов, mm^3	Номинальное сопротивление, Ом	Удельное сопротивление, Ом·см
p-$TlInSe_2$	0.13×0.25×10.5	6×10^{10}	2.13×10^{7}
p-$TlIn_{0.99}Si_{0.01}Se_2$	0.10×0.18×7	2.2×10^{7}	0.4×10^{4}
p-$TlIn_{0.99}Ge_{0.01}Se_2$	0.12×0.22×10.5	1.4×10^{9}	5.0×10^{5}
n-$TlIn_{0.99}Sn_{0.01}Se_2$	0.13×0.20×10.5	1.2×10^{9}	4.8×10^{5}

Как и в случае примесей I группы, коэффициент тензочувствительности легированных элементами IV группы кристаллов заметно меняется от образца к образцу в зависимости от вида примесей и зависит от измеряемого температурного интервала. Установлено [1,2,3], что введение примесей элементов IV группы в монокристаллы $TlInSe_2$ приводит к увеличению коэффициента тензочувствительности вдоль кристаллографической оси [001] как при деформации сжатия, так и при деформации растяжения при комнатной температуре (см. табл. 2 и рис. 1).

С повышением температуры существенно увеличивается коэффициент тензочувствительности, что позволяет увеличить чувствительность термодатчиков на основе тензорезисторов. Например, значение этого показателя при деформациях растяжения при температуре 410К в легированных кремнием образцах относительно значения в

нелегированных кристаллах при комнатной температуре увеличивается в ~24 раза. На рис. 2. приведены характерные зависимости коэффициента тензочувствительности от температуры в интервале температур 250 – 370 Кв кристаллах $TlInSe_2$ с примесью кремния при различных степенях деформации, которые имеют линейный характер.

Чувствительность тензорезистивного эффекта к температуре оказалась невысокой по сравнению с остальными образцами для кристаллов, легированных примесью олова. В зависимости от рассматриваемого интервала температур, знака деформации и типа вводимых примесей температурный коэффициент тензочувствительности G_T имеет различные значения (см.табл. 3). Таким образом, введение примесей элементов IV группы приводит к

Таблица 2. Коэффициент тензочувствительности K_ε легированных кристаллов $TlInSe_2$ по сравнению с нелегированными кристаллами $TlInSe_2$ вдоль оси [001] при относительной деформации $\varepsilon = 0{,}57\cdot10^{-3}$ и различных температурах

Т, К	Коэффициент тензочувствительности, *K*				
	Состав				
	$TlInSe_2$	$TlInSe_2$<$Ag_{0,01}$>	$TlInSe_2$ <$Si_{0,01}$>	$TlInSe_2$ <$Ge_{0,01}$>	$TlInSe_2$ <$Sn_{0,01}$>
При сжатии					
300	538	2082	627	1308	658
325	607	3473	1148	1878	802
350	766	4977	1781	2642	1554
375	997	6431	2812	4287	1977
402	1293	7879	3855	5592	2570
При растяжении					
300	410	2073	1762	1073	537
325	512	3898	2724	1729	758
350	646	4726	4486	2473	1204
375	784	5551	6548	3354	1505
402	1045	7192	9776	4483	1941

увеличению тензочувствительности кристаллов $TlInSe_2$. В легированных примесями кремния кристаллах с повышением температуры существенно увеличивается коэффициент тензочувствительности (см. рис. 2), что позволяет увеличить чувствительность термодатчиков на основе тензорезисторов. В других легированных кристаллах коэффициент тензочувствительности в зависимости от температуры изменяется незначительно, что важно для стабильной работы тензодатчиков.

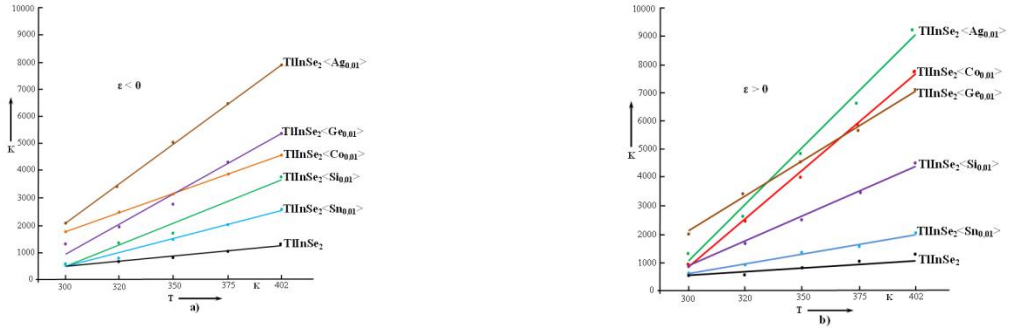


Рис. 1. Зависимость коэффициента тензочувствительности от температуры нелегированных и легированных кристаллов $TlInSe_2$ при деформациях сжатия (a)и растяжения (b)

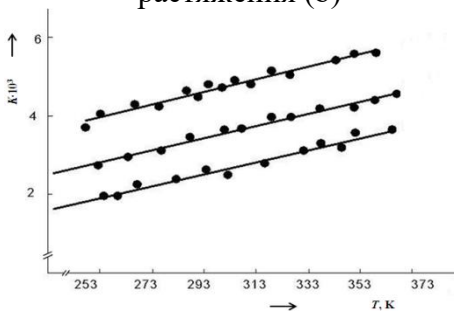


Рис.2. Зависимость коэффициента тензочувствительности от температуры в кристаллах $TlInSe_2$ с примесью кремния при различной степени деформации: 1- $\varepsilon=1{,}1\cdot10^{-4}$; 2- $\varepsilon=1{,}6\cdot10^{-4}$; 3- $\varepsilon=2{,}2\cdot10^{-4}$

Таблица 3. Температурные коэффициенты тензочувствительности нелегированных и легированных примесями кристаллов $TlInSe_2$при относительной деформации ε = $0{,}57\cdot10^{-3}$ и в интервале температур от 300 до 410 К

$T_{ср}$, К	Температурный коэффициент тензочувствительности, G_T (%/град.)				
	Состав				
	p-$TlInSe_2$	$TlInSe_2$<$Ag_{0,01}$>	$TlInSe_2$<$Ge_{0,01}$>	$TlInSe_2$<$Si_{0,01}$>	n-$TlInSe_2$<$Sn_{0,01}$>
При сжатии (ε<0)					
312,5	0,513	2,672	1,743	3,323	0,875
325,0	0,847	2,781	2,040	3,681	2,732
337,5	1,137	2,785	3,037	4,646	2,672
351,0	1,376	2,730	3,211	5,047	2,849
При растяжении(ε>0)					
312,5	0,995	3,521	2,445	2,184	1,646
325,0	1,151	2,560	2,610	3,092	2,484
337,5	1,216	2,237	2,834	3,621	2,403
351,0	1,518	2,421	3,116	4,459	2,563

Заключение. Установлено, что в образцах $TlInSe_2$, легированных примесями элементов IV группы, при комнатной температуре коэффициент тензочувствительности вдоль кристаллографической оси [001] увеличивается как при деформации сжатия, так и при деформации растяжения.

Показано, что с повышением температуры чувствительность нелегированных кристаллов к деформации значительно увеличивается и коэффициент тензочувствительности растет линейно.

Существенное увеличение коэффициента тензочувствительности с повышением температуры обнаружено в образцах, легированных примесями кремния, что позволяет увеличить чувствительность термодатчиков на основе тензорезисторов.

Тезорезистивные свойства этих кристаллов сохраняются стабильными при тысячекратных повторениях деформационного и температурного циклов испытания при переменной деформации ($p = \pm 1{,}4 \cdot 10^7$Pa) не превышает 1 - 2% и она более стабильны при критических температурах и длительных нагрузках по сравнению известных в литературе тензодатчиков, что свидетельствует о том, что монокристаллы $TlInSe_2$ являются перспективными материалами для электронной техники.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ашуров Ж.Д., НуритдиновИ.,Умаров С.Х. Влияние температуры и примесей элементов I и IV групп на тензорезистивные свойства монокристаллов $TlInSe_2$. // Перспективные материалы, 2011. №1. С. 11–14.

[2]. Nuritdinov I., Umarov S.Kh., Khallokov F. K., Ashurov J.Dj., Saidakhmedov K.Kh. Tensoresistive properties of $TlInSe_2$ momocrystals doped with elements of groups I and IV. // The International Symposium “New Tendencies of Developing Fundamental and Applied Physics: Problems, Achievements, and Prospects”. Tashkent, 2016, C. 375-376.

[3]. Умаров С.Х., Ашуров Ж.Д., Халлоков Ф.К., Ходжаев У.О. Влияние донорных примесей на тензорезестивные свойства монокристаллов $TlInSe_2$. // Тезисы докладов Республиканской научной конференции «Современные проблемы физики конденсированного состояния». Бухара. 2016. Т.1. С. 131-132.

DOPING OF $TlInSe_2$ SINGLE CRYSTALS WITH ADVANCED MATERIALS FOR ELECTRONIC ENGINEERING

Umarov S. Kh., Ashurov Zh. Dzh., Khojaev U. O., Narzullaeva Z. M., Khozhiev T. S., Namozov I. U.

Bukhara Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino, Uzbekistan

E-mail:salim_umarov49@mail.ru

Key word: **s**electro physical, strain resistance, impurities, concentration, solid melt, strain sensitivity, temperature sensors.

The effect of doping group IV elements on the electro physical and strain-resistive characteristics of $TlInSe_2$ crystals was studied. GE, Si, and Sn impurities were introduced into the melt by calculating the concentration of the indium-substituting element in the solid melt using the formula $TlIn_{0.99}B_{0.01}Se_2$. It is established that the coefficient of strain sensitivity increases significantly with increasing temperature, which makes it possible to increase the sensitivity of temperature sensors based on strain gages.

II BÖLMƏ
FUNKSİONAL ELEKTRONİKA VƏ NEQATRONİKA
II СЕКЦИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И НЕГАТРОНИКА
II SECTİON
FUNCTIONAL ELECTRONICS AND NEGATRONICS

TERMİK İŞLƏNMƏNİN $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ BƏRK MƏHLULUNUN MÜXTƏLİF ÖLÇÜLÜ DƏNƏCİKLƏRƏ MALİK EKSTRUZİYA OLUNMUŞ NÜMUNƏLƏRİNİN TERMOELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

[1]Barxalov B.Ş., [1]Əliyev R.Y., [1]Məhərrəmova K.İ., [2]İsmayılov R.M., [2]İsmayılova X.İ., [2]Qasımova L.B.

[1]Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

bbarhal@mail.ru,rahib.aliyev.490@mail.ru,magerramova7878@mail.ru, ramiz.ismayilov.1979@mail.ru, xedice -aliyeva@mail.ru, lala_qasimova_93@mail.ru

Açar sözlər: ekstruziya, tekstura, bərk məhlul, dənəcik, briket, elektrik keçiriciliyi, istilik keçiriciliyi

Müxtəlif ölçülü dənəciklərə malik ekstruziya olunmuş nümunələrin termoelektrik xassələrinə termik işlənmənin təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, termik işlənmə zamanı struktur qüsurlarının aradan qalxması və eyni zamanda teksturanın qismən pozulması baş verir. Bu, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin dəyişməsinə gətirib çıxarır - termik işlənmiş nümunələrdə yükdaşıyıcılar əsasən qəfəsin rəqslərindən səpilir, yükdaşıyıcıların yürüklüyü artır. Buna görə də termik işlənmədən sonra xüsusi elektrik keçiriciliyi σ güclü surətdə artır, termo-e.h.q. əmsalı α bir qədər azalır və onun dənəciklərin ölçüsündən asılılığı elektrik keçiriciliyinin dənəciklərin ölçüsündən asılılığının əksinə olur.

Ekstruziya üsulu ilə alınan $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ bərk məhlulunun polikristallik nümunələri, monokristal nümunələrin termoelektrik xassələrinə yaxın kifayət qədər yüksək termoelektrik xassələrinə və daha yüksək mexaniki möhkəmliyə malik olur [1].

Ekstruziya sintez edilmiş materialdan hazırlanmış və plastik hala qədər qızdırılmış briketin filyerdən (müəyyən diametrli deşikdən) sıxışdırılıb çıxarılması vasitəsilə lazım olan en kəsiyinə malik material əldə etmək üçün istifadə olunan texnoloji prosesdir.

Ekstruziya zamanı polikristalda kristallitlər (dənəciklər) tədricən xarici deformasiya qüvvələrinə nəzərən forma və istiqamətini dəyişir, nəticədə dənəciklərin deformasiya teksturası adlandırılan üstünlük təşkil edən istiqamətlənməsi yaranır [2].

Bu işdə müxtəlif ölçülü dənəciklərə malik ekstruziya olunmuş nümunələrin termoelektrik xassələrinə termik işlənmənin təsiri öyrənilmişdir.

Nümunələri almaq üçün «ТВ-Ч» markalı tellur, Bi-0000 markalı bismut və «СВЧ-1» markalı selendən istifadə edilmişdir. Sintez reaksiyası 10^{-2} Pa qalıq təzyiqinə qədər sorulmuş ampulda aparılmışdır. Bərk məhlulun hesablanmış stexiometrik nisbətdə götürülən komponentləri ~900 K temperaturda havası sorulmuş kvars ampullarda 6 saat ərzində, ampula daim yırğalandırılmaqla birlikdə əridilmişdir.

Bərk məhlulun ekstruziya olunmuş çubuqları aşağıdakı ardıcıllığında alınmışdır: başlanğıc komponentlərdən bərk məhlulun sintezi; sintez edilmiş materialın üyüdülməsi və dənəciklərin ölçüləri 50, 100, 160, 200, 315, 630, 1000 mkm olan fraksiyaların seçilməsi. Dənəciklərin ölçüləri 50 mkm-dən az olan bir ekstruziya olunmuş material əldə etmək üçün alınmış tozun ölçüsü 50 mkm olan dənəciklərin bir daha üyüdülməsi AGO-2U planetar kürəli dəyirmanda aparılmışdır. Seçilən fraksiyalardan otaq temperaturunda 4 ton/sm^2 təzyiq altında materialın sonradan ekstruziya olunmaq üçün münasib ölçülü briketlər (şaybalar) preslənmişdir. Briketlərin hündürlüyü və diametri müvafiq olaraq 20 mm və 30 mm olmuşdur. Alınan briketlərin ekstruziyası 8 ton/sm^2 təzyiq altında 660 K temperaturda 4 mm/dəq sürəti ilə aparılmışdır.

Termoelektrik parametrlər ekstruziya oxu istiqamətində 77 və 300 K temperaturda ölçülmüşdür. Ölçmələr ekstruzyadan bilavasitə sonra və ekstruziyadan sonra 5 saat ərzində vakuumda 690 K temperaturda termik işlənmə keçmiş nümunələrdə aparılmışdır. Nümunələrdə tekstura dərəcəsi rentgen üsulu ilə müəyyən edilmişdir.

Eksperimentlər göstərmişdir ki, nümunələrin elektrik keçiriciliyi σ və termo-e.h.q. əmsalı α-nın dənəciklərin d ölçülərindən asılılığı qeyri-monotondur (Cədvəl 1).

Cədvəl 1

$Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ bərk məhlulunun ekstruziya olunmuş nümunələrinin termoelektrik parametrləri

Dənəciklərin ölçüsü, mkm	Termik işlənmədən əvvəl							
	77 K				300 K			
	σ, Om^{-1}sm^{-1}	αx10^6, V/K	χx10^2, Vt/sm·K	Zx10^3, K^{-1}	σ, Om^{-1}sm^{-1}	αx10^6, V/K	χx10^2, Vt/sm·K	Zx10^3, K^{-1}
1	2951	-75	3,39	0,49	1166	163	1,06	2,92
15	2930	-81	3,41	0,56	1059	171	1,18	2,62
30	3789	-76	2,64	0,83	1407	157	1,36	2,55
50	3217	-77	3,20	0,60	1308	-165	2,53	1,40
100	3052	-85	3,70	0,60	1197	-175	2,12	1,73
160	2991	-94	2,91	0,90	1975	-196	2,34	1,80
200	2379	-112	3,02	0,99	846	-214	1,91	2,03
315	2558	-100	2,55	1,00	940	-202	1,83	2,10
630	2565	-100	2,55	1,00	978	-207	1,69	2,50
1000	2101	-125	2,01	1,63	741	-222	1,57	2,33
Termik işlənmədən sonra								
1	3334	-62	2,15	0,59	1255	138	0,80	2,65
15	3725	-62	2,34	0,60	1380	140	1,26	2,15
30	3865	-61	2,41	0,60	1368	139	0,98	2,70
50	5016	-67	3,97	0,57	1720	-154	2,56	1,59
100	6364	-62	3,74	0,65	1919	-154	2,55	1,78
160	5531	-64	3,54	0,64	1714	-162	2,53	1,78
200	5506	-67	3,30	0,75	1496	-179	2,52	1,90
315	5268	-70	2,96	0,86	1582	-171	2,40	1,93
630	4504	-83	3,34	0,93	1363	-191	2,16	2,30
1000	5040	-90	2,74	1,49	1582	-187	1,79	3,07

Cədvəldən göründüyü kimi, dənəciklərin ölçülərinin d ≈ 200 mkm-ə qədər artması ilə termik işlənməyə məruz qalmayan nümunələrin elektrik keçiriciliyi azalır, sonra böyüyür və yenidən d ≈ 600 mkm-də yavaş-yavaş azalır. Nümunələrin termik işlənməsi termo-e.h.q. əmsalının dənəciklərin ölçüsündən asılılığının xarakterini dəyişdirir. Elektrik keçiriciliyinin dənəciklərin ölçüsündən asılılığı, termo-e.h.q. əmsalının, eləcə də istilik keçiriciliyi əmsalının d-dən asılılığı ilə korrelyasiya edir.

Ehtimal etmək olar ki, ilkin toz dənəciklərinin minimal ölçülərində (d « 50 mkm), hissəciklərin oriyentasiyası üçün tələb olunan enerjinin kiçik olması səbəbindən nümunənin quruluşunda deformasiya zamanı (ekstruziya zamanı) maksimal tekstura meydana çıxır. Buna görə də bu nümunələrdə quruluş daha nizamlıdır və yükdaşıyıcıların yürüklüyü daha yüksəkdir. Güman etmək olar ki, briketlərdə dənəciklərin minimal ölçülərində (d=50 mkm), dənəciklərin oriyentasiyası üçün tələb olunan enerji kiçik olduğundan, ekstruziya prosesində deformasiya zamanı nümunənin strukturunda maksimal tekstura yaranır. Dənəciklərin ölçülərinin artması ilə dənəciklərin oriyentasiyası üçün, yəni teksturanı yaranması üçün lazım olan enerji də artır.

Materialın ekstruziyası 655 K temperaturda aparıldığından, ekstruziya prosesində eyni zamanda istiliyin təsiri altında dənəciklərin oriyentasiyasının pozulması, yəni deformasiyanın hesabına yaranan teksturanın qismən pozulması baş verir. Görünür, dənəciklərin ölçüsünün d=200 mkm-ə qədər artması ilə ekstruziya olunmuş nümunələrin tekstura dərəcəsi, əsasən, teksturanın yaranma enerjisinin böyüməsi hesabına kiçilir. Eyni zamanda mexaniki deformasiya prosesində yaranan teksturanın istiliyin təsiri altında pozulması da azalır. Buna görə də dənəciklərinin ölçüsü d=200 mkm olan nümunələrdə strukturun nizamsızlığı ən böyük olur. Daha sonra dənəciklərin ölçüsünün böyüməsi ilə teksturanın istiliyin təsiri altında pozulmasının zəifləməsi prosesi üstünlük təşkil edir və strukturda nizamlılıq artır. Termik işlənmə nəticəsində struktur defektlərinin aradan çıxması və eyni zamanda teksturanın qismən pozulması baş verir. Nəticədə, d=200 mkm olan nümunələrdə yükdaşıyıcıların yürüklüyü ən kiçik olur və yükdaşıyıcılar, əsasən, struktur defektlərindən səpilir.

Termik işlənmə zamanı struktur defektlərinin aradan qalxması (sağalması) və eyni zamanda teksturanın qismən pozulması baş verir. Bu, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin dəyişməsinə (termik işlənməyə məruz qalan nümunələrdə, onlar, əsasən qəfəsin rəqslərindən səpilir və bu, yükdaşıyıcıların yürüklüyünün artmasına gətirib çıxarır. Buna görə də termik işlənmədən sonra xüsusi elektrik keçiriciliyi σ güclü surətdə artır, termo-e.h.q. əmsalı α bir qədər azalır və termo-e.h.q. əmsalının dənəciklərin d ölçüsündən asılılığı elektrik keçiriciliyinin d-dən asılılığının əksinə olur.

Yuxarıdakı mülahizələr nümunələrin istilik keçiriciliyinin ilkin toz dənəciklərinin ölçülərindən və termik işlənməndən asılılığını qənaətbəxş izah edir. Hesablamaların nəticələri göstərmişdir ki, 80-300 K temperatur intervalında tədqiq olunan bütün nümunələr üçün elektron istilik keçiriciliyi ümumi istilik keçiriciliyinin 22%-indən çox deyil və tədqiq olunan bərk məhlullarda istilik, əsasən, qəfəsin rəqsləri ilə (fononlarla) daşınır. Buna görə ümumi istilik keçiriciliyinin azalması, ilk növbədə, qəfəs istilik keçiriciliyinin azalması ilə bağlı olduğunu demək olar. Həm də, kristallitlərin (dənəciklərin) ölçüləri nə qədər kiçik olursa, defektlərdə və dənəciklərin sərhəddində fononların səpilmə ehtimalı daha böyük və istilik keçiriciliyinin qiyməti bir o qədər kiçik olur.

ƏDƏBİYYAT

1. Лаврентьев М. Г., Освенский В. Б., Меженный М. В. и др. / *Материалы Межгосударственного семинара «Термоэлектрики и их применение». СПб. 2013. С. 41.*
2. Горелик С.С., Дашевский М. Я. *Материаловедение полупроводников и диэлектриков. - М.: Металлургия, 1988. 574 с.*

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ С РАЗЛИЧНЫМИ РАЗМЕРАМИ ЗЕРЕН

[1]Бархвлов Б.Ш., [1]Алиев Р.Ю., [1]Магеррамова К.И., [2]Исмайлов Р.М., [2]Исмайлова Х.И., [2]Гасымова Л.Б.

[1]Национальная академия наук Азербайджана, Институт физики, Баку, Азербайджан

[2]Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: экструзия, текстура, твердый раствор, зерно, брикет, электрическая проводимость, теплопроводность

Исследовано влияние термической обработки на термоэлектрические свойства экструдированных образцов с зернами разного размера. Установлено, что при термической обработке дефекты структуры устраняются (залечиваются) и одновременно частично нарушается текстура. Это приводит к изменению механизма рассеяния носителей - в образцах, подвергнутых термообработке, носители рассеиваются в основном за счет колебаний кристаллической решетки, а подвижность носителей увеличивается. Поэтому после термообработки резко возрастает удельная электропроводность, термо-э.д.с. коэффициент немного снижается, при этом зависимость коэффициента термо-э.дс. от размера зерен *d* противоположна зависимости электропроводности от *d*.

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THERMOELECTRIC PROPERTIES OF THE EXTRUDED SAMPLES OF $Bi2Te_{2.7}Se_{0.3}$ SOLID SOLUTION WITH DIFFERENT GRAIN SIZES

[1]Barxalov B.Sch.., [1]Aliev R.Y., [1]Magerramova K.I., [2]Ismayılov R.M., [2]Ismayılova H.I., [2]Gasimova L.B.

[1]Institute of Physics Azerbaijan National Academy of Sciences

[2]Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: extrusion, texture, solid solution, grain, briquette, electrical conductivity, thermal conductivity

The effect of thermal treatment on the thermoelectric properties of extruded samples with particles of different sizes was studied. It was found that during thermal processing, structural defects are healed and at the same time the texture is partially broken. This leads to a change in the scattering mechanism of the carriers - in specimens subjected to heat treatment, the carriers are scattered mainly on the vibrations of the crystal lattice, and the mobility of the carriers increases. Therefore, after thermal treatment, the specific electrical conductivity σ increases sharply, thermo-e.m.f. coefficient

α decreases slightly. and in this case the dependence of α on the grain size *d* is opposite to the dependence of the electrical conductivity on *d*.

Pd_2Si/n- Si ŞOTTKİ DİODLARININ DİELEKTRİK PARAMETRLƏRİNƏ İŞIĞIN TƏSİRİ

Əfəndiyeva İ.M., Ağayev M.N. , Rəsulova A.R.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan
afandiyeva@mail.ru

Açar sözlər: Şottki diodları, Pd_2Si/n-Si, dielektrik parametrlər, səth halları, işığın təsiri.
Kiçik ölçülü ($8x10^{-6}cm^2$) Pd_2Si/n-Si Şottki diodun tutum və keçiriciliyinin gərginlikdən asılılığı (müvafiq olaraq C-V və G/ω-V) 500kHs tezlikli və 20mV amplitidlu test siqnalı vasitəsilə müxtəlif intensivlikli işığın təsiri altında ölçülmüşdür. Alınan C-V və G/ω-V xarakteristikaları əsasında kompleks dielektrik nüfuzluğunun real ε', xəyali ε'' hissələrinin və dielektrik itkilər bucağının ($tg\delta$) gərginlikdən asılığı hesablanmışdır. İşığın intensivliyi 5 mVt/sm^2 ÷20 mVt/sm^2 intervalında dəyişməsi müxtəlif relaksasiya mexanizmlərinin iştirakını aşkar edir.

Giriş. Müasir bərk cisim elektronikasında mühüm rollardan birini Şottki baryerli metal-yarımkeçirici kontaktlar oynayır. Bu diod strukturlar p-n keçidlə müqaisədə bir sıra üstünlüklərə malikdir: asan texnologiya, yüksək tezlikli çeviricilik, kontakta gətirilən materialların geniş seçimi, kiçik ölçülərdə hazırlanması mümkünlüyü [1,2].

İdeal Şottki diodu modelindən fərqli olaraq müşahidə olunan xassələr metal və yarımkeçirici arasında dielektrik aralığın, keçiricilikdə payı olan səth hallarının mövcudluğu ilə əlaqədardır. Digər tərəfdən, diod strukturların ölçülərinin kiçəlməsi nəticəsində kənaraçıxmalar yaranır. Silisidli strukturlar öz növbəsində digər metal-Si kontaktlarından sıx kontakt yaranması, səth hallarının istisna edilməsi ehtimalı ilə fərqlənir [3,4]: kontakt sərhəddi yarımkeçiricinin daxilində yaranır, silisid və yarımkeçiricinin kristallik qəfəsləri sıx uzlaşmaqla səth hallarının azalmasına gətirir. Metal silisidi-silisium əsaslı Şottki diodları stabil elektro-fiziki parametrlərə malik olması bu strukturların yarımkeçirici elektronikasında istifadəsi üçün geniş imkanlar yaradır [5].

Bu baxımdan Pd_2Si/n-Si Şottki diodunun müxtəlif xarici təsirlər altında tədqiqi maraq kəsb edir. İntensivliyi geniş intervalda dəyişən (5 mVt/sm^2÷20 mVt/sm^2) işığın diodun dielektrik parametrlərinə təsirinin tədqiq edilməsi aktualdır.

Təqdim olunmuş məqalədə Pd_2Si/n-Si Şottki diodunun ($C-V$) və ($G/\omega-V$) xarakteristikaları 500kHs (20 mV) test siqnalı vasitəsilə -2 V÷ 4V sabit gərginliyi intervalında ölçülmüşdür [6,7].

Eksperimental hissə

Kiçik həndəsi ölçülü ($8x10^{-6}sm^2$) diodun hazırlanması üçün termik buxarlanma metodu vasitəsilə silisid təbəqəsi (Pd_2Si) 0,7 Ω·sm müqavimətli 3,5 mk qalınlıqlı n-tip (fosfor aşqarlı) Si(111) altlıq üzərində alınmışdır. Vahid texnoloji proses nəticəsində 14 diodddan ibarət matrisin hazırlanmasında planar texnologiya və standart fotolitoqrafiya metodu tətbiq edilmişdir. Mərhələli prosesdə (111) istiqamətli n-Si lövhəsinin səthi 10 dəqiqə ərzində 2 mərhələli kimyəvi üsulla təmizləndikdən sonra oksid təbəqə və işığa həssas fotorezistlə örtülmüşdür [3, 6,7].

Qalınlığı 0,34-0,36 mk civarında olan SiO_2 təbəqəsində diodun yerləşdirilməsi üçün pəncərələr açılmış və onların keyfiyyəti nəmliyin çökdürülməsi metodu vasitəsilə yoxlanılmışdır. Silisid təbəqəsinin çökdürülməsindən öncə n-S(111) lövhələr sistemin kamerasında 300 saniyə müddətində 6×10^{-5} Torr vakuumda 573K temperaturunda tavlanmışdır.

Silisid təbəqəsinin homogen alınması üçün lövhələr sistem kamerasının xarıcında xüsusi sobalı ampulda 783K temperaturunda 30 dəqiqə N_2 və H_2 qazlar mühitində tavlanmışdır. Qalıq palladiumun təmizlənməsi üçün Pd_2Si/n-Si(111) diodları yerləşən matris çar arağında yuyulmuşdur.

Omik kontaktların yaradılması üçün adətən istifadə olunan alüminium istifadə edilmişdir. Digər tərəfdən məlumdur ki, alüminium yüksək diffuziya əmsalına malikdir. Bununla əlaqədar olaraq omik kontakt və Pd_2Si arasında diffuzion baryer rolunu oynayan $Ti_{10}W_{90}$ amorf xəlitəsinin nazik təbəqəsi yerləşdirilmişdir [8,9]. Həndəsi ölçüsü $8x10^{-6}sm^2$ olan Pd_2Si/n-Si(111) Şottki diodunun C–V və G/ω-V xarakteristikaları otaq temperaturunda (300K) HP 4192A LF impedans analizator köməyi ilə sabit gərginlik (-3÷ +5V) və 20mV, 500kHz test siqnalı verməklə ölçülmüşdür [...]. ölçmələr qaranlıqda və intensivliyi 5, 10, 15, 20 mVt/sm^2 olan ağ işıqğın təsiri altında aparılmışdır.

Alınmış nəticələrin müzakirəsi

Pd_2Si/n-Si(111) Şottki diodunun $(C-V)$ və $(G/\omega-V)$ xarakteristikaları sabit gərginliyin -3÷5 V, test siqnalının 500kHs və amplitudu 20mV qiymətlərində otaq temperaturunda, qaranlıqda və müxtəlif intensivlikli (5, 10, 15, 20 mVt/sm^2) ağ işığın təsiri altında ölçülmüşdür. Ölçmələrdən dielektrik nüfuzluğun real (ε'), xəyali hissələri ε'' və dielektrik itkilər bucağının tangensi ($\tan\delta$) hesablanmışdır [6,10,11].

Kompleks dielektrik nüfuzluq aşağıda göstərilmiş ifadə ilə təsvir edilir

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon'' \qquad (1)$$

Burada ε' və ε'' - müvafiq olaraq kompleks dielektrik nüfuzluğun real və xəyali hissələridir, i - xəyali vahiddir (–1).

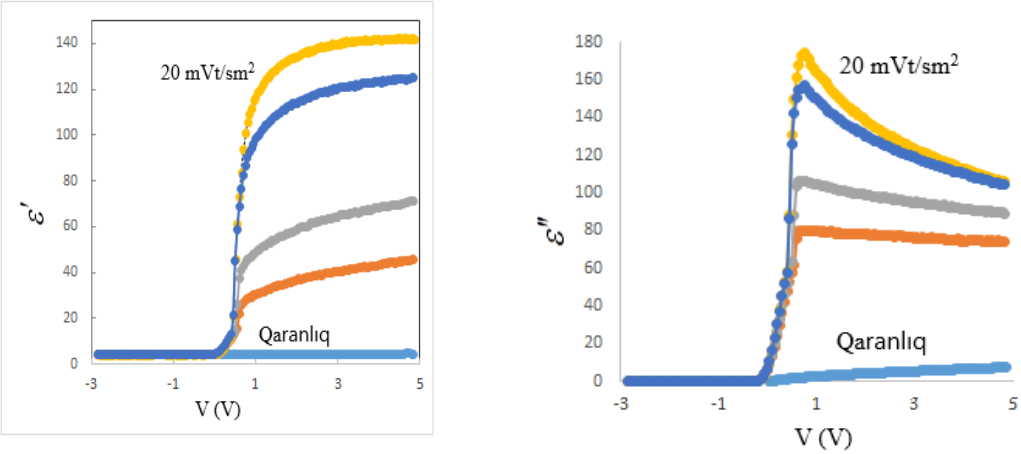
Admittans ölçmələr üzrə kompleks dielektrik nüfuzluq

$$\varepsilon^* = \frac{Y^*}{j\omega C_0} = \frac{C}{C_0} - i\frac{G}{\omega C_{oi}} \qquad (2)$$

burada C və G cihazın ölçülmüş tutum və keçiriciliyi, ω ($\omega = 2\pi f$)- tətbiq olunmuş test siqnalının tsiklik tezliyidir. Kompleks dielektrik nüfuzluğun real hissəsi (ε') müxtəlif işıq intensivliklərində ölçülmüş tutumdan hesablanmışdır (Şək.1):

$$\varepsilon' = \frac{C}{C_0} = \frac{Cd_i}{\varepsilon_0 A} \qquad (3)$$

Burada C_0 boş kondensatorun tutumu, A - kontakt strukturunun həndəsi sahəsi (sm^{-2}), d_i - dielektrik aralığın qalınlığı, ε_0-elektrik sabit (ε_0 = 8.85 x 10^{-14} F/sm). Yüksək akkumulyasiya gərginliyində maksimal tutum dielektrik aralığın tutumuna bərabərdir ($C_i = \varepsilon'\varepsilon_0 A/d_i$).



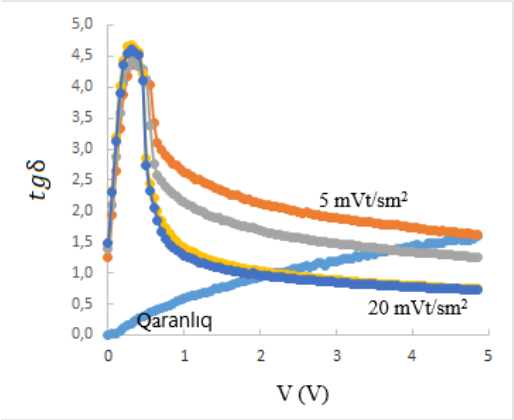
Şək.1. İşığın müxtəlif işıq intensivliklərində dielektrik nüfuzluğun real (ε') və xəyali (ε'') hissələrinin gərginlikdən asılılığı

Dielektrik nüfuzluğun xəyali hissəsi 500 kHs tezliyində ölçülmüş keçiricilyin gərginlikdən hesablanmışdır (Şək.1):

$$\varepsilon'' = \frac{G}{\omega C_i} = \frac{G d_i}{\varepsilon_0 \omega A} \qquad (4)$$

Dielektrik itkilər tangensi aşağıdakı ifadə üzrə hesablanmışdır (Şək.3):

$$\tan\delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \qquad (5)$$



Şək.2. İşığın müxtəlif işıq intensivliklərində dielektrik itkilər tangensinin gərginlikdən asılılığı

Müxtəlif işıq intensivliklərində (5, 10, 15, 20 mVt/sm^2) hesablanmış ε', ε'' və $\tan\delta$ gərginlikdən asılılıqları şək.1,2-də göstərilmişdir. Tədqiqat nəticələrinin təhlili göstərir ki, dielektrik parametrlərin qiyməti intensivlik artdıqca artır. Bu hadisə həmin parametrlərin tezlikdən asılılığının əksinə keçdiyindən burada səth hallarının iştirakını bildirir. Beləliklə, aparılan tədqiqatlar nəticəsində Pd_2Si/n-Si(111) diodunun dielektrik parametrlərinin işığın intensivliyindən artması daha böyük relaksasiya müddətinə malik səth hallarının payı artır.

Məlumdur ki, texnoloji proses nəticəsində kontakta gətirilmiş materialların qəfəs parametrlərinin uzlaşmaması səbəbindən ayrılma sərhəddində səth hallarının yaranma ehtimalını artırır. Bundan başqa, metal-yarımkeçirici sisteminin yüksək temperaturda emalı intermetallidlərin və digər defektlərin yaranması ilə nəticələnir, yəni yarımkeçiricinin sərhədyanı sahəsində yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının dəyişməsilə nəticələnir. Digər tərəfdən elektrik tutuma malik metal-yarımkeçirici kontakt dielektrik itkilərlə səciyyələnir. Aktiv faktor və kontaktın reaksiyası arasında yaranan faza sürüşməsi fəza yükü oblastından keçən və səth hallarının yenidən yüklənməsində iştirak edən yüklərin inersiyası ilə əlaqədardır. Maksvell-Vaqner nəzəriyyəsinə görə laylar arası polyarlaşma müxtəlif keçiriciliyi olan layların sərhəddində yükləri akkumulyasiya edir. Laylararası polyarlaşma müəyyən relaksasiya prosesi ilə xarakterizə olunur [12].

Beləliklə, yüklərin bərabər paylanması, xüsusən də fəza yükü oblasrının kiçik həcmlərində, nisbi anlayışdır. Bu öz növbəsində kontakt strukturunda tutumun, keçiriciliyin və dielektrik xarakteristikaların qeyri bərabər dəyişməsilə nəticələnir. Pd_2Si/n-Si Şottki diodlarını xarakterizə edən dielektrik parametrlərin işığın intensivliyindən asılılığı müxtəlif relaksasiya mexanizmlərinin mövcudluğunu aşkar edir

Nəticələr

Kiçik həndəsi ölçülü ($8x10^{-6}sm^2$) Pd_2Si/n-Si Şottki diodunun $(C-V)$ və $(G/\omega-V)$ xarakteristikaları -3÷+5 V sabit gərginlik və 500kHz (20mV) test siqnalı tətbiq etməklə, müxtəlif intensivlikli işıqın təsiri altında otaq temperaturunda ölçülmüşdür. Həmin xarakteristikalar əsasında kompleks dielektrik nefuzluğunun real (ε'), xəyali (ε'') hissələri və dielektrik itkilər tangensinin gərginlikdən və işığın intensivliyindən asılılıqları hesablanmışdır. Parametr giymələrinin işıq intensivliyi artdıqca artması müxtəlif relaksasiya mexanizmlərinin mövcudluğunu aşkar edir

ƏDƏBİYYAT:

1. Стриха В.И. Теоретические основы контакта металл-полупроводник. Киев: Наукова думка, 1974, 264 с.
2. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов, часть 1, Москва: Мир, 1984, с.130-450.
3. Eadi S.B, Song H.S., Song H.D. Improved reduction of contact resistance in NiSi/Si junction using Holmium interlayer, Microelectronic Engineering, Volume 219, 15 January 2020, 111153.
4. Long V.E., Kim T.E., Park H.G.,Optical Characterization of PtSi/Si by Spectroscopic Ellipsometry, June 2016, Journal- Korean Physical Society 69(3)
5. Бузанева Е.В. Микроструктуры интегральной электроники. М.: Радио и связь, 1990, 305 с.
6. Afandiyeva I.M., M.Bülbül, Ş.Altındal, S.Bengi. Frequency dependent dielectric properties and electrical conductivity of Platinum silicide /Si contact structures with diffusion barrier// Microelectronic Engineering, Turkey, 2012, v.93, pp. 50–55.
7. Afandiyeva I.M., Dökme İ., Altındal Ş., Askerov Sh.G., Abdullayeva L.K. The frequency and volt. dependent elec-tr. charact. of Al-TiW- Pd_2Si/n-Si truc. using I-V, C-V and G/w-V measurements //Microelectronic Engineering, Turkey, 2008, v.85, pp.365-370.

8. I.M. Afandiyeva, SH.G. Askerov, L.K. Abdullayeva, SH.S. Aslanov. The obtaining of Al–Ti10W90–Si(n) Schottky diodes and ivestigationof their interface surface states density// Solid-State Electronics 51 (2007) 1096–1100.
9. Budhiman N., Schurman U., Chemnitz U., Transmission electron microscopy study for investigating high-temperature reliability of Ti10W90-based and Ta-based diffusion barriers up to 600°C. Physica Status Solidi (A) Applications and Materials 213(4), 2015, DOI: 10.1002/pssa.201532654.
10. Bilkan C., Azizian-Kalandaragh Y , Altundal S. Frequency and voltage dependence dielectric properties, ac electrical conductivity and electric modulus profiles in Al/Co3O4-PVA/p-Si structures. Physica B, 500,2016, 154-160.
11. Tanrıkulu E.E. ,Yıldız D.E. , Günen A. /Frequency and voltage dependence of electric and dielectric properties of Au/TiO2/ n-4H-SiC (metal-insulator-semiconductor) type Schottky barrier diodes./ Phys. Scr. 90 (2015) 095801 (7pp).
12. Afandiyeva I.M , Bülbül M.M , Altındal S. Frequency dependent dielectric properties and electrical conductivity of platinum silicide/Si contact structures with diffusion barrier , Microelectronic Engineering 93 (2012) 50–55

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДИОДОВ ШОТТКИ Pd_2Si/n- Si

Эфендиева И.М., Агаев М.Н. , Расулова А.Р.
Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
afandiyeva@mail.ru

Ключевые слова: Диоды Шоттки, Pd_2Si/n-Si, диэлектрические параметры, поверхностные состояния, влияние освещения.

Зависимости емкости и проводимости от напряжения (соответственно C-V и G/ω-V характеристики) диода Шоттки Pd_2Si/n-Si малого размера ($8x10^{-6}$см^2) были измерены с применением тестового сигнала (500кГц, 20 мВ) при освещении светом с различной интенсивностью. На основе полученных C-V и G/ω-V характеристик вычислены зависимости реальной (ε'), мнимой (ε'') частей комплексной диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь ($tg\delta$) от напряжения. Изменение интенсивности света в интервале 5 мВт/см^2 ÷20 мВт/см^2 выявило вклад поверхностных состояний.

INFLUENCE OF ILLUMINATION ON THE DIELECTRIC PARAMETERS OF PD2SI / N-SI SCHOTTKY DIODES

Efendiyeva I.M., Agayev M.N. , Rasulova A.R.
Baku State University, Baku, Azerbaijan
afandiyeva@mail.ru

Key words: Schottky diodes, Pd_2Si/n-Si, dielectrical parameters, surface states, influence of illumination.

The dependences of the capacitance and conductivity on the voltage (respectively, C-V and G / ω-V characteristics) of a small-sized (8x10-6 cm2) Pd2Si /n-Si Schottky diode were measured using a

test signal (500 kHz, 20 mV) under illumination with light with different intensities. On the basis of the obtained C-V and G / ω-V characteristics, the dependences of the real ( ), imaginary ( ) parts of the complex dielectric constant and the tangent of the loss angle (tgδ) on the voltage have been calculated. A change of the light intensity in the range of 5 mWt/cm2 ÷20 mWt/cm2 revealed the contribution of surface states.

$CuIn_5S_8$ MONOKRİSTALI ƏSASINDA FOTOSTRUKTURUN YARADILMASI VƏ FİZİKİ XASSƏLƏRİ

Həsənova L.H., Abasova A.Z., Məhəmmədov Ə.Z. , Cahangirova S.Ə.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: p-n keçid, spektral paylanma, cərəyan həssaslığı.

$CuIn_5S_8$ monokristalı alınmış, onun əsasında metal-yarımkeçirici struktur yaradılmış. Alınmış strukturun elektrik və fotoelektrik xassələri öyrənilmiiş. İşdə $CuIn_5S_8$ monokristalı əsasında alınmış strukturun ventil və fotodiod rejimində inteqral fotohəssaslıq və otaq temperaturunda onun gərginlikdən asılılığı öyrənilmişdir.

$A^I B^{III} C_2^{VI} - B_2^{III} C_3^{VI}$ sistemlərin araşdırılması nəticəsində alınan çoxsaylı yarımkeçirici birləşmələrdən $CuIn_5S_8$ kristalı öz fiziki xassələrinə görə diqqəti cəlb edir [1, 2, 3]. $CuIn_5S_8$ birləşməsinin ərimə temperaturu 1090^0C olub n-tip keçiticiliyə və geniş diapozonda yüksək fotohəssaslığa malikdir. O şpinel tipli kubik qəfəsdə kristallaşır və onun qəfəsi üçün a=10,769 A^0. Sərbəst elektronların konsentrasiyası $n=2\cdot10^{16}$ sm^{-3}, yürüklüyü μ=240 $sm^2/V\cdot san$, fotokeçiriciliyə görə hesablanmış qadağan olunmuş zolağən eni 1,35 eV (otaq temperaturunda), elektrikkeçiriciliyin temperatur asılılığına görə isə 1,30 eV-dur [1].

Baxılan kristalı $A^{III}B^V$ maddələri və onların analoqları ilə müqayisə etməklə müəyyən olunmuşdur ki, bu aralıqda n-in qiyməti artdıqca elektronların Holl yürüklüyünün qiyməti azalır. Bu isə qəfəsin statik defektlərindən səpilmənin güclənməsi ilə izah olunur, belə ki baxılan kristalın qəfəsində kükürd vakansiyaları (V_s) yaranır [2].

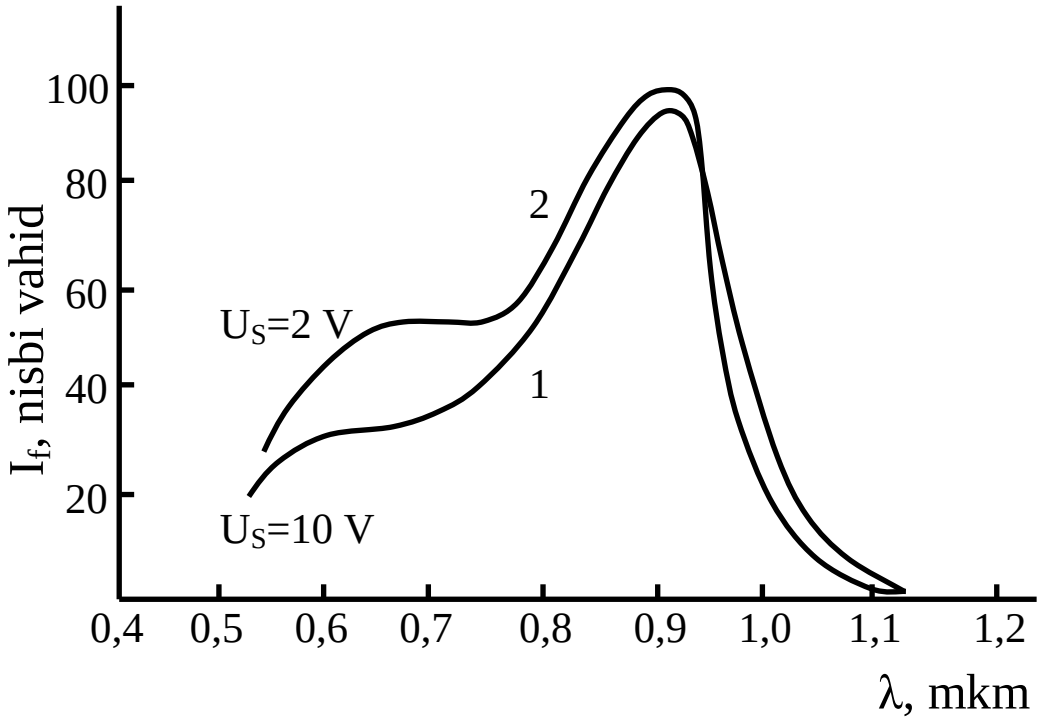
Baxılan işdə $CuIn_5S_8$ monokristalı əsasında fotohəssas element hazırlanıb və onun bəzi xarakteristikaları öyrənilmişdir. Bu məqsədlə böyük monokristaldan nümunələr kəsilərək, onların səthi mexaniki yolla (almas tozu və pastalaın köməyi ilə) hamarlanır, təmizlənir, bundan sonra nümunənin əsasında p-n keşid yaradılmışdır. Bu məqsədlə nümunənin səthinə xüsusi sobalarda, əritmə yolu ilə, Sn vurulmuşdur. Nümunənin əks səthinə isə omik kontakt qoyulmuşdur. Bu yolla hazırlanmış nümunələrin keçiriciliyi kəskin simmetriyaya malikdir. Düzləndirmə əmsalı, başqa sözlə cərəyanın qaranlıqda düz istiqamətdəki qiymətinin əks istiqamətdəki qiymətinə nisbəti 10^2 – 10^3 olmuşdur.

Belə elementlər onlara əks gərginlik tətbiq etdikdə (40 – 50 V), yaxın infraqırmızı (İQ) oblastda həssaslığa malik olmuş, onların lüks-amper xarakteristikası 10^3 – 10^4 Lk qiymətlərə qədər xətti olmuşdur. Bundan başqa $CuIn_5S_8$ monokristalı əsasında hazırlanmış strukturun tezlik xarakteristikaları da diqqəti cəlb edir, belə ki, 30 MHz tezliyə qədər fotohəssaslığın azalması müşahidə olunmur.

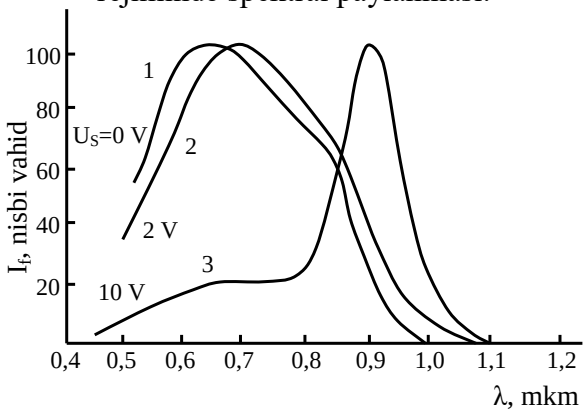
İnteqral fotohəssaslığa görə hesablanmış struktur Si və Ge əsasında hazırlanan fotodiodlara nisbətən daha sərfəlidir. $CuIn_5S_8$ əsaslı strukturun inteqral fotohəssaslığı $S_L = I_f / \Phi = 10^2 \div 10^3 \ mkA/Lk$, 30 – 50 V işçi gərginlikdə isə qaranlıq cərəyanı (0,5 – 1,0) kA olmuşdur (həssas səthin sahəsi $S_{SS} = 0{,}5 - 1{,}0 \ mm^2$).

İşdə $CuIn_5S_8$ monokristalı əsasında alınmış strukturun ventil və fotodiod rejimində inteqral fotohəssaslıqı və otaq temperaturunda onun gərginlikdən asılılığı öyrənilmişdir. Fotohəssaslıq 0,4 – 1,2 mkm intervalında geniş spektral oblastı əhatə edir.

Düz istiqamətdə həssaslığın maksimumu 0,9 mkm-a təvafüd edir, qısa dalğalarda isə (0,6 – 0,65 mkm) əlavə maksimumlar müşahidə olunur (şəkil 1). Düz istiqamətdə gərginliyi artırdıqca məxsusi maksimumun vəziyyəti dəyişmir və temperatur aşağı düşdükcə, o qısa dalğalara doğru sürüşür. Şəkil 2-də ventil və fotodiod rejimində $CuIn_5S_8$ monokristalı əsasında hazırlanmış strukturun nisbi spektral paylanma əyriləri verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, əks gərginliyi 10 V-a qədər artırdıqda, məxsusi oblastda həssaslığın paylanması dəyişir.



Şək. 1. $CuIn_5S_8$ monokristalı əsasında alınmış strukturun düz istiqamətdə ventil (1) və fotodiod (2) rejimində spektral paylanması.



Şək. 2. $CuIn_5S_8$ monokristalı əsasında alınmış strukturun əks istiqamətdə ventil (1) və fotodiod (2, 3) rejimində spektral paylanması.

ƏDƏBİYYAT

1. Бондарь И.В., Кудрицкая Е.А., Полушина И.К., Рудь В.Ю., Рудь Ю.В. Физические свойства монокристаллов твердых растворов $Cu_xAg_{1-x}In_5S_8$ и поверхностно-барьерных структур на их основе. ФТП, №9, 1998, с. 553.
2. Кесаманлы Ф.П., Рудь Ю.В. ФТП, №27, 1993, с. 1761.
3. Тагиров В.И., Гахраманов Н.Ф., Гусейнов А.Г. Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа $A_3^I B_5^{III} C_9^{VI}$.: Баку, 2001, 303 с.

РАЗРАБОТКА ФОТОСРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ МОНОКРИСТАЛЛА $CuIn_5S_8$ И ЕГО ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Гасанова И.Г., Абасова А.З., Магомедов А.З., Джахангирова С.А.
Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: p-n переход, спектральное распределение, токовая чувствительность.

Выращен монокристалл $CuIn_5S_8$ и на его основе получена структура металл-полупроводник. Изучены электрические и фотоэлектрические свойства полученной структуры. В работе изучена интегральная чувствительность и ее зависимость от напряжения при комнатной температуре.

DEVELOPMENT OF PHOTO INSTRUCTIONS ON THE BASIS OF MONOCRYSTAL $CuIn_5S_8$ AND ITS PHYSICAL PROPERTIES

Hasanova L.H., Abasova A.Z., Mahammadov A.Z. , Jachangirova S.A.
Baku State University, Baku, Azerbaijan

Key words: p-n junction, spectral distribution, current sensitivity.

An $CuIn_5S_8$ single crystal was grown and a metal-semiconductor structure was obtained on its basis. The electrical and photoelectric properties of the resulting structure have been studied. The integral sensitivity and its dependence on voltage at room temperature are studied.

LAZER İONLAŞMASI İLƏ ATMOSFERƏ BURAXILAN ZƏRƏRLİ QAZLARIN TƏMİZLƏNMƏSİ

Orucov A.K., Quliyeva S.Y., Rəhimov R.Ş.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan
orar@mail.ru

Açar sözlər**:** lazer, həcmi və səthi ionlaşma, elektromaqnit sahəsi , çıxış işi.

Müəyyən edilmişdir ki, lazerlə optik boşalma baş verməsi üçün elektronların konsentrasiysı n_e-nin böhran qiyməti $\sim 2.10^8$ sm^{-3} olmalıdır, bu qiymət plazmanın başlangıc fazasına uyğun gəlir. Səthin qeyribircinsliklərindəki udulma zamanı lokal nöqtələrdə temperatur və təzyiq artır ki, bu da qeyribircinsliklər ətrafında plazmanın yaranmasına şərait yaradır. Sahədə ionların sürəti çıxan tüstünün sürətindən çox olduğundan ionlaşma prosesini effektli şəkildə aparmaqla çıxan qaz tullantılarının miqradını azaltmagın mümkünlüyü göstərilmışdir.

Atmosfer Yerin qaz təbəqəsidir və tərkibi müxtəlif qazlardan azot, oksigen, karbon, hidrogen, arqon, neon, ksenon, kükürd və.s ibarətdir. Atmosferin tərkibində 78% Azot, 21% Oksigen, 0.03% Karbon mövcuddur. Bu qazlardan Oksigen canlı aləmin nəfəs almasına və yanma prosesinə kömək edir, Karbon qazı bitkilərin yarpaqlarının qidalanması üçün istifadə olunur və bitkilər tərəfindən atmosferə oksigen buraxılır. Atmosferin əsas qazı Azot yerdə həyatın inkişafı ilə sıx əlaqədardır.İnsan atmosfersiz 4 dəqiqədən artıq yaşaya bilməz. Atmosfer gündüz Yer səthinin həddən artıq qızmasının, gecə isə tez soyumasının qarşısını alır. Əgər Atmosfer olmasaydı Yerin orta temperaturu indikindən 38° C aşağı olardı. Ozon qatının deşilməsi, " istixana effekti –artan entropiya " (havada karbon qazının çoxalması hesabına temperaturun artması), turşulu yağışlar (havada kükürd qazının çoxalması nəticəsində) atmosferin qlobal çirklənməsi nəticəsində yaranan problemlərdir Müasir dövrdə zavodlarda, daxili yanma mühərriklərində, reaktiv və digər mühərriklərdə karbohidrogenlərin yanma məhsulları ilə mübarizə ekologiyanın ən vacib problemlərindən biridir. Belə məsələləri həll etmək üçün mikro və nano elektronikaya, texnoloji proseslərin modelləşdirilməsinə əsaslanaraq böyük gücə malik ion mənbələri və ionlaşma yaratmaqla həll etmək olar. Belə ion mənbələrindən biri elektron zərbəsi ilə ionlaşmaya əsaslana bilər. Elektron zərbəsi ilə ionlaşma prosesi ondan ibarətdir ki, kifayət qədər kinetik enerjisi olan sərbəst hərəkət edən elektron neytral atomla toqquşduqda, onun elektronlarından birini və ya bir neçəsini vurub çıxarır. Bunun nəticəsində neytral atom müsbət iona çevrilir. Müsbət ionlar sahə istiqamətində sürətlənərək katoda. elektronlar isə anoda çatır. Sahədə ionların sürəti çıxan tüstünün sürətindən çox olduğundan ionlaşma prosesini effektli şəkildə aparmaqla çıxan qaz tullantılarının miqradını azaltmaq olar.Ümumiyyətlə ionlaşmanı müxtəlif xarici təsirlərlə həyata keçirmək olar. Məsələn, lazer şüalanması vasitəsi ilə. İon mənbələrinə aşağıdakı tələblər qoyulur: zamana görə selin sabitliyi; müəyyən yüklü ionların alınması, kiçik gərginliklərdə lazım olan cərəyan sıxlığının alınması; bir sürətləndirilən elementdən yenisinə keçməyin sadəliyi və mənbənin özünün əvəz edilməsinin asanlığı. İonların emitterlərinin fiziki təbiətindən asılı olaraq ion mənbələrinin bir neçə qrupa ayırırlar: 1) səthi ionlaşmayla ion mənbəyi 2) plazma ion mənbəyi, 3) "sahənin" təsiri ilə ion mənbəyi [1,2]. Sənaye müəsisələrindən və nəqliyyat vasitələrindən təbiətə buraxılan yanma məhsulları adətən tüstü şəklində olurlar və ətraf mühitə zərər verirlər. Yanacağın növündən asılı olaraq tüstünün tərkibində müxtəlif qazlar, üzvi və qeyri-üzvi birləşmələrin kiçik kristal hissəcikləri və digər zərərli maddələr olur. Zərərli tüstünün tərkibini zərərsizləşdirmək üçün müxtəlif metodlar vardır. Bu metodlardan biri elektrik hadisələrinə əsaslanır lakin elektrik hadisələri ilə bu məsələni həll etmək uzun müddətdir ki, diqqətdən kənarda qalmışdır. Belə ki, indiyə qədər çıxan qazların hansı üsulla ionlaşdırılması məsələsi tam olaraq öz həllini tapa bilməmişdir. Məlumdur ki, normal şəraitdə havanın elektrik sahəsinin təsirilə deşilməsi üçün elektrik sahəsinin intensivliyi $E=3\cdot10^{4}$ V/sm tərtibində olmalıdır. Bu isə kifayət qədər boyük sahə deməkdir. Ona görə də, birbaşa elektrik sahəsinin köməyilə ionlaşdırmanı aparmaq energetik cəhətdən və təhlükəsizlik texnikası cəhətdən əlverişli deyildir. Lakin ionlaşmanın digər növlərindən, məsələn, taclı boşalmadan, elektron zərbəsi ilə ionlaşmadan, ion zərbəsi ilə ionlaşmadan istifadə etməklə yuxarıda göstərilən məsələni həll etmək olar. Bu üsul digər qaz boşalması növlərindən əhəmiyyətli olsa da kristall hissəciklərini tam saxlamaq mümkün olmur . Qeyd edilən məsələnin həll etmək üçün ən təmiz və səmərəli metod intensiv lazer şüalanması ilə qazı ionlaşdırmaq üsuludur. Işin məqsədi və vəzifəsi optik lazer şüalanmasına əsaslanaraq ionlaşma yaratmaqla elektrodların səthində və qaz olan fəzada plazmanın xassələrini və xarakteristikalarını öyrənməklə lazer elektrosüzgəcləri yaratmaqın mümkünlüyünü tətdqiq etməkdir.Bunun üçün müxtəlif materiallardan hazırlanmış elektrodların səthində və qaz olan fəzada optik plazmanın işıqlanmasının mühitdə paylanmasını tədqiq etmək, optik qaz boşalmasının sərhəd sərtlərini müəyyən etmək, səth və həcm plazmasının spektral xarakteristikalarını ölçmək,

çoximpulslu lazer şüalanmasının səth və həcm plazmasının xarakteristikalarına təsirinin öyrənilməsi kimi məsələləri həll etmək lazımdır. Bu məqsədlə böyük impulsa malik rubin və neodim lazerlərindən istifadə etmək olar belə lazerlərin parametrləri aşağıdakı kimidir: Bir impulsdakı enerji 1 C-a bərabərdir,yarımenin davametmə müddəti 30 nsan-dir. Pik gücü 30 MVt-dır. Hal-hazırda bundan da güclü impuls lazerləri mövcuddur. Lazer şüalanmasını fokus məsafəsi *F* bir neçə sm olan linza vasitəsilə elektrodun səthinə və yaxud işçi kameranın istənilən nöqtəsinə fokuslayırlar. Bu cür lazerlər fokal müstəvidə $r=10^{-2}$ sm olan dairəvi ləkə yaradır. Fokus nöqtəsində maksimal enerji selinin sıxlığı $S=10^5$ MVt/sm^2 lazer şüasındakı elektrik sahəsin inintensivliyinin kvadratikorta qiyməti isə E=6 MV/sm-dir. Bu sahə intensivliyi adi havanın deşilmə sahəsindən təxminən 1000 dəfə coxdur. Elektrik sahəsinin intensivliyi ilə S arasındakı əlaqə aşağıdakı kimidir:

$$E=\sqrt{4\pi S/c}=20\sqrt{S}\ \text{V/sm}.$$

Qaz boşalmasının aşağı sərhəddini təcrübi müəyyən etmək üçün lazer şüasını işçi kameranın içində müəyyən bir yerə fokuslayırlar və kameraya müxtəlif təzyiqlərdə tədqiq olunan qaz buraxılır.

ƏDƏBİYYAT

1. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике М. 1983 стр .322.
2. Orujov A.K. Driving the Diffusion of Cesium Atoms of Graphite Monolayers on Metal Surfaces into Rhenium (1010). **Journal of Modern Physics** Vol.5 No.6 2014.

ОЧИСТКА ВЫПУСКАЕМЫХ В АТМОСФЕРУ ОПАСНЫХ ГАЗОВ ЛАЗЕРНОЙ ИОНИЗАЦИЕЙ

Оруджев А.К., Кулиева С.Я., Рагимов Р.С.

Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: лазер, объемная и поверхностная ионизация, электромагнитное поле, работа выхода.

Установлено, что для возникновения лазерного оптического разряда концентрация электронов должна иметь критическое значение $n_e \sim 2.10^8$ см-3, что соответствует начальной фазе плазмы. Во время поглощения в поверхностных неоднородностях температура и давление повышаются в локальных точках, что создает условия для образования плазмы вокруг неоднородности. Поскольку скорость ионов в поле больше, чем скорость дыма, было показано, что можно уменьшить количество выбросов газа путем эффективного проведения процесса ионизации.

CLEANSING OF HAZARDOUS GAS RELEASED TO THE ATMOSPHERE BY LASER IONIZATION

Orujov A.K., Guliyeva S.Y., Rahimov R.Ş.

Baku State University, Baku, Azerbaijan

Keywords: laser, volume and surface ionization, electromagnetic field, output work.

It has been determined that for a laser optical discharge to occur, the concentration of electrons must $n_e \sim 2.10^8$ cm-3, which corresponds to the initial phase of the plasma. During absorption in surface heterogeneities, temperature and pressure increase at local points, which creates conditions for the

formation of plasma around the heterogeneity. Since the velocity of ions in the field is greater than the velocity of the smoke, it has been shown that it is possible to reduce the amount of gas emissions by conducting the ionization process effectively.

ŞOTTKİ DİODLARININ TƏYİNATI, TƏTBİQİ VƏ PARAMETRLƏRİ

Rəsulova A.R.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan,
aygunresulov1997@gmail.com

Açar sözlər: Şottki diod, p-n tipli əlaqə, yarımkeçirici, güc klapanı, cərəyan

Şottki diodlarını fərqləndirən cəhət budur ki, onların qovşaqlarında ilkin daşıyıcı enjeksiyonu yoxdur və bu diodlar ilkin daşıyıcılarla işləyir. Bu keçid n tipli yarımkeçirici ilə metal təmas nəticəsində ola bilər. Şottki qovşağında yük daşıyıcılarının yığılması və udulması ilə əlaqəli diffuziya qabiliyyəti yoxdur, bu da diodun sürətini irəli istiqamətə əks istiqamətdə artırır. Belə bir əlaqənin müddəti yalnız bariyer tutumu ilə müəyyən edilir və kiçik sahə diodları üçün nanosaniyanın onda biri arasındadır.

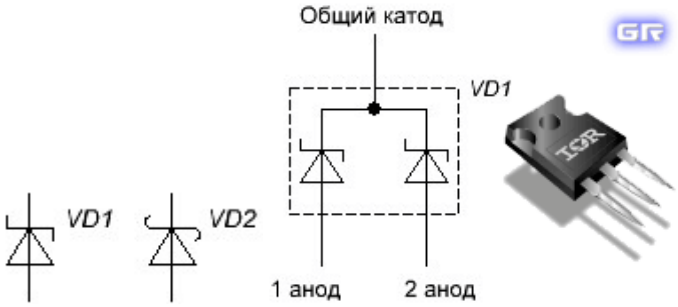
Qeyri-adi effekti kəşf edən alimlərin adları ilə adlandırılan çoxsaylı yarımkeçirici diodlar ailəsinə başqa birini əlavə etmək olar. Bu bir Şottki diodudur.

Alman fizik Walter Schottka, metal-yarımkeçirici keçid yaratmağın müəyyən bir texnologiyasından yaranan sözdə “maneə təsiri” kəşf etdi və araşdırdı.

Şottki diodunun əsas "hiylə" s, p-n qovşağına əsaslanan adi diodlardan fərqli olaraq, metal yarıkeçirici keçiddən istifadə edilməsidir ki, buna da Şottki baryeri deyilir. Bu baryer, yarımkeçirici pn qovşağı kimi, birtərəfli elektrik keçiriciliyi və bir sıra fərqli xüsusiyyətlərə malikdir.[1]

Silisium (Si) və qallium arsenid (GaAs), həmçinin qızıl, gümüş, platin, paladyum və volfram kimi metallardan əsasən Şottki bariyer diodlarının istehsalı üçün material kimi istifadə olunur.

Sxematik diaqramlarda Şottki diodu belə təsvir edilmişdir.



Gördüyünüz kimi, görünüşü şərti yarımkeçirici diodun təyinatından bir qədər fərqlidir.

Bu təyinata əlavə olaraq, diaqramlarda ikiqat Şottki diodunun (montaj) bir görüntüsünü də tapa bilərsiniz.

İkili diod, ümumi bir yuvaya quraşdırılmış iki dioddur. Katodların və ya anodların ucları birləşdirilir. Buna görə də, belə bir hissədə ümumiyyətlə üç sancaq var. Güc qaynaqlarının dəyişdirilməsində ümumiyyətlə ümumi bir katod ilə birləşmələr istifadə olunur.

İki diod bir korpusda yerləşdiyindən və tək bir texnoloji prosesdə hazırlandığından parametrləri çox yaxındır. Tək bir vəziyyətdə yerləşdikləri üçün istilik rejimi eynidır. Bu, elementin etibarlılığını və xidmət müddətini artırır.[2]

Şottki diodlarının iki müsbət keyfiyyəti var: qovşağında çox kiçik bir irəli gərginlik düşməsi (0,2-0,4 volt) və çox yüksək sürət.

Təəssüf ki, belə bir kiçik gərginlik düşməsi 50-60 voltdan çox olmayan tətbiq olunan bir gərginlikdə baş verir. Daha da qalxdıqda, Şottki diodu adi bir silikon düzəldici diod kimi davranır. Şottki üçün maksimum əks gərginlikdə ümumiyyətlə 250 voltu keçmir, baxmayaraq satışda 1,2 kilovolt üçün hazırlanmış nümunələr tapa bilərsiniz (VS-10ETS12-M3).[3]

Beləliklə, ikiqat Şottki düzəldici 60CPQ150 maksimum 150V əks gərginlik üçün nəzərdə tutulmuşdur və montajdakı diodların hər biri birbaşa əlaqədə 30 amperə keçə bilər!

Cari maksimum 400A-a çata biləcək yarım dövr üçün düzəldilmiş nümunələr də tapa bilərsiniz! Nümunə VS-400CNQ045 modelidir.

Çox vaxt, sxematik diaqramlarda, katodun kompleks bir qrafik təsviri sadəcə buraxılır və Şottki diodu adi bir diod kimi təsvir olunur. Və istifadə olunan element növü spesifikasiyada göstərilir.

Şottki baryeri olan diodların dezavantajları, əks gərginlikdən qısa müddətli çox olmasına baxmayaraq, dərhal uğursuz olmaları və ən əsası geri dönməz olması ilə əlaqələndirilə bilər. Eyni zamanda, silikon güc klapanları, həddindən artıq gərginliyin dayandırılmasından sonra, özünü mükəmməl şəkildə bərpa edir və işə davam edir. Bundan əlavə, diodların əks cərəyanı birləşmə temperaturundan çox asılıdır. Termal qəza böyük əks cərəyanda baş verir.[2]

Şottki diodlarının müsbət keyfiyyətləri, yüksək sürətə və nəticədə qısa bərpa müddətinə əlavə olaraq, işləmə tezliyini artırmağa imkan verən keçidin (baryerin) kiçik tutumuna aid edilə bilər. Bu, yüz kilohertz tezliklərdə impuls düzəldicilərində istifadə edilməsinə imkan verir. Bir çox Şottki diodları inteqrasiya edilmiş mikroelektronikada tətbiqini tapır. Nano texnologiyalı Şottki diodlar, performansı yaxşılaşdırmaq üçün tranzistor qovşaqlarını şuntladıqları inteqral sxemlərə daxil edilmişdir.

Həvəskar radio praktikasında, 1N581x seriyasının (1N5817, 1N5818, 1N5819) Şottki diodları kök saldı. Hamısı maksimum 1 amperlik cərəyan (IF (AV)) və 20 ilə 40 volt arasında gərginlik (VRRM) üçün qiymətləndirilir. Qovşağın üzərindəki voltaj düşməsi (VF) 0,45 ilə 0,55 volt arasındadır. Artıq qeyd edildiyi kimi, Şotki baryer diodları üçün irəli gərginlik enməsi çox azdır.[2]

Həm də kifayət qədər tanınmış bir element 1N5822-dir. 3 amperlik birbaşa cərəyan üçün nəzərdə tutulmuşdur və DO-201AD paketində hazırlanır.

Çap olunmuş dövrə lövhələrində də yerüstü montaj üçün SK12 - SK16 seriyalı diodlar tapa bilərsiniz. Onlar olduqca kiçikdirlər. Buna baxmayaraq SK12-SK16, 20 - 60 voltluq bir gərginlikdə 1 amperə qədər cərəyanlara tab gətirə bilər. İrəli gərginlik enməsi 0,55 volt (SK12, SK13, SK14 üçün) və 0,7 voltdur (SK15, SK16 üçün). Ayrıca, praktik olaraq, SK32 - SK310 seriyalı diodları tapa bilərsiniz, məsələn, 3 amperlik birbaşa cərəyan üçün nəzərdə tutulmuş SK36.

Enerji qaynaqlarında Şottki diodlarının istifadəsi.

Şottki diodları kompüterin enerji təchizatı və keçid gərginliyi stabilizatorlarında fəal şəkildə istifadə olunur. Aşağı gərginlikli gərginliklər arasında ən yüksək cərəyan (on amper) +3,3 volt və +5,0 volt gərginliklərdir. Şottki bariyer diodlarından istifadə edilən bu ikincili enerji qaynaqlarıdır. Çox vaxt, ümumi bir katod olan üç qurğuşun birləşmələri istifadə olunur. Yüksək keyfiyyətli və texnoloji cəhətdən inkişaf etmiş bir enerji təchizatı əlaməti hesab edilə bilən montajların istifadəsidir.[4]

Şottki diodlarının sıradan çıxması, enerji mənbələrinin dəyişdirilməsində ən çox görülən nasazlıqlardan biridir. İki "ölü" vəziyyətinə sahib ola bilər: təmiz elektrik qəzası və sızma. Bu

vəziyyətlərdən biri varsa, qoruma başlandığı üçün kompüterin enerji təchizatı bloklanır. Ancaq bu müxtəlif yollarla ola bilər.

Şottki diodları elektronikada başqa harada istifadə olunur? Bunlar alfa və beta radiasiya dedektorları, neytron radiasiya dedektorları kimi olduqca ekzotik cihazlarda tapıla bilər və bu yaxınlarda günəş panelləri Şottki maneə qovşağında yığılır. Kosmik gəmilərə elektrik enerjisi verməsi üçün də əlavə edilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Hümbətov R.T. “Elektronika” , I hissə. Bakı, “Maarif” nəşriyyatı”, 2002.
2. Осетров К.А. Основы электроники и микропроцессорной техники. Москва, «Колос», 2011.
3. S. Arscott and M. Gaudet "Electrowetting at a liquid metal-semiconductor junction" Appl. Phys. Lett. **103**, 074104 (2013)
4. S. Arscott "Electrowetting and semiconductors" RSC Advances **4**, 29223 (2014).

НАЗНАЧЕНИЕ, ПРИМЕНЕНИЕ И ПАРАМЕТРЫ ДИОДОВ ШОТТКИ

Расулова А.Р.

Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан

aygunresulov1997@gmail.com

Ключевые слова: диод Шоттки, соединение p-n типа, полупроводник, силовой вентиль, текущий

Что отличает диоды Шоттки, так это то, что их переходы не имеют инжекции непервичных носителей, и эти диоды работают с основными носителями. Такой переход может быть результатом контакта металла с полупроводником n-типа. Переход Шоттки не обладает диффузионной способностью, связанной с накоплением и поглощением носителей заряда, что увеличивает скорость диода в направлении, противоположном прямому направлению. Длительность такого подключения определяется только барьерной емкостью, а для диодов малой площади она находится в пределах одной десятой наносекунды.

DEFINITION, APPLICATION AND PARAMETERS OF SHOTTKI DIODES

Rasulova A. R.

Baku State University,, Baku, Azerbaijan,

aygunresulov1997@gmail.com

Keywords: Schottky diode, p-n type connection, semiconductor, power valve , current

What distinguishes Schottky diodes is that their junctions do not inject non-primary charge carriers, and these diodes work with the main charge carriers. Such a transition may result from contact of the metal with an n-type semiconductor. The Schottky junction does not have the diffusion capacity associated with the accumulation and absorption of charge carriers, which increases the speed of the diode in the opposite direction from the direct direction. The duration of such a connection is determined only by the barrier capacitance, and for small area diodes it is in the range of one tenth of a nanosecond.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ h_{21E} ТЕСТОВЫХ NPN СТРУКТУР, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ ГЕРМАНИЕМ, В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ OriginPRO

Быткин С.В., Критская Т.В.

Инженерный учебно-научный институт Запорожского национального университета, г. Запорожье, Украина

bytkin@bigmir.net, krytskaja2017@gmail.com

Ключевые слова: метод Чохральского, монокристалл кремния, легирование германием, npn-структура, радиационная стойкость

Показана возможность замедления радиационной деградации h_{21E} тестовых npn структур ИС с диэлектрической изоляцией, изготовленных на основе монокристаллов кремния, легированных фосфором и германием CZ-Si<P,Ge>. Обоснован выбор концентрации Ge с точки зрения её влияния на радиационную стойкость транзисторных структур. Экспериментально подтверждено, что применение изовалентного легирования Ge с $N_{Ge} \cong 1 \cdot 10^{20}$ см$^{-3}$ эффективно замедляет деградацию h_{21E} npn структур с шириной базы 0,35 мкм, что позволяет обоснованно предполагать эффективность применения CZ-Si<P,Ge> для изготовления радиационно-стойких планарных структур.

Актуальность темы. Необходимость обеспечения радиационной стойкости Si для изготовления многослойных структур силовых полупроводниковых приборов (СПП) электропривода общепромышленного оборудования и транспортного электропривода в наземных условиях определяется общим трендом развития преобразовательной техники. В частности, происходит насыщение (отсутствие роста) максимальной переключаемой мощности (рабочего напряжения и тока) СПП. Наблюдается рост количества отказов высоковольтных силовых приборов, эксплуатируемых на высотах, существенно превышающих уровень моря, вследствие действия вторичных космических лучей, образовавшихся в атмосфере. Проблема обеспечения возможности работы многослойных структур СПП при высоких постоянных напряжениях в условиях действия релятивистских частиц не решена [1]

Краткий обзор литературы. Для подтверждения эффективности использования Ge как легирующей примеси в монокристаллах кремния, применяемых при изготовлении приборных структур, была исследована возможность замедления их радиационной деградации [2]. Наблюдалась стабилизация времени жизни инжектированных неосновных носителей заряда τ_p при больших дозах облучения, что свидетельствовало о возможности применения монокристаллов, легированных фосфором и германием CZ-Si<P,Ge>, выращенных по методу Чохральского, для создания приборов с повышенной радиационной стойкостью[3]. Деградация τ_p определялась особенностями накопления радиационных дефектов в базе p^+n структур, изготовленных на CZ-n-Si и CZ-n-SiGe.

Целью работы является подтверждение возможности повышения радиационной стойкости npn-структур, изготовленных на основе монокристаллов CZ-Si<P,Ge>, при использовании специально изготовленных тестовых приборов на Si с различной концентрацией Ge и проведении их испытаний [4,5].

Основное содержание работы. Наиболее удобной структурой для экспериментальных измерений деградации параметра h_{21E} при облучении является тестовый npn транзистор интегральной схемы (ИС) с диэлектрической изоляцией, радиационная деградация которого полностью определяется свойствами однородно легированной германием исходной пластины кремния. На процесс радиационной деградации h_{21E} сильное влияние оказывает не только концентрация легирующей примеси, но и геометрия вертикальной структуры транзистора. Например, для толщины базы < 0,25 мкм снижение коэффициента усиления по току в схеме с общим эмиттером (ОЭ) при α-облучении имеет вид (рис.1):

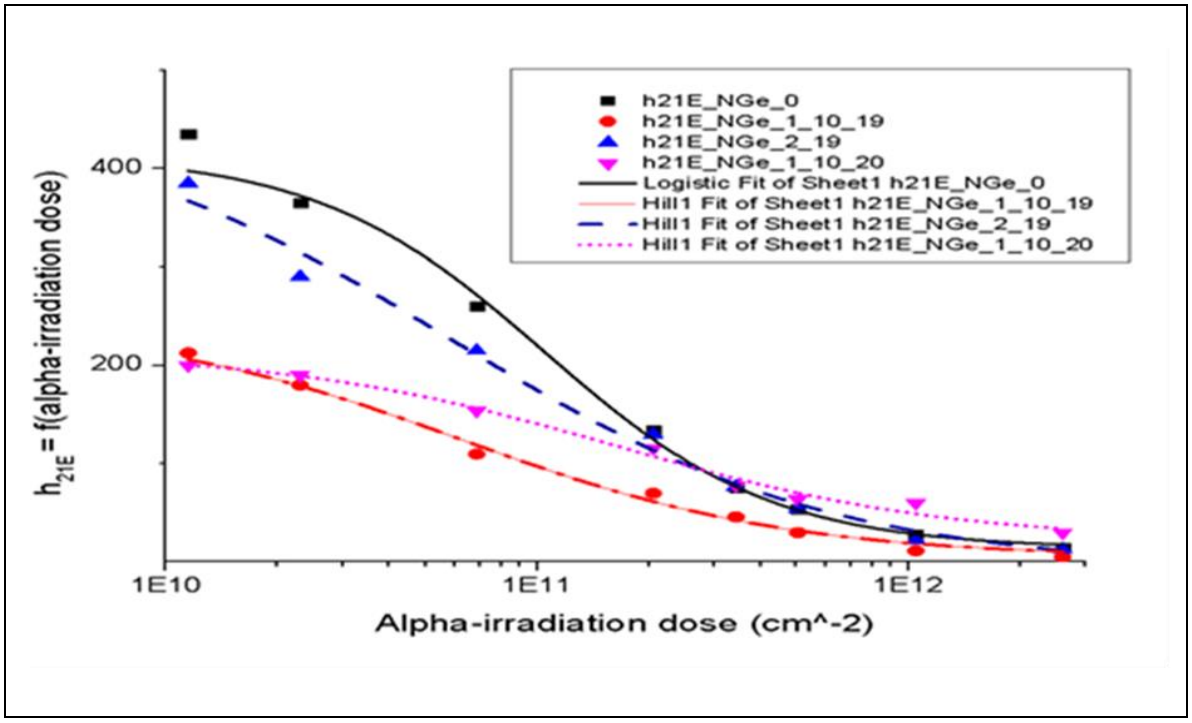


Рисунок 1.- Моделирование в среде OriginPRO радиационной деградации параметра h_{21E} npn структуры, изготовленной по технологии КСДИ (кремниевых структур с диэлектрической изоляцией) при α-облучении с энергией ≅ 4 МэВ.

Деградация коэффициента усиления транзисторов, изготовленных по стандартной технологии, описывается логистическим уравнением вида:

$$h_{21E_N_{Ge=0}}(\Phi_\alpha) = A2_{N_{Ge=0}} + \frac{A1_{N_{Ge=0}} - A2_{N_{Ge=0}}}{\left(1+\frac{\Phi_\alpha}{1{,}04542\cdot 10^{11}}\right)^{1{,}41382}} \quad (1),$$

где $A1_{N_{Ge=0}}$= 414,43858; $A2_{N_{Ge=0}}$= 13,72586

Использование пластин SiGe с различным уровнем легирования приводит к полному изменению характера зависимости (Hill1 в OriginPRO):

$$h_{21E_N_{Ge\neq 0}}(\Phi_\alpha) = h_{21E_N_{Ge\neq 0_START}} + \left(h_{21E_N_{Ge\neq 0_END}} - h_{21E_N_{Ge\neq 0_START}}\right)\cdot$$
$$\cdot\frac{{\Phi_\alpha}^{n(N_{Ge})}}{k(N_{Ge})^{n(N_{Ge})} + {\Phi_\alpha}^{n(N_{Ge})}}, \quad (2),$$

Численные значения коэффициентов уравнения (2) приведены в табл.1:

Таблица 1

Численные значения коэффициентов уравнения (2)

Концентрация Ge, см$^{-3}$	$1{,}2\cdot10^{19}$	$2{,}5\cdot10^{19}$	$1{,}2\cdot10^{20}$
$h_{21E_N_{Ge\neq0_START}}$	243,84124	465,80687	213,97619
$h_{21E_N_{Ge\neq0_END}}$	4,96195	$\cong 0$	21,60462
n	0,98501	0,83524	0,96638
k	$6{,}27842\cdot10^{10}$	$5{,}66953\cdot10^{10}$	$1{,}65227\cdot10^{11}$

С прикладной точки зрения необходим материал ИС, обеспечивающий замедление деградации h_{21E} при больших дозах облучения. Такому требованию удовлетворяет CZ-Si<P,Ge> с $N_{Ge} = 1{,}2\cdot10^{20}$ см$^{-3}$ (рис.2).

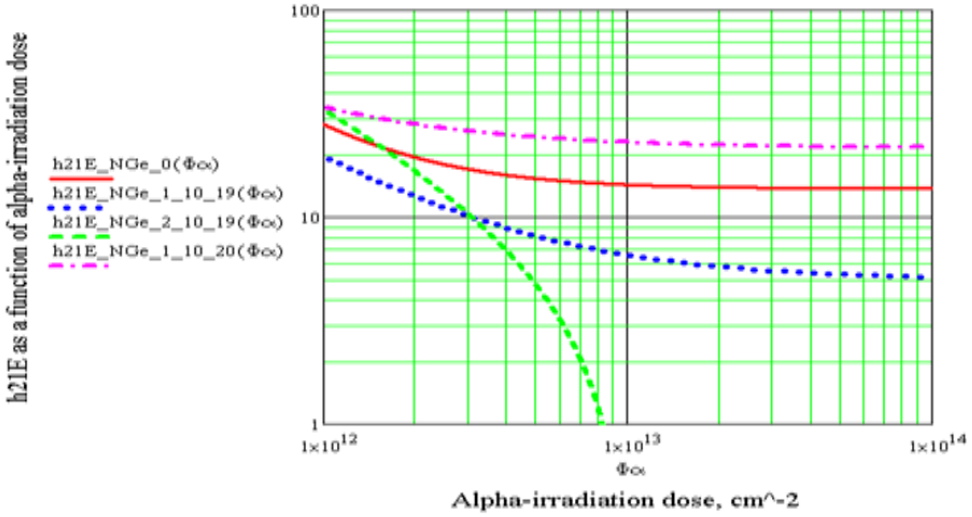


Рисунок 2 - Деградация усилительных свойств тестовой npn структуры с толщиной базы < 0,25 мкм, изготовленной по технологии КСДИ на пластинах из монокристаллов CZ-Si<P,Ge> с различной концентрацией германия при α-облучении.

Для толщины базы ≥0, 35 мкм моделирование экспериментальных данных по радиационной деградации h_{21E} при действии α-облучения. полученных с использованием программы OriginPRO, подтверждает возможность замедления (уменьшения) радиационной деградации коэффициента усиления npn структур для CZ-Si<P,Ge> (табл. 2):

Таблица 2

Уравнения, описывающие деградацию h_{21E} npn-структур, изготовленных на CZ-Si<P,Ge> с различной концентрацией германия, N_{Ge}

Общий вид уравнения	Параметр	N_{Ge}, см$^{-3}$		
		0	$1\cdot10^{19}$	$7{,}5\cdot10^{19}$
$h_{21E} = \dfrac{A_{min} + (A_{max} - A_{min})}{1 + \left(\left(\frac{x_0}{x}\right)^h\right)^s}$	Amin	2,18988	$\cong 0$	0,9266
	Amax	207,32619	214,99176	210,52311

	X_0	1,08682 E11	7,71757E1 0	1,87228E 11
	h	-0,94929	-1,16223	-0,80807
	s	1,11324	0,9124	1,0899

С точки зрения обеспечения радиационной стойкости структуры необходим анализ её деградации в области $\Phi_\alpha \geq 10^{11}$ см$^{-2}$ (рис.3):

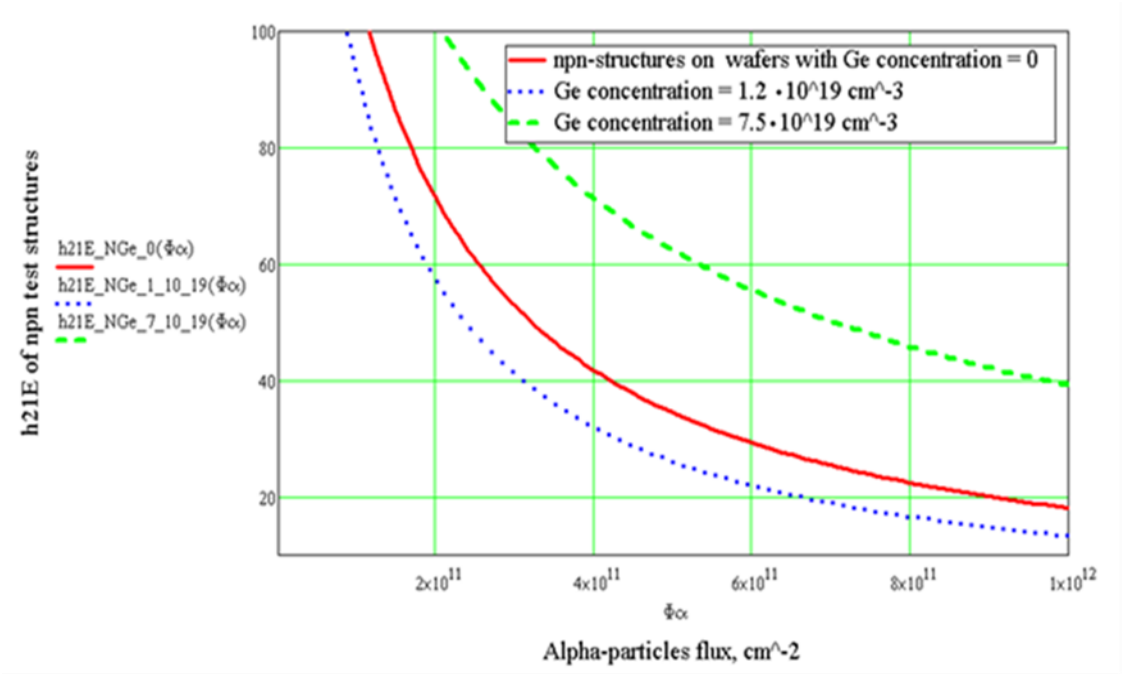


Рисунок 3 - Эффект повышения радиационной стойкости npn структур, изготовленных на пластинах с $N_{Ge} = 7{,}5 \cdot 10^{19}$см$^{-3}$ (толщина базы ≥0, 35 мкм).

Выводы. Экспериментально показана возможность замедления радиационной деградации параметра h_{21E} npn структур, изготовленных на CZ-Si<P,Ge>, а также обоснован выбор концентрации Ge с точки зрения её влияния на радиационную чувствительность транзисторных структур. Применение монокристаллов кремния, легированных изовалентной примесью германия с $N_{Ge} \cong 1 \cdot 10^{20}$см$^{-3}$, эффективно замедляет деградацию h_{21E} npn структур с шириной базы ≥ 0, 35 мкм, что позволяет обоснованно предполагать эффективность применения CZ-Si<P,Ge> для изготовления радиационно-стойких планарных дискретных структур с широкими базами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быткин С.В. Конкурентная разведка конъюнктурно-технологических перспектив традиционного и high-tech экспорта Украины: монография / Быткин С.В.; Запоріз. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2017. – 276с.
2. Критская, Т.В. Перспективные полупроводниковые материалы для использования в силовой электронике / Т. В. Критская, С.В. Быткин // Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». –2018. – № 26 (1302). – Т. 1. – С. 148-161. – doi: 10.20998/2413-4295.2018.26.21.

3. Быткин С. В. Кремний, легированный германием (SiGe), как материал для изготовления силовых полупроводниковых приборов, устойчивых к действию вторичного космического излучения / С. В. Быткин, Т. В. Критская // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Electrical Machines and Electromechanical Energy Conversion : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2019. – № 20 (1345). – С. 102-109.
4. Быткин, С., & Критская, Т. (2019). Вплив ізовалентного легування Si германієм на ймовірність утворення домішково-дефектних комплексів у базі p+n структур при опроміненні α-частинками. Журнал фізики та інженерії поверхні, 3(2), 57-67. Retrieved із https://periodicals.karazin.ua/pse/article/view/13665
5. Быткин С.В., Критская Т.В. Моделирование S-образного процесса накопления A- и E-центров в изовалентно легированном германием кремнии в среде Statistica и MathCAD. Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. № 21, випуск 1, (2018). С. 29-35. – Дніпро: НМетАУ – ІВК «Системні технології», 2018. – 89 с.

GERMANİUMLA AŞQARLANMIŞ SİLİSİUM ÜZƏRINDƏ HAZIRLANMIŞ h_{21E} NPN SINAQ STRUKTURLARININ ORIGIN PRO HESABLAMA MÜHİTİNDƏ DEQRADASİYASININ MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

Bıtkin S.V., Kritskaya T.V.
Zaporojye Milli Universitetin Tədris-elmi İnstitutu, Zaporojye, Ukrayna
bytkin@bigmir.net, krytskaja2017@gmail.com

Açar sözlər: Czochralski metodu, silikon tək kristal, germanyumla dopinq, npn quruluşu, radiasiya müqaviməti

Fosfor və germanyum CZ-Si <P, Ge> ilə qatlanmış silikon tək kristallar əsasında hazırlanmış dielektrik izolyasiyalı test npn IC strukturlarının h21E radiasiya deqradasiyasını yavaşlatmaq imkanı. Ge konsentrasiyasının seçimi tranzistor strukturlarının radiasiya müqavimətinə təsiri baxımından əsaslandırılır. NGe≅1 · 1020cm-3 ilə Ge-nin izovalent doping istifadəsinin baza eni 0.35 μm olan h21E npn strukturlarının deqradasiyasını effektiv şəkildə yavaşlatdığı eksperimental olaraq təsdiq edilmişdir ki, bu da şüalanmaya davamlı planar istehsalı üçün CZ-Si <P, Ge> istifadə səmərəliliyini əsaslı şəkildə qəbul etməyə imkan verir. strukturlar.

SIMULATION OF h_{21e} DEGRADATION OF TEST NPN STRUCTURES MANUFACTURED ON SILICON DOPED WITH GERMANIUM (SIGE) IN AN ORIGINPRO COMPUTING ENVIRONMENT

Bitkin S.V., Kritskaya T.V.
Engineering Institut,Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine
bytkin@bigmir.net, krytskaja2017@gmail.com

Keywords: Czochralski method, silicon single crystal, doping with germanium, npn-structure, radiation resistance

The possibility of slowing down the radiation degradation h21E of test npn IC structures with dielectric insulation, made on the basis of silicon single crystals doped with phosphorus and germanium CZ-Si <P, Ge>. The choice of Ge concentration in terms of its effect on the radiation resistance of transistor structures was justified. It has been experimentally confirmed that the use of Ge isovalent doping with NGe≅ 1·1020 cm-3 effectively slows down the degradation of npn

structures h21E with a base width of 0.35 microns, which reasonably suggests the effectiveness of CZ-Si<P,Ge> for the manufacture of radiation-resistant planar structures.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$

Байрамов Д.Д., Абдулова И.Н.

Сумгаитский государственный университет, Азербайджан.

d.d.bayramov@mail.ru

Ключевые слова: диаграмма состояния, электропроводность, коэффициент Холла, термо-э.д.с.

Синтезированы сплавы системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$. Рентгенографические и электрофизические исследования показали, что $TlGdTe_2$ растворяется до 10 мол % в $TlInTe_2$. Выявлено, что при замещении атомов индия атомами гадолиния ширина запрещенной зоны уменьшается, а параметры элементарной ячейки увеличиваются. Рентгенографический анализ кристаллов системы $TlInTe_2 - TlGdTe_2$ показал, что твердые растворы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ кристаллизуются в тетрагональной сингонии на основе решетки исходного тройного соединения $TlInTe_2$.

Тройные халькогениды на основе $TlSe$ подробно описаны в [1-3]. Соединение $TlInTe_2$ - высокочувствительный полупроводник в видимой и инфракрасной областях спектра [4], обладает высокой тензочувствительностью, а также имеет переключающие свойства [4-6]. Сочетание высокой температуры плавления и термической стойкости наряду с низким коэффициентом теплопроводности и высоким значением термо–э.д.с. обусловливает интерес к их термоэлектрическим свойствам [7,8].

В[4-8]показано, что при взаимодействии соединений $TlInX_2$ и $TlLnX_2$ ($Ln - Ce, \mathrm{Pr}; Nd; X - S, Se, Te$) образуются четверные соединения типа Tl_2InLnS_4 и наблюдаются широкие области растворимости на основе соединений типа $TlInX_2$. Однако, в литературе отсутствуют данные по исследованию физических свойств твердых растворов системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$.

Так как атомы индия и гадолиния имеют близкие ионные радиусы, замещение трехвалентного индия в $TlInTe_2$ атомами гадолиния представляет самостоятельный научный интерес. В работах [5] выполнен синтез и в некоторых случаях детально исследованы физико – химические, электрофизические и теплофизические свойства сплавов системы $TlInX_2 - TlLnX_2$, где получены интересные научные результаты.

Объектами исследования в настоящей работе были твердые растворы на основе $TlInTe_2$ системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$.

Синтез сплавов системы проводился следующим образом: исходные компоненты Tl, Te, In, Gd, загруженные в вакуумированную до ~ 0,01 Па ампулу из плавленного кварца, помещали в печь, заранее нагретую до 1220 К. Один конец ампулы находился вне печи и регулярно охлаждался до завершения реакции, время выдержки ампулы в этих условиях с увеличением количества гадолиния увеличивается от 5 до 6 ч. Гомогенизирующий отжиг проводили при 1250 – 1350 К в течение недели. Образцы системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$

готовили путем сплавления соединения $TlInTe_2$ и $TlGdTe_2$ в разных состояниях, повышая температуру в печи со скоростью 30 – 60 К/ч до 1150 – 1250 К. Ампулу выдерживали при этой температуре 4 – 5 ч. и медленно охлаждали до температуры отжига, определенной предварительно по кривым дифференциально -термического анализа. Сплавы, содержащие до 10 мол % $TlGdTe_2$, отжигали при 600 – 650К в течение 60 ч, а сплавы с концентрацией $TlGdTe_2$ 10 – 60 мол % - при 850 – 900К в течение 140 ч, далее температуру снижали до комнатной со скоростью 10– 15К/ч. Таким методом синтезированы сплавы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$, где $0 \leq x \leq 0{,}10$ и соединения $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$, $TlGdTe_2$.

Для проведения рентгенографических исследований методом Бриджмена выращены монокристаллы сплавов системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$. Скорость перемещения ампулы с расплавом составляла 2,5 мм/ч. При выращивании монокристаллов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ температуру высокотемпературной зоны варьировали от 1000 – 1300 К.

Рентгенофазовый анализ сплавов системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ проводили по методу Дебая–Шерера в камерах РКД–57.3 в CuK_α- излучении, промер рентгенограмм осуществляли как на компараторе ИЗА – 2 с точностью 0,01 – 0,05 мм, так и на линейке с точностью 0,1 мм. Интенсивность линий определяли визуально по десятибалльной шкале. Параметры элементарных ячеек рассчитывали комбинированным методом с точностью ±0,005 Å .

Термограммы записывали на низкочастотном терморегистраторе НТР 73 с Pt- Pt/Rh-термопарами. Скорость нагревания и охлаждения – 10 и 8 K/min, соответственно. В качестве эталона использовали прокаленную окись алюминия. Микротвердость образцов измеряли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 0.1 Н, а микроструктуру образцов изучали с помощью микроскопа МИМ-7.

Для определения электрических свойств твердых растворов систем $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ образцы готовили в виде параллелепипедов размерами 8x5x4 мм^3 . Была исследована температурная зависимость электропроводности, коэффициента Холла и термо-э.д.с. в интервале 300 ÷ 1100 К обычным потенциометрическим методом при нагревании образца в вакууме. Погрешность измерений составляла для электропроводности ± 4%, коэффициента Холла ±8-10% и термо-э.д.с. ±12% (образцы при температуре исследования выдерживали 1-1,5 ч.).

По результатам дифференциально–термического, микроструктурного и рентгенофазового анализов исследуемых сплавов были построены Т-х фазовые диаграммы сплавов системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ При соотношении исходных компонентов 1:1 образуется новая конгурэнтно плавящаяся при 1265 К четверная фаза $Tl_2InGdTe_4$

В интервале 0 – 10 мол % $TlGdTe_2$ наблюдается область твердых растворов замещения. Область растворимости в этой системе подтверждена также микроструктурными и рентгенофазовыми анализами. С помощью рентгенофазового анализа выявлено, что в твердых растворах при частичном замещении атомов индия атомами гадолиния параметры тетрагональной ячейки увеличиваются по закону аддитивности, что, по-видимому, связано с различием ионных радиусов индия и гадолиния (r (In^{3+}) = 0.92 Å, r (Gd^{3+}) = 0.94 Å)).

В результате проведенного рентгенографического исследования монокристаллов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ установлено, что сплавы с $TlInTe_2$, также как и соединение $TlInTe_2$, кристаллизуются в тетрагональной сингонии, и происходящие фазовые превращения не

вызывают появления сверхструктурных линий на дифрактограммах. Отсутствие таких линий подтверждает, что исследованные сплавы твердых растворов в упорядоченном состоянии кристаллизуются в одной и той же сингонии. В области растворимости отклонения от закона

Вегарда не наблюдено.Исследовались температурные зависимости электропроводности (σ), коэффициента Холла (R_x),термо–э.д.с. (α), холловской подвижности (μ) $Tl_2InGdTe_4$ и электропроводности твердых растворов системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$. На представлены температурные зависимости σ, R_x, α и μ для $Tl_2InGdTe_4$. Видно, что температурная зависимость электропроводности $Tl_2InGdTe_4$ имеет полупроводниковый характер и начало собственной проводимости соответствует температуре ~ 730К. Зависимость $\lg\left(R_xT^{3/2}\right) = f\left(10^3/T\right)$ хорошо согласуется с зависимостью $\lg\sigma = f\left(10^3/T\right)$. Значения ширины запрещенной зоны $Tl_2InGdTe_4$, определенные по высокотемпературным наклонам температурной зависимости электропроводности $\lg\sigma = f(10^3/T)$ и эффекта Холла $\lg RT^{3/2} = f(10^3/T)$, оказались одинаковыми и равными 1,52 эВ.

Коэффициент термо– э.д.с. в $Tl_2InGdTe_4$ с ростом температуры при 400-670 К сначала увеличивается, достигая максимума, а при дальнейшем повышении температуры уменьшается с наступлением собственной проводимости .

Температурная зависимость подвижности носителей тока в $Tl_2InGdTe_4$ хорошо описывается зависимостью $\mu = f(T^{-3/2})$ и свидетельствует о том, что рассеяние происходит при высоких температурах (T>300 К) в основном на акустических фононах.

При частичном замещении атомов индия атомами гадолиния в $TlInTe_2$ ширина запрещенной зоны уменьшается , а параметры элементарной ячейки увеличиваются.

Температурная зависимость электропроводности твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ носит сложный характер. Выявлено, что до наступления собственной проводимости электропроводность возрастает с температурой, затем уменьшается. Максимумы, соответствующие началу собственной проводимости, с увеличением содержания гадолиния смещаются в область высоких температур. С дальнейшим повышением температуры электропроводность уменьшается, достигая минимума и снова резко растет.

Такое поведение электропроводности в сплавах системы $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$, по-видимому, связано с прыжковой проводимостью по примесям в «хвосте» локализованных состояний у дна зоны проводимости. В этой области выполняется температурная зависимость $lg\sigma \sim T^{-1/4}$, характерная для таких прыжков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Годжаев Э.М., Байрамов Д.Д., Мамедов С.Д., Гулиев Л.А., Годжаева Ф.М.* Синтез, выращивание монокристаллов и рентгенографическое исследование сплавов системы $TlInS_2 - TlGdS_2$ //. Неорган.материалы 1989. т.25. №1. с.21- 24
2. *Годжаев Э.М.* Структура, электронные и тепловые свойства сложных полупроводников на основе Sp и $4t$ элементов. Дис.докт.физ.- мат.наук. Баку 1984 с.250

3. *Годжаев Э.М., Гусейнов А.Г., Нагиев А.Б., Зейналов Г.Н., Джафарова С.З.* Электрофизические свойства соединений $Tl\Pr S_2(Se_2Te_2)$// Неорган.материалы 1985.т.21. №10. с.1796.
4. *Годжаев Э.М., Рзаева К.М.* Некоторые свойства твердых растворов системы $TlInSe_2 - TlNdSe_2$// Неорган.материалы 1986. т.22. №12 с.2061
5. *Годжаев Э.М., Гулиев Л.А., Зарбалиев М.М., Нагиев А.Б.* Термоелектрическая эффективность твердых растворов системы $TlInTe_2 - InGdTe_2$// Неорган.материалы 1984. т.20. №10. с1628.
6. *Годжаев Э.М., Зарбалиев М.М., Мустафаева Р.С., Нагиев А.Б.* Термоэлектрическая эффективность твердых растворов на основе $TlInTe_2$//. Тез.докл. IV Всесоюз.конф. "Тройные полупроводники и их применение." Кишинев: Штиинца. 1983. с. 126.
7. *Гусейнов Я.Ю., Байрамов Д.Д., Мустафаева У.М., Магеррамов А.Б.*[*] Синтез и свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ // Неорган.материалы 2012, т.48. №4. с.394-397.
8. *Байрамов Д.Д.* Электрофизические и упругие свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xS_2$. Дис. на соискание уч.степ.канд.физ.- мат.наук. Баку. 1991. с. 135.

Pd2Si/n- Si ŞOTTKİ DİODLARININ DİELEKTRİK PARAMETRLƏRİNƏ İŞIĞIN TƏSİRİ

Bayramov C.C., Abdulova İ.N.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sunqayıt, Azərbaycan
d.d.bayramov@mail.ru

Açar sözlər: Hal diaqramı,Elektrikkeçiriciliyi, Holl əmsalı, Termo-e.h.q.

$TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ ərintiləri sintez edilmişdir. Rentgeqrafik və elektrofiziki tədqiqatlar göstərilmişdir ki, $TlGdTe_2$ birləşməsi $TlInTe_2$.-də 10 мол % həll olunur. Müəyyən edilmişdir ki, In_2 atomlarının Gd atomları ilə əvəz etdikdə qadağan olunmuş zonanın eni azalır,elementar qəfəs parametrləri artır. Rentgeqrqafik tədqiqat hesabına müəyyən edildi ki, $TlGdTe_2$ bərk məhlulları $TlInTe_2$ birləşməsi əsasında tetraqonal simvoliyadakristallaşır.

INFLUENCE OF ILLUMINATION ON THE DIELECTRIC PARAMETERS OF PD2SI / N-SI SCHOTTKY DIODES

Bayramov Dj.Dj., Abdulova I.N.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sunqayıt, Azərbaycan
d.d.bayramov@mail.ru

Keywords: fazediagrams, electrical conductivity, Hall coefficient, thermal conductivity.

Alloys of the system have been synthesized. TlIn1-xGdxTe2(S2) and electrophysical studies have shown that it dissolves up to 10 mol% in. It was found that when indium atoms are replaced by gadolinium atoms, the band gap decreases and the unit cell parameters increase. TlIn1-xGdxTe2(S2) analysis of the crystals of the system showed that solid solutions crystallize in the tetragonal system based on the lattice of the initial ternary compound.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО СТОЛБА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ГЕЛИИ В РЕЖИМЕ ПРЯМОЙ ИОНИЗАЦИИ

Гусейнов Т.Х., Гарибов Г.И., Сафаров В.Г.,
Расулов Э.А., Мурадов Э.Ф., Аллахвердиев Ш.А.
Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
htarlan@mail.ru, eldarasul@gmail.com

Ключевые слова: дуговой разряд, положительный столб, режим прямой ионизации, ступенчатая ионизация, режим модуляции, импеданс.

Теоретически и экспериментально исследован динамический режим положительного столба дугового разряда в электрическом разряде в гелии в режиме прямой ионизации, и выявлено, что динамическое сопротивление носит индуктивный характер. При значении ω = 0 годограф начинается в начале координат, с увеличением частоты активная и реактивная составляющие импеданса возрастают, а при значении частоты $2\pi\tau a{-}1$ реактивная составляющая достигает своего максимального значения, после чего уменьшается

В настоящее время большой интерес к физике плазмы стал причиной развития научно-исследовательских работ в этой области. Одной из них является работа Е.А. Рыкова и Р.Ю. Цветкова [1]. В этой работе методами диагностики измерены параметры плазмы и разработаны программные коды для модуляции спектров излучения положительного столба (ПС) газового разряда. Элементарные процессы, протекающие в динамическом режиме в ПС, впервые теоретически изучены Грановским [2]. В этой работе исследованы нестационарные процессы, происходящие в газовом разряде, т. е. ускорение пучка частиц, а также их исчезновение в результате инерции электрического разряда. Однако в указанных работах не даётся никакой информации об импедансе плазмы газового разряда. Таким образом, исследование импеданса плазмы газового разряда является одной из актуальных задач физики плазмы. Ввиду невозможности решения задач такого типа в общем виде, предлагаются нижеследующие предположения:

1. Рассматривается газовый разряд, основной частью которого является плазма (например, положительный столб в длинной разрядной трубке). В этом случае катодная и анодная части разряда не учитываются и предполагается наличие только лишь дополнительного падения потенциала.

2. Ток смещения, в сравнении с током проводимости, не учитывается. Плотность тока проводимости определяется выражением

$$j_e = n_e b_e E_z e = n_e e^{3/2} \lambda_e \sqrt{\frac{\pi}{8 m_e U_e}} E_z$$

($U_e = \frac{\mathrm{k}T_\mathrm{e}}{\mathrm{e}}$, здесь T_e – электронная температура, λ_e – длина свободного пробега, e –заряд, m_e – масса электрона, а E_z – напряжённость аксиального электрического поля). Учитывая, что плотность тока смещения $j_d = \frac{1}{4\pi}\frac{\mathrm{d}E_z}{\mathrm{dt}}$, при $E_z = E_0 e^{2\pi i \nu t}$ имеем $|j_d| = \frac{\nu}{2}|E_z|$ и $\frac{|j_d|}{|j_e|} = \frac{\nu}{n_e e^{3/2}\lambda_e}\sqrt{\frac{2 m_e U_e}{\pi}}$. Если $n_\mathrm{e} = 1\cdot10^9$ см$^{-3}$, $\lambda_\mathrm{e} = 0{,}01$ см, $U = 10$ эВ = 1/30 СГСЭ, то до частот порядка

$\nu = 1\cdot10^6$ Гц отношение $\frac{|j_d|}{|j_e|}$ не превышает 5%. С увеличением концентрации электронов и λ_e полоса пропускания смещается в сторону высоких частот.

Таким образом, при этих условиях исчезает проблема возникновения высокочастотных колебаний.

3. Для давления газа удовлетворяется условие $\lambda_p << r$. Здесь r – линейный размер плазмы (например, радиус трубки), λ_p – длина свободного пробега положительного иона .

4. Плазма квазинейтральна, т.е. концентрация ионов приблизительно равна концентрации электронов: $n_i \approx n_e$.

5. Распределение электронов по скоростям подчиняется закону Максвелла.

6. Электронный газ получает энергию от электрического поля и теряет её в результате столкновений с атомами или молекулами (столкновения второго рода не учитываются). Средняя энергия, теряемая в результате одного столкновения, пропорциональна разности средней энергии электронов U_e и средней энергии атомов газа U_q: $\Delta U_e = \varkappa\left(U_e - U_\mathrm{q}\right)$. Для упругих столкновений $\varkappa$ = const, и если одновременно учесть неупругие столкновения, то коэффициент теплопроводности $\varkappa$ будет функцией U_e.

7. В разряде непосредственно ионизируются нормальные атомы (прямая ионизация).

8. Разрядная трубка посредством сопротивления R подсоединяется к источнику ЭДС.

Эти предположения приводят к нижеследующей системе уравнений:

1. Уравнение баланса ионов:

$$\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}t} = D_a \Delta n + z_i n_e. \tag{1}$$

Здесь z_i – скорость ионизации (число электрон-ионных пар, созданных одним электроном за 1 секунду), D_a – коэффициент амбиполярной диффузии: $D_a = U_e b_p = U_e \frac{b_i}{p}$. Величина b_i характеризует подвижность положительных ионов при давлении p = 1 Тор.

2. Уравнение скорости ионизации:

$$z_i = \alpha p U_e^{1/2} e^{-\frac{U_i}{U_e}} \tag{2}$$

Здесь U_i – потенциал ионизации газа, α – постоянная.

3. Уравнение баланса энергии электронного газа. За одну секунду каждый электрон приобретает в среднем энергию

$$b_e {E_z}^2 l = \sqrt{\frac{\pi}{8 m_e U_e}} \frac{{E_z}^2 e^{3/2}}{\sigma p},$$

а в результате столкновений теряет энергию, равную $\frac{4\sqrt{2}\varkappa\sigma p e^{3/2}}{\sqrt{\pi m_e}}\left(U_e - U_\mathrm{g}\right)\sqrt{U_e}$.

Баланс энергии:

$$\frac{dU_e}{dt} = \frac{2\mathrm{g}}{3e}\frac{E^2}{p\sqrt{U_e}} - hp\left(U_e - U_\mathrm{g}\right)\sqrt{U_e}. \tag{3}$$

Здесь $\mathrm{g} = \frac{e^{3/2}}{2\sigma}\sqrt{\frac{\pi}{2m_e}}$, $h = \frac{3}{8}\sqrt{\frac{2e}{\pi m_e}}\sigma\varkappa$.

4. Уравнение подвижности:

$$\mathcal{J} = e N_e b_e E_z. \tag{4}$$

Здесь $N_e = 2\pi\int_0^r n_e(r) r \mathrm{d}r$ – число электронов, приходящихся на 1 см длины положительного столба.

5. Уравнение тока для полной цепи:

$$\mathcal{J} = \frac{\varepsilon - k_c - lE_z}{R}. \tag{5}$$

Здесь l – длина столба плазмы.

В этих системах два уравнения содержат инерционный фактор: (1) выражает конечную скорость ионов, а (3) конечную теплоемкость электронного газа. Если в выражении (1) учесть, что

$$n = n_0(t) I_0\left(\frac{\mu r}{a}\right)$$

(здесь n_0 – концентрация на оси разрядной трубки, I_0 – функция Бесселя), то

$$\frac{\mathrm{d}n_0}{\mathrm{d}t} = \left(Z - \frac{\mu^2 b_i}{a^2 p} U_e\right) n_0. \tag{6}$$

А уравнение (4) может быть записано в виде

$$\mathcal{J} = \frac{S g^2 a^2 E n_0}{p U_e}. \tag{7}$$

Здесь $S = \frac{2\pi I_0(\mu)}{\mu}$.

Исключая $\mathcal{J}$ из уравнений (5) и (7), находим

$$E_z = \frac{\varepsilon - k_c}{l + \frac{S g a^2 R}{p\sqrt{U_e}} n_0}. \tag{8}$$

Подставляя выражения (7) и (2) в (6), всю систему уравнений можно привести к двум дифференциальным уравнением первого порядка:

$$\frac{\mathrm{d}n_0}{\mathrm{d}t} = \left(\alpha p U^{1/2} e^{-\frac{U_i}{U_e}} - \frac{\mu^2 b_i}{a^2 p} U_e\right) n_0, \tag{9}$$

$$\frac{\mathrm{d}U_e}{\mathrm{d}t} = \frac{2g}{3e} \frac{(\varepsilon - k_c)^2 p\sqrt{U_e}}{\left[e p\sqrt{U_e} + S g a^2 R n_0\right]^2} - h p\sqrt{U_e}\left(U_e - U_g\right). \tag{10}$$

Здесь h – и g – величины, зависящие от энергии электронов, E_z– аксиальная составляющая напряженности электрического поля, n_0 – концентрация электронов на оси положительного столба.

Если в случае стационарной плазмы ($\frac{\mathrm{d}n_0}{\mathrm{d}t} = 0$, $\frac{\mathrm{d}U_e}{\mathrm{d}t} = 0$) в момент времени $t = 0$ напряжённость аксиального электрического поля в плазме $E_z = 0$, то можно считать, что в плазме произошёл процесс полной деионизации.

Система уравнений (6-7) или (9-10) позволяет анализировать все проблемы, характеризующие динамическое состояние электрического разряда. Например, каким образом происходит переход от значения силы тока $\mathcal{J}_1$ к значению $\mathcal{J}_2$? Известно, что в стационарном разряде только лишь в режиме прямой ионизации при любом значении разрядного тока напряжённость электрического поля остается постоянной. В этом случае предполагается, что в определенный момент времени ε (ЭДС) или сопротивление R уменьшается и электрический разряд переходит в стационарное состояние ($\mathcal{J} = \mathcal{J}_1$, $U_e = U_{e0}$). Вместе с тем, из-за усиления поля сила тока $\mathcal{J}$ и величина U_e тоже постепенно увеличиваются. Рост U_e усиливает процесс ионизации и нарушает равновесие концентрации в направлении увеличения. Поскольку рост n_e является причиной последующего увеличения разрядного тока $\mathcal{J}$, напряжение и градиент напряженности электрического поля в разрядной трубке уменьшаются. Когда напряжение достигает своего статического значения, снова восстанавливается состояние равновесия, однако в этом случае сила тока $\mathcal{J}_1$ и концентрация n имеют более высокие значения. Так как в случае перехода от большей силы тока к меньшей значения U_e и E ниже по сравнению со стационарными, то процесс идёт в обратном направлении. В результате любое изменение разрядного тока со временем становится причиной отклонения E и n_e от их стационарных значений.

Такой подход применяется не только при прямом, но также и ступенчатом характере процесса ионизации, и в этом случае статическая вольт-амперная характеристика тоже имеет падающий характер. Однако, наличие режима ступенчатой ионизации недостаточно для того, чтобы статическая характеристика имела падающий характер. Кроме того, этот вывод не вытекает из системы уравнений (1 - 5) или (9 - 10). Поэтому режим ступенчатой ионизации требует отдельного исследования.

В рассматриваемом режиме нами прямой ионизации для характеристики динамических свойств электрического разряда используется [5, 6] система уравнений

$$\frac{\mathrm{d}n_e}{\mathrm{d}t} = N_0 \alpha_{0i} n_e - \frac{n_e}{\tau_a}, \tag{11}$$

$$j = n_e e b_e \mathrm{E}_z, \tag{12}$$

Здесь n_e, N_0 – концентрации электронов и атомов в нейтральном состоянии, α_{0i} – коэффициент, характеризующий скорость прямой ионизации, τ_a – время жизни электронов, определяемое биполярной диффузией, j – плотность разрядного тока, b_e – подвижность электронов, E_z – напряжённость аксиального электрического поля.

В случае малых возбуждений решение этой системы уравнений в линейном приближении для единичной длины ПС имеет вид

$$Z_1 = \frac{E_1}{j_1} = \frac{i\omega}{\omega_0 + i\omega} R_0. \tag{13}$$

Здесь приняты обозначения $\omega_0 = N_0 \dfrac{d\alpha_{0i}}{dE} E_0$, $R_0 = \dfrac{E_0}{j_0}$, j_0 и j_1 – постоянная составляющая и комплексная амплитуда плотности разрядного тока, E_1 – комплексная амплитуда колебаний аксиального электрического поля.

Значения величин, входящих в эти выражения, даны в таблице 1. Здесь N_m – заселённость триплетного метастабильного уровня, α_mi – коэффициент, характеризующий скорость реакции ионизации метастабильного атома электронным ударом. Используя эти значения, а также выражение (13) распределение динамического сопротивления (годограф) показан на рисунке 1, а). Из этого рисунка видно, что динамическое сопротивление носит индуктивный характер.

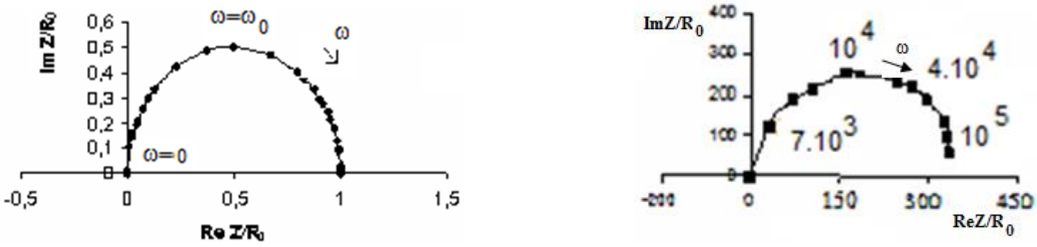


Рис. 1. Годографы динамического сопротивления: a) теоретический (построенный на основе выражения (13)), b) экспериментальный

При ω = 0 годограф начинается с начала координат, с увеличением частоты активная и реактивная составляющая импеданса возрастают, при значении частоты $2\pi\tau_a^{-1}$ реактивная составляющая достигает своего максимального значения, а затем уменьшается. Активная составляющая и модуль динамического сопротивления всё время монотонно возрастают. При

высоких частотах импеданс носит активный характер и принимает значение, равное удельному сопротивлению положительного столба.

Таблица 1. Условия разряда гелия в режиме прямой ионизации.

p, Торр	J_b, мА	R_0, Ом·см	E_0, В/см	j_0, А/см^2	n_e, см$^{-3}$
0,06	50	$3{,}8\cdot10^2$	2,7	$7{,}08\cdot10^{-3}$	$2{,}2\cdot10^9$
N_m, см$^{-3}$	$n_e\alpha_{oi}N_0$, см$^{-3}$с$^{-1}$	$n_e\alpha_{mi}N_m$, см$^{-3}$ с$^{-1}$	τ_a^{-1}, с$^{-1}$	N_0, см$^{-3}$	-
$1{,}5\cdot10^9$	$3{,}77\cdot10^{14}$	$6{,}6\cdot10^{12}$	$2\cdot10^5$	$1{,}9\cdot10^{15}$	-

Для измерения динамического сопротивления использованы условия разряда, приведенные в таблице 1. Эксперимент проводился в разряде спектрально чистого гелия. Внутренний диаметр и длина разрядной трубки составляли соответственно $d = 3$ см и $L = 60$ см. В трубке расположены нагреваемый вольфрамовый катод; конусообразный анод, изготовленный из никеля; зонды для измерения параметров плазмы. Для устранения стратовых колебаний разрядный ток и давление газа выбраны за пределами области существования стратовых колебаний.

Как видно из таблицы 1, скорость прямой ионизации примерно на 2 порядка ($3{,}77\cdot10^{14}$) больше скорости ступенчатой ионизации ($6{,}6\cdot10^{12}$). Число ступенчатых ионизаций составляет 20% от числа ионизаций на двух других триплетных метастабильных квантовых уровнях. Кривая импеданса, измеренная в этом режиме, показана на рисунке 1, b). Значения частоты модуляции на диаграмме даны в герцах (Гц). Как видно из рисунка, кривая начинается в начале координат. С увеличением частоты активная и реактивная составляющие импеданса увеличиваются, кроме того, реактивная составляющая при всех частотах носит индуктивный характер. Реактивная составляющая импеданса достигает максимального значения при частоте 10^4 Гц, а затем уменьшается. При относительно высоких частотах реактивная составляющая импеданса с ростом частоты уменьшается, и кривая импеданса принимает действительное значение, равное постоянному значению сопротивления положительного столба разряда. Сравнивая теоретические и экспериментальные кривые импеданса видим, что ход годографов качественно совпадает [3-7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыков Е.А., Цветков Р.Ю. Исследование и моделирование спектров излучения газового разряда // Молодой ученый. Россия, 2016, № 14, с.37-41.

2. Грановский В.Л. Электрический ток в газе, М.-Л.: Наука, 1971, т. 2, 543 с.

3. Hüseynov T.X. Müxtəlif təzyiq intervalında elementar proseslərin müsbət sütun plazmasının dinamik müqavimətinə təsiri / “Fizika-2005” Beynəlxalq konfransının materialları, Bakı, 2005, s.526-530

4. Гусейнов Т.Х. Влияние различных механизмов разрушения метастабильных уровней на динамическое сопротивление дуги среднего давления // Известия НАНА, серия физ.-мат. и техника, физика и астрономия, Баку, 2004, № 2, с.116-122

5. Гусейнов Т.Х. Положительный столб разряда при больших глубинах модуляции разрядного тока без учета ступенчатой ионизации// Известия вузов. Физика, Россия, Томск,

2017, T. 60, № 9, c.70-78

6. Hüseynov T.X. Elektrik boşalmasında baş verən elementar proseslərin dinamik xassələri və tezlik xarakteristikaları // AMEA-nın xəbərləri, Fizika, Bakı, 2015, № 3, s.3-8

7. Baricholo P., Hlatywayo D.J., Bergmann H.M. and. etc. Influence of gas discharge parameters on emissions from on dielectric barrier discharge excited argon excimer lamp // S. Afr. j. sci., Pretoria Jan, 2011, v.107, pp.11-12

HELİUMUN ELEKTRİK BOŞALMASINDA BİRBAŞA İONLAŞMA REJİMİNDƏ MÜSBƏT SÜTUNUNUN DİNAMİK NƏZƏRİYYƏSİ

Hüseynov T.X., Qaribov Q.İ., Safarov V.Q.,
Rasulov E.A., Muradov E.F., Allahverdiyev Ş.A.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: qövs boşalması, müsbət sütun, birbaşa ionlaşma rejimi, pilləli ionlaşma, modullaşma rejimi, impedans.

Birbaşa ionlaşma rejimində olan heliumda qövs boşalması müsbət sütununun dinamik rejimi nəzəri və təcrübi tədqiq edilmiş və göstərilmişdir ki, müsbət sütunun dinamik müqaviməti induktiv xarakter daşıyır. ω = 0 qiymətində qodoqraf koordinat başlanğıcından başlanır və tezlik artdıqca, impedansın aktiv və reaktiv toplananları artır, tezliyin $2\pi\tau_a^{-1}$qiymətində reaktiv toplanan öz maksimum qiymətini alaraq, sonra azalır.

DYNAMIC THEORY OF POSITIVE COLUMN OF ELECTRIC DISCHARGE IN HELIUM IN THE MODE OF DIRECT IONIZATION

Huseynov T.Kh., Garibov G.I., Safarov V.G.,
Rasulov E.A., Muradov E.F., Allahverdiev Sh.A.
Baku State University, Baku, Azerbaijan

Keywords: arc discharge, positive column, direct ionization mode, stepwise ionization, modulation mode, impedance.

The dynamic mode of the positive column of arc discharge in an electric discharge in helium in the direct ionization mode is theoretically and experimentally investigated, and it is revealed that the dynamic resistance is inductive in nature. At a value of ω = 0, the hodograph begins at the origin of the coordinates, active and reactive components of the impedance increase with an increase in frequency, and at a frequency of $2\pi\tau_a^{-1}$, the reactive component reaches its maximum value, and then decreases.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ ПРОБОЯ В ДЛИННОЙ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ТРУБКЕ

Джафарова Н.Х., Садых – заде Г.М.

Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан

Narminjafarova96@gmail.com

Ключевые слова: волна ионизации, магнитное поле, распределенная емкость

В данной работе изучено влияние магнитной индукции на распространение волны ионизации. Показано, что изменение распределенной емкости по длине трубки не оказывает существенного влияния на скорость фронта ионизации, если первоначальные емкости C_0 , с которых стартует волна, имеют одно и те же значение. При этом имелось в виду, что емкость вдоль трубки или равномерно увеличивается, или равномерно уменьшается. Установлено, что при всех исследованных разрядных условиях скорость фронта не зависит от величины индукции магнитного поля.

Впервые влияние однородного магнитного поля на процесс развития разряда в длинной трубке исследовалось авторами работ [1, 2]. Эксперименты [1,3] проводились в инертных газах Ar и He при наличии предварительной ионизации и давлениях от 0,2 до 9 Тор. При подаче между поджигающим электродом (п.э.) и обкладками в виде колец, создающими равномерно распределенную емкость, синусоидального напряжения U(t) пробой газа в течение каждого периода колебаний осуществлялся дважды: как на участке возрастания U(t), когда происходила зарядка стенки, так и при убывании U(t), сопровождающемся разрядкой стенки.

В настоящей работе приводятся результаты проведенного экспериментального исследования воздействия магнитного поля на развитие разряда в длинной трубке с переменной распределенной емкостью.

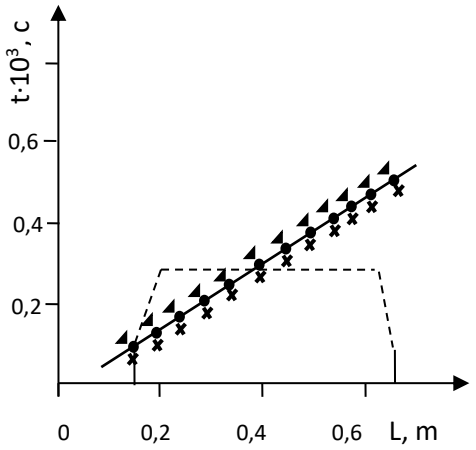


Рис 1 .Зависимость времени перемещения фронта ионизации от расстояния до т.э.

Эксперимент проводится в стеклянной газоразрядной трубке, длина которой 0,8 *м*, а внутренний диаметр 0,32 *м*. Газоразрядная трубка заполняется аргоном до давления P = 1,2 Тор. Аргон выбирался как наиболее часто используемый в люминесцентных лампах, моделью

которых являлась наша газоразрядная трубка. По всей длине трубки расположены обкладки из алюминиевой фольги. Ширина этих обкладок составляет $3 \cdot 10^{-2}$ *м*, а расстояние между ними 10^{-2} *м*. Первые три кольца надеты непосредственно на трубку. А между остальными обкладками и трубкой имеются диэлектрические прокладки, толщина которых меняется от $2 \cdot 10^{-4}$ до $1{,}0 \cdot 10^{-8}$ *м*. Это сделано для того, чтобы по мере удаления обкладок от поджигающего электрода, емкость обкладок уменьшалась. Разница между емкостью первой обкладки и последней составляет ~ 20 раз. Эти обкладки образуют вдоль трубки емкость $C_1 - C_n$.

Рассмотрено, какие изменения вносит внешнее продольное магнитное поле в основные характеристики исследуемого разряда.

Многочисленные измерения показали, что так же, как это впервые было вначале установлено для «медленных» волн в трубках с постоянной C_0 [1], а затем и для «высокоскоростных» волн ионизации [3], скорость υ распространения фронта ионизации вдоль трубки с переменной погонной емкостью не зависит от индукции магнитного поля **B**. Этот факт характерен и для случая, когда волна распространяется в сторону уменьшения значения емкости C_0 , и при движении в сторону ее увеличения, независимо от начальных условий.

Подобная картина наблюдалась и в обратном направлении распространения фронта ионизация, хотя в случае, когда разряд развивался в сторону увеличения емкости и стартовал с минимальной C_0 , численные значения скорости были выше.

Для того, чтобы исследовать воздействие неоднородного магнитного поля на скорость фронта, были проделаны специальные измерения скорости фронта по времени сдвига импульса в цепи обкладок, когда часть их попадала в область неоднородности магнитного поля на выходе из соленоида. Для этого соленоид сдвигался относительно трубки, так, чтобы вблизи его торцов располагалось несколько обкладок. Оказалось, что скорость не меняется и при движении фронта через область неоднородного магнитного поля на входе и выходе из соленоида. Результаты этих измерений при давлении 0,27 Тор, параметрах генератора 1000 В и 120 Гц представлены на графике времени прохождения фронта вдоль трубки при различных значениях магнитной индукции **B** в области однородного поля внутри соленоида: 0, 360 и 1560 Гс (рис.1) . На этом же рисунке, для наглядности, пунктирной линией показано измеренное распределение индукции магнитного поля вдоль оси внутри соленоида и его расположение относительно разрядной трубки. Видно, что область неоднородности распространяется на расстояние по 8 см внутрь соленоида от его краев, так , что часть обкладок попадает в эту область. Оказалось, что скорость не меняется и при движении фронта через область неоднородного магнитного поля на входе и выходе из соленоида.

Таким образом, неоднородное магнитное поле, так же, как и однородное, не влияет на величину скорости фронта υ, независимо от того , в каких разрядных условиях и при каких режимах происходит его распространение. Остальные закономерности, характерные для скорости волны, распространяющейся в трубке с переменной распределенной емкостью, остаются прежними при наличии магнитного поля: если начальные значения C_0 у п.э. одни и те же, скорость υ не меняется при изменении направления движения волны, т.е. не зависит от того, увеличивается, или уменьшается емкость C_0 по длине. Если же стартовые значения C_0 различны, то скорость υ выше там, где начальная емкость меньше. По длине же трубки скорость фронта не меняется при всех исследованных разрядных условиях.

При анализе вышеизложенных результатов можно сделать следующий вывод о том, что изменение распределенной емкости по длине трубки не оказывает существенного влияния на скорость фронта ионизации, если первоначальные емкости C_0 , с которых стартует волна, имеют одно и те же значение. При этом имелось в виду, что емкость вдоль трубки или равномерно увеличивается, или равномерно уменьшается. Установлено, что при всех исследованных разрядных условиях скорость фронта не зависит от величины индукции магнитного поля.

Основные закономерности, экспериментально установленные в настоящей работе, находят как качественное объяснение в рамках современной теории двухмерных ионизующих солитонов поля, [4]так и оригинальную интерпретацию.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Недоспасов А. В., Садыхзаде Г. М., Эфендиев К. И. «Влияние магнитного поля на пробой в длинной разрядной трубке» ТВТ, 1983, т.21, №6, с.1062-1065
2. Асиновский Э.И., Лагарьков А. Н., Марковец В.В.,Руткевич И.М., Ульянов А.М., Филюгин И.В. « Влияние продольного магнитного поля на структуру быстрой волны ионизации и формируемый импульс тока» ТВТ, 1987, т. 23, № 5, с.842 – 846.
3. Садыхзаде Г. М., «Волна ионизации при пробое длинной трубки в аргоне» Fizikanın müasir problemləri, III Respublika elmi – praktiki konfransının materialları, Bakı, 2009, s.144 – 146.
4.Лагарьков А. Н., Руткевич И. М., « О распространении «медленных фронтов ионизации в разрядных трубках» ТВТ, 1983, т.21, №6 . с.1053 – 1057
5. Недоспасов А. В., «О некоторых явлениях при зажигании электрических разрядов в длинных трубках» ТВТ, 2013, вып 4, с.483-487.
6. Недоспасов А. В., Влияние продольного магнитного поля на электрический пробой газа в длинных трубках» Инж.физика №9, 2012. с.35-38.

UZUN QAZ BOŞALMASI BORUSUNDA ALIŞMA MEXANIZMLƏRININ BƏZI XÜSUSIYYƏTLƏRI

Cəfərova N.X., Sadıxzadə Q.M.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan
Narminjafarova96@gmail.com

Açar sözlər: ionlaşma dalğası, maqnit sahəsi, paylanmış tutum

Bu işdə maqnit induksiyasının ionlaşma dalğasının yayılmasına təsiri öyrənilmişdir. Borunun uzunluğu boyunca paylanmış tutumun dəyişməsi ionlaşma cəbhəsinin sürətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etmədiyi göstərilir

OME FEATURES OF BREAKDOWN MECHANISMS IN A LONG GAS-DISCHARGE TUBE

Jafarova N.X., Sadıkhzade G.M.
Baku State University, Baku, Azerbaijan
Narminjafarova96@gmail.com

Keywords: ionization wave, magnetic field, distributed capacitance

In this work, the influence of magnetic induction on the propagation of the ionization wave is studied. It is shown that a change in the distributed capacitance along the length of the tube does not significantly affect the velocity of the ionization front

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БАРЬЕРА РЕАЛЬНЫХ ДИОДОВ ШОТТКИ

Мамедов Р.К., Асланова А.Р., Исамалыева Т.Э., Мусаева Н.М.
Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан
rasimaz50@yahoo.com

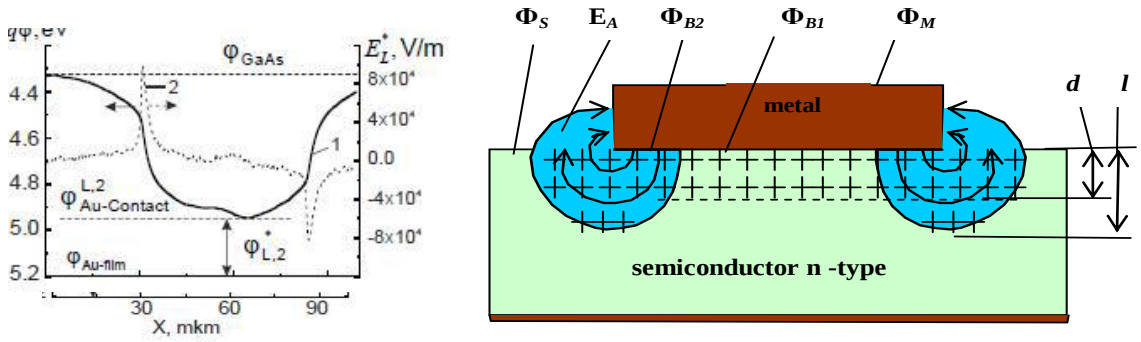
Ключевые слова: диод Шоттки; модель двухбарьерного ДШ; дополнительное электрическое поле; потенциальный барьер; результирующее электрическое поле.

Реальные диоды Шоттки с дополнительным электрическим полем (ДЭП) описываются энергетической структурой двухбарьерного контакта, состоящего из двух частей – внутренней с электрическим полем области пространственных зарядов и периферийной с результирующим электрическим полем. Получено, что высоты потенциального барьера Au-nGaAs диодов Шоттки, вычисленные методами прямой и обратной ветвей ВАХ могут быть отличаться под действием ДЭП. Такое расхождение между высотами потенциальных барьеров ДШ становится равным по величине напряжению ДЭП.

Развитие современной электронной техники открыли широкие возможности детально исследований электронных процессов, происходящих в реальных контактах металл – полупроводник (КМП), особенно в диодах Шоттки (ДШ) с микро- и наноразмерами, широко использованных в разработке дискретных полупроводниковых приборов и интегральных схем [1-5]. Установлено, что возникновение дополнительного электрического поля (ДЭП) вокруг металлических контактов за счет ограничения контактной поверхности ДШ [3], которое были непосредственно измерено методами сканирующих зондовых микроскопии (СЗМ) [5-7] может играть достаточно большую роль в понимании отклонения рабочих электрических параметров реальных ДШ от теоретических расчетных. При этом, реальные ДШ с ДЭП могут быть описываться энергетической структурой двухбарьерных контактов, состоящих из внутренней части с электрическим полем объемных пространственных зарядов (ОПЗ) и периферийной части с результирующим электрическим полем, возникающим суперпозицией электрического поля ОПЗ и ДЭП [8].

Энергетические структуры двухбарьерных ДШ определяются свойствами контактирующих материалов и конструктивной структурой с определенными геометрическими параметрами контактов[9,10]. В [9] показано, что ДЭП вокруг контакта металла золота (Au) на поверхности nGaAs полупроводника оказывает заметное влияние на поверхностный потенциал (работы выхода) свободных поверхностей металла и полупроводника. Под действием ДЭП на поверхность Au – nGaAs ДШ с диаметрами 5 и 500 мкм работа выхода золота в центральной области поверхности уменьшается около 0,56 и 0.12 эВ, соответственно. А в Au – nGaAs ДШ прямоугольной формой с ширинами 2 и 190 мкм под действием ДЭП работа выхода в центральной области контакта золота уменьшается около 0.6 и 0.18 эВ, соответственно. На рис. 1*a* представлено одномерные $\varphi(x)$ распределения электростатических потенциалов (работ выхода $q\varphi$) поверхности (сплошные кривые *1*) и

электростатических полей E_L (x) (пунктирные кривые контакта металл -полупроводник с барьером Шоттки с прямоугольной (40 × 260 мкм) формой. Из рисунка видно, что на поверхности полупроводника за периферией контакта наблюдается переходная область (ореол) плавно изменяющегося потенциала протяженностью l_i, а также переходная область плавно изменяющегося потенциала протяженностью l_{ci} на поверхности металла. На центрах металлического контакта работа выхода уменьшается на величину φ_L^* и на его краях максимум напряженности электростатического поля становится равны на величину E_{Lmax}^*.



a) *b*)

Рис. 1. Одномерные $\varphi(x)$ распределения электростатических потенциалов (работ выхода $q\varphi$) поверхности (сплошные кривые *1*) и электростатических полей E_L (x) (пунктирные кривые *2*) контакта металл-полупроводник с размерами 40 × 260 мкм (*a*) и схематической структурой (*b*).

.

ДЭП в реальных ДШ, возникающее за счет разности потенциалов между контактной поверхностью и к ней примыкающими свободными поверхностями металла и полупроводника, распространяется вокруг контакта и прикрывает периферийную часть контактной поверхности металла и свободную поверхность полупроводника [3]. Распределение напряженности и потенциала ДЭП становятся зависящими от природы с контактирующих материалов, геометрической формы и размеров контактной поверхности и конструктивной структуры ДШ. Результаты исследования методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) показывает, что одним из существенно влияющих факторов на характер распределения ДЭП является размеры контактной поверхности ДШ.

На рис.1*b* схематично представлено поперечное сечение достаточно широкого контакта металла с работой выхода Φ_M и полупроводника n-типа с работой выхода с Φ_S, где вокруг контакта образуется ДЭП с напряженностью E_A, которое охватывает периферийную контактную поверхность. Контактная поверхность ДШ состоит из двух - внутренней и периферийной частей с высотами потенциального барьера Φ_{B1} и Φ_{B2}., соответственно.

При приложении прямого напряжения к ДШ его ВАХ, состоящей из суммы токов внутренней I_{F1} и краевой I_{F2} частей контакта определяется формулой [8]:
при $0<U\leq/-U_C/$,

$$I_F = I_{F1} + I_{F2} = S_1 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B1}}{\kappa T}\right)\left[\exp\left(\frac{qU}{n_{11}\kappa T}\right) - \exp\left(-\frac{qU}{n_{12}\kappa T}\right)\right] +$$
$$+ S_2 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B2}}{\kappa T}\right)\left[\exp\left(\frac{-n_{21}qU_C + qU}{n_{21}\kappa T}\right) - \exp\left(-\frac{qU}{n_{22}\kappa T}\right)\right] \quad (1)$$

и при $U>/-U_C/$,

$$I_F = SAT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{BA}}{\kappa T}\right)\left[\exp\left(\frac{qU}{n\kappa T}\right) - \exp\left(-\frac{qU}{n'\kappa T}\right)\right] \quad (2)$$

Все обозначения в формулах являются общепринятыми.

Характер начального участка прямой ветви ВАХ ДШ определяется численными значениями $S_1, S_2, \Phi_{B1}, \Phi_{B2}$ и особенностями изменений Φ_{B1} и Φ_{B2} на величины $q\beta_1 U$ и $q\beta_2 U$, соответственно. Когда приложенное напряжение становится равным напряжению ДЭП ($U=/-U_C/$), через краевую часть с S_2 контакта течение тока прекращается. При дальнейшем увеличении напряжения ($U>/-U_C/$) через обе части с Φ_{B1} и Φ_{B2} контакта будут протекать токи в прямом направлении. ДШ с общей площадью контакта S будет иметь действующую высоту потенциального барьера Φ_{BA}, коэффициент идеальности n, безразмерный коэффициент n' и его ВАХ будет определяться формулой (2).

При приложении обратного напряжения (U<0) к ДШ его ВАХ, состоящей из суммы токов внутренней I_{R1} и краевой I_{R2} частей контакта определяется формулой [8]:

$$I_R = I_{R1} + I_{R2} = S_1 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B1}}{\kappa T}\right)\left[\exp\left(-\frac{qU}{n_{r11}\kappa T}\right) - \exp\left(\frac{qU}{n_{r12}\kappa T}\right)\right] +$$
$$+ S_2 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B2}}{\kappa T}\right)\left[\exp\left(\frac{-n_{r21}qU_C - qU}{n_{r21}\kappa T}\right) - \exp\left(\frac{qU}{n_{r22}\kappa T}\right)\right] \quad (3)$$

Характер обратной ветви ВАХ ДШ также определяется численными значениями S_1, S_2, Φ_{B1}, Φ_{B2} и особенностями изменений Φ_{B1} и Φ_{B2} на величины $q\beta_{r1}U$ и $q\beta_{r2}U$, соответственно.

Исследование токопрохождения в ДШ с различными диаметрами (5 – 500 мкм), изготовленных электрохимическим осаждением по стандартному технологию пленки золота толщиной около 0.5 мкм на эпитаксиальную поверхность GaAs с толщиной около 1 мкм и концентрацией доноров $6.4 \cdot 10^{14}$ см$^{-3}$ [9]. ВАХ в прямом и обратном направлениях Au-nGaAs с различными диаметрами **(** D=5, 15, 30, 50, 100, 200 и 500 мкм**),** хорошо описывающих формулами (1) – (3). Получено, что прямые ветви ВАХ ДШ с различными диаметрами смещаются от оси ордината на величину ΔU^i в направлении возрастания напряжения и согласно теорией термоэлектронной эмиссии изображаются прямыми линиями в полулогарифмическом масштабе в широком интервале тока. Это показывает, что при этом второе слагаемое в формуле (1) преобладает над первым слагаемом, т.е. токи внутренней части контакта все еще остается незначительными. Величина ΔU^i увеличивается с уменьшением диаметра контакта и это показывает, что токи в Au-nGaAs ДШ при прямом смещении начинает протекать после компенсации напряжения ($-U_C$) ДЭП с приложенным напряжением, равным на величину ΔU^i, как это следует из формулы (1), и при дальнейшем увеличении напряжения ($U>\Delta U^i$) ВАХ ДШ определяется формулой (2). Увеличение ΔU^i с уменьшением размеры контакта свидетельствует о том, что напряжение U_C ДЭП в краевой

приконтактной области ДШ также увеличивается с уменьшением диаметра контакта. Были определены токи насыщения I_{Sf} путем экстраполяцией прямых линии ВАХ к оси ордината при нулевом напряжении и на их основе были вычислены действующие высоты потенциального барьера Φ_{Bf} ДШ с площадью S и коэффициенты идеальности n ВАХ. Численные значения Φ_{Bf} и коэффициент n ДШ с большими диаметрами практически не зависят от диаметра контакта, следовательно, от площади S. Это показывает, что при напряжении U > /-U_C/ ДЭП оказывает незначительное влияние на прямые ветви ВАХ ДШ.

Обратных ветвей ВАХ Au-nGaAs ДШ с различными диаметрами хорошо описывается формулой (3). Обратные токи с ростом напряжения сначала медленно увеличиваются и далее переходят к насыщению. Токи насыщения I_{Sr}, полученных путем экстраполяцией прямых линии обратных ВАХ к оси ордината при нулевом напряжении, становятся значительно больше, чем токи насыщения I_{Sf} прямых ветвей ВАХ ДШ. Разница токов насыщений (I_{Sr} - I_{Sf}) увеличивается с уменьшением диаметры контакта и это показывает, что второе слагаемое стало больше, чем первое слагаемое в формуле (3). С уменьшением диаметры контакта ДШ I_{Sr} и его линейная плотность J_{Pr} по длине периферии контакта увеличиваются, а I_{Sf} уменьшается. Это означает, что I_{Sr} состоит в основном из токов, протекающих через площадь (S_p) краевой части со сниженной высотой (Φ_{BrP}) потенциального барьера под действием ДЭП, а I_{Sf} состоит из токов, протекающих через площадь (S) общего контакта с усредненной высотой (Φ_{Bf}) потенциального барьера. Токи обратных ветвей ВАХ Au-nGaAs ДШ при невысоких напряжениях состоит в основном из токов периферийной части с шириной около 1-2 мкм контакта. Из численных значений высоты потенциального барьера Φ_{BrP} и Φ_{BrS}, вычисленных методом обратной ветви ВАХ ДШ с использованием площадь S_p краевой части и площадь S общего контакта видно, что с уменьшением диаметры контакта высота барьера Φ_{BrP} краевой части ДШ уменьшается незначительно. В тоже время, для всех ДШ величина Φ_{BrS} становится почти равным на разницу (Φ_{Bf} -U_C). Для ясного представления разницы между параметрами Φ_{Bf}, Φ_{BrS}, Φ_{BrP} и (Φ_{Bf} - U_C) ДШ их зависимости от диаметры контакта представлены на рис.2, где видно, что разница (Φ_{Bf} - U_C) хорошо совпадает с высотой потенциального барьера Φ_{BrS} ДШ.

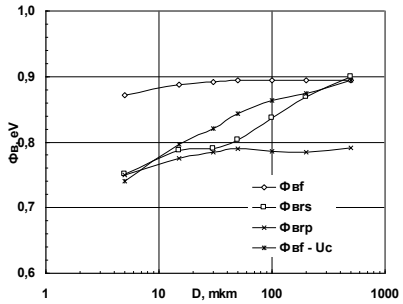


Рис. 2. Зависимости высот потенциальных барьеров Φ_{Bf},.Φ_{BrP} , Φ_{BrS} и (Φ_{Bf} - Uc) Au-nGaAs диодов Шоттки.

Таким образом, исследования образования потенциального барьера и токопрохождения в Au-nGaAs ДШ показывает, что возникновение ДЭП в реальных ДШ оказывает существенное влияние на характер образования потенциального барьера и с ним связанные рабочие электрические параметры контактов металл – полупроводник, которые широко применяются в производстве дискретных полупроводниковых приборов и микросхем.

Литература

1. С.М. Зи Физика полупроводниковых приборов, часть 1. Москва, Мир, 1984, 450 с.
2. Е.В Бузанева., Микроструктура интегральной электроники, Москва, Сов. Радио, 1990.
3. Р.К.Мамедов Контакты металл – полупроводник с электрическим полем пятен. Баку, БГУ, 2003, 231 с.
4. Li Wei-Yi, Ru Guo-Ping, Jiang Yu-Long, Ruan Gang Trapezoid mesa trench metal oxide semiconductor barrier Schottky rectifier: an improved Schottky rectifier with better reverse characteristics, Chin. Phys. B. 2011, v.20, N 8, p.087304-087315.
5. Н.А Торхов., В.Г Божков., И.В.Ивонин, В.А. Новиков Исследование распределения потенциала на локально металлизированной поверхности nGaAs методом Атомно – Силовой Микроскопии. Поверхность: рентгеноские, синхротронные и нейтронные исследования. 2009, № 1, с.57-66.
6. Н.А.Торхов Влияние периферии контактов металл – полупроводник с барьером Шоттки на их электрофизические характеристики. ФТП, 2011, т.45, в.1, с.70-86.
7. R.K.Mamedov, M.A.Yeganeh, Current Transport and Formation of Energy Structures in Narrow Schottky Diodes. J. Microelectronics Reliability, 2012, v.52, N2, p. 418 – 424.
8. R.K.Mamedov, A.R Aslanova. Features of current transport in Schottky diodes with additional electric field, Superlattices and Microstructures, v.136, 2019, p. 106297
9. N.A. Torkhov, The influence of the peripheral electrostatic field on the valve photoelectric effect in metal-semiconductor contacts with a Schottky barrier, Physics and Technology of Semiconductors, 52 (10) (2018) 1150-1171.
10. N.A Torkhov., V.G.Bozhkov, V.A.Novikov,. I.V Ivonin, Investigation of electric fields in Ni/GaN metal-semiconductor contacts with a Schottky barrier by atomic-force microscopy, 25th Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2015)., Sevastopol, Crimea, 2015, c. 611-612.

REAL ŞOTTKİ DİODLARININ POTENSİAL ÇƏPƏRİNİN YARANMASININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Məmmədov R.K., Aslanova A.R., İsamalıyeva T.E., Musayeva N.M.

Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

rasimaz50@yahoo.com

Açar sözləri: Şottki diodu; ikiçəpərli ŞD modeli; əlavə elektrik sahəsi; potensial çəpər; yekun elektrik sahəsi.

Əlavə elektrik sahəli (ƏES) real Şottki diodları, həcmi yüklərin elektrik sahəsinə malik daxili hissədən və yekun elektrik sahəsinə malik periferiya hissədən ibarət olan ikiçəpərli kontaktın energetik quruluşu ilə təsvir olunurlar. Müəyyən edilmişdir ki, Au-nGaAs Şottki diodlarının düz və əks voltamper xarakteristikalar metotları ilə təyin olunan potensial çəpərin hündürlükləri ƏES-nin

təsiri ilə fərqlənirlər. ŞD-nin potensial çəpərlərinin hündürlükləri arasında yaranan belə fərq ədədi qiymətcə ƏES-nin gərginliyinə bərabərdir.

FEATURES OF POTENTIAL BARRIER HİGHT OF REAL SCHOTTKY DIODES

Mammadov R.K., Aslanova A.R., Isamalıyeva T.E., Musayeva N.M.
Baku State University, Baku, Azerbaijan
rasimaz50@yahoo.com

Key words: Schottky diode; two-barrier SD model; additional electric field; potential barrier; resulting electric field

Real Schottky diodes with an additional electric field (AEF) are described by the energy structure of a two-barrier contact, which consists of two parts - an internal space-charge region with an electric field and a peripheral region with a resultant electric field. It was found that the potential barrier heights of Au-nGaAs Schottky diodes, calculated by the methods of the forward and reverse of the I – V characteristics, can differ under the action of the AEF. Such a discrepancy between the potential barriers heights of the SD becomes equal in magnitude to the AEF voltage.

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕН/ НАНОГЛИН ТИПА Na^+-МОНТМОРИЛЛОНИТ

Мамедова Р.Л., Садыкова С. Р. , Шахсыварова К.А., Айвазова З.Н.
Сумгаитский Государственный Университет, Сумгаит, Азербайджан,
Rasmiyya2011@ mail.ru

Ключевые слова: полипропилен, наноглина, нанокомпозит, электротермополяризация, прочность.

В работе изучены механическая и электрическая прочности композиций на основе полипропилена (ПП) и наноглин марки Na^+-ММТ. Показано, что в случае нанокомпозита ПП/Na^+-ММТ зависимости σ и Е от объемного содержания Na^+-ММТ характеризуются с выраженными максимумами при 20% объемном содержании Na^+-ММТ. Также показано, что для нанокомпозитов если механическая прочность после ЭТП падает, то электрическая прочность после ЭТП увеличивается. Все эти изменения прочностных свойств нанокомпозитов связаны со структурными изменениями.

Получение полимерных материалов, обладающих комплексом улучшенных или новых свойств является одним из перспективных направлений в науке о полимерах и материаловедении. К ним относятся новейшие типы функциональных материалов, называемых нанокомпозитами, которые могут быть использованы в самых разнообразных отраслях применения полимерных материалов [2].

В данной работе были исследованы механическая и электрическая прочности нанокомпозитов, изготовленных на основе полипропилена (ПП) и наноглины марки Na^+ - монтмориллонит*(ММТ)*. Были изготовлены смеси порошков ПП, Na^+-*ММТ* в разных соотношениях компонентов, а затем из этих смесей методом горячего прессования при

температуре плавления полимерной матрицы под давлением 15 МПа в течение 10 минут были изготовлены нанокомпозиты ПП/Na^+-*ММТ* в виде пленки, с дальнейшим охлаждением. Образцы были получены в разных температурно-временных режимах кристаллизации, а именно, медленном охлаждении (МО), когда образцы охлаждаются до комнатной температуры со скоростью 2 град/мин и быстром охлаждении (БО) в смеси лед-вода со скоростью 30 град/мин. Нами были исследованы БО образцы.

Механическая прочность при растяжении σ и электрическая прочность Е изготовленных образцов нанокомпозитов были определены по методикам, описанным в монографиях [1] и [3]. Так как, образцы из нанокомпозитов ПП/Na^+-*ММТ* при комнатной температуре сильно удлиняются (ориентируются), их механическая прочность измерялась при температуре жидкого азота, а электрическая прочность – при комнатной температуре.

Были исследованы образцы ПП/Na^+-*ММТ*, не подвергнутые электротермополяризации (ЭТП) и предварительно подвергнутые ЭТП при напряженности поля $E_п$= 5 ·10^6 В/м, при температуре $T_п$=373К в течение $t_п$=1 ч.

На рис.1 приведена зависимость механической прочности σ нанокомпозитов ПП/Na^+-*ММТ*, не подвергнутых ЭТП, от объемного содержания (Ф) добавки Na^+-*ММТ* Видно, что до содержания 20% Na^+-*ММТ* механическая прочность σ увеличивается, а затем монотонно падает. Аналогичная зависимость σ от содержания Ф добавки Na^+-*ММТ* для образцов ПП /Na^+-*ММТ*, предварительно подвергнутых ЭТП также приведены на рис.1. Как видно, и здесь до 20% Na^+-*ММТ* σ увеличивается, а затем монотонно падает, причем во всех содержаниях Na^+-*ММТ* механическая прочность после ЭТП уменьшается по сравнению до ЭТП.

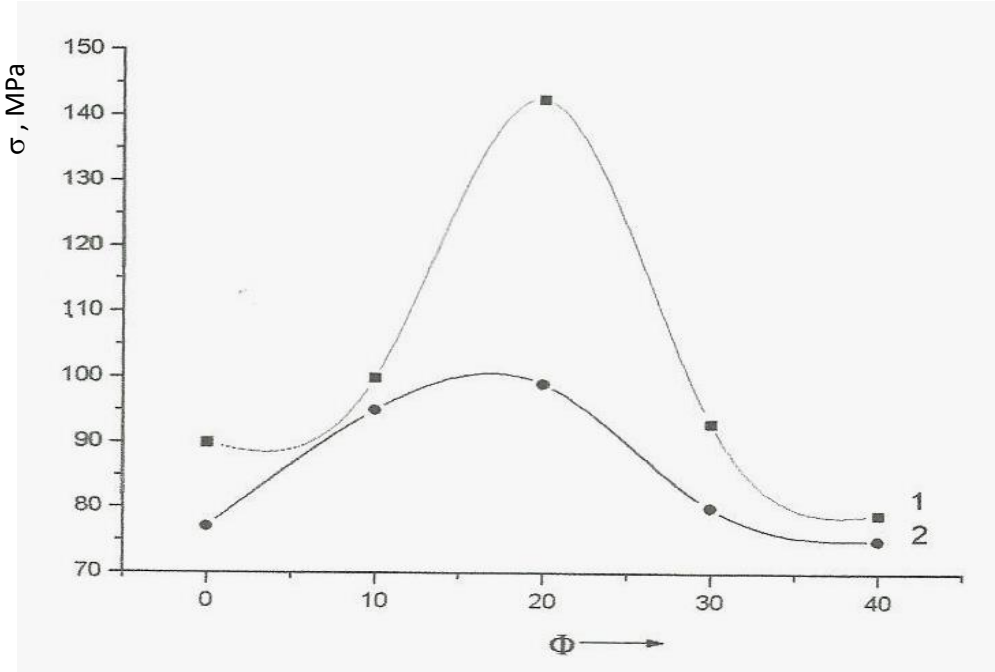


Рис.1.Зависимости механической прочности нанокомпозита ПП/Na^+-*ММТ* от объемного содержания наногеля Na^+-*ММТ*: 1. до ЭТП, 2. после ЭТП.

В работе [2] было показано, что для нанокомпозитов на основе бутилентерефталата (ПБТ) и органоглины наблюдается увеличение механической прочности на растяжение до 3%

содержании органоглины, а затем наблюдается уменьшение механической прочности с дальнейшим увеличением количества введенной органоглины.

Как и авторы [2], мы также придерживаемся мнением, что увеличение механической прочности нанокомпозитов ПП/Na^+-*ММТ*, наблюдаемое нами, объясняется хорошей степенью распределения наноглин в полимерной матрице.

Однако, уменьшение механической прочности σ нанокомпозитов ПП/Na^+-*ММТ* в зависимости от содержания добавки Na^+-*ММТ* после ЭТП (рис.1), измеряемой при температуре жидкого азота, как нам кажется, связано с образованием дефектной структуры под действием зарядов (заранее созданных при ЭТП) при низкой температуре.

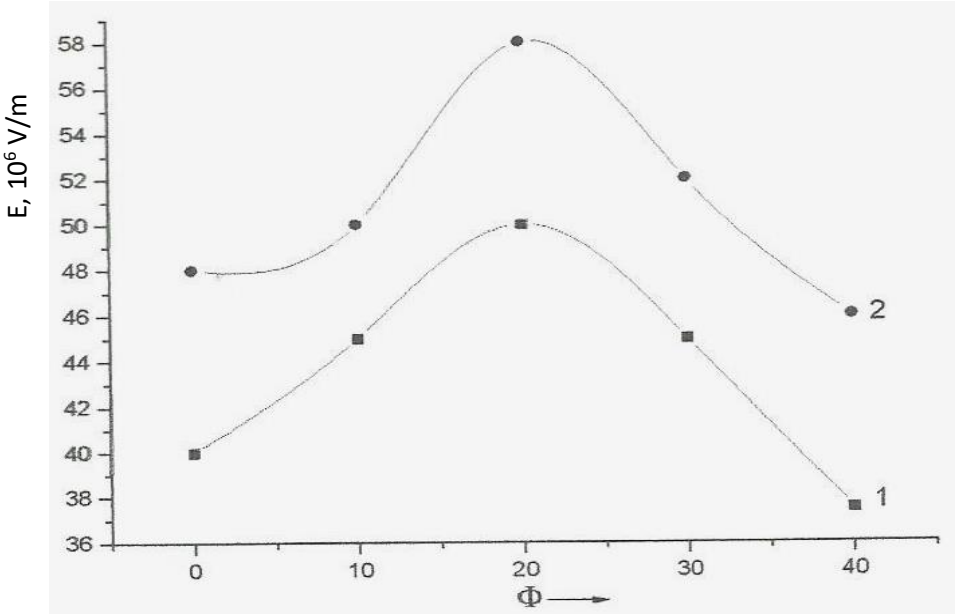


Рис.2. Зависимости электрической прочности нанокомпозита ПП/Na^+-*ММТ* от объемного содержания наногеля Na^+-*ММТ*: 1. до ЭТП, 2. после ЭТП

На рис. 2 представлены зависимости электрической прочности Е нанокомпозитов ПП/Na^+-*ММТ* от содержания Ф добавки Na^+-*ММТ* для предварительно не подвергнутых и подвергнутых ЭТП. Видно, что в случае электрической прочности наблюдается только монотонное уменьшение в зависимости Е от Ф, причем во всех содержаниях Na^+-*ММТ* электрическая прочность после ЭТП увеличивается по сравнению до ЭТП.

Наблюдаемое возрастание электрической прочности Е нанокомпозитов ПП/Na^+-*ММТ* в зависимости от содержания добавки Na^+-*ММТ* после ЭТП (рис. 2) связано с образованием упорядоченной структуры под действием образующихся поляризованных зарядов при ЭТП. Из рис. 1 и 2 также видно, что и здесь наблюдается уменьшение механической прочности σ (измеряемой при температуре жидкого азота) и увеличение электрической прочности Е (измеряемой при 293 К) после ЭТП. Как видно, наблюдаетя изменения механической и электрической прочности нанокомпозитов ПП/Na^+-*ММТ* с ярко выраженными максимумами.

Также следует отметить, что нанокомпозита ПП/Na^+-*ММТ* добавка была введена до 40% объемного содержания. Другими словами, добавка Na^+-*ММТ* играет роль наполнителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.А. Багиров, В.П. Малин, С.А. Абасов. Воздействие электрических разрядов на полимерные диэлектрики. Баку, Элм, 1975, с.168.
2. А.К. Микитаев, А.А. Каладжян, О.Б. Леднев, М.А. Микитаев. Нанокомпозитные полимерные материалы на основе органоглин. Электронный журнал <<Исследовано в России>>, 2004, с. 912 - 922.
3. В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский. Кинетическая природа прочности твердых тел. М., Наука, 1974, с.560.

POLİPROPİLEN /*Na*$^+$-*MMT* MARKALI NANOGİL ƏSASLI KOMPOZİT NÜMUNƏLƏRİNİN MÖHKƏMLİK XASSƏLƏRİ

Məmmədova R.L.,Sadıxova S.R, Şahsıvarova, Ayvazova Z.N.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
Rasmiyya2011@ mail.ru

Açar sözlər: polipropilen, nanogi,l nanokompozit, elektrotermopolyarizasiya, möhkəmlik

Təqdim olunan işdə polipropilen (PP) və Na^+-MMT markalı nanogil əsasında hazırlanmış nanokompozitin elektrik və mexaniki möhkəmliyi öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, PP/Na^+-MMT nanokompozitində, Na^+-MMT –nin həcmi miqdarından asılı olaraq, Na^+-MMT -nin 20% həcmi nisbətində maksimumlar müşahıdə olunur. Həmçinin göstərilmişdir ki, nanokompozitdə ETP-dən sonra mexaniki möhkəmlik azalırsa, elektrik möhkəmliyi artır. Nanokompozitin möhkəmlik xassələrinin bu cür dəyişmələri quruluş dəyişiklikləri ilə əlaqədardır.

STRENGTH PROPERTIES OF NANOCOMPOSITES BASED ON POLYPROPYLENE NANOCLINE *Na*$^+$-*MMT* FILMS

Mammadova R.L,Sadıkhova S.R.,Shahsıvarova Q.A.,Ayvazova Z.N.
Sumqayıt State University, Sumqayıt, Azərbaycan
Rasmiyya 2011@ mail.ru

Key words: polypropylene, nanocline, nanocomposites, electrothermopolarization, durability.

In work mechanical and electric durability of nanocomposites on the basis of polypropylene (PP) and nanocline mark D_{k2} are studied. It is shown that in a case of nanocomposites PP/Na^+-MMT dependences σ and E on volume content D_{k2} are characterized with the expressed maxima at 20% volume content Na^+-MMT. Also it is shown that for both nanocomposites if mechanical durability after ETP decreases then electric durability after ETP increases. All these changes durability properties of the nanocomposites are connected with structural changes.

КАПСУЛЬНЫЙ МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА СВЕТОДИОДА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСТРАКЦИИ

[1,2] **Оруджев Т.Я.**, [1]**Зульфугарова А.В.**

[1]*Институт Физики, Национальная Академия Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан*

[2]*Исследовательский центр по высоким технологиям, Баку, Азербайджан*

t.orujov@physics.science.az, a.zulfugarova@physics.science.az

Ключевые слова: светодиод, эффективность светодиода, люминофор

В данной статье сообщается об изготовление капсульного метода производства белых светодиодов, где люминофор расположен внутри сферического слоя силикона, увеличивающего эффективность экстракции. Оптические параметры капсульного светодиода изучаются как функция от прямого тока через светодиод для оценки эффективности данного метода в сравнении с традиционным методом производства светодиодов.

1. Введение

Белые светодиоды на основе люминофоров охватили практически все сферы освещения. Такие оптические явления как преломление на границе перехода сред и полное внутреннее отражение значительно снижают эффективность экстракции в светодиодах [1]. Технологический процесс производства светодиодов при котором используется метод для преобразования спектров светодиода с помощью люминофорного слоя, где диспергированный в инкапсулирующем полимерном материале люминофор расположен на поверхности светодиодных чипов в виде плоского тонкого слоя наиболее распространён в практике. Такой подход является наиболее эффективным с точки зрения простоты диспенсирования люминофорного композита на подложку, однако не обеспечивает максимальную энергетическую эффективность преобразования. В данном параграфе рассматривается метод упаковки светодиода, в котором люминофор располагается на расстоянии от чипа, инкапсулирующий слой же располагается над люминофором в виде тонкой плёнки, изготовленной из тех же полимерных материалов (например, полидиметилсилоксан), которые используются для диспергирования в них люминофора. Известно, что фотоны могут излучаться только при углах падения меньше критического угла полного внутреннего отражения, вероятность чего возрастает в сферическом слое. В обычном светодиоде свет, генерирующийся в определенной точке в излучающей области может выходить только вверх с определённом углом рассеяния [2]. Фотоны также излучаются в других направлениях, полностью отражаются или поглощаются подложкой и чипами. Капсульный метод способствует внутреннему отражению в инкапсулирующем слое прозрачного полимера, при этом фотоны не сталкиваются с частицами люминофора, что способствует их лучшей экстракции на выходе светодиодного пакета.

2. Экспериментальная часть

Для создания капсульного светодиода был использован полимерный силиконовый материал (полидиметилсилоксан), который был изготовлен в сферическом виде. Толщина капсулы составляла ~200 мкм при внешнем диаметре 2 мм (рис. 1). Люминофор $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ напылялся на внутреннюю поверхность капсулы, закрепляясь на ней адгезивными свойствами полимера. Для накачки люминофора, капсула устанавливалась на синий чип, установленный на печатной подложке с металлическим основанием. Эмиттерная площадь чипа составляла

1мм^2, длина волны излучения 450 нм, которая входит в диапазон спектра возбуждения люминофора $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$. Оптические параметры изготовленных светодиодов сравнивались с традиционно изготовленными светодиодами, где люминофор диспенсируется на подложки в виде композита. Для измерения фотолюминесцентных и электролюминесцентных параметров светодиодов использовалась интегрирующая сфера Everfine PMS-80.

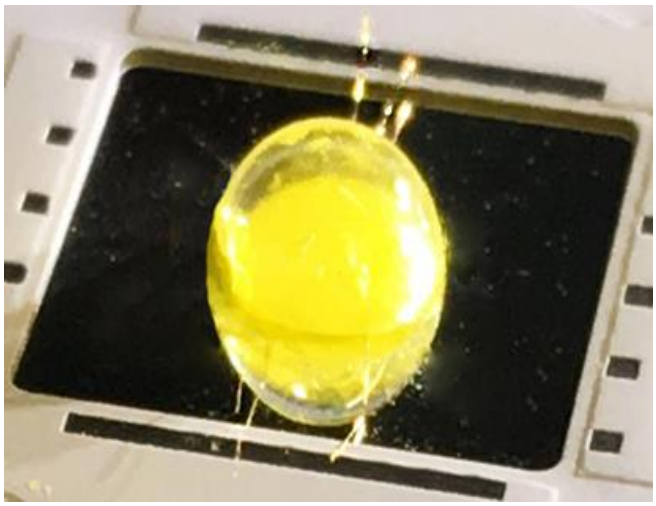


Рис.1 Фотография светодиода с капсульным преобразователем

3. Результаты и обсуждение

Учитывая конструктивные и оптические особенности данного метода упаковки светодиода, были произведены соответствующие измерения параметров для определения его эффективности. Сила тока через светодиод при измерении составляла 300 мА. График на рис. 2 показывает, что действительно наблюдается повышение оптической мощности у данного метода по сравнению с традиционным методом, где по мере возрастания силы тока через светодиод, разница в оптической мощности также увеличивается, и достигает 13%. Причина такой разрозненной зависимости может заключаться в том, что при большем токе интенсивность излучения возрастает, соответственно в случае плоского люминофора интенсивнее происходит явление внутреннего отражения на границе силикон-воздух. Немалую негативную роль в случае плоского типа люминофора может играть и явление нагрева слоя, находящегося вблизи чипа. Из рис. 3 видно, что при нагревании светодиода наблюдается значительный спад эффективности у обоих светодиодов. Световая отдача выше при сферической упаковке в капсуле примерно на 5% при 20°C, и эта разница уменьшается до ~3,5% при нагреве светодиода. Конечно же, среда распространения синего и жёлтого излучения влияет на его интенсивность на некоторою величину, и как известно, прозрачные среды в виде полимеров способны поглощать некоторую световую энергию, но большее влияние оказывает явление преломления и отражения.

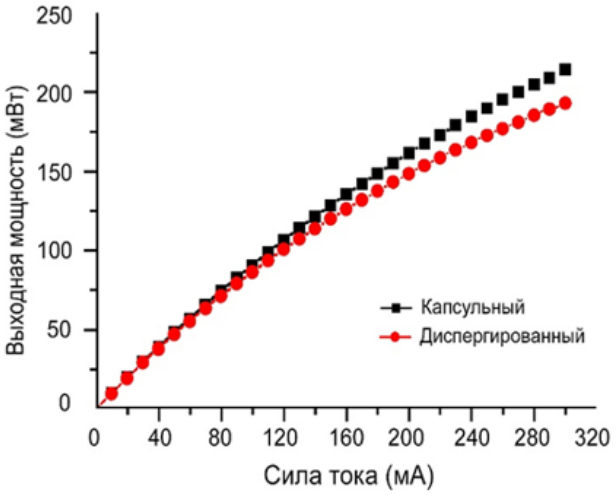


Рис.2 Токовая зависимость выходной мощности для светодиодов с капсульным и диспергированным люминесцентным преобразователем

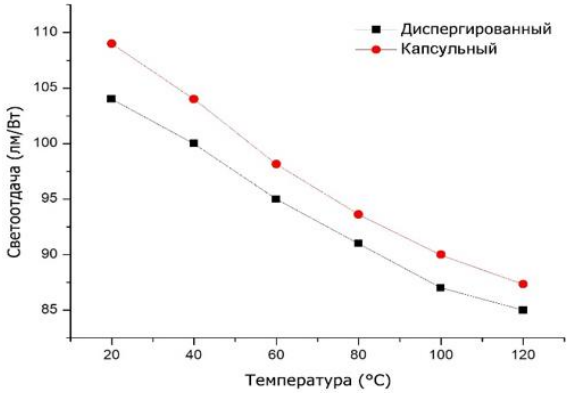


Рис. 3. Падение световой отдачи с температурой для светодиодов с капсульным и диспергированным люминесцентным преобразователем

Рассмотрим теоретически влияние преломляющих свет прозрачных сред (инкапсуляции) на экстракцию фотонов в светодиодной упаковке. Так, при входе света из среды с меньшим коэффициентом преломления в среду с бóльшим коэффициентом преломления угол распространения света из закона Снеллиуса равняется [3, 4]:

$$\varphi = arcsin\frac{n_{\text{воздух}}}{n_{\text{полимер}}} \qquad (1)$$

Здесь $n_{\text{воздух}}$ и $n_{\text{полимер}}$ – индексы преломления воздуха и полимерного инкапсулянта. Учитывая, что коэффициент преломления чипа равен n~3.5, а воздуха n=1, то при переходе света из чипа в воздух по формуле 1, угол составляет 17°, а так как используемые в данном случае материалы инкапсуляции имеют коэффициент преломления n=1.7, то этот угол увеличивается до 42°, увеличивая эффективность экстракции синих фотонов. Недостатком применения инкапсулянтов для диспергации в них люминофора, является возможность внутреннего отражения света на переходе инкапсуляция-воздух, так как коэффициент преломления воздуха меньше коэффициента преломления полимера инкапсуляции. На их границе может наблюдаться и полное внутреннее отражение. Именно по этой причине на выходе светодиода устанавливают выпуклую линзу из того же материала, что и инкапсуляция, которая меняет угол распространения фотонов и выводит их из инкапсуляции в воздух в

результате многочисленных отражений и фокусировки. Купол капсулы в данном методе имеет схожее с линзами действие - тонкий слой материала инкапсуляции с люминофором внутри, расположенный над чипом, собирает исходящие лучи в тонком слое прозрачного полимера.

Заключение

Было показано, что метод производства светодиода, где люминофор располагается в капсуле имеет преимущество перед светодиодом с диспенсированным люминофором. Прирост потока излучения составил 13% при токе 300 мА. Данный метод может быть применён для производства светодиодов в приложениях для освещения без потери всех преимуществ традиционно используемых светодиодов на основе люминофоров.

Список литературы

[1] Mont F., Ma. M. Effects of the Refractive Index of the Encapsulant on the Light-Extraction Efficiency of Light-Emitting Diodes // Optical Express, 2011, Vol. 5, No. 19, pp. 1135-1140

[2] James N. Light extraction by Lambertian sources from light emitting diodes // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2013, Vol. 8619

[3] Charba, V., Dorman, D., Herko, S., and Taskar, N. Light efficient packaging configurations for led lamps using high refractive index encapsulants// Patent applixation publication, 2006, url: https://patentimages.storage.googleapis.com/8f/c0/d9/cab1ac80d49bf5/US20060255353A1.pdf

[4] Li H.T., Hsu C.W., Chen K.C. Enhancement of light efficiency of LED using a novel high refractive encapsulant / Electronic Components and Technology Conference, IEEE, 2008, pp. 1926–1930

EKTRAKSİYANIN EFFEKTİFLİYİNİ ARTIRMAQ ÜÇÜN KAPSUL İSTEHSAL METODU

[1,2]Orucov T.Y, [1]Zülfüqarova A.V.

[1]Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

[2] Yüksək Texnologiyalar Üzrə Tədqiqat Mərkəzi

Açar sözlər: işıq diodu, işıq diodunun effektivliyi, lüminofor

Bu məqalədə ağ işıq diodları istehsalının kapsul metodu haqqında məlumat verilir ki, burada ekstraksiya effektini artıran lüminofor silikonun sferik təbəqəsinin daxilində yerləşdirilmişdir. Kapsul metodunu işıq diodları istehsalının ənənəvi üsulları ilə müqayisə etmək üçün optik parametrlər işıq diodundan keçən düz cərəyanın funksiyası kimi öyrənilir.

CAPSULE LED PRODUCTION FOR INCREASING EXTRACTION EFFICIENCY

[1,2]Orudjov T.Y, [1]Zulfugarova A.V.

[1]Institute of Physics Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

[2]High Technology Research Center, Baku, Azerbaijan

Key words: LED, LED efficiency, phosphor

This article reports on the fabrication of a capsule method for producing white LEDs, where the phosphor is located inside a spherical layer of silicone, which increases the extraction efficiency. The optical parameters of the capsule LED are studied as a function of the forward current through the LED to evaluate the effectiveness of this method in comparison with the traditional method of LED production.

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ GaSe

[1]Салманов В.М. , [1]Гусейнов А.Г., [1]Рагимов С.С., [2]Салманова А.А., [1]Мамедов Р.М., [1]Ахмедова Ф.М.

[1]Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербфйджан

[2]Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Баку, Азербайджан

E-mail: vagif_salmanov@ yahoo.com

Ключевые слова: лазер, GaSe, коэффициент поглощение, показатель преломления, тепловая нелинейность.

В кристаллах GaSe экспериментально обнаружена тепловая нелинейность при высоких уровнях оптического возбуждения. В качестве источника излучения использовалась вторая гармоника Nd:YAG-лазера. Показано, что смещение края полосы поглощения в сторону длинных волн связано с изменением коэффициента поглощения и показателя преломления среды под действием лазерного излучения. В качестве механизма тепловых нелинейностей предлагается безызлучательная рекомбинация неравновесных носителей тока, генерируемых лазерным излучением.

Ранее обсуждая оптическое поглощение и показатель преломления в полупроводниках, предполагали, что эти материальные параметры не зависят от интенсивности оптических полей. Однако это предположение оказалось верным только при достаточно малых интенсивностях возбуждения, т.е. в линейном режиме. Для более высоких интенсивностей возбуждения, оптические свойства материала могут быть изменены и отклик среды изменяется при изменении плотности возбуждения. Такие зависящие от возбуждения оптические свойства обычно называют оптическими нелинейностями. Оказывается, что при достаточно сильном возбуждении, оптические свойства практически всех полупроводников проявляют нелинейные характеристики. Они могут вызывать такие эффекты, как зависящее от возбуждения поглощение и преломление, нелинейное смешение волн, оптическую бистабильность или другие оптические нестабильности. Некоторые из этих эффектов привлекли значительное внимание, поскольку они могут быть полезны в оптической логике или даже в оптических вычислениях, а также для создания оптических переключающих устройств. Существуют различные нелинейные эффекты, начиная с нелинейностей, связанных с генерацией реальных носителей. Это тот случай, когда интенсивный падающий световой луч имеет длину волны, настроенную на область поглощения кристалла. Вводятся нелинейные оптические механизмы, такие как плазменное экранирование, заполнение запрещенной зоны, ионизация экситонов и перенормировка запрещенной зоны [3].

В полупроводниках наряду с оптической нелинейностью, может наблюдаться также и термически индуцированная нелинейность. Основной вопрос, возникающий при рассмотрении процесса рекомбинации зонных электрона и дырки – это вопрос о том, в каком виде выделяется освобождающаяся при рекомбинации энергия. Если при этом акт рекомбинации сопровождается появлением светового кванта, т.е. энергия, освобождающаяся при рекомбинации, выделяется в виде люминесцентного свечения, то интерпретация механизма рекомбинации не вызывает затруднений. Однако для чистых полупроводников с обычными значениями ширины запретной зоны (1 – 2 эВ), интенсивность излучательной рекомбинации оказывается ничтожной. Существует другой механизм рекомбинации, безызлучательной, которой предусматривает превращение выделяющейся в каждом акте рекомбинации энергии в тепло. На опыте безызлучательная рекомбинация наблюдается в подавляющем большинстве случаев. Действительно, некоторые из возбужденных лазером электронно-дырочных пар рекомбинируют безызлучательно, передавая свою энергию кристаллу через излучение фононов, что соответствует нагреву решетки. В большинстве кристаллов нагрев образца приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны с соответствующим красным сдвигом начала поглощения. В результате воздействия лазерного излучения происходит нагрев образца, который приводит к изменению коэффициент поглощения и показателя преломления вещества.

Обнаружение и исследование тепловой нелинейности в кристаллах GaSe представляет особый интерес, так как эти кристаллы являются основными элементами квантовой электроники и в них ранее были обнаружены оптические нелинейности электронного происхождения, такие как генерация гармоник, параметрическая генерация света, электронно-дырочная плазма, вынужденное излучение, многофотонное поглощение [2]. В данной работе представлены экспериментальные результаты исследования тепловой нелинейности в GaSe под воздействием лазерного излучения.

Кристаллы селенида галлия (GaSe) выращивались методом Бриджмена. GaSe имеет слоистую структуру, где каждый слой содержит два подслоя галлия и два плотно упакованных селена в последовательности укладки Se-Ga-Ga-Se. Образцы были отщеплены от слитков, имеющих толщину (20-150) мкм, параллельно оси «с». Образцы показали р-тип проводимости и имели удельные сопротивления в диапазоне 10^3-10^6 Ом·см. Ширина запрещенной зоны GaSe, при комнатной температуре, составляет E_g=2,031 эВ. В эксперименте использовались два источника света. В качестве источника возбуждения использовался вторая гармоника Nd:YAG-лазера ($\lambda = 532$ нм с частотой повторения 10 Гц, максимальной мощностью 12 МВт/см^2 и длительностью импульса ~ 10 нс), который приводил к нагреву образца. Интенсивность лазера варьировалась с использованием калиброванных нейтральных фильтров света. Вторым источником была галогенная лампа для измерения пропускания образцов, возбуждаемых лазерным излучением. Спектры оптического поглощения GaSe исследовались с использованием автоматического монохроматора М833 с двойной дисперсией (спектральное разрешение ~ 0,024 нм на длине волны 600 нм), с компьютерным управлением и детектором, регистрирующим излучение в диапазоне длин волн 350-2000 нм. Схема экспериментальной установки показана на рисунке 1.

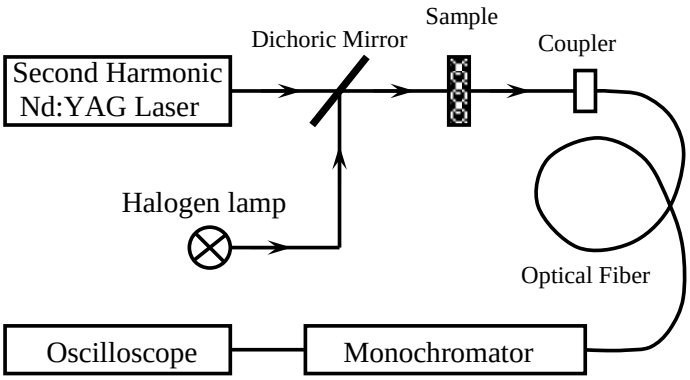


Рис.1. Схема экспериментальной установки.

Экспериментально исследовалось влияние лазерного излучения на коэффициент поглощения и показатель преломление кристаллов GaSe. На рисунке 2,а представлены спектры поглощения GaSe при различных интенсивностях лазерного света. Кривая 1 построена для низкой (~0,1 МВт/см^2), а кривая 2 для большой (~ 5 МВт/см^2) интенсивности возбуждения. Как видно из рисунка, при высоких интенсивностях возбуждения происходит смещение края полосы поглощения в сторону длинных волн. Изменение спектра поглощения показано на рис. 2,б.

Из соотношения Крамерса-Кронига, зная изменение коэффициента поглощение $\Delta\alpha(\hbar\omega)$, можно определить изменение показателя преломления при энергии фотона $\hbar\omega$

$$\Delta n(\hbar\omega) = \frac{hc}{\pi}\int_0^\infty \frac{\Delta\alpha(\hbar\omega')}{(\hbar\omega')^2 - (\hbar\omega)^2} d(\hbar\omega') \qquad (1)$$

Используя уравнение (1) для расчета изменения показателя преломления, связанного с изменением поглощения $\Delta\alpha(\hbar\omega)$ (см рис.2,б), можно определить изменение показателя преломления (рис.2.в).

По нашему мнению, наблюдаемые особенности в спектрах поглощение и показателя преломление в GaSe связаны с тепловой нелинейностью, возникающей в них при высоких интенсивностях лазерного возбуждения. Оценки показывает, что под действием лазерного излучения в GaSe можно создать электронно-дырочные пары, концентрация которых может достигать ~ 10^{18}-10^{19} см$^{-3}$. При наличии безызлучательной рекомбинации, как указано выше, происходит нагрев кристалла, который приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны, что является причиной изменения коэффициент поглощения и показателя преломления вещества.

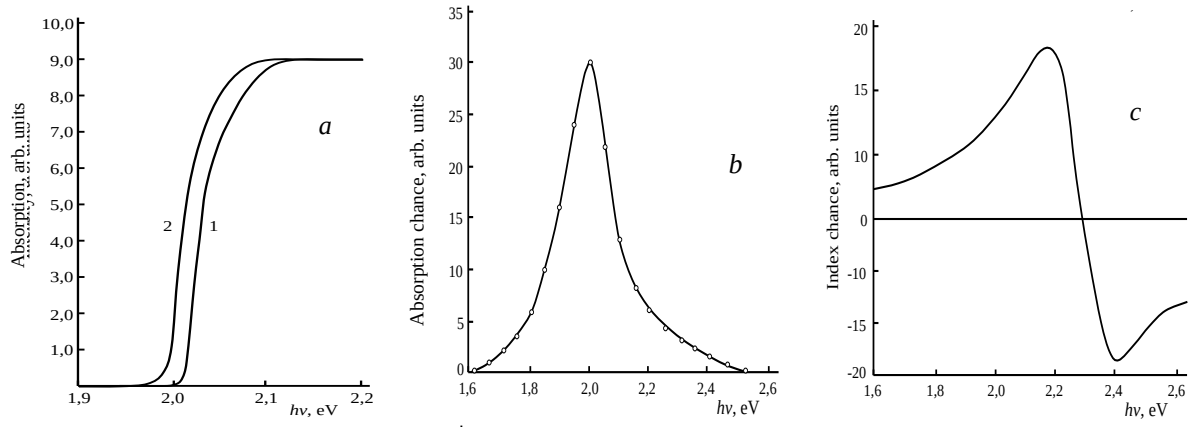


Рис. 2. Влияние лазерного излучения на коэффициент поглощения и показатель преломления кристаллов GaSe. (а) Спектры поглощения в окрестности ширины запрещенной зоны для низкой (кривая 1) и высокой (кривая 2) интенсивности лазера. (б) Изменение коэффициента поглощения $\Delta\alpha(\hbar\omega)$. (в) Изменение показателя преломления $\Delta n(\hbar\omega)$.

Как видно из рисунка 2.в, изменение показателя преломления, вызванное термическим воздействием, положительно ниже края полосы и отрицательно на стороне высоких энергий. Индуцированное лазером изменение отрицательного показателя преломления, называется оптической нелинейностью с само-дефокусировкой. Положительное же, на стороне низкой энергии, соответствует оптической нелинейности с само-фокусировкой. Причина такой терминологии заключается в том, что полупроводниковая среда ведет себя как линза, когда на нее падает лазерный луч с гауссовым пространственным профилем. Например, на красной стороне края полосы $\Delta n(\omega) > 0$ среда выступает в качестве положительной линзы. Лазерный луч с гауссовой формой имеет профиль интенсивности, такой, что интенсивность в центре больше, чем стороны. Большая интенсивность в центре пучка вызывает больший показатель преломления в полупроводнике [$\Delta n(\omega) > 0$] по сравнению со сторонами пучка. Длина оптического пути для луча [$n(\omega)d$, где $n(\omega)$ – показатель преломления, а d – толщина образца] в центре, таким образом, больше, чем по сторонам. Материал эффективно ведет себя как положительная линза для гауссова пучка. Как хорошо известно, длина оптического пути в центре положительной линзы больше.

Как показывают экспериментальные результаты, на край полосы поглощения также оказывает влияние и частота генерации лазерного излучения. На рис. 3 приведены спектры пропускания образца GaSe при различных частотах повторения лазерного импульса, Изменение частоты в интервале 1-10 Гц приводит еще к большому сдвигу край полосы поглощение в сторону длинных волн ~ 28.3 нм, что соответствует энергии ~ 90 мэВ.

На наш взгля влияние частоты повторения лазерного излучения на край полосы поглощения GaSe, свидетельствует в пользу механизма тепловой нелинейности, возникающей в этих кристаллах при высоких уровнях оптического возбуждения. Действительно с увеличением частоты генерации лазерного импульса еще больше количество тепла передается кристаллической решетки кристалла, что приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны.

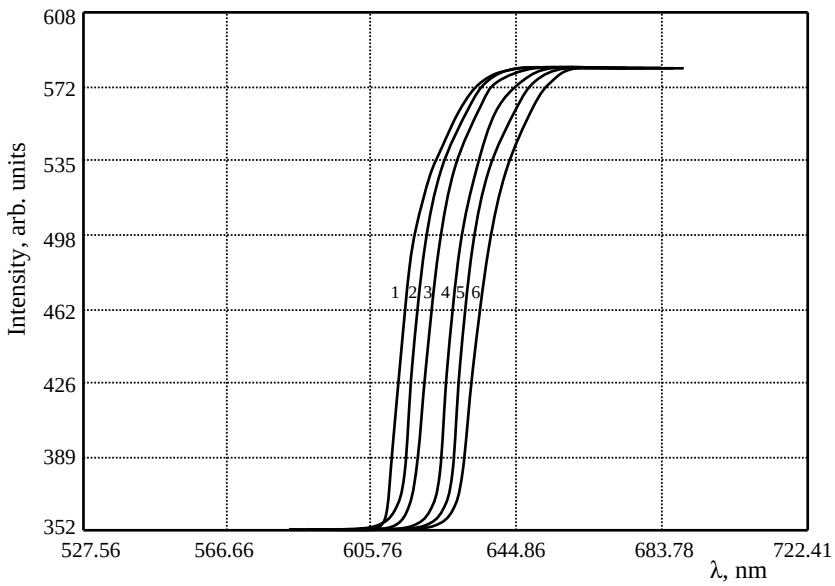


Рис. 3. Спектры пропускания GaSe при различных частотах повторения лазерного света.

Температуру локального нагрева вещества под действием лазерного излучения можно определить по формуле [1]:

$$T = \frac{2(1-r)}{\sqrt{\pi c \rho \chi t_0}} \frac{E}{S}, \qquad (2)$$

где E – энергия в импульсе, S – площадь светового пятна, r – коэффициент отражения, ρ – плотность материала, c -удельная теплоемкость, χ-теплопроводность материала, t_0 – длительность лазерного импульса.

Оценки показывают, что с учетом параметров GaSe и лазерного света, температура нагрева вещества может достигать более 1000 К. С другой стороны, известно, что для большинства полупроводников, в том числе и для GaSe, зависимость ширины запрещенной зоны от температуры может быть представлена в виде

$$E_g(T) = 2031 meV - \frac{0.58T^2}{T + 226K} \frac{meV}{K} \qquad (3)$$

Проведенные нами расчеты, основанные на формуле (3), показывает, что нагрев кристалла GaSe лазерным излучением до 300 К может привести к наблюдаемую сдвигу края поглощения в длинноволновую область ~ 90 мэВ. Таким образом, наши экспериментальные результаты подтверждает наличие в кристаллах GaSe тепловой нелинейности под действием лазерного излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кязым-заде А.Г., Салманов В.М., Гусейнов А.Г., Мамедов Р.М., Салманова А.А., Ахмедова Ф.М. Журнал технической физики, 2019, том 89, вып.4, с. 599-602.
2. Салманов В.М., Гусейнов А.Г., Мамедов Р.М., Салманова А.А., Дашдамирова Н.Д. Оптика и спектроскопия, 2020, том 128, вып.4, с.513-516.
3. Peyghambarian N., Koch S.W. and Mysyrovicz A. Introduction to semiconductor optics, Series in Solid State Physical Electronics (Pretice-Hall, New Jersey, 1993, p.325.

LAZER ŞUALANMASININ GaSe OPTİK UDMASINA VƏ SINMA ƏMSALINA TƏSİRİ

[1]Salmanov V.M. , [1]Hüseynov A.Q., [1]Rəhimov S.S., [2]Salmanova A.A., [1]Məmnədov R.M., [1]Ahmədov F.M.

[1]Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

[2]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: Lazer, GaSe, udma əmsalı, sındırma əmsalı, qeyri-xətti istilik hadisəsi.

GaSe kristallarında yüksək optik həyəcanlaşmada qeyri-xətti istilik hadisəsi müşahidə olunmuşdur. Təcrübələr Nd:YAG lazerinin ikinci harmonikası vasitəsilə aparılmışdır. Göstərilmişdir ki, fundamental udma kənarının uzun dalğalara tərəf sürüşməsi lazer şüalarının təsiri ilə GaSe kristallarının udma və sındırma əmsallarının dəyişməsi ilə əlaqədardır. Qeyri-xətti istilik hadisəsinin lazer şüalarının təsiri ilə yaranan yükdaşıyıcıların şüalanmasız rekombinasıya prosesi nəticəsində baş verdiyi mülahizə olunur.

INFLUENCE OF LASER DISCLOSURE ON OPTICAL IMPROVEMENT AND INDICATOR GaSe

[1]Salmanov V.M. , [1]Huseynov A.G., [1]Ragimov S.S., [2]Salmanova A.A., [1]Mamedov R.M., [1]Akhmedov F.M.

[1]Baku State University, Baku, Azerbaijan

[2]Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku Azerbaijan

Keywords: Laser, GaSe, absorption coefficient, refractive index, thermal nonlinearities.

Thermal nonlinearities were experimentally detected in GaSe crystals at high levels of optical excitation. The second harmonic of the Nd: YAG laser was used as a radiation source. It is shown that the shift of the edge of the absorption band towards long waves is due to a change in the absorption coefficient and the refractive index of the medium under the action of laser radiation. As a mechanism of thermal nonlinearities, non-radiative recombination of nonequilibrium current carriers generated by laser radiation is proposed.

МОДЕЛЬ ИЗЛУЧАЮЩЕГО ДИОДА В РЕЖИМЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Юсупов Э.Т.

Научно-исследовательский институт стандартизации, сертификации и технического регулирования, г.Ташкент, Узбекистан

eddik87@gmail.com

Ключевые слова: излучающий диод, вольтамперная характеристика, ваттамперная характеристика, математическая модель, оптическое излучение.

В статье проведен краткий анализ вольтамперной и ваттамперной характеристик излучающего диода. Предложена модель, позволяющая исследовать работу диода в режиме преобразователя напряжения в оптическое излучение.

Излучающий диод – это полупроводниковый прибор, входным сигналом которого является электрическая величина (ток или напряжение U), а выходным – оптическая величина (поток Φ) [1]. Поэтому можно представить, что его математическая модель состоит из двух частей, каждая из которых должна описать соответственно процесс (рис.1):

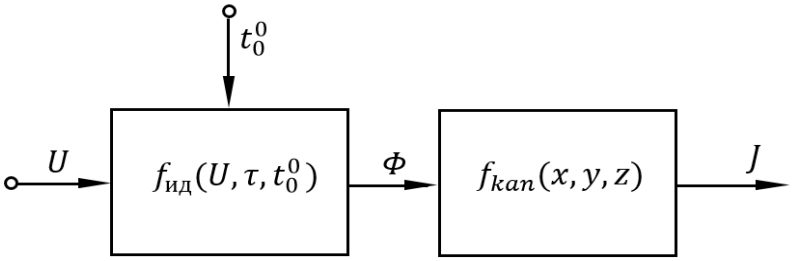


Рис.1. Представление математической модели излучающего диодав виде двух частей.

1. Преобразования электрического сигнала U в оптический поток Ф, с учетом инерционности τ самого процесса и влияния температуры, т.е.

$$\Phi = f_{ИД}(U, t^0, \tau) \qquad (1)$$

2. Распределения оптического потока Ф по различным направлениям в пространстве.

Как известно [2], распределение потока в пространстве характеризуют с помощью понятия силы J излучения, определяемой по формуле

$$J = \frac{d\Phi}{d\Omega},$$

где, Ω- телесный угол, измеряемый в стерадианах.

Тогда в данном случае нужно будет определить уравнение вида

$$J = f_{кан}(x, y, z) \qquad (2)$$

Анализ литературы [1-3], посвященной рассматриваемому вопросу, показал, что отсутствуют математические модели вида (1) и (2).

Для составления моделей излучающего диода вида (1) максимально формализуем задачу: излучающий диод как элемент электрической цепи имеет вольтамперную, и как источник оптического излучения- внешнюю характеристику, связывающую оптический поток с входным сигналом. Кроме того, процесс рекомбинации носителей заряда в $p-n-$ переходе диода, в результате которого в нем генерируется оптическое излучение, не является мгновенным процессом, а совершается за конечное время, что можно характеризовать соответствующей постоянной времени $\tau_{ИД}$.

На рис.2, a и b приведены примерные ваттамперная и вольтамперная характеристики излучающего диода. Они характерны для всех типов излучающих и светоизлучающих диодов, различаясь только в числовых значениях рассматриваемых величин. Ваттамперная характеристика имеет в начальной и конечной частях криволинейные участки, объясняемые существованием без излучательной рекомбинации при малых значениях тока и температурным «гашением» при высоких значениях тока из-за перегрева $p-n-$ перехода [3].

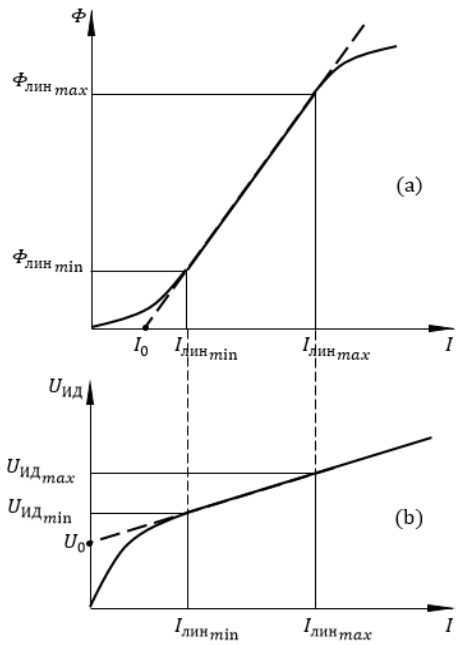


Рис.2. Примерные ваттамперная (a) и вольтамперная характеристики (b) излучающего диода

ЛИТЕРАТУРА

1. Туркин А.Н. Полупроводниковые светодиоды: история, факты, перспективы // Полупроводниковая светотехника. – 2011. – № 5. – С. 28–33.
2. Коган Л. М. Мощные излучающие диоды инфракрасного диапазона // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2011. - №8. -С. 65-73.
3. Полищук А.Г., Туркин А.Н. Деградация светодиодов на основе гетероструктур нитрида галлия и его твердых растворов // Светотехника. – 2008. – № 5. – С. 44–47.

İŞIQLANDIRICI DIODUN GƏRGİNLİK ÇEVRİCİSİ REJİMİNDƏ MODELİ

Yusubov E.T.
Stanadartlaşdırma, sertifikaslya və texniki tənzimləmə elmi-tədqiqat institutu, Daşkənd, Özbəkistan

Açar sözlər: diod, cari gərginlik xarakteristikası, gərginlik-cərəyan xarakteristikası, riyazi model, optik şüalanma.

Məqalədə, yayan diodun cari gərginlik və gərginlik-cari xüsusiyyətlərinin qısa bir təhlili verilir. bir diodun gərginlikdən optik şüalanma çeviricisi rejimində işləməsini öyrənməyə imkan verən bir model təklif olunur.

MODEL OF A EMITTING DIODE IN THE MODE OF A VOLTAGE CONVERTER

Yusubov E.T.
Scientific-research institute for standardization, certification and technical regulation, Tashkent, Uzbekistan

Key words: emitting diode, voltage-current characteristic, voltage-current characteristic, mathematical model, optical radiation.

The article provides a brief analysis of the current-voltage and voltage-current characteristics of the emitting diode. a model is proposed that allows one to study the operation of a diode in the mode of a voltage-to-optical radiation converter

DISLOCATION STRUCTURE OF EPITAXIAL LAYERS OF ALGAN/GAN/A-AL_2O_3 HETEROSTRUCTURES

Abbasova C. , Safarov V.
Baku State University, Baku, Azerbaijan
chichek.1996@gmail.com

Keywords: nitride heterostructure, GaN buffer layer, dislocation, secondary ion mass spectroscopy, spherical section, selective chemical etching

The aim of this work is to study the effect that the process of iron and carbon doping of a GaN epitaxial layer on sapphire can influence (affects) on the features of growth of epitaxial films and their dislocation structure. The following research methods are used in the study: secondary ion mass spectroscopy (SIMS), selective chemical etching of spherical sections, and single-crystal diffractometry..

Introduction

It is shown that carbon doping of a GaN epitaxial layer during growth can lead to a significant decrease in the dislocation density of the epitaxial layers. It is also demonstrated that, for samples doped with iron, a decrease in the number of short dislocations in the bulk of the structure is characteristic; however, a large number of extended dislocations are generated, encouraging iron diffusion into the working regions of the heterostructures, which is confirmed by the iron depth distribution of the layers, measured by the SIMS method.

The parameters and reliability of microwave AlGaN/GaN high electron mobility transistors (HEMTs) depend significantly on the electrical properties and structural features of the buffer layers of nitride heterostructures [1]. To provide low leakage currents and a high breakdown voltages of HEMTs, high insulating properties of GaN layers are necessary. Degradation of the insulating properties of a GaN buffer layer can be caused by the presence of uncontrolled electrically active impurities, as well as intrinsic point growth defects and their complexes: vacancies (V_N, V_{Ga}, and V_{Al}), interstitials (Al_i and Ga_i), and antisite defects (Ga_N, N_{Ga}, and Al_N). Oxygen, carbon, and nitrogen can also form a variety of electrically active complexes; e.g., oxygen can act both as a shallow donor in GaN and form a complex of a Ga vacancy with oxygen at the nitrogen site $V_{Ga}O_N$, which is a deep acceptor [2, 3]. Therefore, for some types of devices, it is necessary to compensate the defects of the buffer layer material. It is commonly assumed that, for the complete compensation of intrinsic donors, the resistance of a GaN layer should be about $10^9 \Omega\ cm$ [4]; however, in some companies, technical specifications on the AlGaN/GaN/SiC hetero structures for HEMT s ensure that the buffer layer should possess a resistance higher than $10^5 \Omega\ cm$ over at least 50% of the heterostructure's area.

To achieve the desired insulating properties of a GaN buffer layer, it is often doped with carbon or iron. Usually, some quantity of carbon enters a growing GaN layer from the organic products used in the MLE and MOCVD processes (CH_4, C_2H_2, and trimethyl gallium (TMGa)) and also from the

graphite insulation of the epitaxial growth units [5]. Carbon in GaN is known to be a deep acceptor, which can compensate residual donors; however, the uncontrolled introduction of C into GaN can result in a rougher surface morphology of the growing films and nonuniformity of the buffer layer across the thickness. The maximum effect of carbon doping was obtained under the conditions of doping the lower part of a GaN layer with a concentration of 1.5×10^{18} cm^{-3}, with the upper part of the buffer layer neighboring the barrier layer being undoped [4, 5]. In that case, the high carbon concentration in the lower layers of the buffer in the hetero- structure did not weaken the AlGaN layer's surface morphology [5]. Such a layered buffer made it possible to obtain hetero structures with a channel of a 2D electron gas with the mobility of 1590 $cm^2/(V\,s)$ and a carrier concentration of 1.1×10^{13} cm^{-2}; the HEMTs made based on these hetero structures exhibited leak-age currents of 3×10^{-8} A/mm and breakdown volt- ages of up to 1000 V [4].

The data on the use of iron for doping a buffer layer in order to improve its insulating properties still remain controversial. In the early stage, low Fe concentrations were considered preferable, since high concentrations (over 3×10^{18} cm^{-3}) were believed to lead to the cracking and degradation of the surface morphology [6]. Later [7], it was demonstrated that buffer layers with a resistance of $1 \times 10^9 \Omega\, cm$ cm possessing good surface morphology can be obtained even at a Fe concentration of 9×10^{19} cm^{-3}. The experiments revealed that, even at as high a Fe concentration as 10^{17} cm^{-3} and using a silicon wafer as a substrate, a buffer layer with a breakdown voltage of 1324 V and HEMTs with low leakage cur- rents (8.22×10^{-6}) A/mm can be obtained [8, 9].

The presence of structural defects in a buffer layer can both accelerate diffusion and adsorb C and Fe atoms, thus creating electrically active sites in the places where they are concentrated. Since impurities are introduced at the initial film growth step, the opposite effect is possible: impurities can affect the formation of the dislocation structure of epitaxial films. Therefore, the investigation of the possible effect of the special doping of a GaN layer during epitaxial growth on the structure of the growing epitaxial films is of interest.

The aim of this work is to study the effect that the process of iron and carbon doping of a GaN epilayer on sapphire effects on the features of the growth of epitaxial films, their dislocation and mosaic structure, and on the distribution of dislocations across the epilayers' depth.

The initial background for the investigation of the structural perfection of the epilayers was the concept that the epitaxial film was a system of blocks developing through the screw dislocation mechanism upward and parallel to the surface [10–12]. At the first step of the film's growth, separate blocks are nucleated; the blocks can be slewed in different directions with respect to each other. In the spots where blocks inter-grow, gatherings of edge dislocations form, which can become nucleation centers for new screw dislocations; therefore, dislocations can be generated both immediately at the interface with the substrate and at different depths of epitaxial films. The dislocation density in nitride films, especially when using sapphire as a substrate, can reach 10^9 cm^{-2} [10].

Allowing for the points mentioned above, the structural perfection of epitaxial films was estimated from the density of the dislocations and their distribution across the films' depth.

The object of research was heterostructures grown by MOCVD and containing the layers *i*-GaN (20 A), an *i*-AlGaN barrier layer (200 A), a GaN buffer layer

(2 to 2.5 μm), and a nucleation layer. As a substrate, sapphire wafers with the working surface orientation (0001) were used. The aluminum molar content in the upper barrier layer ranged from 0.26 to 0.3. Samples with an Fe- and C-doped GaN layer were investigated, with the part of the buffer layer doped being that

immediately adjoining the substrate. The doped layer's thickness was 2μ m; immediately near the *i*-AlGaN barrier layer the undoped *i*-GaN layer remained with a thick- ness of 300 to 500 nm. *i*-GaN/*i*-AlGaN/GaN/Al_2O_3 heterostructures with an undoped buffer layer were employed as references.

Methods of Research

(1) To determine the distribution of dopants in the GaN layer, secondary ion mass spectroscopy (SIMS) was used. The analysis was carried out on a Cameca IMS 4f unit. The primary ions were Cs^+ ions. Simultaneously, the distribution of the main elements of the heterostructures (Al, Ga, N) was determined. For charge neutralization in the layer, a low-energy electron gun was employed; a thin gold layer was sputtered on the heterostructure surface. The sputtering crater depth was measured with an optical profilometer.

(2) The dislocation structure of the buffer layers was analyzed by etching in orthophosphoric acid (H_3PO_4) at 300□C and in potassium hydroxide (KOH) at 500□C. The time of etching in H_3PO_4 was chosen individually for each experiment, since the etching was made by a drop method, and the conditions of heat removal changed every time. The time of etching in KOH was 5 to 10 min. By etching in orthophosphoric acid, etch pits primarily due to screw dislocations are revealed. From the assumption that edge dislocations form in the spots of interfacing of screw dislocations, there follows a correlation between these two types of dislocations. Therefore, in this work, a comparative estimation of the studied samples was made from the density of screw dislocations.

CONCLUSIONS

It is shown that carbon doping of a GaN epitaxial layer during growth can change the mechanism of film growth at the substrate with the formation of an almost defect-free nucleation layer and the decrease in the dislocation density of AlGaN/GaN layers, which, in turn, should enhance their dielectric properties.

The proposed technique for determining the dislocation density in epitaxial films using two schemes of the selective etching of spherical sections made it possible to analyze the features of the distribution of the dislocation density in nitride epitaxial films.

The experiments confirmed the possibility of analyzing the structural perfection of epitaxial films using the proposed technique of X-ray angular scanning.

Additional investigations with the help of measuring current–voltage and capacity–voltage characteristics corroborated the possibility of decreasing inverse currents in the AlGaN/GaN heterostructures by almost 2 to 2.5 orders of magnitude with the help of the additional carbon doping of the GaN layer.

REFERENCES

1. Liliental-Weber, Z., dos Reis, R., Weyher, J.L., and Staszczak, G., The importance of structural in homo- geneity in GaN thin films, *J. Cryst. Growth*, 2016, vol. 456, pp. 160–167.
2. Morkoç, H., *Handbook of Nitride Semiconductors and Devices*, Vol. 1: *Materials Properties, Physics and Growth*, Weinheim: Wiley-VCH, 2009, pp. 817–1191.
3. Polyakov, A.Y. and Lee, I.-H., Deep traps in GaN- based structures as affecting the performance of GaN devices, *Mater. Sci. Eng. R*, 2015, vol. 94, pp. 1–56.
4. Kim, D.-S., Won, Ch.-H., Kang, H.-S., Kim, Y.-J., Kim, Y.T., Kang, I.M., and Lee, J.-Y., Growth and characterization of semi-insulating carbon-doped/ undoped GaN multiple-layer buffer, *Semicond. Sci. Technol.*, 2015, vol. 30, pp. 035010-1–6.

5. Bergsten, X.Li, Nilsson, D., Danielsson, O., Pedersen, H., Rorsman, N., Janzen, E., and Forsberg, U., Carbon doped GaN buffer layer using propan for high electron mobility transistor applications: grown and device results, *Appl. Phys. Lett.*, 2015, vol. 107, pp. 26105–15.
6. Feng, Z.H., Li, B., Yuan, F.P., et al., Influence of Fe- doping on GaN grown on sapphire substrates by MOCVD, *J. Cryst. Growth*, 2007, vol. 309, no. 1, p. 8.
7. Cui Lei, Yin Haibo, Jiang Lijuan, Wang Quan, Feng Chun, et al., The influence of Fe doping on the surface topography of GaN epitaxial material, *J. Semicond.*, 2015, vol 36, no. 10.
8. Lipski, F., Semi-insulating GaN by Fe-doping in hid- ride vapor phase epitaxy using a solid iron source, *Annual Report*, Inst. Optoelectron., Ulm Univ., 2010.
9. Polyakov, A.Y., Smirnov, N.B., Dorofeev, A.A., Gladysheva, N.B., Kondratyev, E.S., Shemerov, I.V., Turutin, A.V., Ren, F., and Peartond, S.J., Deep traps in AlGaN/GaN high electron mobility transistors on SiC, *ECS J. Solid State Sci. Technol.*, 2016, vol. 5, no. 10, pp. Q260–Q265.
10. Simpkins, B.S., Yu, E.T., Waltereit, P., and Speck, J.S., Correlated scanning Kelvin probe and conductive atomic force microscopy studies of dislocations in gal- lium nitride, *J. Appl. Phys.*, 2003, vol. 94, p. 1448.
11. Enisherlova, K.L., Rusak, T.F., Korneev, V.I., and Zazulina, A.N., Effect of SiC substrate properties on structural perfection and electrical parameters of AlGaN/GaN layers, *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Mater. Elektron. Tekh.*, 2015, vol. 18, no. 3, pp. 221–228.
12. Govorkov, A.V., Polyakov, A.Ya., Yugova, T.G., Smirnov, N.B., Petrova, E.A., Mezhennyi, M.V., Mar- kov, A.V., Lee, I.-H., and Pearton, S.J., Identification of dislocations and their influence on the recombina- tion of charge carriers in gallium nitride, *J. Surf. Invest.: X-ray, Synchrotron Neutron Tech.*, 2007, vol. 1, no. 4, pp. 380–385.

AlGaN / GaN / α-Al2O3 HETEROSTRUKTURLARININ EPITAKSIAL QATLARININ DISLOKASIYA QURULUŞU

Abbasova Ç.Y., Səfərov V.H.
Bakı Dövlət Universiteti,Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: nitrid heterostrukturu, GaN bufer qat, dislokasiya, ikincil ion kütlə spektroskopiyası, sferik hissə, seçmə kimyəvi aşındırma

Bu işin məqsədi bir GaN epitaksial təbəqənin safir üzərində dəmir və karbon dopinqi prosesinin epitaksial filmlərin böyüməsinin xüsusiyyətlərinə və dislokasiya quruluşuna təsir göstərə biləcəyini (təsir göstərdiyini) öyrənməkdir. Tədqiqat zamanı aşağıdakı tədqiqat metodlarından istifadə olunur: ikincil ion kütlə spektroskopiyası (SİM), sferik hissələrin seçmə kimyəvi aşınması və tək kristallı difraktometriya. Bir artım zamanı GaN epitaksial qatın karbon dopinqinin epitaksial təbəqələrin dislokasiya sıxlığında əhəmiyyətli bir azalmaya səbəb ola biləcəyi göstərilir. Dəmirlə qatlanmış nümunələr üçün strukturun əsas hissəsində qısa çıxıntı sayında azalmanın xarakterik olduğu da nümayiş etdirilir; Bununla birlikdə, çox sayda genişlənmiş dislokasiya meydana gəlir və heterostrukturların iş bölgələrinə dəmir yayılmasını təşviq edir, bu da SİMS metodu ilə ölçülən təbəqələrin dəmir dərinliyi paylanması ilə təsdiqlənir.

ДИСЛОКАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ ГЕТЕРОСТРУКТУР AlGaN / GaN / α-Al2O3.

Аббасова Ч.Ю., Сафаров В.Г.

Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: нитридная гетероструктура, буферный слой GaN, дислокация, масс-спектроскопия вторичных ионов, сферическое сечение, селективное химическое травление.

Цель данной работы - изучить, может ли процесс легирования железом и углеродом эпитаксиального слоя GaN на сапфирах влиять на характеристики роста и дислокационную структуру эпитаксиальных пленок. В исследовании используются следующие методы исследования: вторично-ионная масс спектроскопия (ВИМ), селективная химическая эрозия сферических частей и дифрактометрия монокристаллов. Было показано, что легирование углеродом эпитаксиального слоя GaN при увеличении может приводить к значительному снижению плотности дислокаций эпитаксиальных слоев. Показано также, что для образцов, сложенных из железа, характерно уменьшение количества коротких выступов в основной части конструкции; Однако возникает большое количество расширенных дислокаций, способствующих распространению железа в рабочие области гетероструктур, что подтверждается распределением железа слоев по глубине, измеренным методом ВИМС.

FABRICATION OF MULTI-WALLED CARBON NANOTUBES THIN FILMS

[1,2]Abdullayeva S. H. , [1,2] Gahramanova G. K., [1]Aliyeva F. A., [1,2] Jabbarov

[1]Institute of Physics, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

[2]Research Center for High Technologies, Ministry of Transport, Communication and High Technologies of Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan

rasim.jabbarov69@gmail.com

Key words: En: Carbon nanotubes, CVD, Thin films, volt-ampere characteristics, polymer composite

Multiwall Carbon Nanotubes (MWCNT) thin films have been fabricated by two methods: MWCNT/Epoxy method and MWCNT direct grow on the substrate method. Their volt-ampere characteristics (VAC) has been investigated.

Introduction

Nowadays, Carbon nanomaterials, especially nanotubes (CNTs) have been utilized as innovative materials in high performance engineering and electronics systems due to their high elastic modulus, strength, and flexibility, combined with their low density and high thermal and electrical conductivities [2, 4-6]. CNT and polymer/CNTs composites thin films can be found in electronic equipment and devices. In particular, CNT based electrically conductive polymer composites offer a range of opportunities because of their unique properties; they display low specific gravity in combination with reasonably strong mechanical properties and process capability. The electrical conductivity of polymer/CNT composites results from a constant filler network that can be affected by different external stimuli, such as temperature changes, mechanical deformations, and the presence of gases and vapors or solvents. Accordingly, CNT based polymer composites also represent

promising candidates for the design of smart components capable of integrated monitoring. In this article we focus on fabrication of CNT based thin films and measure their electrical properties. The sensing mechanism of CNT/polymer composite is based on the polymer's reaction to environmental changes which affect the electrically conductive CNT network

Adding nanocarbon materials into the epoxy polymer is an effective way to fabricate advanced materials, which combine the advantages of both epoxy and nanomaterials. Such nanocomposites have attracted tremendous attention in both academic and industrial fields for their potential applications [1, 3].

Experiments and discussion

In this work MWCNTs were synthesized at 900°C by aerosol-CVD method using heptane and ferrocene as a hydrocarbons sources and catalyst respectively. The MWCNTs thin film was grown on pure sapphire substrate directly (Fig 1a).

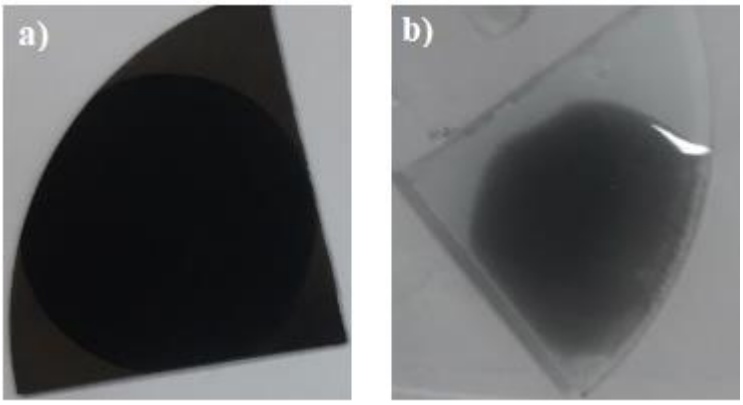
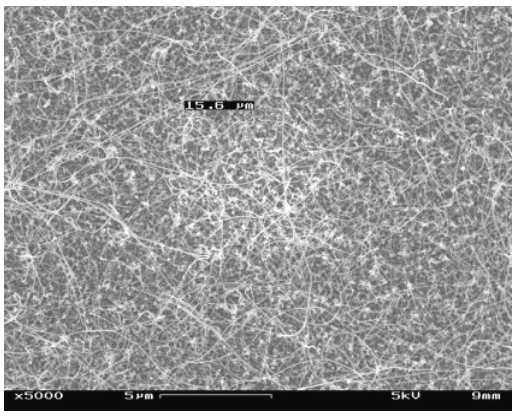


Fig 1. a) MWCNT and b) MWCNT/epoxy films on sapphire substrate

Using the same growth condition and source the MWCNTs also grown in quartz tube as powder. The samples showed sufficient purity so that any defect among MWCNTs such as amorphous carbon and catalyst metal atoms were not observed from SEM (SEM with an electron acceleration of 5 kV) investigations (Fig. 2.)

a) 

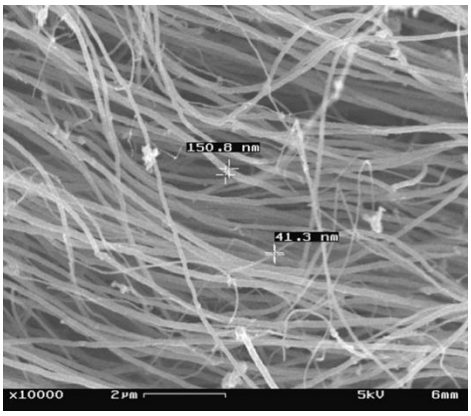
b) 

Fig 2. SEM images of MWCNTs on substrate from surface (a) and as powder (b)

In the second approach to fabricate thin film with CNTs was CNTs filled epoxy polymer composites. This method started to disperse the powder MWCNTs in acetone at room temperature to reduce the CNTs agglomeration. Then slightly filtered MWCNTs/acetone mixture was added to epoxy. The MWCNTs/epoxy composite stirred by Magnetic stirrer at 30°C 3 h. The composite added to pure sapphire surface as thin layer (Fig 1b) and then VAC (volt-ampere characteristics) measurements of thin film at room temperature carried out (Fig 3).

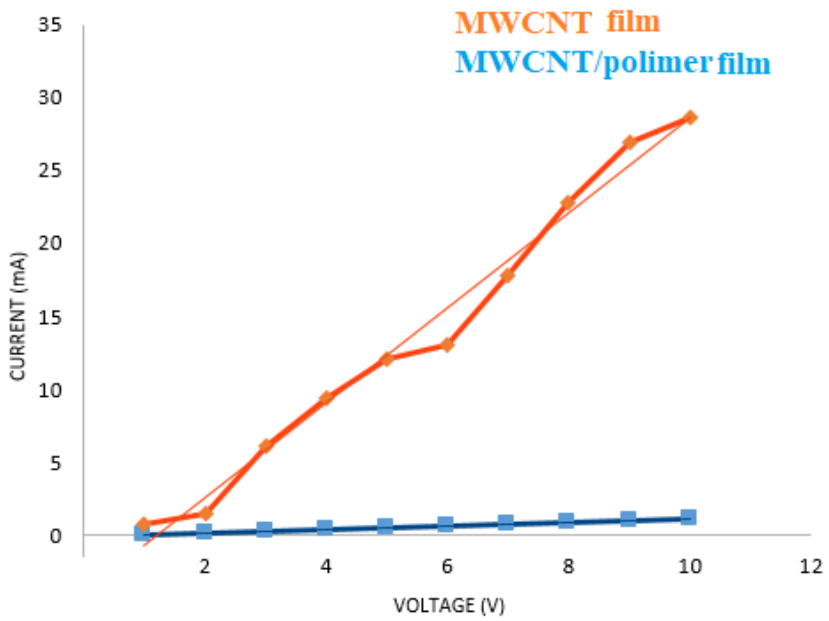


Fig.3. VAC of MWCNT and MWCNT/polymer thin films

Summary

It was investigated that the MWCNTs thin film on the sapphire demonstrate themselves as conductive thin films and the conductivity of CNT/epoxy composites increases from starting small present (8% in our case) of CNTs in epoxy polymer. The DC current-voltage (I-V) characteristics were ohmic in the measured voltage range (0 V to 10 V, step 0.5 V) and the DC conductivities were calculated from I-V curve. Surface VAC of each sample was measured several times for different electrode placements in order to have a meaningful statistical average value and to test the sample uniformity. It was determined that the conductivity of pure MWCNT and MWCNT/epoxy composite were $3.26 \cdot 10^3\ S/cm$ and $1.16 \cdot 10^2\ S/cm$ recpetively.

1. Azeez AA, Rhee KY, Park SJ, Hui D. Epoxy clay nanocomposites – processing, properties and applications: A review. Compos Part B Eng, 2013, 45, 308-320
2. Baughman R H., A. A. Zakhidov, and W. A. de Heer. Carbon nanotubes–the route toward applications. Science, 2002, 297, 787–792
3. Blokhin N., T. P. Dyachkova,A. V. Maksimkin,R. A. Stolyarov,A. K. Suhorukov,I. N. Burmistrov &A. P. Kharitonov, Polymer composites based on epoxy resin with added carbon nanotubes. Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures, 2020, 28, 45-49
4. Chen Junjie, Baofang Liu, Xuhui Gaoa and Deguang Xua, A review of the interfacial characteristics of polymer nanocomposites containing carbon nanotubes, 2018,8, 28048-28085

5. Chou, T.W.; Gao, L.; Thostenson, E.T.; Zhang, Z.; Byun, J.H. An assessment of the science and technology of carbon nanotube-based fibers and composites. Compos. Sci. Technol. 2010, 70,1–19.
6. M. Moniruzzaman and K. I. Winey. Polymer nanocomposites containing carbon nanotubes. Macromolecules, 2006, 39, 5194–5205

ÇOXDİVARLI KARBON NANOBORU (ÇDKNB) NAZİK TƏBƏQƏLƏRİN HAZIRLANMASI

[1,2] Abdullayeva H. S., [1,2] Qəhrəmanova G. K., [1]Alıyeva F.A., [1,2] Cabbarov R. B.
[1]Fizika İnstitutu, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Baku, Azərbaycan
[2]Azərbaycan Respublikası Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyi, Yüksək Texnologiyalar üzrə Tədqiqat Mərkəzi, İnşaatçılar pr. 4, AZ1073 Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: Karbon nanoborular, CVD, nazik təbəqələr, volt-amper xarakteristika, polimer kompozit

Çoxdivarlı karbon nanoboru (ÇDKNB) nazik təbəqələr iki üsulla hazırlanmışdır: ÇDKNB/Epoksi üsulu və ÇDKNB birbaşa sapfir altlıq üzərinə yetişdirmə üsulu. Onların volt-amper xassələri (VAX) araşdırılmışdır.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ИЗ ТОНКИХ ПЛЕНОК

[1,2]Абдуллаева Г.С., [1,2] Гахраманова Г.К., [1]Алиева Ф.А., [1,2]Джаббаров Р.Б.
[1]Институт Физики Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
[2]Исследовательский центр высоких технологий Министерства транспорта, связи и высоких технологий Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан

Ключевые слова : углеродные нанотрубки, CVD, тонкие пленки, вольт-амперные характеристики, полимерный композит

Тонкие пленки из многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) были изготовлены двумя методами: методом МУНТ/эпоксидной смолы и методом прямого выращивания МУНТ на подложке. Исследованы их вольт-амперные характеристики (ВАХ).

TEMPERATURE DEPENDENCE OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY FOR $GE_{1-x}SI_x$ OBTAINED BY THE NEW ZONE MELTING METHOD

Hashimova A.I., Mammadov F.A.
Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan
mammadov_fuad@bk.ru

$GE_{1-x}SI_x$ single crystal, binary solid solution, zone melting, alloy, X-ray analysis.

In the paper new method for obtaining homogeneous single crystals of a Ge-Si solid solution is considered, and the results of studying the physical properties of samples of the obtained crystals are

presented. The degree of monocrystallinity of the obtained crystals was checked by appropriate radiographic analysis.

In the field of semiconductor physics classical semiconductors - germanium and silicon play a key role. Their production in pure form, growth of their high perfect single crystals and purposeful doping with various impurities opened the way for the creation of modern solid-state electronics. The unusual physical properties of semiconductor materials and the emerging great interest in them subsequently led to the synthesis in a large number of new binary, ternary and more complex substances. At present, the overwhelming majority of converting and control devices, widely used in various fields of science and technology are made on the basis of semiconductors, covering a wide interval. These solid solutions retain all the positive properties of the pure components, and these properties continuously change with a change in the composition of the crystal. Therefore, with the use of these solid solutions, it is possible to expand the range of parameter values and the field of application of devices manufactured on their basis. Opportunity to regulate the physical properties of the Ge-Si solid solution over a wide range promotes wide practical application of this compound. Due to this, on the base of these solid solutions it is possible to create conversion elements for various purposes [1].

Germanium and silicon are elements of Group IV of the Mendeleev's periodic system of elements, and when they form a joint compound, they crystallize in a diamond-like structure. Elementary lattice is a face-centered cube. At the vertex points of the cube ribs, corresponding atoms are located. Each atom, surrounded by 4 adjacent atoms, forms a system. One of the most interesting features is the opportunity to control the physical properties of the crystal by changing the ratio of its constituent components. It is known from the literature, that the width of the forbidden band of Ge-Si solid solution crystals increases linearly with the growth of silicon content in composition in a certain interval and a certain deviation from the linear dependence is observed with a silicon amount of 15%. The width of the band gap with a change Si in the composition from 0 to 15% is given by

$$E_g = 0.72 + 1.5\alpha \quad (\alpha = 0 \div 0.15) \qquad (1)$$

and with a change in Si in the composition from 15% to 100% is given by

$$E_g = 0.93 + 0.31\alpha \quad (\alpha = 0.15 \div 1) \qquad (2)$$

For the study of single crystals of $Ge_{1-x}Si_x$ solid solutions of the composition x: 5; 6; 8; 10; 15 at.% Si, were obtained by zone melting using the new method proposed by V. Tahirov [2].

When studying various electronic processes occurring in semiconductor materials, one of the convenient methods that give more detailed information, is the measurement of kinetic parameters in weak electric fields under different conditions. For this reason, the electrical conductivity, the Hall effect over a wide temperature range was first of all studied for the samples studied.

When $Ge_{1-x}Si_x$ is hardened, thermal defects - the trapping centers of with different activation energies are formed in the crystal.

In the present work, for $Ge_{1-x}Si_x$ solid solutions crystals with a different silicon content x: 5; 6; 8; 10; 15 at.% Si, the electrical conductivity, the Hall coefficient, and thermal-e.g. in the temperature range $100 \div 700$ K were studied. The electrical conductivity and the Hall coefficient were measured by the compensation method.

Figure 1 shows the temperature dependence of electrical conductivity, and Fig. 2 - the Hall coefficient.

The width of the forbidden band for the samples studied is determined from $\lg\sigma = f\left(\frac{1}{T}\right)$ and $\lg\left(|R|T^{3/2}\right) = f\left(\frac{1}{T}\right)$ the dependences. It is established, that the width of the forbidden band, depending on the amount of silicon in the crystal composition, increases linearly. This observed regularity is fully consistent with the existing band theory [3].

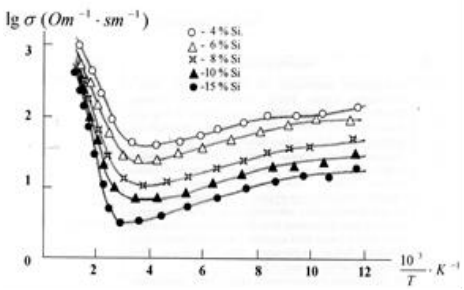


Figure 1. Temperature dependence of the electrical conductivity for samples of different composition.

REFERENCES

1. Tahirov V.I. Semiconductor germanium-silicon solid solutions. Baku: Elm, 1983, 246 pp. (in Russian).

2. Tahirov V.I., Tahirov U.V., Guliyev A.F., Gahramanov N.F. Preparation of single crystals of a binary solid solution with a large transverse dimension by the zone melting method // Scientific News of the Sumgait State University, 2011, Vol.11, No.2. p. 3-13 (in Russian).

3. Mott R., Davis E. Electronic processes in non-crystalline substances. Moscow: Nauka, 1994. 180 pp. (in Russian).

YENİ ZONA EYİLMƏ ÜSULU İLƏ ƏLAVƏ OLUNAN GE1-XSIX ÜÇÜN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN TEMPERATURA BAĞLIĞI

Həşimova A.İ. , Məmmədov F.A.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

$GE_{1-X}SI_X$ tək kristal, ikili qatı məhlul, zona əriməsi, xəlitəli, rentgen struktur analizi.

Məqalədə Ge-Si qatı məhlulunun bircinsli tək kristallarının alınması üçün yeni bir metoddan bəhs olunur və alınan kristalların nümunələrinin fiziki xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinin nəticələri təqdim olunur. Əldə olunan kristalların tək kristallıq dərəcəsi müvafiq radioqrafik analiz istifadə edilərək yoxlanılmışdır.

ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ GE1-XSIX, ПОЛУЧЕННАЯ НОВЫМ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ПЛАВКИ

Гашимова А. И., Мамедов Ф.А.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Монокристалл $GE_{1-X}SI_X$, бинарный твердый раствор, зонная плавка, сплав, рентгеноструктурный анализ.

В статье рассматривается новый метод получения однородных монокристаллов твердого раствора Ge-Si и представлены результаты исследования физических свойств образцов полученных кристаллов. Степень монокристалличности полученных кристаллов проверяли с помощью соответствующего радиографического анализа.

III BÖLMƏ
YÜKSƏK ENERJİ FİZİKASI
III СЕКЦИЯ
ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
III SECTION
HIGH ENERGY PHYSICS

DİRAK TƏNLİYİNİN HÜLTEN VƏ YUKAVA POTENSİALLARININ XƏTTİ CƏMİ ÜÇÜN PSEVDOSPİN SİMMETRİYASI HALINDA ANALİTİK HƏLLİ

Aslanova S.M., Şərifova N.A.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan
sariyya.aslanova@mail.ru

Açar sözlər: Hülten potensialı, Yukava potensialı, psevdospin simmetriyası, Nikiforov-Uvarov metodu

olunan işdə Dirak tənliyi psevdospin simmetriyasi halinda Hülten və Yukava potensiallarının cəmi üçün Nikiforov-Uvarov metodunu tətbiq edətək analitik şəkildə həll edilmişdir. Burada Hülten ustəgəl Yukava potensialı skalyar cazibə və vektor itələmə potensiallarından təşkil olunduğu hallara baxılmışdır. Spin-orbital kvant ədədlərinin ixtiyari qiymətləri üçün relyativistik zərrəciyin enerji spektri, məxsusi funksiyaları və normanlanma sabiti üçün analitik ifadələr tapılmışdır.

GİRİŞ

Qətiyyətlə demək olar ki, Kvant mexanikası artıq inqilabi bir nəzəriyyə deyil. Yarandığı gündən bəri keçən yüz ildən çox bir müddətdə, fizika elminin tamamilə qurulmuş bir sahəsinə çevrildi. Eyni zamanda fiziki potensiallar üçün dəqiq həll edilə bilən problemlərin öyrənilməsi fiziki tədqiqatlarda hələ də vacibdir [3].

İstər qeyri-relyativistik və relyativistik dalğa tənliklərinin kvant mexaniki sistemlər üçün analitik və bağlı həllərinin tapılması olduqca maraqlı və vacib problemlərdən hesab olunur. Kvant mexanikasının yarandığı gündən əsas məqsədi fiziki maraq kəsb xüsusi potensiallar üçün dalğa tənliklərinin analitik həll edilməsidir. Dalğa tənliklərini həll edərək tapılan dalğa funksiyalarından kvant sistemləri haqqında kifayət qədər mükəmməl məlumatlar əldə etmək mümkündür. Prinsipcə dalğa funksiyaları kvant mexaniki sistem haqqında bütün informasiyaları özündə cəmləşdirir [1-4]. Ona görə də Dirak tənliyinin analitik və bağlı həllinin tapılması olduqca vacib tədqiqat işidir.

Xüsusi ilə qeyd etmək lazımdır ki, Kleyin-Fok-Qordon tənliyi spini sıfır olan relyativistik zərrəcikləri, bozonları təsvir edir, onların dinamikasını öyrənir. Dirak tənliyi isə spini tək yarım olan fermionları təsvir edir. Amma Duffin – Kemmer – Petiau (DKP) tənliyi birinci tərtib xüsusi törəməli differensial tənlik olub spini sıfır və spini birə bərabər olan m kütləli relyativistik zərrəcikləri təsvir edir.

TƏDQİQAT METODU

Hülten və Yukava potensiallarının cəminin $V(r)$ vektor itələmə və $S(r)$ cazibə sahələrini nəzərə almaqla M kütləli zərrəcik üçün Dirak tənliyini $(\hbar = c = 1)$ atom vahidlər sistemində aşağidaki formada yaza bilərik:

$$\left[\vec{\alpha}\vec{p} + \beta(M + S(r))\right]\psi(r) = \left[E - V(r)\right]\psi(r) \tag{1}$$

Burada $V(r)$ vektor itələmə və $S(r)$ skalyar cazibə sahələrini təsvir edirlər. α və β dörd ölçülü dirak matrisləri, E - isə sistemin relyativistik enerjisidir. Sferik simmetrik dirak spinor dalğa funksiyasini aşağidaki formada yazmaq olar, yəni

$$\psi_{nk} = \frac{1}{r}\begin{bmatrix} F_{nk}(r) & Y_{jm}^{l}(\theta,\varphi) \\ iG_{nk}(r) & Y_{im}^{\tilde{l}}(\theta,\varphi) \end{bmatrix}. \tag{2}$$

$F_{nk}(r)$ və $G_{nk}(r)$ həqiqi kvadratik inteqrallanan funksiyalardir, m -maqnit kvant ədədidir. $Y_{jm}^{l}(\theta,\varphi)$ $Y_{jm}^{\tilde{l}}(\theta,\varphi)$ funksiyaları isə sferik harmonik funksiyalardir. Həmçinin $l(l+1)=k(k+1)$ və $\tilde{l}\,(\tilde{l}+1)=k(k-1)$ şərtlərini ödəyirlər.

Psevdospin simmetriyası halında Dirak tənliyini Hülten və Yukava potensiallarının cəmi üçün həll etmək üçün (2) funksiyasini (1) tənliyində nəzərə alsaq, onda iki əlaqəli tənlik alariq:

$$\left(\frac{d}{dr}+\frac{k}{r}\right)F_{nk}(r)=\left[M+E_{nk}+S(r)-V(r)\right]G_{nk}(r) \tag{3}$$

$$\left(\frac{d}{dr}-\frac{k}{r}\right)G_{nk}(r)=\left[M-E_{nk}+S(r)+V(r)\right]F_{nk}(r) \tag{4}$$

Buradan $G_{nk}(r)$ funksiyasini (3) tənliyindən tapib, (4) tənliyində və $F_{nk}(r)$ funksiyasini (4) tənliyindən tapib onu (3) tənliyində nəzərə alsaq onda bu funksiyalar üçün aşağıdakı formada ikinci tərtib diferensial tənliklər alariq:

$$\left\{\frac{d^2}{dr^2}-\frac{k(k+1)}{r^2}-\left[M+E_{nk}-\Delta(r)\right]\left[M-E_{nk}+\Sigma(r)\right]+\frac{\frac{d\Delta(r)}{dr}\left(\frac{d}{dr}+\frac{k}{r}\right)}{M+E_{nk}-\Delta(r)}\right\}F_{nk}(r)=0, \tag{5}$$

$$\left\{\frac{d^2}{dr^2}-\frac{k(k-1)}{r^2}-\left[M+E_{nk}-\Delta(r)\right]\left[M-E_{nk}+\Sigma(r)\right]-\frac{\frac{d\Sigma(r)}{dr}\left(\frac{d}{dr}-\frac{k}{r}\right)}{M-E_{nk}+\Sigma(r)}\right\}G_{nk}(r)=0, \tag{6}$$

burada $\Delta(r)=V(r)-S(r)$ və $\Sigma(r)=V(r)+S(r)$ şəklində təyin olunurlar.

Dirak tənliyini psevdospin simmetriyası halında həll etmək üçün (6) tənliyində $d\Sigma/dr=0$ götürməliyik. Bu zaman $\Sigma(r)=const=C$ olduğunu (6) nəzərə alsaq onda həmin tənliyi aşağıdakı formada yazmaq olar, yəni

$$\left[\frac{d^2}{dr^2}-\frac{k(k-1)}{r^2}+\left[M-E_{nk}+C\right]\Delta(r)-\left[M^2-E_{nk}^2+C(M+E_{nk})\right]\right]G_{nk}(r)=0 \tag{7}$$

Burada $\Delta(r)$ Hülten və Yukava potensiallarının xətti cəmidir. $k<0$ üçün $k=-\tilde{l}$ və $k>0$ üçün $k=\tilde{l}+1$, Enerji spektri n və $\tilde{l}$ kvant ədədlərindən asılıdır, $E_{nk}=E(n,\tilde{l}\,(\tilde{l}+1))$.

(7) tənliyini Nikiforov-Uvarov metodu ilə analitik şəkildə həll etmək üçün onu aşağıdakı formada hiperhəndəsi tənlik formasında yazmaq lazımdır [5]:

$$\chi''(s)+\frac{\tilde{\tau}(s)}{\sigma(s)}\chi'(s)+\frac{\tilde{\sigma}(s)}{\sigma^2(s)}\chi(s)=0 \tag{8}$$

Qeyd edək ki, (8) tənliyində $\Delta(r)$ Hülten və Yukava potensiallarının xətti cəminə bərabər götürülür, yəni $\Delta(r)=V_H(r)+V_y(r)$. (8) tənliyini Nikiforov-Uvarov metodu ilə analitik həll etmək üçün yeni $s=e^{-2\delta\cdot r}$ dəyişənini daxil edək, onda alarıq:

$$\left[4\delta^2 s^2\frac{d^2}{ds^2}+4\delta^2 s\frac{d}{ds}-\left[M-E_{nk}+C\right]\frac{(V_0+V_0')e^{-2\delta r}}{1-e^{-2\delta r}}-\right.$$

$$\left.-\left[M^2-E_{nk}^2-+C(M+E_{nk})\right]-4k(k-1)\delta^2\frac{e^{-2\delta r}}{(1-e^{-2\delta r})^2}\right]G_{nk}(r)=0\,. \qquad (9)$$

(9) tənliyini kompakt formada yazmaq üçün yeni dəyişənlər daxil edək:

$$\tilde{\alpha}^2=-\frac{(V_0+V_0')(M-E_{nk}+C)}{4\delta^2},\ \tilde{\beta}^2=\frac{M^2-E_{nk}^2+C(M+E_{nk})}{4\delta^2} \qquad (10)$$

(10) dəyişənlərini (9) tənliyində nəzərə alsaq aşağıdakı yeni tənliyi alarıq:

$$\frac{d^2G_{nk}}{ds^2}+\frac{1}{s}\frac{dG_{nk}}{ds}+\left[\frac{\tilde{\alpha}^2}{s(1-s)}-\frac{\tilde{\beta}^2}{s^2}-\frac{k(k-1)}{s(1-s)^2}\right]G_{nk}=0 \qquad (11)$$

və ya

$$\frac{d^2G_{nk}}{ds^2}+\frac{1-s}{s(1-s)}\frac{dG_{nk}}{ds}+$$

$$+\frac{1}{s^2(1-s)^2}\left[\tilde{\alpha}^2 s(1-s)-\tilde{\beta}^2(1-s)^2-k(k-1)s\right]G_{nk}=0\,. \qquad (12)$$

$G_{nk}(s)$ funksiyasını aşağıdakı şəkildə faktorizasiya edək:

$$G_{nk}=\tilde{y}_{nk}(s)\cdot\tilde{\phi}(s)\,. \qquad (13)$$

(12) tənliyinin (8) tənliyi ilə müqayisə etsək onda $\bar{\tau}(s),\sigma(s)$ və $\bar{\sigma}(s)$ əmsalları üçün aşağıdakı ifadələri alarıq:

$$\bar{\tau}(s)=1-s$$

$$\sigma(s)=s(1-s)$$

$$\bar{\sigma}(s)=\tilde{\alpha}^2 s(1-s)-\tilde{\beta}^2(1-s)^2-k(k-1)s=\tilde{\alpha}^2 s-\tilde{\alpha}^2 s^2-\tilde{\beta}^2+2\tilde{\beta}^2 s-\tilde{\beta}^2 s^2-$$

$$-k(k-1)s=(-\tilde{\alpha}^2-\tilde{\beta}^2)s^2+(\tilde{\alpha}^2+2\tilde{\beta}^2-k(k-1)s-\tilde{\beta}^2. \qquad (14)$$

(14) ifadələronin köməyi ilə $\pi(s)$ funksiyasını hesablasaq alarıq:

$$\pi(s)=\frac{\sigma'(s)-\bar{\tau}(s)}{2}\pm\sqrt{\left(\frac{\sigma'(s)-\bar{\tau}(s)}{2}\right)^2-\bar{\sigma}(s)+k\sigma(s)}=$$

$$=-\frac{s}{2}\pm\sqrt{\frac{s^2}{4}+(\tilde{\alpha}^2+\tilde{\beta}^2)s^2-(\tilde{\alpha}^2+2\tilde{\beta}^2-k(k-1))s+\tilde{\beta}^2+k's-k's^2}=$$

$$=-\frac{s}{2}\pm\sqrt{\frac{1}{4}+(1+4\tilde{\alpha}^2+4\tilde{\beta}^2-4k')s^2-(\tilde{\alpha}^2+2\tilde{\beta}^2-k(k-1)-k')s+\tilde{\beta}^2}=$$

$$=-\frac{s}{2}\pm\frac{1}{2}\sqrt{(1+4\tilde{\alpha}^2+4\tilde{\beta}^2-4k')s^2-4(\tilde{\alpha}^2+2\tilde{\beta}^2-k(k-1)-k')s+4\tilde{\beta}^2}=$$

$$=-\frac{s}{2}\pm\frac{1}{2}\sqrt{(4a-4k')s^2-4(b-k')s+4c}=-\frac{s}{2}\pm\sqrt{(a-k')s^2-(b-k')s+c} \qquad (15)$$

Burada

$$\tilde{a} = \frac{1}{4} + \tilde{\alpha}^2 + \tilde{\beta}^2$$
$$\tilde{b} = \tilde{\alpha}^2 + 2\tilde{\beta}^2 - k(k-1) \tag{16}$$
$$\tilde{c} = \tilde{\beta}^2$$

(14) ifadəsində k' sabitini tapmaq üçün əvvəlcə kök altındakı kvadrat üçhədlinin diskriminantını tapıb sıfıra bərabər etsək, onda k' -a nəzərən kvadrat tənlik alarıq, yəni

$$D = (\tilde{b} - k')^2 - 4\tilde{c}(\tilde{a} - k') = k'^2 + (4\tilde{c} - 2\tilde{b})k' + (\tilde{b}^2 - 4\tilde{a}\tilde{c}). \tag{17}$$

$D = 0$ şərtindən

$$k'^2 + (4\tilde{c} - 2\tilde{b})k' + (\tilde{b}^2 - 4\tilde{a}\,\tilde{c}) = 0 \tag{18}$$

tənliyini alırıq.

(18) tənliyini həll edərək k_1' və k_2' üçün aşağıdakı nəticəni alarıq :

$$k_1' = (\tilde{b} - 2\tilde{c}) + 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})}$$
$$k_2' = (\tilde{b} - 2\tilde{c}) - 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})} \tag{19}$$

Digər tərəfdən

$$(\tilde{a} - k')s^2 - (\tilde{b} - k')s + \tilde{c} =$$
$$= \left(\tilde{a} - \tilde{b} + 2\tilde{c} - 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})}\right) - \left(2\tilde{c} - 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})}\right)s + \tilde{c} = (As - B)^2 \tag{20}$$

Burada

$$A^2 = \tilde{a} - \tilde{b} + 2\tilde{c} - 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})}$$
$$2AB = 2\tilde{c} - 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})}$$
$$B^2 = \tilde{c}$$
$$A = \sqrt{\tilde{c}} - \sqrt{\tilde{c} + \tilde{a} - \tilde{b}}$$
$$\sqrt{\tilde{c}} = \tilde{\beta}$$
$$\sqrt{\tilde{c} + \tilde{a} - \tilde{b}} = \sqrt{\tilde{\beta}^2 + \frac{1}{4} + \tilde{\alpha}^2 + \tilde{\beta}^2 - \tilde{\alpha}^2 - 2\tilde{\beta}^2 + k(k-1)} = \sqrt{\frac{1}{4} + k(k-1)} = k - \frac{1}{2} \tag{21}$$

Beləliklə, $\pi(s)$ funksiyası üçün aşağıdakı ifadələri alarıq:

$$\pi(s) = -\frac{s}{2} \pm \begin{cases} \left(\sqrt{\tilde{c}} - \sqrt{\tilde{c} + \tilde{a} - \tilde{b}}\right)s - \sqrt{\tilde{c}} & , k' = (\tilde{b} - 2\tilde{c}) + 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})} \\ \left(\sqrt{\tilde{c}} + \sqrt{\tilde{c} + \tilde{a} - \tilde{b}}\right)s - \sqrt{\tilde{c}} & , k' = (\tilde{b} - 2\tilde{c}) - 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})} \end{cases} \tag{22}$$

Enerjinin məxsusi qiymətini tapmaq üçün λ və λ_n parametrlərinin bərabərliyindən istifadə etmək lazımdır, yəni

$$\lambda = (\tilde{b} - 2\tilde{c}) - 2\sqrt{\tilde{c}^2 + \tilde{c}(\tilde{a} - \tilde{b})} - \frac{1}{2} - \left(\sqrt{\tilde{c}} + \sqrt{\tilde{c} + \tilde{a} - \tilde{b}}\right) \tag{23}$$

və

$$\lambda_n = -n\tau'(s) - \frac{n(n-1)}{2}\sigma''(s)\,, \ (n = 0,1,2,...) \tag{24}$$

$$(\tilde{b} - 2\tilde{c}) - 2\sqrt{\tilde{c}}\sqrt{\tilde{c} + \tilde{a} - \tilde{b}} - \frac{1}{2} - (\sqrt{\tilde{c}} + \sqrt{\tilde{c} + \tilde{a} - \tilde{b}}) = -n\tau' - \frac{n(n-1)}{2}\sigma''$$

$$\tilde{\alpha}^2 - k(k-1) - 2\tilde{\beta}(k-\frac{1}{2}) - \frac{1}{2} - (\tilde{\beta} + k - \frac{1}{2}) = (2 + 2(\tilde{\beta} + k - \frac{1}{2}))n + n(n-1)$$

$$\tilde{\alpha}^2 - k^2 + k - 2\tilde{\beta}k + \tilde{\beta} - \frac{1}{2} - \tilde{\beta} - k + \frac{1}{2} = 2n + 2\tilde{\beta}n + 2kn - n + n^2 - n$$

$$\tilde{\alpha}^2 - k^2 - 2\tilde{\beta}k = 2\tilde{\beta}n + 2kn + n^2$$

$$2\tilde{\beta}(n+k) = \tilde{\alpha}^2 - (k+n)^2$$

$$\tilde{\beta} = \frac{\tilde{\alpha}^2 - (n+k)^2}{2(n+k)} = \frac{\tilde{\alpha}^2}{2(n+k)} - \frac{n+k}{2} \tag{25}$$

$\tilde{\beta}^2$-nin (10) düsturu ilə təyin olunan ifadəsini (25)-də nəzərə alsaq onda enerji spektri üçün alarıq:

$$M^2 - E_{nk}^2 + C(M + E_{nk}) = \left[\frac{\tilde{\alpha}^2}{n+k} \cdot \delta - (n+k)\delta\right]^2 = \delta^2\left[\frac{\tilde{\alpha}^2}{n+k} - (n+k)\right]^2 \tag{26}$$

(26) ifadəsində $\tilde{\alpha}^2$-da $V_0' = 0$ olduqda (25) Hülten potensialı üçün enerji spektrini alarıq, $V_0 = 0$ olduqda isə Yukava potensialı üçün enerji spektrini alarıq.

Zərrəciyin məxsusi funksiyasını tapmaq üçün dəqiq spin simmetriyası halında olduğu formaya uyğun olaraq davam etdirsək onda alarıq:

$$\tilde{\phi}(s) = s^{\tilde{\beta}} \cdot (1-s)^k \tag{27}$$

$$\tilde{\rho}(s) = s^{2\tilde{\beta}}(1-s)^{(2k-1)} \tag{28}$$

(27) və (28) funksiyalarını (13) faktorizasiya düsturunda nəzərə alsaq onda $G_{nk}(s)$ Dirak spinor funksiyası üçün alarıq:

$$G_{nk}(s) = \tilde{C}_{nk} s^{\tilde{\beta}}(1-s)^k P^{(2\tilde{\beta},2k-1)}(s) \tag{29}$$

Jakobi çoxhədlisi ilə hiperhəndəsi funksiya arasındakı münasibətdən istifadə etsək $G_{nk}(s)$ spinor funksiyasını aşağıdakı şəkildə yaza bilərik:

$$G_{nk}(s) = C_n s^{\beta}(1-s)^k \cdot \frac{\Gamma(n+2\tilde{\beta}+1)}{n!\Gamma(2\tilde{\beta}+1)^2} F_{21}(-n, 2\tilde{\beta}+2k+n, 1+2\tilde{\beta}, s) \tag{30}$$

C_n normallaşma sabiti normallanma şərtindən tapılır və aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$\tilde{C}_{nk} = \sqrt{\frac{2\delta n!(n+k+\tilde{\beta})\Gamma(2\tilde{\beta}+1)\Gamma(n+2\tilde{\beta}+2k)}{(n+k)\Gamma(2\tilde{\beta})\Gamma(n+2\tilde{\beta}+1)\Gamma(n+2k)}}. \tag{31}$$

NƏTİCƏ

Bu tədqiqat işində Dirak tənliyi Hülten və Yukava potensiallarının xətti cəmi üçün psevdospin simmetriyası halında Nikiforov-Uvarov metodunu tətbiq edərək analitik şəkildə həll edilmişdir. Hülten və Yukava potensiallarının cəmindən təşkil olunmuş sahədə hərəkət edən M relyativistik zərrəciyin enerjisinin məxsusi qiymətləri və məxsusi fuinksiyaları üçün analitik ifadələr tapılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Ahmadov A. I. , Aslanova S. M. , M. Sh. Orujova, Badalov S.V. and Shi-Hai Dong., Approximate bound state solutions of the Klein-Gordon equation with the linear combination of Hulthén and Yukawa potentials. Phys. Lett. A 383, 3010 (2019).

2. Ahmadov A. I., M. Demirci, Aslanova S. M., Mustamin M. F.
Arbitrary l-state solutions of the Klein-Gordon equation with the Manning-Rosen plus a Class of Yukawa potentials.Phys. Lett. A384, 126372 (2020)

3. Bagrov V. G., Gitman D. M., Exact Solutions of Relativistic Wave Equations (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1990).

4. Nagiyev Sh. M., Ahmadov A. I. and Tarverdiyeva V. A. Approximate Solutions to the Klein-Fock-Gordon Equation for the Sum of Coulomb and Ring-Shaped-Like Potentials. Adv. High Energy Phys. 2020, 1356384 (2020).

5. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special Functions of Mathematical Physics, Birkhauser, Basel. 1988

ANALYTICAL SOLUTION OF THE DIRAC EQUATION FOR THE SUM OF HULTHÉN AND YUKAWA POTENTIALS IN THE PSEUDOSPIN SYMMETRY CASE

Aslanova S. M. , Sharıfova N.A.
Baku State University, Baku, Azerbaıjan
sariyya.aslanova@mail.ru

Keywords: Hulthén potential, Yukawa potential, pseudospin symmetry, Nikiforov-Uvarov method

In the presented work, the Dirac equation was solved analytically by applying the Nikiforov-Uvarov method for the sum of Hulthén and Yukawa potentials in the case of pseudospin symmetry. Here we consider cases in which the Hulthén plus Yukawa potential is composed of attractive scalar and repulsive vector potentials. Analytical expressions for the energy spectrum, eigenfunctions and normalization constants of a relativistic particle were found for arbitrary values of spin-orbital quantum numbers.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ДИРАКА ДЛЯ СУММЫ ПОТЕНЦИАЛОВ ХЮЛЬТЕНА И ЮКАВЫ В СЛУЧАЕ ПСЕВДОСПИНОВОЙ СИММЕТРИИ

Асланова С.М., Шарифова Н.А.
Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
sariyya.aslanova@mail.ru

Ключевые слова: Потенциал Хюльтена,потенциал Юкавы, псевдоспиновая симметрия, метод Никифорова-Уварова

В представленной работе уравнение Дирака решалось аналитически с применением метода Никифорова-Уварова для суммы потенциалов Хюльтена и Юкавы в случае псевдоспиновой симметрии. Рассмотрен случай, когда потенциал Хюльтена и Юкавы был составлен из скалярных притягивающих и векторных потенциалов отталкивания. Найдены аналитические выражения для энергетического спектра, собственных функций и нормировочных констант релятивистской частицы для произвольных значений спин-орбитальных квантовых чисел.

PƏNCƏRƏ FURYE ÇEVIRMƏSI: MATHCAD MODELLƏŞDIRILMƏ

Həsənov R.A., Sadıxov M.V.
Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası,Bakı, Azərbaycan
ruslan-icq@mail.ru, mesudsadiqov99@gmail.com

Açar sözlər: siqnal, Furye çevirməsi, pəncərə Furye çevirməsi, Hevisayd funksiyası, spektr
Məqalədə müxtəlif mənşəli siqnalların analizi üçün istifadə olunan Furye çevirməsinin potensial imkanları MathCAD proqramında araşdırılır. Göstərilir ki, Furye çevirməsi tədqiq olunan siqnalın tərkibindəki lokal dəyişmələri aşkarlamır. Problemi araşdırmaq məqsədi ilə Hevisayd funksiyasının köməyi ilə fərqli struktura malik iki siqnal formalaşdırılır və Furye çevirməsinin tətbiqi ilə onların spektrləri hesablanır. Həmin siqnalların zaman müstəvisində verilən strukturlarında aydın görünən fərqin, onların Furye çevirməsinin tətbiqi ilə təyin edilmiş spektrlərində görünmədiyi vurğulanır. Problemin həlli kontekstində pəncərə Furye çevirməsinin potensial imkanları MathCAD proqramında araşdırılır. Pəncərənin eninin azaldılması yolu ilə tədqiq olunan siqnalın tərkibindəki lokal dəyişmələrin vəziyyətlərinin daha dəqiq təyin edilmə imkanı nümayiş etdirilir.

Siqnalların analizi müasir elm və texnikanın ən önəmli problemlərindən biri olub hər hansı bir siqnaldan informasiyanın çıxarılmasını, məsələn, eksperimental olaraq əldə edilmiş funksiyanın maraqlı xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsini və təcrid olunmasını nəzərdə tutur. Tibdə ultrasəs dalğasının insanın daxili orqanlarından əks olunması hesabına formalaşan siqnalın analizi həyat üçün zəruri məlumatı aşkarlamağa imkan verir. Analoji məsələnin həlli radiolokasiyada elektromaqnit dalğaları vasitəsi ilə həyata keçirilir. Şüalandırılan radiodalğa obyektdən əks olunma prosesində radiosiqnala çevrilir. Əksetdirici obyektin parametr və xarakteristikalarını təyin etmək üçün həmin radiosiqnalın tərkibindəki faydalı məlumatı ayırmaq və müxtəlif kriteriyalar üzrə qiymətləndirmək tələb olunur.

Siqnalların analizinin zəruri olduğu çoxsaylı sahələrdən göstərilən ikisi bu problemin yüksək aktuallığının bariz nümunəsidir. Aydındır ki, alınan məlumatın dəqiqliyi seçilmiş analiz üsulunun mükəmməlliyi ilə müəyyən olunur.

Təqdim olunan materialın məqsədi siqnalların analizi üçün istifadə olunan çevirmələrdən birinin – Furye çevirməsinin potensial imkanlarının və onun tətbiqində yaranan məhdudiyyətlərin qiymətləndirilməsi, və həmin məhdudiyyətlərin aradan qaldırılması vasitələrinin araşdırılmasıdır.

Siqnalların tezlik oblastında tədqiqi onun tərkibindəki təşkiledicilərin tezliklərini, amplitudlarını və fazalarını təyin etməyə imkan verir. Bu məqsəd üçün Furye çevirməsindən istifadə olunur [1]. Bu çevirmə siqnalın zaman t oblastındakı təsvirini $s(t)$ onun tezlik oblastındakı təsviri $S(j\omega)$ ilə əlaqələndirməyə imkan verir. Bu əlaqə düzünə və əksinə Furye çevirmələri ilə qərarlaşdırılırlar.

Düzünə Furye çevirməsi:

$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j\omega t} dt . \qquad (1)$$

Əksinə Furye çevirməsi:

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) e^{j\omega t} dt . \qquad (2)$$

Furye çevirməsi tədqiq olunan siqnalların tezlikləri haqqında qlobal bilgi versə də siqnalın lokal xassələri haqqında heç bir bilgi vermir. Məsələn, Furye çevirməsi iki sinusoidanın cəmindən

ibarət stasionar siqnalı (şək.1a), bir birinin ardınca gələn həmin tezliklərə malik iki sinusoidanın cəmindən ibarət qeyri-stasionar prosesdən (şək.1b) fərqləndirə bilmir. Bunu yoxlamaq üçün Furye çevirməsindən istifadə edərək şək.1 – də verilən siqnalların amplitud-tezlik spektrlərini hesablayaq. Hesabatı Mathcad sistemində həyata keçirir və hesabat düsturu kimi düzünə Furye çevirməsindən istifadə edirik.

Şəkil 1-də verilən stasionar (şək.1a) və qeyri-stasionar (şək.1b) siqnalların Furye çevirməsi ilə hesablanmış spektrləri şək.2-də təqdim olunur.

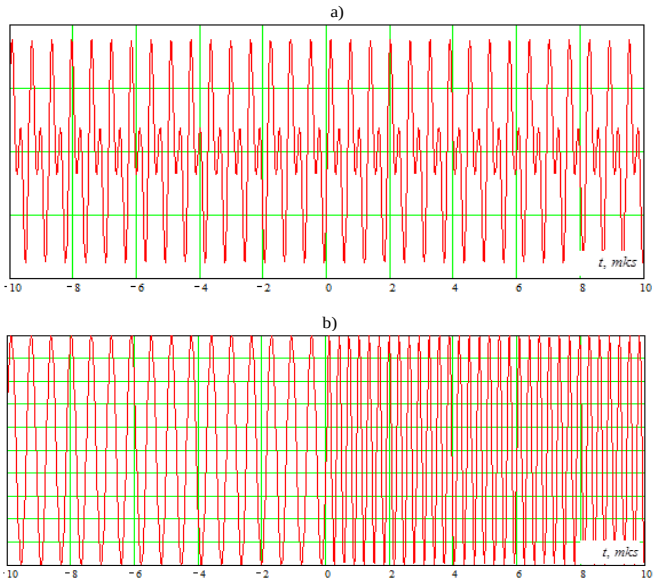
Stasionar və qeyri-stasionar proseslərin şək.1 və şək.2-də verilən zaman və tezlik diaqramlarının qarşılıqlı analizindən aydın görünür ki, Furye çevirməsinin köməyi ilə siqnalın tezlik xarakteristikalarının zamandan asılı olaraq dəyişmələrini aşkarlamaq mümkün deyil.

Siqnalın zaman davranışı haqqında informasiya almaq üçün pəncərə Furye çevirməsindən [2] və ya wavelet analizdən [3] istifadə etmək təklif olunur.

Pəncərə Furye çevirməsi halında siqnalın spektri aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

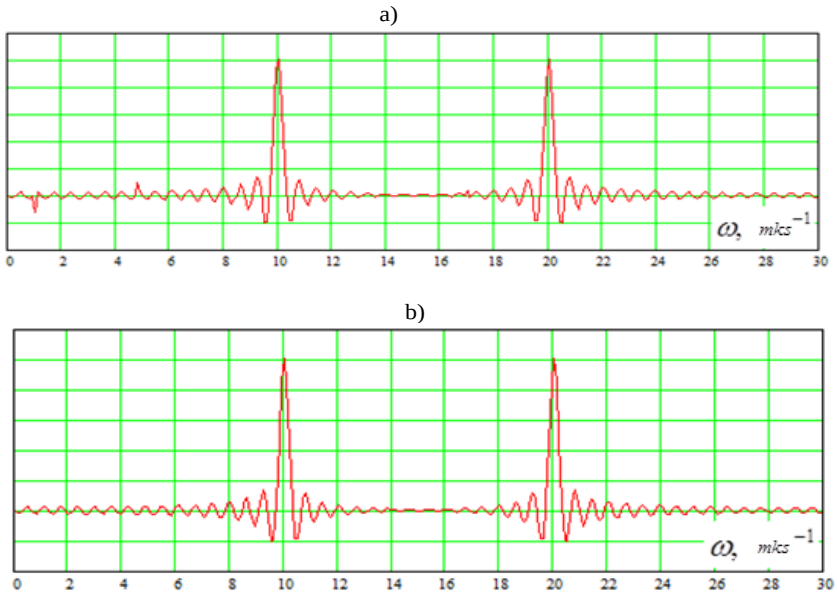
$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot W(t-\tau) \cdot e^{-j\omega t} dt,$$

burada $W(t-\tau)$ - zaman oxu üzərində vəziyyəti zaman sürüşməsi τ ilə müəyyən olunan pəncərə funksiyasıdır



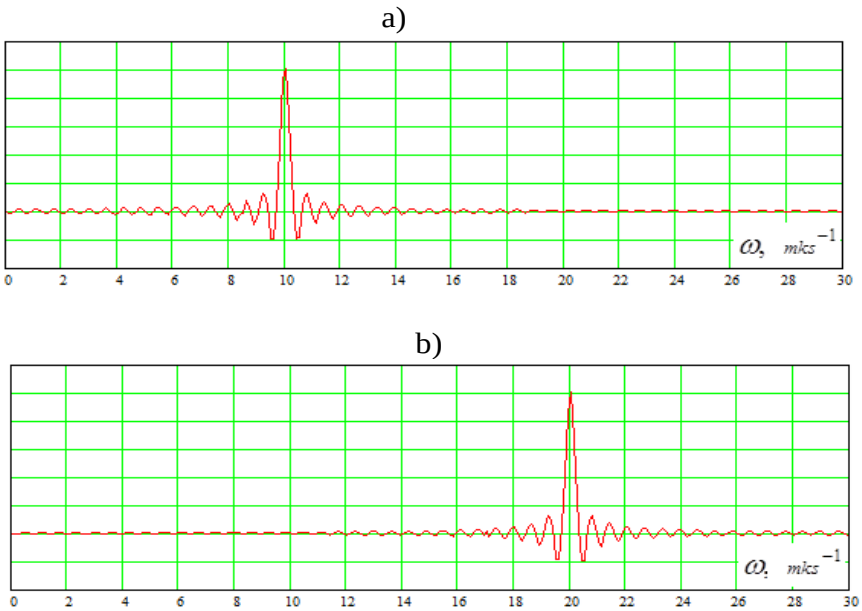
Şək. 1. İki müxtəlif tezlikli sinusoidanın cəmindən ibarət stasionar (a) və qeyri-stasionar (b) siqnal

Düzbucaqlı formaya malik pəncərə funksiyası, yəni $W(t) = \sigma(t) - \sigma(t - t_0)$ seçərək şək. 1-də verilən siqnalları tədqiq edək, burada $\sigma(t)$- Hevisayd funksiyasıdır.



Şək. 2. Stasionar (a) və qeyri-stasionar (b) siqnalların spektrləri

İlk öncə şək.1a – da verilən siqnalı tədqiq edək. Bu halda siqnalın spektri pəncərə funksiyasının zaman oxu üzərindəki vəziyyətindən asılı olmur. Belə ki, bütün hallarda pəncərənin daxilinə müxtəlif tezlikli hər iki rəqsin müəyyən hissəsi düşür və nəticədə spektrin forması şək. 2a – da verilən görünüşdən fərqlənmir. Şək.1b-də verilən siqnal halında tam fərqli vəziyyət yaranır. Pəncərə diaqramın sol və ya sağ tərəfində yerləşdiyi halda onun daxilində yalnız bir tezlikli rəqs olur. Ona görə də tezlik spektrində yalnız bir harmonika olur. Pəncərə funksiyasının şək.1b- də verilən siqnalın sol və sağ hissələrində yerləşdiyi hallar üçün tezlik spektrləri uyğun olaraq şək. 3a və b – də verilir.



Şək. 3. Pəncərə-funksiyasının şək.1a-da verilən siqnalın sol (a) və sağ (b) həssələrində yerləşdiyi hallar üçün tezlik spektrləri

Furye çevirməsinin eyni olan bu çevirmə siqnal üzrə hərəkət edən pəncərə funksiyasına malik olur. Bu zaman Furye çevirməsi hər bir alt interval üçün ardıcıl olaraq yerinə yetirilir və bununla da

siqnalın tezlik-zaman təqdimatı həyata keçirilir. Pəncərə çevirməsinin nəticəsi siqnal spektrinin çevirmə pəncərəsinin sürüşmə intervalları üzrə dəyişməsini əks etdirən spektrlər ailəsi olur. Pəncərənin ölçüsü alınan spektrə aşağı tezliklər üzrə məhdudiyyət qoyur. Yuxarı tezliklər üzrə məhdudiyyət isə siqnalın zaman diskretizasiyası ilə yaranır.

ƏDƏBİYYAT

1. Həsənov A. R., Həsənov R. A. Siqnallar və sistemlər.–B.: MAA, 2020, 534s.
2. Анисимова Э.С. Идентификация онлайн-подписи с помощью оконного преобразования Фурье и радиального базиса // Компьютерные исследования и моделирование, 2014, т. 6, № 3, с. 357-364
3. Короновский А.А., Храмов А.Е. Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения. Издательство Физико-математической литературы, 2003. -176с.

ОКОННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ: MATHCAD МОДЕЛИРОВАНИЕ

Гасанов Р.А., Садыхов М.В.

Национальная Академия Авиации Азербайджана, Баку, Азербайджан

ruslan-icq@mail.ru, mesudsadiqov99@gmail.com

Ключевые слова: сигнал, преобразование Фурье, оконное преобразование Фурье, функция Хевисайда, спектр

В среде MathCAD обсуждаются потенциальные возможности преобразования Фурье, которое используется для анализа сигналов различного происхождения. Доказывается, что преобразование Фурье не обнаруживает локальные изменения в составе сигнала. Для выявления сущности проблемы с помощью функции Хевисайда формируются два сигнала, которые имеют различные структуры. Затем с помощью преобразования Фурье вычисляются их спектры. Устанавливается, что явно выраженное на временной плоскости различие в структуре этих сигналов не обнаруживается в их спектре. В контексте решения проблемы в среде MathCAD обсуждаются потенциальные возможности оконного преобразования Фурье. Демонстрируется возможность определения положения локальных изменений с высокой точностью путем уменьшения ширины окна.

WINDOW FOURIER TRANSFORM: MATHCAD SIMULATION

Hasanov R.A., Sadikhov M.V.

National Aviation Academy Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

ruslan-icq@mail.ru, mesudsadiqov99@gmail.com

Keywords: signal, Fourier transform, windowed Fourier transform, Heaviside function, spectrum

In the MathCAD environment, the potential possibilities of the Fourier transform are discussed, which is used to analyze signals of various origins. It is proved that the Fourier transform does not detect local changes in the signal composition. To identify the essence of the problem using the Heaviside function, two signals are generated that have different structures. Then, using the Fourier transform, their spectra are calculated. It is established that the difference in the structure of these signals, clearly expressed on the time plane, is not detected in their spectrum. In the context of solving the problem

in the MathCAD environment, the potential possibilities of the windowed Fourier transform are discussed. The possibility of determining the position of local changes with high accuracy by reducing the width of the window is demonstrated.

РЕЛАКСАЦИЯ НЕЙТРОНОВ В МАТЕРИАЛАХ ЗАМЕДЛИТЕЛЯ

[1]Абдуллаев Х.Ш., [2] Наджафов Б.А., [2] Абасов Ф.П., [2] Мамедов Б.А.
[1]Бакинский Государственный Университет, Баку,
[2]Институт Радиационных Проблем, НАН Азербайджана,
. bnajafov@inbox.ru, fpabasov@mail.ru

Ключевые слова: релаксация нейтронов, материалы замедлителя, спектр нейтронов

Процесс установления равновесного потока нейтронов в веществе называется термолизацией. В безграничной однородной непоглащающей среде спектр нейтронов от импульсного источника стремится к максвелловскому. Поглощение, источники нейтронов и их утечка в конечной среде приводят к отличным от максвелловского спектрам нейтронов. Характер отклонений и законы затухания различных возмущений нейтронного потока во времени и пространстве представляют большой интерес с одной стороны для реакторной техники, а с другой—для утсчнения различных моделей замедлителей. Поскольку в модели замедлителей, в частнсcти твердых тел, исходят из определенных частотных спектров, на основе которых рассчитывается спектр нейтронов, то в этом смысле изучение спектров, а также релаксации потоков нейтронов представляет знечение для физики конденсированных состояний вещества.Изучение релаксации потока и температуры нейтронного газа обычно сводится к определению различных длин релаксаций. Дело в том, что длины релаксации определяются только свойствами среды и не зависят от вида источников. Тем самым они содержат информацию о законе рассеяния среды и, будучи извлеченными из эксперимента, могут оказаться полезными для проверки теоретических моделей ядра рассеяния.

Длинами релаксации по определению называют сбратные величины дискретных собственных значений задач, возникающих при разделении переменных в кинетическом уравнении. В простейшем случае плоской геометрии, если искать решение кинетического уравнения

$$\mu\frac{\partial\varphi(z\mu,E)}{\partial z}+\sum\nolimits_t(E)\varphi(z,\mu,E)=\int_{-1}'\partial_\mu'\int_0'\sum\nolimits_s(E'\to E,\mu'\to\mu)\times \varphi(z,\mu'E')dE' \quad (1)$$

в виде

$$\varphi(z,\mu,E)=e^{-xz}f(\mu,E) \quad (2)$$

задача на собственные значения имеет вид

$$(\sum\nolimits_i(E)-\mu x)f(E,\mu)=\int_{-1}^{1}d\mu'\int_0^\infty\sum\nolimits_s(E'\to E,\mu'\to\mu)\,f(E',\mu')dE' \quad (3)$$

Аналогичными приближениями при изотропном рассеянии являются следующие уравнения:

$$-L(E)\frac{d^2\psi(z,E)}{dz^2}+\sum_t(E)\psi(z,E)=\int_0^\infty\sum_s(E'\to E)\,\psi(z,E')dE' \quad (4)$$

$$\psi(z,E) \quad =\gamma(E)e^{-xz} \quad (5)$$

$$(\mathbf{\Sigma}_t(E)-D(E)x^2)\gamma(E) \quad =\int_0^\infty\sum_s(E'\to E)\,\gamma(E')dE' \quad (6)$$

Как видим, задачи на собственные значения (3) и (6) представляют собой задачи на собственные значения для различных интегральных уравнений, ядрами которых являются дважды дифференцированные сечения рассеяния. Спектр собственных значений [1, 2] любой реальной системы содержит непрерывную часть, но отнюдь не всегда—дискретные собственные значения. Граница между этими частями спектра лежит при

$$x^*=\min\left(\sum t(E)\right) \quad (7)$$

для уравнения (3) и при

$$x^*=min(\sqrt{3}\sum_t(E)) \quad (8)$$

для уравнения (6). Таким образом, границы непрерывного спектра, а следовательно и весь спектр собственных значений существенно зависят от используемого приближения.

Величину $L_0=x_0^{-1}$ (в том случае, если существует дискретное собственное значение x_0) часто называют длиной диффузии или фундаментальной длиной, соответствующей используемому приближению; $L_1=x_1^{-1}$ (в том случае, если существует дискретное собственное значение x_1) называют первой длиной релаксации или длиной растермализации. В том случае, когда известны несколько первых длин релаксации и соответствующих им собственных функций (3), решение уравнения (1) на расстояниях z > x^{-1} с хорошей точностью может быть представлено в виде суперпозиции:

$$\varphi(z,\mu,E)=\sum_{n=0}^N C_n f_n(\mu,E)e^{-x_n z}, \quad (9)$$

где x_n— дискретные собственные значения, $f_n(\mu$, E) — соответствующие им собственные функции, N +1-—их число, а C_n—коэффициенты разложения.

Аналогом (9) в P_1-приближении будет

$$\psi(z,E)=\sum_{n=0}^n C_n\gamma_n(E)e^{-x_n^2} \quad (10)$$

Отметим, что разложение (8) и (10) справедливо для полу бесконечной среды, расположенной справа от источника. Обобщение на случай конечной среды производится непосредственным образом. Очевидно, что разложения (9) и (10) наиболее подходящие для задач, которые характеризуются большими размерами замедляющих зон со слабым поглощением. Многогрупповые численные методы расчета таких систем могут оказаться гораздо менее эффективными, чем указанный полуаналитический метод [3].

Теперь рассмотрим длины релаксации приближенных методов расчета. На практике пространственно-энергетическое распределение тепловых нейтронов в задачах такого класса по всей области z довольно часто ищется в виде разложения

$$\psi(z,E)=\sum_{i=1}^N\psi_l(z)\times_l(E), \quad (11)$$

где $\psi(z,E)$—скалярный поток, $\psi_1(z)$—весовые функции, $x_l(E)$ пробные функции, выбираемые из интуитивных соображений.

В качестве $x_l(E)$ можно использовать, например, максвелловские распределения с различными температурами или спектры в бесконечных средах.

Представление пространственно-энергетического распределения тепловых нейтронов в виде (11) лежит в основе различных мало групповых методов решения задач термолизации, являющихся по сути дела вариациями метода перекрывающихся групп (МПГ). Очевидным обобщением (11) для кинетического случая является

$$\varphi(z,\mu,E) \simeq \sum_{t=1}^{N} \Phi_l(z,\mu) \times_l (E) \qquad (12)$$

Выражения (11) и (12) по форме аналогичны (10) и (9). Основное отличие (11) от (10) и (12) от (9) в том, что вместо собственных функций и собственных длин для данной среды в (11) и (12) используются какие-то другие функции и длины.

Очевидно, что когда пробные функции x_l(E) плохо воспроизводят собственные функции задачи, (11) и (12) будут давать неверную асимптотику. Однако от (11) и (12) и не требуется правильной асимптотики. С их помощью делается попытка описать с равномерной точностью спектр нейтронов во всей области изменения 2. Это означает, что длины релаксации этих методов не универсальны. Если в качестве пробных функций использовать максвелловские распределения с температурами зон, то в P_1 А - приближении (12) преобразуется к виду

$$\psi(z,E) \simeq \psi_1(z)M(E,T_1) + \psi_2(z)M(E,T_2) \qquad (13)$$

а из (4) получается хорошо известная система уравнений [4, 5]:

$$\begin{aligned} D_1\Delta\psi_1 - (\Sigma_{a1} + \Sigma_R^{1\to2})\psi_1 + \Sigma_R^{2\to1}\psi_2 = -S_1 \\ L^2\Delta\psi_2 - (\Sigma_{a_2} + \Sigma_R^{1\to2})\psi_2 + \Sigma_R^{1\to2}\psi_1 = -S_2 \end{aligned} \qquad (14)$$

где, обозначения констант соответствует принятым в работах [4, 5]. Весь спектр собственных значений однородного уравнения (14) состоит только из двух дискретных собственных значений.

Качественная структура спектра собственных значений рассмотренного приближенного метода отлична от структуры спектра собственных значений уравнений (3) и (6). Действительно, трансформируется не только граница между непрерывной и дискретной частями собственных значений, но и накладываются существенные ограничения на число дискретных собственных значений (их не может быть больше двух). кроме того, в случае P:-приближения непрерывная часть спектра собственных значений вообще отсутствует. Следует также отметить, что дискретные собственные значения приближенного метода зависят от вида пробных функций. Отсюда видно, что длины релаксации приближенного метода, равные обратным величинам соответствующих собственных значений, не обязаны совпадать с длинами релаксации уравнений (3) и (6).

Был предложен следующий метод вычисления L_l. При условии существования дискретной (или хотя бы квазидискретной) первой длины релаксации L_l векторный поток нейтронов на асимптотике может быть представлен в виде

$$\varphi(z,\mu,E) \simeq C_0 f_0(\mu,E)e^{-z/\mathrm{P}} + C_1 f_1(\mu,E)e^{-z|\mathrm{P}_1}$$

Тогда температура нейтронного газа будет

$$T(z,\mu)=\frac{\int E\varphi(z,\mu,E)dE}{\int \varphi(z,\mu,E)dE}\simeq\frac{\overline{E_0}(\mu)+C(\mu)\overline{E}(\mu)e^{-z/L_1}}{1+C(\mu)e^{-z|E_3}} \qquad (15)$$

$$C(\mu)=\frac{C_1\int f_1(p,E)dE}{C_0\int f_0(\mu,E)dF},E_{\mathrm{n}}=\frac{\int Ef_{\mathrm{n}}(\mu,E)dE}{\int f_{\mathrm{n}}(u,E)dE}(n=0,1)$$

$$\frac{1}{L_2}=\frac{1}{L_1}=\frac{1}{L_0} \qquad (15\ a)$$

Но это выражение может быть преобразовано к виду

$$T(z,\mu)=T_2+(T_1-T_2)\frac{b}{b+e^{z/L_2}} \qquad (16)$$

если ввести обозначения:

$$T_2(z)=\overline{E}_0(\mu),T_1(z)=\overline{E}_1(y),b=C(\mu)$$

Рассмотрим формулу (15) в частном случае больших z.

Учитывая малость экспоненциального члена, представим T(z, tb) в виде

$$T(z,\mu)\simeq\overline{E}_0(x)+C(y)[\overline{E}(\mu)-\overline{E}_0(\xi)]e^{-z|L_2}$$

Обозначая

$$T_\infty=\overline{E}_0(t)\text{и}T_0\approx C(\mu)\overline{E}_1(\mu)+\overline{E}_0(t)[1-C(\mu)]$$

получим соотношение, совпадающее с выражением (16) работы [5]:

$$T(z,\mu)\approx T_\infty+(T_0-T_\infty)e^{-z]L_2} \qquad (17)$$

если под L_2 понимать так называемую длину релаксации температуры нейтронного газа.

Таким образом, извлекаемая путем подгонки асимптотической части хода экспериментальной температуры формулами (16) или (17), связана с первой длиной релаксации L_1 соотношением (15 а). Тем самым получаем

$$L_1=\frac{L_0L_{\mathrm{r}}}{L_0+L_{\mathrm{r}}}$$

Литература

1. Nucl. Sci. Engng. № 2, vol 159, (2008) (169-181)
2. Ядерные константы № 1-2, 2010, с. 81-88
3. Ядерные константы № 1-2, 2008, с. 60-86
4. Ядерная физика Том: 79, №4, (2015) с. 916
5. Abdullaev H.Sh., Najafov B.A., Masimov E.A., Guseynzadeh Kh.E. Distribution of neutrons in the earth atmosphere from plane radioactive source. Мат. конф.Казахстан. 2019.

NEYTRONLARIN YAVAŞIDICI MADDƏLƏRDƏ RELAKSASİYASI

[1]Abdullayev X.Ş., [2] Nəcəfov B.A., [2]Abasov F.P., [2] Məmmədov B.A.

[1]Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

[2]AMEA-nım Radiasiya Problemləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: neytronların relaksiyası, yavayışıcı maddələr, neytronlar spektri

Tədqiqatda neytron spektrlərinin hesablanması üçün təqribi üsul araşdırılmışdır. Bu məqsədlə neytronların yavaşıdıcı maddələrdə relaksasiyası və müxtəlif relaksasiya uzunluqları hesablanmışdır. Maddədə neytron qazının temperaturunun, relaksasiya uzunluğunun, təcrübi tapılmış neytron selinin relaksasiya uzunluğu və diffuziya uzunluğuna əsasən hesablanması üçün üsul irəli sürülmüşdür.

RELAXATİON OF NEUTRONS İN SLOWİNG DOWN MATTERS

[1]Abdullayev Kh. Sh., [2] Najafov B.A., [2]Abasov F.P.
[1]Baku State University, Baku, Azərbaycan.
[2]Institute Radiation Problems of Azerbaijan National Academy Science, Baku, Azerbaijan

Keywords: relaxation of neutrons, down matters, neutron spectrum

It is investigated approximate method for the calculation of the neutson spec t ra. It is shown the calculaion of different relaxation length of the neutron in the matter. The method is given for the calculation of the rel axation length of the neutron gase temperature on the the basic diffusion length and the relaxation length for neutron flow ob t ained from the experiment.

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $Bi_{85}Sb_{15}$ <Te>

.[1,2]Абдуллаева И.А,[2]Абдинова Г.Д.,[2] Пириева Т. И.,
[3] Хыдырова Г.Э.,[3,2]Тагиев М.М.
[1]Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан
[2]Институт Физики НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан
[3]Азербайджанский Государственный Экономический университет, Баку, Азербайджан
mail_tagiyev@mail.ru

Ключевые слова: облучение, электропроводность, магнитоэлектрический, экструзия.

Исследованы магнитосопротивление, коэффициенты термо-эдс α и Холла R_x образцов твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15}$, легированных 0,0005 ат.% Te в интервале температур ~77-300К при напряженностях магнитного поля до ~74×10^4А/м. Выяснено, что при малых дозах облучения (<1 Мрад) в образцах твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15}$<Te> возникают радиационные дефекты, играющие роль донорных центров, а при больших дозах происходит захват свободных носителей на уровень радиационного дефекта. Изменение подсистемы дефектов в образцах приводит к соответствующим изменениям электрических и магнитоэлектрических параметров.

Введение

Монокристаллы твердых растворов систем Bi-Sb являются высокоэффективными материалами для создания низкотемпературных термо- и магнитотермоэлектрических преобразователей ниже. Главным недостатком этих монокристаллов при создании на их основе электронных преобразователей является их низкая механическая прочность, обусловленная слоистостью структуры. [1]. Особенно перспективными в этом направлении являются высокопрочные экструдированные материалы на основе этих систем [2, 3]. Широкодиапазонные приемники излучения (ПИ) на основе радиационных термоэлементов

(«thermopile») используются для измерения энергетических характеристик лазерного излучения [4].

Обеспечение работоспособности различных преобразователей энергии в условиях воздействия ионизирующих излучений естественного и искусственного происхождения становится все более актуальной проблемой вследствие расширения области применения этих приборов в промышленных, специальных и космических объектах.

Высокие эксплуатационные характеристики и большие функциональные возможности обусловливают широкое использование приборов на основе Bi-Sb и в различных областях науки и техники в условиях воздействия ионизирующих излучений.

Накопление большого числа экспериментальных данных позволило обеспечить значительный прогресс в области радиационной физики полупроводников и открыло возможности для разработки прогнозных моделей поведения полупроводниковых материалов в радиационных полях. Эти задачи являются одними из основных задач радиационной физики и радиационного материаловедения полупроводников [5-8].

Приборы, созданные на основе твердых растворов систем Bi-Sb часто применяются также в условиях радиации. Поэтому изучение влияния радиации на электрические и тепловые свойства систем Bi-Sb приобретает определенный научно-практический интерес.

В работе [9] показано, что экструдированные образцы твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15}$, легированные 0,0005 ат.% Te при ~77К имеет максимальную термо- и магнито-термоэлектрическую добротность ~ $6{,}2\cdot10^{-3}$ K^{-1} и ~ $7{,}2\cdot10^{-3}$ K^{-1}, соответственно. Поэтому изучение влияния радиационных дефектов на электрические и магнитотермоэлектрические свойства экструдированных образцов твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15}$, легированных 0,0005 ат.% Te и создание различных преобразователей энергии (термоэлементов) на основе этих материалов, используемых в условиях радиации актуально и имеет определенный научно-практический интерес.

С целью выяснения особенностей влияния радиационных дефектов (РД) на электрические свойства твердых растворов систем Bi-Sb получены экструдированные образцы $Bi_{85}Sb_{15}$легированных 0,0005 ат.% Te и исследованы их электрические свойства облученных в различных дозах в интервале температур ~77÷300 К и напряженности магнитного поля (H)74x10^4 А/м.

Экспериментальная часть

Экструдированные образцы твердых растворов $Bi_{85}Sb_{15}$<Te>, получены методом описанным в [3]. Примеси и исходные компоненты взвешивали с точностью ±0,0001 г. Образцы легированных с 0,0005 ат.% теллура получали путем сплавления с образцов, легированных 0,1ат.% теллура в соответствующим массовым процентом.

Прочность на изгиб полученных экструдированных образцов в ~3 раза превышает прочность монокристаллических образцов этого состава, а термоэлектрические параметры близки к монокристаллическим образцам этого же состава. Электрические параметры образцов измеряли методом, описанным в [10], вдоль длины образца (прутка), т.е. в направлении экструзии.

Были исследованы магнитосопротивление, коэффициенты термоэдс α, Холла R_x образцов в интервале температур ~77-300 К при напряженностях магнитного поля до ~74×10^4А/м.

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты представлены на рисунке 1 и в таблице.

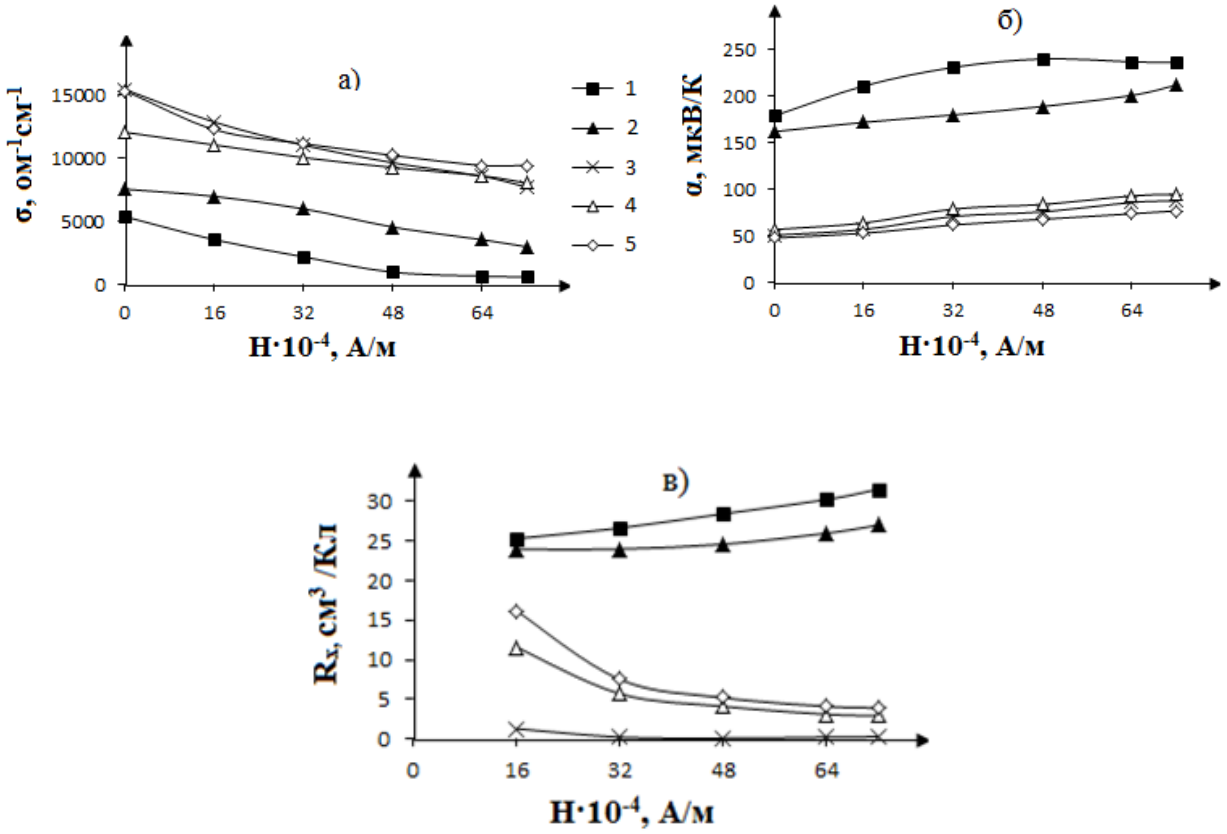


Рис. 1. Зависимости электропроводности (σ), коэффициентов термоэдс (α) и Холла (Rx) экструдированных образцов Bi85Sb15 легированных 0,0005 ат%Te от напряженности магнитного поля при ~ 77К.

1- нелегированный и необлученный; 2- легированных 0,0005 ат%Te и необлученных; 3- 5 - облученный 1, 10 и 50 Мрад соответственно.Из рисунков видно, что для всех образцов Bi85Sb15 характер зависимости электропроводности (σ) и термоэдс (α) от напряженности H магнитного поля одинаковый. В зависимости от H, σ при ~77К уменьшается, а α растет. В нелегированных образцах с ростом дозы облучения образов концентрация носителей уменьшается, а подвижность растет во всем исследуемом интервале температур, кроме образца облученных гамма квантами с дозой 1Мрад (табл.). При малых дозах облучения (< 1 Мрад) концентрация носителей тока n в образцах несколько растет, а подвижность (μ) уменьшается. С ростом дозы облучения в образцах n существенно падает, а μ растет. Эти изменения n и μ хорошо коррелируют с изменениями n и μ. В необлученных образцах, легированных 0,0005ат.% Te концентрация носителей заряда меньше, чем в образцах облученных различными дозами гамма квантов. В образце, облученном гамма квантами 1 Мрад, концентрация носителей заряда больше, чем при других дозах облучения амма квантами. В образцах легированных теллуром изменение n и μ хорошо коррелируют с изменениями σ и α.

Таблица

Электрические параметры экструдированных образцов твердого раствора нелегированных и легированных теллуром 0,0005ат.% при различных температурах

Составы		При 77 К					При 300 К				
		σ, Ом$^{-1}$см$^{-1}$	**α·10^{6}, В/К**	**R_x·10^{-8}, см^{3}/Кл**	**μ, см^{2}/ В·с**	**n, см$^{-3}$**	**σ, Ом$^{-1}$см$^{-1}$**	**α·10^{6}, В/К**	**R_x·10^{-8}, см^{3}/Кл**	**μ, см^{2}/ В·с**	**n, см$^{-3}$**
0 Mrd	$Bi_{85}Sb_{15}$	250	-182	-26,5	39125	$0,24·10^{18}$	7520	-95	-1,43	0754	$4,4·10^{18}$
	$Bi_{85}Sb_{15}$+0,0005 ат% Te	574	-161	-23,97	81549	$0,3·10^{18}$	9079	-95	-1,15	0441	$5,4·10^{18}$
1 Mrd	$Bi_{85}Sb_{15}$	481	-121	-1,26	0686	$4,96·10^{18}$	6524	-89	-1,26	220	$5·10^{18}$
	$Bi_{85}Sb_{15}$+0,0005 ат% Te	5477	-50	-1,08	6715	$5,79·10^{18}$	7035	-80	-1,08	598	$5,8·10^{18}$
10 Mrd	$Bi_{85}Sb_{15}$	240	-61	-60	54400	$0,1·10^{18}$	6890	-101	-17,4	19886	$0,36·10^{18}$
	$Bi_{85}Sb_{15}$+0,0005 ат% Te	2084	-56	-11,6	40174	$0,54·10^{18}$	6713	-66	-21,1	41644	$0,3·10^{18}$
50 Mrd	$Bi_{85}Sb_{15}$	552	-188	-85	86920	$0,07·10^{18}$	6448	-90	-34,3	21166	$0,18·10^{18}$
	$Bi_{85}Sb_{15}$+0,0005 ат% Te	5371	-47	-16,2	49010	$0,39·10^{18}$	7233	-79	-30,1	54381	$0,21·10^{18}$

При экструзии за счет пластический деформации в образцах параллельно образованию текстуры образуются и структурные дефекты. Эти дефекты являются центрами рассеяния для носителей тока и уменьшают их подвижность. Одновременно увеличивается и концентрация носителей тока.

В нелегированных образцах незначительное влияние гамма радиации на α при существенном изменении σ показывают, что при облучении, главным образом меняется подвижность носителей заряда, т.е. уменьшается концентрация центров рассеяния для электронов. При этом рост R_x при ~77К после облучении, по-видимому, обусловлен изменением Холл фактора А, характеризующего механизма рассеяния. Малое изменение α при облучении гамма квантами свидетельствует о том, что образованные при пластический деформации дефекты, в основном, не ионизированные. При облучении образцов гамма квантами происходит «залечивание» структурных дефектов, что приводит к росту подвижности носителей тока. В образцах, легированных атомами теллура 0,0005 ат.%Te существенное влияние гамма радиации на α и σ показывают, что радиационные дефекты играющие рол донорных центров увеличивает концентрацию носителей заряда.

В пользу предлагаемого механизма свидетельствуют и данные зависимости электрических параметров экструдированных образцов $Bi_{85}Sb_{15}$ от напряженности магнитного поля.

При воздействии на образец магнитного поля, перпендикулярно направлению движения электронов, носители заряда отклоняется под действием силы Лоренца. При этом носители с большой длиной свободного пробега, в магнитном поле отклоняются больше, чем сильно рассеивающиеся носители [11,12]. При ~77К в облученных образцах $Bi_{85}Sb_{15}$ преобладает рассеяние электронов на дефектах структуры, которому медленные электроны подвержены в большей степени. Поэтому магнитное поле в основном отклоняет носители с

большей энергией и их вклад в ток уменьшается. Однако ввиду того, при ~77К общее количество носителей с большей энергией мало, влияние магнитного поля на среднюю энергию носителей и, следовательно, на коэффициент термо-эдс незначительно. С увеличением температуры средняя энергия носителей заряда растет и начинает превалировать рассеяние на акустических колебаниях решетки. Вследствие этого при комнатной температуре (при ~300К) преобладает рассеяние на акустических фононах, которому быстрые носители подвержены в большей мере, чем медленные.

Атомы теллура в образцах создают донорные центры. В необлученных образцах легирование теллуром 0,0005 ат % Te не изменяет ход температурной зависимости, однако значительно увеличивает электропроводность относительно электропроводности нелегированного образца при ~77-300К. В этих же образцах R_x монотонно падает с ростом температуры. При этом наблюдается рост R_x у образца 0,0005 ат % Te относительно нелегированного образца. С ростом дозы облучения в экструдированных образцах $Bi_{85}Sb_{15}$, легированных теллуром наблюдается рост σ и уменьшение α, R_x.

Выяснено, что при малых дозах (1 Мрад) облучения в образцах твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15}$ <Te> возникают радиационные дефекты, играющие роль донорных центров, в результате чего концентрация свободных электронов n, и следовательно, электропроводность σ растет, а коэффициент термоэдс α падает. Эти дефекты, рассеивая носители тока, уменьшают их подвижность μ. С ростом дозы облучения растет и концентрация дефектов, происходит захват свободных носителей на уровень радиационного дефекта. В связи с этим концентрация заряженных дефектов носителей n и, следовательно, σ образца падают, уровень Ферми смещается к глубине запрещенной зоны, коэффициент термо-эдс и подвижность растут. Электронные параметры облученного материала зависят от особенностей зонного спектра полупроводника в энергетическом интервале вблизи его минимальной запрещенной зоны, т.е. определяются положением уровня Ферми относительно ближайших экстремумов зоны проводимости или валентной зоны.

Таким образом, изменение подсистемы дефектов в экструдированных образцах твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15}$<Te> под воздействием гамма излучения вызывает изменение спектра локализованных состояний и процесса рассеяния электронов, что приводит к соответствующим изменениям электрических и магнитоэлектрических параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабько Д.З., Боярская Ю.С., Дынту М.П. Механические свойства полуметаллов типа висмута. Кишинев: Штиинца, 1982.
2. Банага М.П., Соколов О.Б., Бендерская Т.Э., Дудкин Л.Д., Иванова А.Б., Фридман И.И. Особенности структуры и термоэлектрических свойств экструзированных образцов $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$ // Изв. АН СССР. Неорган. Материалы. 1986.Т.22. №4.С.619-622.
3. Тагиев М.М., Агаев З.Ф., Абдинов Д.Ш. Термоэлектрические свойства экструдированных образцов $Bi_{85}Sb_{15}$// Неорган. Материалы. 1994.Т.30. №3.С.375-378.
4. J.H. Lehman, Apll. Optics, 50(21)4099(2011).
5. M. Paulescu, D. Vizman, M. Lascu, R. Negrila, M. Stef. AIP Conf. Proceedings, **1796**, 040010 (2017).

6. S. Park, J.C. Bourgoin, H. Sim, C. Baur, V. Khorenko, O. Cavani , J. Bouerois, S. Picard, B. Boizot. Progr. Photovot. Res. Appl., 26, 778 (2018)
7. В.Н.Брудный. Радиационные дефекты в полупроводниках II-IV-V2 (обзор), Изв. Вузов. Физика, № 8 (1986) 84 – 97.
8. В.Л.Винецкий, Л.С.Смирнов. О компенсации проводимости радиационными дефектами в полупроводниках, ФТП, **5** № 1 (1971) 176-180
9. M.M.Tagiyev, F.S.Samedov, Z.F.Agayev Prosedings of SPIE –The International Society for Optical Engineering. 1998.V.3819. P.196-199.
10. Охотин А.С., Пушкарский А.С. Боровиков Р.П., Симонов В.А. Методы измерения характеристик термоэлектрисеских материалов и преобразователей. М.:. Наука. 1974.168с.
11. М.М. Тагиев., Д. Ш. Абдинов. Магнитотермоэлектрические свойства экструдированных образцов твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15}$, легированного свинцом, Неорган. Материалы, **31** №11(1995) 1405-1407.
12. Л.Н. Лукьянова, В.А. Кутасов Гальваномагнитные и термоэлектрические свойства многокомпонентных твердых растворов на основе халькогенидов Bi и Sb // ФТТ, 2006, т.48,№4,с.607-613

INFLUENCE OF GAMMA RADIATION ON THE MAGNETOELECTRIC PROPERTIES OF EXTRUDED SAMPLES OF SOLID SOLUTION $Bi_{85}Sb_{15}$ <Te>

[1,2]Abdullaeva I.A, [2]Abdinova G.D., [2] Piriyeva T.I., [3] Khidirova Q.E. , [3,2]Tagiyev M.M.

[1]Instıtute of Radıatıon Problems Azerbaıjan Natıonal Academy Of Scıenc ,Baku, Azerbaijan
[2] Institute of Physics Azerbaıjan Natıonal Academy of Scıence, Baku, Azerbaijan
[3]Azerbaijan State University of Economics, Baku, Azerbaijan

Key words: irradiation, electrical conductivity, magnetoelectric, extrusion

The magnetoresistance, thermo-emf (α and Hall coefficients (R_h) of the $Bi_{85}Sb_{15}$ solid solution samples doped with 0.0005 at.% Te in the temperature range ~77-300K at magnetic field strengths up to ~74×10^4A/m have been investigated. It was found that at low irradiation doses (< 1 Mrad), radiation defects appear in the samples of the $Bi_{85}Sb_{15}$ <Te> solid solution, which play the role of donor centers, and at high doses free carriers are captured to the radiation defects levels. A change in the subsystem of defects in the samples leads to corresponding changes in the electrical and magnetoelectric parameters.

EKSTRUZİYA OLUNMUŞ $Bİ_{85}SB_{15}$ <TE> BƏRK MƏHLULU NÜMUNƏLƏRİNİN MAQNİTOELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ QAMMA ŞÜALARININ TƏSİRİ

[1,2]Abdullayeva I.A, [2]Abdinova Q.D., [2] Piriyeva T.I., [3] Xıdırova Q.E. , [3,2]Tağıyev M.M.

[1]AMEA-n-n Radiasiya Problemləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
[21]AMEA-n-n Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
[3]Azərbaycan İqdisat Universiteti, Bakı, Azərbaycan
mail_tagiyev@mail.ru

Açar sözlər: şüalanma, elektrik keçiriciliyi, maqnitoelektrik, ekstruziya

0,0005 at.% tellurla aşqarlanmış $Bi_{85}Sb_{15}$ bərk məhlulu nümunələrinin maqnit müqaviməti, termo-e.h.q.(α) və Holl (R_h) əmsalları ~77-300K temperatur və maqnit sahə intensivliyinin~74×10^4A/м qiymətinədək tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, $Bi_{85}Sb_{15}$ <Te> bərk məhlulu nümunələrini kiçik dozalarla (< 1Mrad) şüalandırdıqda donor mərkəzləri rolunu oynayan radiasiya defektləri yaranır, böyük dozalarla şüalandırdıqda isə sərbəst yükdaşıyıcıların yaranan radiasiya defektlərində tutulması baş verir. Nümunələrdə alt sistemi defektlərin dəyişməsi elektrik və maqnitoelektrik parametrlərinin uyğun dəyişməsinə səbəb olur.

.

ПОЛЯРОН В КВАНТОВОЙ ЯМЕ ПЕШЛЯ-ТЕЛЛЕРА

Гадирова И.Р.

Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан

E-mail: irada.gadirova@mail.ru

Ключевые слова: полярон, квантовая яма, потенциал Пешля-Теллера

Рассмотрен энергетический спектр слабосвязанного полярона в квантовой яме с модифицированным потенциалом Пешля-Теллера, содержащим дополнительное асимметричное слагаемое. Учтено взаимодействие электронов только с объёмными фононами. Методом теории возмущений вычислены поляронный сдвиг энергии основного и первого возбуждённого состояний, а также энергия межподзонного перехода и эффективная масса полярона. Рассмотрена зависимость этих величин от параметра асимметрии ограничивающего потенциала. Численные результаты представлены для квантовой ямы $GaAs/Al_{0.35}Ga_{0.65}As$.

Изучение физических свойств низкоразмерных систем, таких как квантовые ямы, квантовые проволоки, квантовые точки, стимулируется их применением в изготовлении электронных и оптоэлектронных приборов. Как известно, на физические свойства полупроводниковых кристаллов с ионной связью, которые находят широкое применение в качестве материалов электронной техники, существенное влияние оказывает взаимодействие носителей заряда с полярными оптическими фононами, в частности, поляронные эффекты. В последние годы исследованию поляронных эффектов в низкоразмерных системах с различным профилем ограничивающего потенциала уделяется значительное внимание[4,5,9]. В настоящей работе рассмотрено влияние взаимодействия электрона с полярными оптическими фононами на электронный спектр в квантовой яме с модифицированным потенциалом Пешля-Теллера, содержащим дополнительное асимметричное слагаемое. Учтены объёмные фононы в континуальном приближении. Методом теории возмущений вычислены поляронный сдвиг энергии основного и первого возбуждённого состояний, энергия межподзонного перехода и эффективная масса полярона как функции параметра асимметрии ограничивающего потенциала.

Полную огибающую волновую функцию и энергетический спектр электрона в квантовой яме можно представить в виде:

$$\psi_{n,\mathbf{k}_\parallel}(\mathbf{r}) = \frac{1}{\sqrt{S}} e^{i\mathbf{k}_\parallel\boldsymbol{\rho}} \varphi_n(z), \qquad (1)$$

$$E_{n,k_\parallel} = E_n + \frac{\hbar^2 k_\parallel^2}{2m}, \qquad (2)$$

где $\mathbf{k}_{\parallel}$ - волновой вектор электрона в плоскости квантовой ямы, координата $\mathbf{r}$ имеет составляющие $\boldsymbol{\rho}$ - в плоскости ямы и z - в направлении, перпендикулярном плоскости, S - площадь слоя квантовой ямы.

Рассмотрим квантовую яму с модифицированным потенциалом Пешля-Теллера, содержащим дополнительное асимметричное слагаемое [3]:

$$V(z) = B\tanh\alpha z - \frac{U_0}{\cosh^2\alpha z} + U_0 + \frac{B^2}{4U_0}\ , \tag{3}$$

$$U_0 = \frac{\hbar^2\alpha^2}{2m}\lambda(\lambda+1),\ \ \lambda > 0$$

Потенциал (3) является асимметричным при $B \neq 0$, а при $B = 0$ переходит в симметричный модифицированный потенциал Пешля-Теллера [2].

Собственные значения энергии и собственные функции уравнения Шредингера с потенциальной энергией (1) имеют вид [7,8]:

$$E_n = -\frac{\hbar^2\alpha^2}{8m}D_n^2 - \frac{2mB^2}{\hbar^2\alpha^2 D_n^2} + +U_0 + \frac{B^2}{4U_0}\ , \tag{4}$$

$$D_n = -(1+2n) + \left(1 + \frac{8mU_0}{\hbar^2\alpha^2}\right)^{1/2} = 2(\lambda - n), \qquad 0,1.2,\ldots = n \le \lambda - \left(\frac{mB}{\hbar^2\alpha^2}\right)^{1/2},$$

$$\varphi_n(z) = N(n)\ e^{az}\,(\cosh^{-\lambda+n}\alpha z)\ F(-n,\ 2\lambda - n + 1,\ \lambda - n + a + 1,\ u), \tag{5}$$

$$N(n) = \frac{\alpha^{1/2}}{\Gamma(\lambda - n + a + 1)2^{\lambda - n}}\left[\frac{(\lambda - n + a)(\lambda - n - a)}{\lambda - n}\right]^{1/2}\left[\frac{\Gamma(2\lambda - n + 1)\Gamma(\lambda + a + 1)}{\Gamma(n+1)\Gamma(\lambda - a + 1)}\right]^{1/2},$$

$$u = (1 + \tanh\alpha z)/2, \qquad \lambda = \frac{1}{2}\left[-1 + \left(1 + \frac{8mU_0}{\hbar^2\alpha^2}\right)^{1/2}\right], \qquad a = \frac{mB}{\hbar^2\alpha^2(\lambda - n)}$$

Потенциал взаимодействия электронов с объёмными полярными оптическими фононами в континуальном приближении без учёта дисперсии имеет вид [1]:

$$H_{el-ph} = -i\sqrt{\frac{4\pi e^2\omega_l^2}{V}\left(\frac{1}{\varepsilon_\infty} - \frac{1}{\varepsilon_0}\right)}\sum_{\mathbf{q}}\frac{1}{q}\left(a_q e^{i\mathbf{qr}} - a_q^* e^{-i\mathbf{qr}}\right), \tag{6}$$

где ω_l - частота оптического фонона при $\mathbf{q} = 0$, V - объём квантовой ямы, ε_∞ и ε_0 - высокочастотная и статическая диэлектрическая проницаемости.

В случае слабой электрон-фононной связи энергию взаимодействия H_{el-ph} можно считать малым возмущением и рассчитать энергию электрона методом теории возмущений. Тогда собственные функции и собственные значения невозмущённой системы можно написать в виде:

$$\left|\Psi_i^0\right\rangle = \psi_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})\cdot\left|n\right\rangle, \qquad E_i^0 = E_{n,k} + \sum_{\mathbf{q}} n_q\hbar\omega_l \tag{7}$$

Во втором порядке теории возмущений для энергии имеем:

$$E_i = E_i^0 + \sum_{j \neq i} \frac{\left| \left\langle \Psi_j^0 \middle| H_{el-ph} \middle| \Psi_i^0 \right\rangle \right|^2}{E_i^0 - E_j^0} \tag{8}$$

При низких температурах, когда число оптических фононов пренебрежимо мало, можно рассматривать только испускание электронами фононов и написать матричный элемент, входящий в (8) в виде:

$$\left\langle \mathbf{k}_{\parallel} - \mathbf{q}_{\parallel}, 1_{\mathbf{q}} \middle| H_{el-ph} \middle| \mathbf{k}_{\parallel}, 0 \right\rangle = i \sqrt{\frac{2\pi e^2 \hbar \omega_l}{V} \left(\frac{1}{\varepsilon_\infty} - \frac{1}{\varepsilon_0} \right)} \frac{1}{q} I^-(q_z) \delta_{\mathbf{k}'_{\parallel}, \mathbf{k}_{\parallel} - \mathbf{q}_{\parallel}} \tag{9}$$

где

$$I^-(q_z) = \int_{-d}^{d} \varphi_m^*(z) e^{-i q_z z} \varphi_n(z) dz$$

Энергию меэжподзонного перехода можно написать в виде

$$E_{10} = E_1 - E_0 \tag{10}$$

На рис.1-4 представлены численные результаты для квантовой ямы GaAs/$Al_{0.35}Ga_{0.65}As$, проведённые при следующих значениях параметров [6]: $\hbar\omega_l = 36.23\,мэВ$, $\varepsilon_0 = 13.18$, $\varepsilon_\infty = 10.82$.

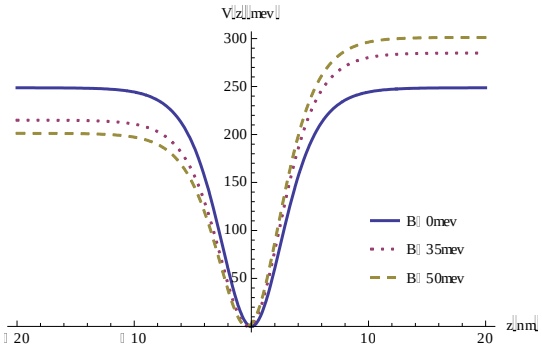


Рис.1.Профиль ограничивающего потенциала при $\lambda = 2$ и $\alpha = 0.27 nm^{-1}$

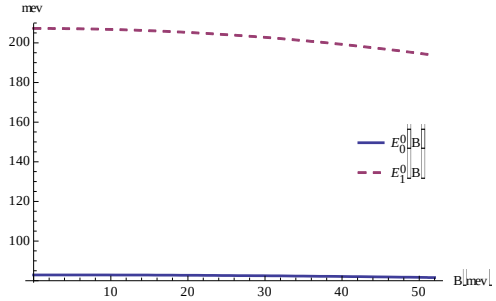


Рис.2. Энергетические уровни основного и первого возбуждённого состояний при $\lambda = 2$ и $\alpha = 0.27 nm^{-1}$

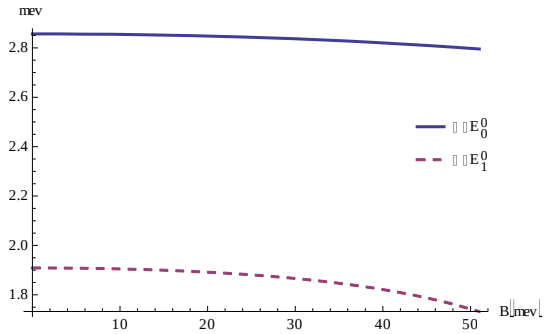


Рис.3. Поляронный сдвиг энергии основного и первого возбуждённого состояний при $\lambda = 2$ и $\alpha = 0.27nm^{-1}$

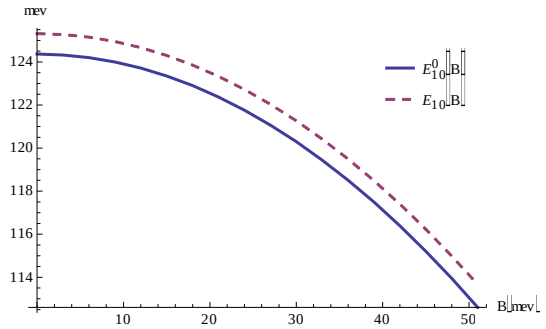


Рис.4. Энергия межподзонного перехода с учётом E_{10} и без учёта E_{10}^{0} электрон-фононного взаимодействия при $\lambda = 2$ и $\alpha = 0.27nm^{-1}$

Результаты вычислений показывают, что с увеличением асимметрии ограничивающего потенциала поляронный сдвиг энергии основного и первого возбуждённого состояний, а также энергия межподзонного перехода уменьшаются, тогда как поляронная масса практически не изменяется и составляет $m_p \approx 1.02\,m$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников, М..Наука,1978.
2. Flugge S. Practical Quantum Mechanics I, Springer-Verlag, Berlin Heydelberg- New York, (1971).
3. Hartman R.R. and Portnoi M.E. Scientific Reports 7, N 11599 (2017)
4. Hu M. et al. Optics Letters, 43 (2018), 15, 3550.
5. Khordad R. Opt. Quant. Electron. , 48 (2016), 251.
6. Landolt-Börnstein. Numerical Date and Functional Relationships in Science and Technology, ed.by O.Madelung (Springer Verlag, Berlin, (1987) New Series III, v.22a.
7. Nieto M.M. Phys. Rev. A 17, 1273 (1978)
8. Rosen N. and Morse P.M. Phys. Rev. 42, 210 (1932)
9. Xiao J.L. et al. Chin. J. Phys., 55 (2017), 1883.

PEŞL-TELLER KVANT ÇUXURUNDA POLYARON HAQQINDA

Qədirova İ.R.

Bakı Dövlət Universiteti, Bakı Azərbaycan

Açar sözlər: polyaron, kvant çuxuru, Peşl-Teller potensialı.

Əlavə asimmetrik həddə malik modifikasiya olunmuş Peşl-Teller potensiallı kvant çuxurunda zəif rabitəli polyaronun enerji spektrinə baxılmışdır. Elektronların yalnız həcmi fononlarla qarşılıqlı təsiri nəzərə alınmışdır. Həyəcanlanma nəzəriyyəsi üsulu ilə əsas bə birinci həyəcanlanmış halların enerjilərinin polyaron sürüşməsi, eləcə də polyaronun effektiv kütləsi və altzonalararası keçid enerjisi hesablanmışdır. Bu kəmiyyətlərin məhdudlaşdırıcı potensialın asimmetriyasından asılılığına baxılmışdşr. Ədədi hesablamaların nəticələri GaAs/$Al_{0.35}Ga_{0.65}As$ kvant çuxuru üçün verilmişdir.

POLARON IN A PÖSCHL-TELLER QUANTUM WELL

Gadirova I.R.

Baku State University, Baku, Azerbaijan

Key words: polaron, quantum well, Pöschl-Teller potential.

Energy spectrum of the week coupling polaron is considered in the quantum well described by the modified Pöschl-Teller potential with an additional asymmetry term. Only electron – bulk phonon interaction is taken into account. The polaron energy shift of the ground state and the first excited state, as well as the intersubband transition energy and the polaron effective mass are calculated using a perturbation theory. The dependence of these physical quantities on the confinement potential asymmetry is considered. Numerical results are given for the GaAs/$Al_{0.35}Ga_{0.65}As$ quantum well.

ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Гелхвиидзе П.К.

Кутаисскй Гос. Университет им.Ак.Церетели.

Petre.gelkhviidze@rambler.ru

Ключевые слова: виртуальный; релятивистский; электронный; пучок; ускоритель.

В статье рассматривается частный случай неустойчивости релятивистского электронного пучка, вызванной колебанием виртуального катода.

Предлагаемый вариант решения энергетических проблем будущего [1,2,3] связан с вопросамы транспортировки релятивистских электроновных пучков как в атмосфере, так и в вакууме[4] . В свою очередь, эти проблемы связаны с проблемами мощных ускорителей электронов и ионоВ[5].

В предлагаемой статье приведены экспериментальные результаты по транспортировке электронного пучка с энергией Ɛ≈700 кэВ и длительностью ~0,6-1 мксек в вакуумной камере дрейфа при токах менше предельно вакуумного. В качестве инжектора релятивистского электронного пучка использовался ускоритель микросекундного диапазона. Схематически диодный узел и камера дрейфа показаны на рис.1.

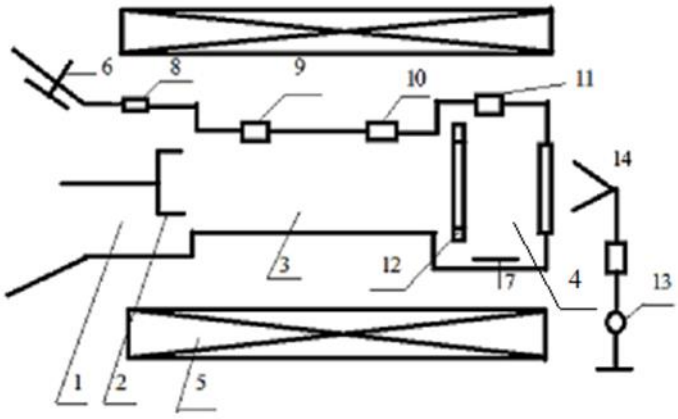


Рис1. Принципиальная схема диодного узла и дрейфовой камеры.

1-диодный узел; 2-катод; 3,4-камера дрейфа; 5-соленоид;6,7-емкостные делители; 8,9,10,11-токовые шунты; 12-приемник обратного тока; 13-детектор СВЧ излучения; 14-вакуумное окно.

Полый пучок электронов формировался цилиндрическим кромочным катодом 2 из графита диаметром 13 мм. Диаметр анодного узла 54 мм. Пучок инжектировался в камеру дрейфа 3 диаметром 28 мм, длиной 300 мм, который далее ступенчато переходил в камеру 4 диаметром 70 мм, длиной 250 мм. Импульсное магнитное поле создавалось соленоидом 5. Отношение напряженностей магнитного поля в камере дрейфа и на кромке катода составляло около 1,7. Величина тока пучка в камере дрейфа регулировалось изменением расстояния между катодом и камерой дрейфа 3. (Давление остаточного газа в камере дрейфа 10^{-4} мм.рт.ст.).

В эксперименте регистрировались: напряжение на катоде емкостным делителем 6, полный ток инжекций, (шунт 8), токи пучка в камере дрейфа (шунты 9, 10, 11), обратный ток приемником 12. Все измеренные величины приведены в относительных единицах/.

При транспортировке пучка происходит ионизация остаточного газа электронами пучка и как оценки показывают за время 300-500 нсек может наступать неитрализация пучка. В ступенчатой дрейфовой камере предельный вакуумный ток определяется максимальным диаметром и при данной геометрии пучка примерно состовляет около 3 кА. На входе в дрейфовую камеру 4 образуется виртуальный катод и возникает обратный поток электронов, который регистрируется приемником 12.

Как показывает осциллограмма (рис. 2.б)) полный ток сначала увеличивается до некоторого значения, затем уменьшается примерно на треть, затем снова увеличивается до исходного состояния, после чего аналогичный процесс повторяется. Описанный процесс изменения тока пучка объясняется возникновением пульсирующего виртуального катода вкамере дрейфа и контролировалось приемником обротного тока (рис.2.в)).

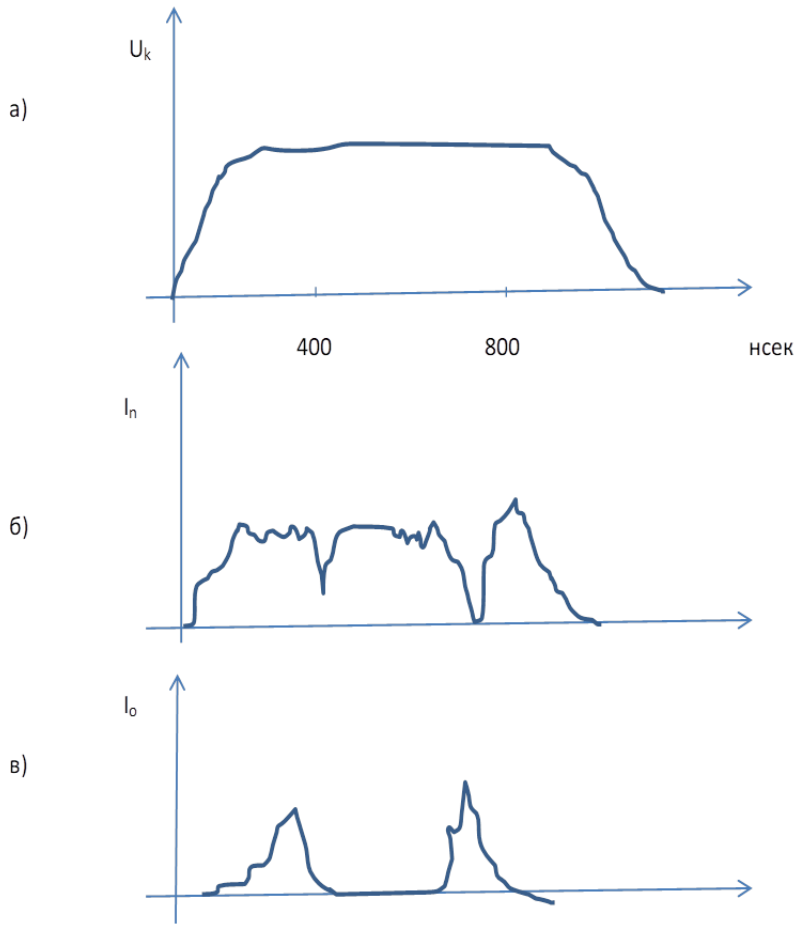


Рис.2 Характерные осцилограмы:

а) –ускоряющего напряжения Uk, б) –полного тока пучка In, в)- обратного тока пучка I_o.

Из-за нестационарного колебания виртуального катода в системе возникаеть неустоичивость электронного пучка, т.е. запирания тока, возможность ее развития определяеться условием [6]

$$I_k=21{,}2\frac{\gamma_0}{\gamma_{||}}\frac{(\gamma_{||}^{3/2}-{}_11)^{3/2}}{1+\frac{\gamma_0\gamma_{||}U_{||}L}{\pi r\omega_H}}\frac{r}{\delta}<I_n$$

Где I_k -в /кА/, γ_0 и $\gamma_п$ (соответственно) польный и продольный релятивистский фактор, U_n –продольная скорость электронов, ω_H=eB/mc, r –радиус, L –длина системы.

ЛИТЕРАТУРА

1.Гелхвиидзе П.К. –Путь энергетике будущего; -X International Scientific and Practical Conference “MODERN MOVEMENT OF SCIENCE”; Dnipro (Ukraine), April 2-3, 2020.ст.281-285.

2.Гелхвиидззе П.К. Система с виртуальным катодом на службе энергетики будущего; MATERIALS INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE FOR THE ACTUAL ISSUES APPLIED PHYSICS AND OF ENERGY 24-25 may 2018. Ст.212-214.

3. Gelkhviidze P.K. ionospheric current, an inexhaustible source of energy for the future. III Georgian-Polish international scientific-technical conference; “Transport bridge Europe-Asia”; Kutaisi, Georgia; 2017. p.255-257.
4. Гелхвиидзе П.К. Транспортировка РЭП с предельным током //Сообш. АН ГССР.140. №1, 1990,с.45-48.
5. Гелхвиидзе П.К.,Иванов В.С., и др. Сильноточный электронный пучок микросекундной длительности - //Крат.сообщ. по физике, №11, 1986, с.19-24.
6. Рухадзе А.А. и др.-Физика сильноточных релятивистских пучков; М., Атомиздат,1980, с.164.

SPECIAL CASE OF ELECTRON BEAM INSTABILITY

Gelkhviidze P.K.
Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia

Key words: virtual; relativistic; electronic; bundle; accelerator.

The article deals with a particular case of instability of a relativistic electron beam caused by the oscillation of a virtual cathode.

ELEKTRON ŞUANIN QEYRİ-STABİLLİYİNİN XÜSUSİ HALI

Qelxviidze P.K.
Akakiy Sereteli adına Dövlət Universiteti, Kutaisi, Gürcüstan

Açar sözlər: virtual; nisbi; elektron; şua; sürətləndirici.

Məqalədə, bir virtual katotun salınması nəticəsində yaranan nisbi elektron şüasının qeyri-sabitliyinin xüsusi bir halından bəhs olunur.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$

Исмаилов М.Г.
Сумгаитский государственный университет. Азербайджан, Сумгаит
mais.ismayilov.87@mail.ru

Ключевые слова: электропроводность, тетрагональная сингония, коэффициент Холла, термо-э.д.с., акустические колебания, холловская подвижность носителей тока.

В работе исследованы ряд электрических свойств твердых растворах системы $TlInS_2$ - $TlDyS_2$ кристаллизующихся в той тетрагональной сингонии, что и исходные $TlInS_2$. Кратко описан способ и режим синтеза исследованных составов. Исследованием температурных зависимостей электропроводности σ, коэффициентов Холла R_x и термо-э.д.с. α, выявлено, что все они являются характерными полупроводниковыми материалами
р-типа проводимости. Анализированы особенности температурных зависимостей σ(T),R_x(T), α(T). Температурная зависимость холловской подвижности носителей тока μ(T) указывает на то,что основным механизмом рассеяния носителей заряда является рассеяние их от акустических колебаний кристаллической решетки.

Введение. В [4-6] показано, что при взаимодействии соединений $TlInS_2(Se_2Te_2)$ и $TlLn\ S_2(Se_2Te_2)$ образуются четвертые соединения типа $Tl_2InLnS_4(Se_4Te_4)$ и наблюдаются области растворимости на основы исходных соединений $TlInS_2(Se_2Te_2)$. Твердые растворы $TlIn_{1-x}Ln_xS_2(Se_2Te_2)$ кристаллизуются в той тетрагональной сингонии, что и исходные соединения типа $TlInX_2$.

В настоящей работе исследованы ряд электрофизических свойств твердых растворов системы $TlInS_2$-$TlDyS_2$.

В работах [4-5] подробно описаны режимы синтеза и выращивания монокристаллов, и в некоторых случаях исследованы физика химические, электрофизические и теплофизические свойства сплавов систем $TlInS_2(Se_2Te_2)$-$TlLnS_2(Se_2Te_2)$. Объектами исследования в настоящей работе являлись твердые растворы $TlIn_{1-x}\ Dy_xS_2(0\leq x\geq 0{,}08)$.

Синтез сплавов системы $TlInS_2$-$TlDyS_2$ проводили в два этапа. На первом этапе исходные элементы, загруженные в вакуумированную до ~ 0,01 Па ампулу из плавленого кварца, помещали в печь, заранее нагретую до 1100 К. Один конец ампулы находился вне печи и регулярно охлаждался до завершения реакции время выдержки ампул в этих условиях зависит от состава исследуемого сплава. С увеличением количества диспрозия время выдержки увеличивается от 4 до 6 ч. Затем синтезированные сплавы целиком помещаются в печь и медленно охлаждаются до комнатной температуры.

Второй этап состоит в проведении гомогенизирующего отжига при 1200-1300 Л. После высокотемпературного отжига в течение 48-60 ч полученные образцы оказались плотными, хорошо сформированными и приобрели свойственную им окраску.

Рентгенофазовый анализ сплавов системы $TlInS_2$-$TlDyS_2$ проводили по методу Дебая-Шерера в камерах РКД-57,3 в CuK_α-излучении. Расшифровку рентгенограмм осуществляли на компараторе ИЗА-2 с погрешностью 0,01-0,05 мм. Интенсивность линий определяли визуально по десятибалльной шкале. Параметры решетки определяли комбинированным методом с погрешностью ± 0,005Å. И результате индицирования рентгенограмм исследованных сплавов обнаружено, все они кристаллизуются в тетрагональной ячейке, как исходное соединение $TlInS_2$,что при частичном замещении атомов индия атомами диспрозия параметры элементарных ячеек сплавов в области растворимости 0-10 мол.% $TlDyS_2$ увеличиваются аддитивно. Это обусловлено тем, что в кристаллической решетке $TlInS_2$ трехвалентные ионы индия с радиусом 0,81 Å, замещаются ионами диспрозия, обладающими большим радиусом 0,908 Å [4-6].

Уменьшение ширины запрещенной зоны и увеличение параметров элементарных ячеек твердых растворов системы $TlInS_2$-$TlDyS_2$ с увеличением содержания $TlInS_2$ можно объяснить следующим образом: в $TlInS_2$ валентная зона в основном образована расщепляющимся 3_p-уровнями серы и частично 5_p5_s- уровнями ионов индия и 6_p- уровнями таллия, зона проводимости-5_p5_s - уровнями ионов индия и 6_p- уровнями таллия.

При частичном замещения атомов индия атомами диспрозия валентные электроны последних частично переходят в коллективизированное состояние, что вызывает сильное электронное взаимодействие и «разрыхление» решетки. В связи с этим при переходе от $TlInS_2$ к твердым растворам на его основе происходит некоторое перемещение валентной зоне в область больших энергий за счет перекрытия 3_p-состояний серы с высоколежающими 4_f-состояниями диспорзия, увеличиваются параметры элементарной ячейки, уменьшается ширина запрещенной зоны.

Температурные зависимости электропроводности и коэффициента холла твердых растворов оказалось сложными. Видно, что максимумы электропроводности наблюдаются при температурах ~710,715,770 К для твердых растворов $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ сх= 0,01;0,03;0,08 соответственно. С дальнейшим повышением температуры σ уменьшается, достигает минимума и снова резко растет (область собственной проводимости). Такое поведение электропроводности в твердых растворах системы $TlInS_2$-$TlDyS_2$ может быть связано с прыжковой проводимостью состояний у дна зоны проводимости. В этой области выполняется температурная зависимость, $lg\sigma \sim AT^{\frac{1}{4}}$ характерная для таких прыжков.

Тройные соединения $TlInS_2(Se_2Te_2)$ являются важными полупроводниковыми материалами, так как с переключающими свойствами с памятью они обладают высокими коэффициентами тензофоточувствительностью [6].

В последние годы интенсивно исследуются сегнетоэлектрики с размытыми фазовыми переходами, называемые релаксорами [1-3]. Интерес этому классу сегнетоэлектриков обусловлен перспективой их использования в качестве системы для накопления информации. Кроме того, поскольку легирующая примесь образует полярные наноразмерные домены, релаксоры являются модельными объектами для использования в интенсивно развивающейся области нанотехнологии.

Соединение $TlInS_2$ является кристаллом, в котором обнаружены температурные неустойчивости кристаллических решеток, приводящие к сегнетоэлектрическому упорядочению. В настоящее время однозначно установлено, что эти соединения стехиометрического состава являются несобственными сегнетоэлектриками с несоразмерной фазой.

Согласно исследованиям авторов легирование кристалла $TlInS_2$ некоторыми примесями приводит к сильной релаксации диэлектрической восприимчивости в области несоразмерной фазы. Было установлено, что причиной релаксации является возникновение наноразмерных полярных доменов, приводящих и тому, что упорядоченной фазе предшествует состояние дипольного или сегнетоэлектрического стекла. Легирующие атомы, приводящие к возникновению релаксорного состояния, в свою очередь, образуют уровни применения в запрещённой зоне полупроводникового сегнетоэлектрика $TlInS_2$. Носители заряда, заселяя эти уровни, оказываются пространственно ограниченными, и, как следствие, приводимость в этом случае будет осуществляться посредством туннелирования через потенциальные барьеры. Этой наблюдалось нами при исследованием процесса переноса заряда в кристаллах $TlInS_2$, легированных Fe,Mn и Cr, то есть было установлена без активационная, температурно-независимая прыжковая проводимость в этих кристаллах в области несоразмерной следует отметить, что наличие примеси в полупроводнике фазы приводит к возникновению локализованных состояний с энергиями вблизи уровня Ферми. По этим локализованным состояниям осуществляется прыжковый механизм переноса заряда, которым оказывает существенное влияние, как на электрические, так и на диэлектрические свойства полупроводникового сегнетоэлектрика. Согласно работам [1-3] даже в специально не легированных кристаллах $TlInS_2$, $TlGaSe_2$, $TlGaS_2$ имеет место прыжковая проводимость. В этих работах измерена ас-и dc- проводимость. В специально нелегированных кристаллах $TlInS_2$ и его слоистых структурных аналогах $TlGaS_2$ и $TlGaSe_2$. Во всех этих кристаллах наблюдается прыжковая проводимость с переменной длиной прыжка поло анализованным состояниям вблизи уровня Ферми, поперек слоев это проводимость была превалирующей над проводимостью по разрешенной зоне вплоть до Т=200 К. Природа неконтролируемых

дефектов $TlInS_2$ связана, скорее всего, с анионными вакансиями. Природа неконтролируемых дефектов, в $TlInS_2$ которые и приводят к прыжковой проводимости, при сравнительно высоких температурах может быть различной. Причиной этого могут быть как анионные, так и катионные [1-2] вакансии разупорядоченные в стыковке слоев и другие дефекты. Однако как было отмечено в [1]. Эти дефекты не приводят к релаксации диэлектрической проницаемости, а, следовательно, и к состояния дипольного им сегнетоэлектрического стекло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мустафаева С.Н., Асадов М.М., Исмайлов А.А. Влияние γ–облучения на диэлектрические свойства и проводимость монокристалла $TlInS_2$. Физика твердова тела. 2009. Том 51. Вып. 11. с. 2140-2143.
2. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Абдуллаев А.П. и тд. Суперионная проводимость, эффекты переключения и памяти в кристаллах $TlInS_2$ и $TlInTe_2$. Физика и техника полупроводников. 2011. Том 45. Вып. 11.с.1441-1445.
3. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Садыхов И.Ш., Салманов Ф.Т., Алескеров А.М. Релаксорные свойства и механизм проводимости γ–облученных кристаллов $TlInS_2$. AMEA-nın xəbərləri. Fizika-riyaziyyat və elmlər seriyası, fizika və astromiya bölməsi. 2019. s.14-23.
4. Зарбалиев М.М. Твердые растворы $TlIn_{1-x}Yb_xS_2$. Российская АН. Неорган.материалы. 2000. Т.36. № 5.с. 619-623.
5. Зарбалиев М.М. Явления переноса заряда и тепла в системах $TlInS_2(Se_2, Te_2)$-$TlLnS_2(Se_2, Te_2)$. Дис.д.физ.-мат.н. 2001. БГУ.285 с.
6. Зарбалиев М.М., Годжаев Э.М., Алиев Ф.Ф. Полупроводниковые халькоиндианаты таллия и сплавы на их основе с редкоземельными элементами. Межд.науч. конференция «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики». Сумгаит, 2018, с. 22-27.

TlIn1-x Dyx S2 QATI HƏLLLƏRİN ELEKTRİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

İsmaylov M.Q.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

mais.ismayilov.87@mail.ru

Açar sözlər: elektrik keçiriciliyi, tetragonal sinqoniya, Holl əmsalı, termo-e.h.q., akustik rəqslər, yükdaşıyıcıların Holl yürüklüyü.

Bu işdə TlInS2-TlDyS2 sisteminin bərk məhlullarının bir sıra elektrik xassələri tədqiq edilmişdir, bunlar ilkin TlInS2 ilə eyni tetragonal sinqoniyada kristallaşır. Öyrənilən tərkiblərin sintez üsulu və rejimi qısaca təsvir edilmişdir. Elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılıqlarının öyrənilməsi σ göstərdi ki, Holl əmsalları Rx və termo-e.h.q. α,onların hamısı xarakterik yarımkeçirici material olub, p-tip keçiriciliyə malikdirlər. σ(T),Rx(T),α(T) temperatur asılılıqlarının xüsusiyyətləri təhlil olunur. Yük daşıyıcıların Holl yürüklüklərinin temperaturdan asılılığı μ(T) göstərir ki, yük daşıyıcılarının əsas səpilmə mexanizmi onların kristal qəfəsin akustik rəqslərindən səpilməsidir.

ELECTRICAL PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS TlIn1-x Dyx S2

Ismaylov M.G.
Sumqayıt Dövlət University, Sumgayıt, Azerbaijan
mais.ismayilov.87@mail.ru

Key words: electrical conductivity, tetragonal system, Hall coefficient, thermo-emf, acoustic oscillations, Hall mobility of current carriers.

In this work, a number of electrical properties of solid solutions of the $TlInS_2$ - $TlDyS_2$ system are investigated, which crystallize in the same tetragonal system as the initial $TlInS_2$. The method and mode of synthesis of the investigated compositions is briefly described. Study of the temperature dependences of electrical conductivity σ, Hall coefficients R_x and thermo-emf. α, it was found that they are all characteristic semiconductor materials p-type conductivity. The features of the temperature dependences σ(T),R_x(T),α(T) are analyzed. The temperature dependence of the Hall mobility of charge carriers μ(T) indicates that the main scattering mechanism of charge carriers is their scattering from acoustic vibrations of the crystal lattice.

ТЕОРИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В ПОЛУМАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ С УГЕТОМ СПИН-СПИНОВОГО И СЛЕРХТОНКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Мамедзаде А.С., Алиев М.Н.
Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан
memmedzade.aygun98@mail.ru, mammadaliyev@hotmail.com

Ключевые слова: ядерный магнитный резонанс, низких температурах, полумагнитных полупроводниках , слерхтонкого взаимодействий.

Ядерного Магнитного Резонанса в полумагнитных полупроводниках при низких температурах с угетом спин-спинового и слерхтонкого взаимодействий исследованы с учетом.

Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в последное время герезвыгайно успемно применяется в биологических, медицинских и химгеских исследованиях [1]. В физике твердого тела ЯМР широко применяется при изугении таких важных и особенно сложных соединений как васокотемпературные сверхпроводники и полумагнитные полупроводники (ПМП) [2]. Напичие в этих соединениях парамагнитных ионов дает возможность получить методом ЯМР на микроскопическом уровне детальную информацию об этих материалах. При построении детальной теории ЯМР в ПМП необходимо рассматривать ПМП как сложную систему состояыую из взаимодей ствующих подсистем. Такое рассмотрение динамики ПМП дает возможность применения самых современных методие квантовой статистической механики. В данной работе будем применять наиболее современный метод квантовой статистической механики метод двухвременных аналитических функций Грина (МФГ) [3].

Хорошо известно, что важнейшим источником информации ЯМР является форма резонансной линии (ФРЛ).

Целью настоящей работы является вычисление формы линии ЯМР в ПМП при низких температурах с учетом спин-спинового и сверхтонких взаимодействий. В данном случае основными взаимодействия влияющими на ФРЛ являются спин-спиновое взаимодействие локализованных спинов и сверхтонкие взаимодействия.

Из формализма МФГ известно что ФРЛ, ЯМР определяется как мнимая часть запаздыватощсй ядерной спиновой ФГ $\ll I^{-}(t)|I^{+}(t')\gg$

$$F(\omega) = I_m \ll I^{-}(t)|I^{+}(t')\gg_{\omega}^{R} \qquad (1)$$

Где $I^{\pm}$ - повышающие и понижающие спиновие операторог. Для отыскания $\ll I^{-}(t)|I^{+}(t')\gg_{\omega}^{R}$ сперва необходимо найти ФГ $\ll I^{-}(t)|I^{+}(t')\gg$ которая будет вычислена корректным рещением следующего уравнения :

$$\ll I_e^{-}|I_{e'}^{+} \gg = - < \left[I_e^{-}, I_{e'}^{+}\right] > + \ll [I^{-}, H]|I_{e'}^{+} \gg \qquad (2)$$

Здесь H является полным гамильтонианам системы который имеет вид:

$$H=H_0+H_{int} \quad (3) \quad H_{int}= H_{SS}+H_{SI}+H_{\delta S}+H_{\delta I}$$

H_0- гамильтониан невзаимодействующей системы, H_{int} -гамильтониан взаимодействующих подсистем.

Записываем уравнение движения для ФГ с учетом явного вида H_{int}:

$$(E-\omega_n)\ll I_e^{-}(t) \quad)|I_{e'}(t')\gg=-\delta_{ee'}+\frac{1}{2\hbar}\sum_i A_{ie} \ll S_i^z I_e^{-}|I_{e'}^{+} \gg - \frac{1}{\hbar}\sum_i C_{ie} \ll S_i^z I_e^z|I_{e'}^{+} + +\frac{1}{\hbar}\sum_j \varepsilon_{je} \ll I_j^z I_e^{-}|I_{e'}^{+} \gg +\frac{1}{\hbar}J \ll G^z(R_e)I_e^{-}|I_{e'}^{+} \gg \qquad (4)$$

Уравнение (4) показывает , что начальная ФГ зацепилась за новые функции Грина более высокого порядкао. Корректное решение (4) проводится методом теории возмущения для ФГ [4], [5]. Согласно МФГ искомая ФГ отыскивается введением массового оператора M(E) и поляризационного оператора P(E). Следуа формализму МФГ, ФРЛ находим в виде

$$F(\omega)= A^2\gamma_t[(\omega_d^2 - A^2)^2 + \omega_d^2\gamma_t^2]^{-1} \qquad (5)$$

Где $\gamma_t= \gamma_{SS}+\gamma_{SI}+\gamma_{\delta S}+\gamma_{\delta I}+\gamma_{II}$;

$\gamma_{SS}=I_mP_{SS}$; $\gamma_{SI}= I_mP_{SI}$; $\gamma_{\delta S}=I_mP_{\delta S}$; $\gamma_{\delta I}=I_mP_{\delta I}$; $\gamma_{II}=I_mP_{II}$

γ_t-является тотальнои веролтжостью перехода спина парамагнитных ионов под воздействисм всех взсимодействий.

Из соотношения (5) видно, что в общем случае произвольных флуктуация локальных магнитных полей полугается сложная ФРГ. Для экспериментально интересных случасев быстрых и медленных флуктуаций имеем:

$$F(\omega)= A^2\gamma_t^{-1}[(\omega_d^2 + (A^2\gamma_t^{-1})^2]^{-1} \qquad (6)$$

$$F(\omega)= \frac{\gamma_t}{2}\left[(\omega_d^2 - A)^2 + (\frac{\gamma_t}{2})^2\right]^{-1} \qquad (7)$$

Формулы (6) и (7) показывают, что получаются Лоренцовы ФРЛ разной ширины. Используя формулы (6), (7) легко оценить ширину, сдвиг,критерий наблюдаемости ЯМР, также оценить коэффициенты сверхтонких взаимодействий используя эксперименты.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.Abragam. The principles of nuclear magnetism. The internationce series of monograts on physics (2010) 618
2. J.K.Furdyna Diluted magnetic semiconductors. J.App. Phys. 64(4) 1998. 29-65.
3. Tyablikov S.V. Methods in the quantum theory of magnetism. Plenum Press, New York. (1967)361
4. Алиев М.Н. Изв. Вузов. Сер. Физика 8.126.1978
5. M.N.Aliyev Proc.24th AMPERE CONGRESS POZNAN 1998

SPİN-SPİN VƏ İFRATİNCƏ QARŞILIQLI TƏSİRLƏR İLƏ AŞAĞI TEMPERATURLARDA YARIMMAQNİT YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ NÜVƏ MAQNİT REZONANS ƏYRİSİNİN NƏZƏRİYYƏSİ

Məmmədzadə M.S., Əliyev M.N.

Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

memmedzade.aygun98@mail.ru, mammadaliyev@hotmail.com

Açar sözlər: Nüvə Maqnit Rezonansı, aşağı temperaturlar, yarımmaqnit yarımkeçiricilər, ifrat incə qarşılıqlı təsirlər.
Nüvə Maqnit Rezonans əyrisinin forması aşağı temperaturlarda yarımmaqnit yarımkeçiricilərdə spin-spin və ifratincə qarşılıqlı təsirlər nəzərə alınmaqla araşdırılmışdır.

LINE SHAPE THEORY OF THE NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE IN SEMIMAGNETIC SEMICANDUCTORS AT LOW TEMPERATURES SPIN-SPIN AND SUPERFINE INTERACTIONS

Mammadzade M.S., Aliyev M.N.
Baku State University, Baku, Azerbaijan
memmedzade.aygun98@mail.ru, mammadaliyev@hotmail.com

Key words: Nuclear Magnetic Resonance, low temperatures, semimagnetic semiconductors, superfine interactions.

Line shape of the Nuclear Magnetic Resonance in semimagnetic semiconductors at low temperatures have been investigated taking into account spin-spin and superfine interactions

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА В КВАНТОВОЙ ЯМЕ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С УЧЕТОМ НЕПАРАБОЛИЧНОСТИ ЗАКОНА ДИСПЕРСИИ

Махмудов М.М., Ибадзаде Т.К.
Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан
turkayibad@mail.ru

Ключевые слова: уравнение состояния, двумерный электронный газ, квантовая яма сложной формы, непараболичность.

В работе теоретически исследуется термическое уравнение состояния двумерного электронного газа в зависимости от параметров квантовой ямы сложной формы и ширины запрещенной зоны с учетом непараболичности закона дисперсии. Для вычисления давления электронного газа применен метод термодинамического потенциала Гиббса. При этом используется модель Кейна в двухзонном приближении. Показано, что увеличение глубины квантовой ямы приводит к сильной локализации электронов проводимости и как следствие, к уменьшению давления. Также показано, что давление двумерного электронного газа падает с увеличением ширины запрещенной зоны.

В современной наноэлектронике широко применяются структуры с нанометровыми слоями полупроводников: сверхрешетки, МОП-структуры, а также тонкие пленки, толщина которых порядка длины волны де Бройля. В этих структурах возникают квантовые размерные эффекты, которые существенно зависят от потенциала квантовой ямы [6-9]. Свойства двумерного электронного газа в прямоугольной и параболической квантовой яме изучены довольно подробно. Однако современная технология позволяет получать различные профили квантовой ямы для улучшения характеристик современных приборов. Поэтому наряду с прямоугольной и параболической квантовой ямой интенсивно исследуются структуры с более сложным ходом потенциала. Вид потенциала должен учитываться при расчете характеристик современных приборов наноэлектроники и оптоэлектроники и может привести к качественно

новым результатам [10]. Большинство исследований посвящено изучению двумерного электронного газа в магнитном поле и электрическом полях [5,6,8,9]. Важным является также изучение влияния других факторов, таких как непараболичность зоны проводимости на свойства двумерного электронного газа [2-4], так как используемых в последние годы гетероструктуры состоят в основном из полупроводников с непараболическим законом дисперсии с различными ширинами запрещенной зоны.

Учитывая вышесказанное в настоящей работе, теоретически исследуется влияние напараболичности зоны на уравнение состояния двумерного электронного газа в квантовой яме сложного профиля. Для вычисления давления электронного газа используется метод термодинамического потенциала Гиббса. Непараболичность энергетического спектра электронов проводимости описывается в двухзонном приближении модели Кейна [1]. Учет непараболичности зоны приводит к зависимости давления от ширины запрещенной зоны. Получено, что с ростом ширины запрещенной зоны давления системы уменьшается для сильно непараболических низкоразмерных полупроводниковых структур. Найдена зависимость давления от параметров квантовой ямы. Показано, что при определенном соотношении между разрешенными уровнями квантовой ямы и уровнем Ферми эта зависимость немонотонная. В зависимости от соотношения между U_0/ε_0 меняется число разрешенных уровней в квантовой яме (U_0 - минимум потенциальной энергии $\varepsilon_0 = \hbar^2\pi^2/8ma^2$, m - эффективная масса электрона, a - полуширина квантовой ямы). При глубокой квантовой яме увеличение этого соотношения приводит к увеличению числа разрешенных состояний в квантовой яме конечной глубины, что приводит к локализации электронов и, следовательно, уменьшению давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Askerov B.M., Figarova S.R. Thermodynamics, Gibbs Method and Statistical Physics of Electron Gases. - Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. 374 p.
2. Guliyev B.I., Eminbeyli R.F., The Fermi energy and in-plane electron effective mass in semiconductive thin films with non-parabolic energy band. Physica B: Condensed Matter 403, 1751-1754 (2008).
3. Gulyamov G., Abdulazizov B.T., On the Thermodynamics of a Two-Dimensional Electron Gas with Non-Parabolic Dispersion. World Journal of Condensed Matter Physics, 6, 294-299 (2016).
4. Paitya N. Ghatak K.P., Quantization and Carrier Mass. Reviews in Theoretical Science, 1, 1-141 (2013).
5. Ramos A.C.A., Farias G.A., Almeida, N.S., Thermodynamics of a Quasi-two Dimensional Electron Gas: Effects of Magnetic Fields, Temperature and Finite Width. Physic E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures, 43, 1878-1881 (2011).
6. Vagner D., Thermodynamics of Two-Dimensional Electron on Landau Levels. HIT Journal of Science and Engineering A, 3, 102-152 (2006).
7. Weiss D., Zhang C., Gerhardts R.R., Klitzing K.V., Density of states in a two-dimensional

electron gas in the presence of a one-dimensional superlattice potential, Phys. Rev. B39, 39-42 (1989).
8. Zawadzki W., Thermodynamics of Two-dimensional Electron Gas in a Magnetic Field. Springer 98 Series in Solid-State Sciences. 53, 79-85 (1984).
9. Тагвер Б.А., Демиховский В.Я., Квантовые размерные эффекты в полупроводниковых и полуметаллических пленках. Успехи физических наук, 96, 61-86 (1968).
10. Щварцбург А.Б., Дисперсия электромагнитных волн в слоистых и нестационарных средах, Успехи физических наук, 170 1297-1324 (2010).

MÜRƏKKƏB FORMALI KVANT ÇUXURUNDA DİSPERSİYA QANUNUNUN QEYRİ-PARABOLİKLİYİ NƏZƏRƏ ALINMAQLA ELEKTRON QAZININ HAL TƏNLİYİ

Mahmudov M.M., İbadzadə T.K.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: hal tənliyi, ikiölçülü elektron qazı, mürəkkəb formalı kvant çuxuru, qeyri-parabolik.

İşdə dispersiya qanununun qeyri-parabolikliyi nəzərə alınmaqla mürəkkəb formalı kvant çuxurunun parametrləri və qadağan olunmuş zonanın enindən asılı olaraq ikiölçülü elektron qazının termik hal tənliyi nəzəri tədqiq edilmişdir. Elektron qazının təzyiqini hesablamaq üçün Gibbsin termodinamik potensial metodu tətbiq olunmuşdur. Burada enerji spektri olaraq Keynin ikizonalı modelindən istifadə edilib. Göstərilmişdir ki, kvant çuxurunun dərinliyinin artması keçirici elektronların güclü lokallaşmasına gətirir, bu isə öz növbısində elektron qazının təzyiqinin azalmasına səbəb olur. Bundan başqa göstərilmişdir ki, qadağan olunmuş zonanın eninin artması ilə təzyiq azalır.

EQUATION OF STATES OF ELECTRON GAS IN QUANTUM WELL OF COMPLICATED FORM WITH TAKING INTO ACCOUNT THE NONPARABOLICITY OF THE DISPERSION LAW

Mahmudov M.M., Ibadzade T.K.
Baku State University, Baku, Azerbaijan

Key words: equation of states, two-dimensional electron gas, quantum well of complicated form, nonparabolicity.

In work, the equation of state of a two-dimensional electron gas is theoretically investigated as a function a function of the complex shape quantum well parameters and band gap are studied, taking into account the nonparabolicity of the dispersion law. The Gibbs thermodynamic potential method is used to calculate the electron gas pressure. Used the Kane model in a two-band approximation. It has been shown that an increase in the quantum well depth leads to the strong localization of conduction electrons and hence to decrease in pressure. It is also shown that the pressure of two-dimensional electron gas drops with the band gap increasing.

ПОДВИЖНОСТЬ КВАЗИДВУМЕРНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ С ПЕРЕВОРОТОМ СПИНА ПРИ РАССЕЯНИИ НА ФОНОНАХ

Фигарова С.Р., Махмудов М.М.

Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан

mehdimahmudov@bsu.edu.az

Ключевые слова: квазидвумерный электронный газ, подвижность, спин, зеемановское расщепление, акустические фононы.

Вычисляется подвижность квазидвумерного электронного газа с учетом переворота спина при рассеянии на фононах. Рассмотрены межзонные и внутризонные переходы с учетом переворота спина при индуцированном рассеянии на акустических фононах. Показано, что степень зависимости подвижности квазидвумерного электронного газа от магнитного поля увеличивается, следовательно, спад подвижности с увеличением магнитного поля происходит быстрее. Найдено, что электроны на уровнях с противоположными спинами дают разный вклад в подвижность, и рассеяние увеличивается по мере опустошения верхнего уровня.

Рассеяние электрона проводимости с переворотом спина имеет место при наличии пары состояний с одинаковыми энергиями и противоположно направленными спинами, когда среди вырожденных состояний имеется пара ортогональных. Это возможно в кристаллах с центром инверсии, где состояния вырождены по спину или спин-орбитальное взаимодействие слабо. В магнитном поле состояния с противоположно направленными спинами описывает пара зеемановских уровней. В работе вычисляется подвижность квазидвумерного электронного газа (энергетический спектр электронов косинусоидальный) с учетом переворота спина при рассеянии на акустических фононах. Показано, что время рассеяния с переворотом спина при переходе между зеемановскими подуровнями уровней Ландау под влиянием возмущения непосредственно на спины недействующего сильнее зависит от энергии электрона, чем при обычном рассеянии на акустических фононах. Это обусловлено более жесткими правилами отбора для матричных элементов переходов с переворотом спина, по сравнению с соответствующими для обычных переходов. Рассмотрены межзонные и внутризонные переходы с учетом переворота спина при индуцированном рассеянии на акустических фононах. Отмечена малость обратного времени рассеяния с переворотом спина по сравнению с обычным, что связано со слабым спин-орбитальным взаимодействием. Получено, что степень зависимости подвижности квазидвумерного электронного газа от магнитного поля увеличивается ($Bu_s = u$ - межзонное рассеяние, $\sqrt{B}u_s = u$ - внутризонное рассеяние, здесь B - магнитная индукция, u_s - подвижность квазидвумерного электронного газа с учетом переворота спина, u - подвижность квазидвумерного электронного газа без учета переворота спина), а, следовательно, спад подвижности с увеличением магнитного поля происходит быстрее. Электроны на уровнях с противоположными спинами дают разный вклад в подвижность, и рассеяние увеличивается по мере опустошения верхнего уровня.

GÜCLÜ MAQNİT SAHƏSİNDƏ FONONLARDAN SƏPİLMƏ HALINDA KVAZİİKİÖLÇÜLÜ ELEKTRON QAZININ SPİN ÇEVRİLMƏSİ NƏZƏRƏ ALINMAQLA YÜRÜKLÜYÜ

Fiqarova S.R, Mahmudov M.M.
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan
mehdimahmudov@bsu.edu.az

Açar sözlər: kvaziikiölçülü elektron qazı, yürüklük, spin, Zeeman parçalanması, akustik fononlar.

Fononlardan səpilmə halında kvaziikiölçülü elektron qazının spin çevrilməsi nəzərə alınmaqla yürüklüyü hesablanmışdır. Akustik fononlardan induksiyalanməş səpilmə üçün spin çevrilməsi nəzərə alınmaqla zonalararası və zonadaxili keçidlərə baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, kvaziikiölçülü elektron qazının yarüklüyünün maqnit sahəsindən asılılıq dərəcəsi artır, yəni yürüklük maqnit sahəsinin qiymətinin artması ilə sürətlə azalır. Tapılmışdır ki, əks istiqamətli spinlərə malik səviyyələrdəki elektronlar yürüklüyə müxtəlif pay verir və yüxarı səviyyənin boşalması ilə səpilmə artır.

MOBILITY OF A QUASI-TWO-DIMENSIONAL ELECTRON GAS IN A STRONG MAGNETIC FIELD WITH A SPIN FLIP UPON SCATTERING BY PHONONS

Figarova S.R., Mahmudov M.M.
Baku State University, Baku Azerbaijan
mehdimahmudov@bsu.edu.az

Key words: quasi-two-dimensional electron gas, mobility, spin, Zeeman splitting, acoustic phonons.

The mobility of the quasi-two-dimensional electron gas is calculated taking into account the spin flip upon scattering by phonons. Interband and intraband transitions are considered with allowance for spin flip in induced scattering by acoustic phonons. It is shown that the degree of dependence of the mobility of a quasi-two-dimensional electron gas on the magnetic field increases; therefore, the decrease in mobility with increasing magnetic field occurs faster. It was found that electrons at levels with opposite spins make different contributions to the mobility, and scattering increases with the emptying of the upper level.

PRODUCTİON OF THE HIGGS BOSON AND THE HEAVY $t\bar{t}$ -QUARK PAIR IN POLARIZED e^-e^+-COLLISIONS

Abdullayev S.K. , Gojayev M.S., Masimova D.U.
Baku State University, Baku, Azerbaijan,
m_qocayev@mail.ru

Key words: Standard Model, Higgs boson, electron-positron, heavy-quark pair, cross section.

The process of joint production of the Higgs boson and a heavy -quark pair in arbitrarily polarized electron-positron collisions is investigated:. An analytical expression for the differential cross section of the process is obtained. The Feynman diagrams corresponding to the emission of the Higgs boson by a heavy -quark pair are taken into account. The left-right spin asymmetry due to the polarizations

of the electron-positron pair and the degree of longitudinal polarization of the -quark are determined. The angular and spin correlations in the process under study are investigated as a function of the scaling energies and the heavy -quark pair

The Standard Model (CM) satisfactorily describes the physics of strong, electromagnetic, and weak interactions between quarks, leptons and gauge bosons. Recently, a missing brick in the SM building was discovered, this is the scalar Higgs boson, discovered by the ATLAS and CMS collaborations [2, 4] at the Large Hadron Collider (LHC). The experiments have established the basic properties of this particle. The Higgs boson is a scalar particle with spin zero, positive parity, nonzero vacuum value, and a mass of about 125 GeV, interacting with $W^{\pm}$- and Z^{0}-bosons with a coupling constant proportional to their masses. An accurate measurement of all the coupling constants of this particle with the fundamental fermions can be an argument in favor or counterbalance that it is in fact the Higgs SM boson. In this regard, the interest in various channels of Higgs boson production and decay has greatly increased [1, 3, 5, 7].

In the present work, we, within the framework of the Standard Model, investigated the process of the joint production of a standard Higgs boson H and a heavy $t\bar{t}$ -quark pair in arbitrarily polarized electron-positron collisions

$$e^{-}+e^{+}\to(\gamma^{*};\,Z^{*})\to H+t+\bar{t}\,. \tag{1}$$

In the SM, process (1) is described by the Feynman diagrams shown in Fig. 1. These diagrams correspond to the emission of the Higgs boson by a heavy $t\bar{t}$ -quark pair. The matrix element

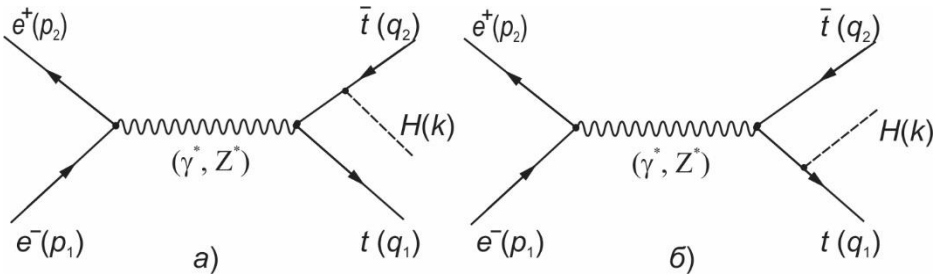


Fig. 1. Feynman diagram of reaction $e^{-}e^{+}\to Ht\bar{t}$

corresponding to diagrams a) and b) in Fig. 1 can be written like this:

$$M_{i\to f}=\frac{ie^{2}Q_{e}Q_{t}}{s}g_{Htt}\cdot\ell_{\mu}^{(\gamma)}\cdot J_{\mu}^{(\gamma)}+\frac{ie^{2}}{s-M_{Z}^{2}}g_{Htt}\cdot\ell_{\mu}^{(Z)}\cdot J_{\mu}^{(Z)}\,. \tag{2}$$

Here $Q_{e}=-1$ $\left(Q_{t}=\dfrac{2}{3}\right)$ – is the electric charge of an electron (t-quark) in units e,

$$\begin{gathered}\ell_{\mu}^{(\gamma)}=\bar{\upsilon}_{e}(p_{2})\gamma_{\mu}u_{e}(p_{1}),\\ J_{\mu}^{(\gamma)}=\bar{u}_{t}(q_{1})\left[\frac{\hat{q}_{1}+\hat{k}+m_{t}}{(q_{1}+k)^{2}-m_{t}^{2}}\gamma_{\mu}-\gamma_{\mu}\frac{\hat{q}_{2}+\hat{k}-m_{t}}{(q_{2}+k)^{2}-m_{t}^{2}}\right]\upsilon_{t}(q_{2}),\\ \ell_{\mu}^{(Z)}=\bar{\upsilon}_{e}(p_{2})\gamma_{\mu}[g_{V}(e)+\gamma_{5}g_{A}(e)]u_{e}(p_{1}),\\ J_{\mu}^{(Z)}=\bar{u}_{t}(q_{1})\left\{\frac{\hat{q}_{1}+\hat{k}+m_{t}}{(q_{1}+k)^{2}-m_{t}^{2}}\gamma_{\mu}[g_{V}(t)+\gamma_{5}g_{A}(t)]-\gamma_{\mu}[g_{V}(t)+\gamma_{5}g_{A}(t)]\frac{\hat{q}_{2}+\hat{k}-m_{t}}{(q_{2}+k)^{2}-m_{t}^{2}}\right\}\upsilon_{t}(q_{2})\end{gathered} \tag{3}$$

– electromagnetic (weak) currents of an electron-positron and heavy $t\bar{t}$ -quark pair; $s=p^{2}=(p_{1}+p_{2})^{2}$ – is the square of the total energy of the $e^{-}e^{+}$ -pair in the center-of-mass system,

m_t – is the mass of the quark, $g_V(e)$ and $g_A(e)$ ($g_V(t)$ and $g_A(t)$) – are the vector and axial-vector coupling constants of the electron (t-quark) with the Z-boson.

The square of the matrix element (2) is expressed by the formula

$$\left|M_{i\to f}\right|^2 = \frac{e^4}{s^2} g_{Htt}^2 [Q_e^2 Q_t^2 L_{\mu\nu}^{(\gamma)} \cdot H_{\mu\nu}^{(\gamma)} + 2Q_e Q_t X_Z L_{\mu\nu}^{(i)} \cdot H_{\mu\nu}^{(i)} + X_Z^2 L_{\mu\nu}^{(Z)} \cdot H_{\mu\nu}^{(Z)}]. \tag{4}$$

Here $X_Z = (1 - M_Z^2/s)^{-1}$, $L_{\mu\nu}^{(\gamma)}$ ($H_{\mu\nu}^{(\gamma)}$), $L_{\mu\nu}^{(Z)}$ ($H_{\mu\nu}^{(Z)}$) and $L_{\mu\nu}^{(i)}$ ($H_{\mu\nu}^{(i)}$) – are the electromagnetic (weak) and interference tensors of the electron-positron (heavy $t\bar{t}$-quark) pair.

Due to the conservation of electron-positron currents $\ell_\mu^{(\gamma)}$ and $\ell_\mu^{(Z)}$, only the spatial components of tensors make a contribution to the cross section:

$$L_{\mu\nu}^{(a)} \cdot H_{\mu\nu}^{(a)} = L_{mr}^{(a)} \cdot H_{mr}^{(a)} \qquad (m, r = 1,2,3;\ a = \gamma, i, Z).$$

We introduce the so-called correlation functions σ_n ($n = 1 \div 9$) by means of the relations

$$\begin{aligned}
&\sigma_1 = H_{11} + H_{22}, && \sigma_2 = \frac{1}{2}(H_{22} - H_{11}), && \sigma_3 = H_{33},\\
&\sigma_4 = \frac{1}{2}(H_{13} + H_{31}), && \sigma_5 = \frac{1}{2}(H_{23} + H_{32}), && \sigma_6 = -\frac{1}{2}(H_{12} + H_{21}),\\
&\sigma_7 = i(H_{12} - H_{21}), && \sigma_8 = \frac{i}{2}(H_{23} - H_{32}), && \sigma_9 = \frac{i}{2}(H_{31} - H_{13}).
\end{aligned} \tag{5}$$

These correlation functions depend on the scaling energies of the t-quark $x_1 = \frac{2E_1}{\sqrt{s}}$, $\bar{t}$-antiquark $x_2 = \frac{2E_2}{\sqrt{s}}$, and Higgs boson $x_H = \frac{2E_H}{\sqrt{s}} = 2 - x_1 - x_2$ and are easily determined from the t-quark tensors.

The distribution of particles $t, \bar{t}$ and H in the Dalitz diagram is determined by the laws of conservation of energy and momentum:

$$x_1 + x_2 + x_H = 2, \qquad x_1\vec{n}_1 + x_2\vec{n}_2 + x_H\vec{n} = 0,$$

where, $\vec{n}_1$, $\vec{n}_2$ and $\vec{n}$ – unit vectors along the momenta of the t-quark, $\bar{t}$-antiquark and Higgs boson.

We can direct the axis Z along the most energetic particle and choose the axis X so that the x-th projection of the momentum of the second more energetic particle becomes positive. Then six areas of the Dalitz diagram are obtained. We consider the coordinate system IIIb (2; 3), where the momentum of the more energetic $\bar{t}$-antiquark is directed along the axis Z, and the momentum of the second energetic Higgs boson in the production plane has a positive x-projection $k_x > 0$ (see Fig. 2).

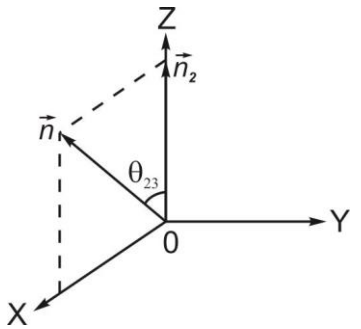


Fig. 2. The koordinate system III*b*

We represent the distribution of particles by angles θ and χ in the form (θ – is the polar angle between the Z axis and the direction of the electron beam, χ – is the azimuthal angle between the plane of creation and the plane determined by the Z axis and the electron beam):

$$\frac{d^4\sigma}{d\chi d(\cos\theta) dx_1 dx_2} = \frac{\alpha_{\text{QED}}^2 N_C}{128\pi^2 s} g_{Htt}^2 G_A(\sigma_1 + 2\sigma_3)(1 + \alpha_0)[1 + \alpha_1 \cos^2\theta +$$
$$+ \alpha_2 \sin^2\theta \cos 2\chi + \alpha_4 \sin^2\theta \sin 2\chi + \alpha_7 \cos\theta + \alpha_8 \sin\theta \cos\chi], \tag{6}$$

here the coefficients of the angular distributions of particles are introduced:

$$\alpha_0 = -\frac{G_C}{G_A}\cdot\frac{2}{x_H^2}(1+x_H)(1-x_1)(1-x_2), \qquad \alpha_1 = \frac{3c_{23}^2-1}{3-c_{23}^2}\cdot\frac{1-\alpha_0}{1+\alpha_0},$$

$$\alpha_2 = \frac{s_{23}^2}{3-c_{23}^2}\cdot\frac{1-\alpha_0}{1+\alpha_0}, \qquad \alpha_4 = \frac{2s_{23}c_{23}}{3-c_{23}^2}\cdot\frac{1-\alpha_0}{1+\alpha_0},$$

$$\alpha_7 = \frac{G_B}{G_A}\frac{1}{1+\alpha_0}\frac{2[x_2(1-x_1)(c_{23}-1)-x_1(1-x_2)(c_{23}-c_{21})]}{x_H(3-c_{23}^2)}, \quad . \tag{7}$$

$$\alpha_8 = \frac{G_B}{G_A}\frac{1}{1+\alpha_0}\frac{2[x_2(1-x_1)s_{23}-x_1(1-x_2)(s_{23}+s_{21})]}{x_H(3-c_{23}^2)},$$

$$G_A = Q_e^2Q_t^2 + 2Q_eQ_tg_V(e)g_V(t)X_Z + [g_V^2(e)+g_A^2(e)][g_V^2(t)+g_A^2(t)]X_Z^2,$$

$$G_B = 2g_A(e)g_A(t)[Q_eQ_t + 2g_V(e)g_V(t)X_Z]X_Z, \tag{8}$$

$$G_C = [g_V^2(e)+g_A^2(e)]g_A^2(t)X_Z^2,$$

where the designations $s_{ij} = \sin\theta_{ij}$ and $c_{ij} = \cos\theta_{ij}$ are accepted, θ_{ij} – is the angle between the directions of the particle momenta. These angles depend on the scaling energies of the particles:

$$\sin\theta_{ij} = \frac{2\sqrt{(1-x_1)(1-x_2)(1-x_H)}}{x_ix_j}, \quad \cos\theta_{ij} = 1-\frac{2(x_i+x_j-1)}{x_ix_j}.$$

In fig. 3 shows the dependence of the angular distribution coefficients on the variable x_2 at fixed $x_1 = 0.9$. As you can see, the coefficient α_1 (α_7, α_8) is negative and decreases (increases) with increasing energy x_2. The coefficient of angular distributions α_2 is positive and slowly increases with increasing variable x_2. As for the angular distribution coefficient α_4, we note that it is negative at the beginning of the energy spectrum x_2, increases with increasing and becomes positive at the end of the energy spectrum.

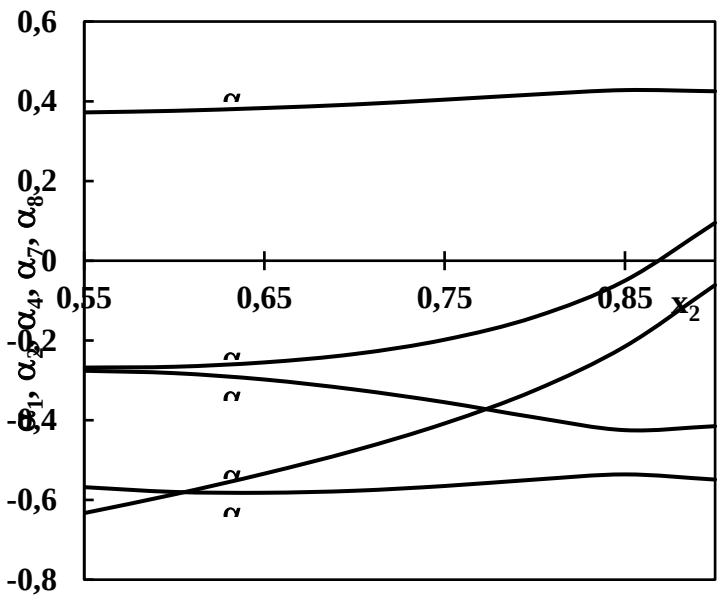


Fig. 3. The dependence of the angular distribution coefficients on x_2 in the reaction $e^-e^+ \to Ht\bar{t}$

In the annihilation of a longitudinally polarized electron-positron pair, the differential cross

section of reaction (1), integrated over the angles θ and χ, can be represented as:

$$\frac{d^2\sigma(\lambda_1,\lambda_2)}{dx_1dx_2}=\frac{d^2\sigma_0}{dx_1dx_2}[1-\lambda_1\lambda_2-(\lambda_1-\lambda_2)A_{LR}]. \tag{9}$$

Here

$$\frac{d^2\sigma_0}{dx_1dx_2}=\frac{\alpha_{\text{QED}}^2N_C}{12\pi s}g_{Htt}^2\left\{G_A\frac{x_H^2}{(1-x_1)(1-x_2)}-2[g_V^2(e)+g_A^2(e)]g_A^2(t)(1+x_H)X_Z^2\right\} \tag{10}$$

– is the differential cross section of this process in the case of unpolarized particles, and A_{LR} – is the left-right spin asymmetry due to the longitudinal polarization of the electron. This asymmetry in the process $e^-+e^+\to H+t+\bar{t}$ at is $x_2=0.95$ about 17.6% and weakly increases with growth x_1, remaining almost constant.

In the process under consideration, a quark and an antiquark can be produced longitudinally polarized. Taking into account the helicities of the $t\bar{t}$-quark pair, the differential cross section has the form

$$\frac{d^2\sigma(h_1,h_2)}{dx_1dx_2}=\frac{1}{4}\cdot\frac{d^2\sigma_0}{dx_1dx_2}[1+h_1h_2+(h_1+h_2)P_t]. \tag{11}$$

Here P_t – is the degree of longitudinal polarization of the t-quark.

In fig. 4 shows the dependence of the degree of longitudinal polarization of the t-quark on the variable x_1 at a fixed $x_2=0.9$ and $x_2=0.95$. It follows from the graphs that at a fixed energy x_2, an increase in energy x_1 leads to a decrease in the degree of longitudinal polarization of the t-quark. However, at a fixed quark energy x_1 with increasing antiquark energy x_2, the magnitude of the degree of longitudinal polarization increases. Note that the degree of longitudinal polarization of the t-quark has already been measured by the ATLAS detector during hadronic $t\bar{t}$ pair production at the LHC [6].

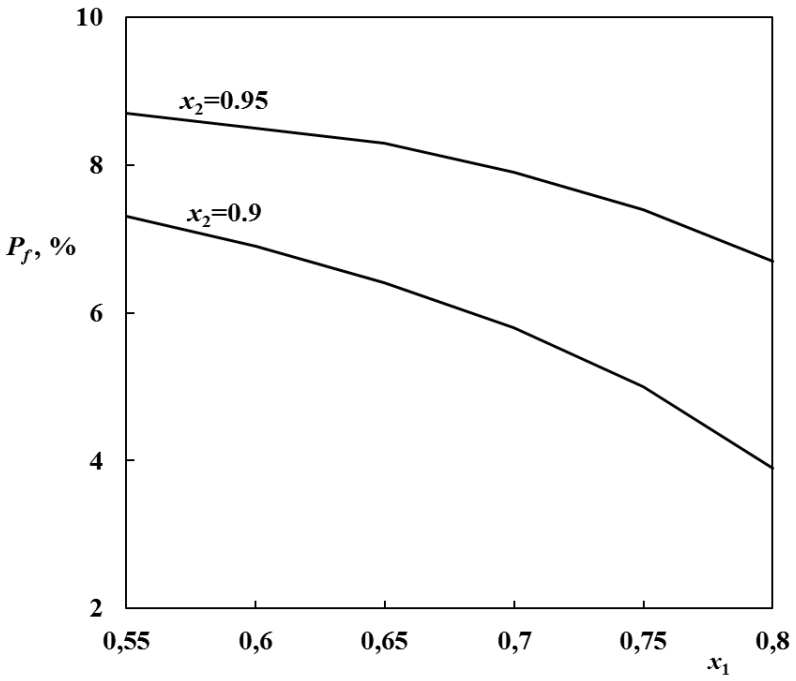


Fig. 4. Dependence of the degree of longitudinal polarization of the t-quark in the process $e^-e^+\to Htt\bar{t}$ on the variable x_1 at fixed x_2

REFERENCES

1. Abdullayev S. K., Gojayev M.Sh., Saddigh F.A. // Moscow University Physics Bulletin. 2017, **72**, No 4, p. 329.
2. ATLAS Collaboration // Phys. Letters, 2012, **B716**, p. 1.
3. Barman R. K. et al. // arXiv: 1608.02573v3 [hep-ph]. 2017.
4. CMS Collaboration // Phys. Letters, 2012, **B716**, p. 30.
5. Djouadi A. The Anatomy of Electro-Weak Symmetry Breaking. Tome I: The Higgs boson in the Standard Model. arXiv: hep-ph/0503172v2, 2005; DOI: 10.1016/j.physrep.2007.10.004.
6. Hamilton S.F. // CERN-THESIS-2014-008, 2014.
7. Peters K. // arXiv: 1701.05124v2 [hep-ex]. 2017.

ПРОДУКЦИЯ БОЗОНА ХИГГСА И ТЯЖЕЛО-КВАРКОВОЙ ПАРЫ В ПОЛЯРИЗОВАННЫХ КОЛЛИСИЯХ

Абудллаев С.К., Годжаев М.С., Масимова Д.У.

Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан

m_qocayev@mail.ru

Ключевые слова: Стандартная модель, Хиггс бозон, электрон-позитрон, тяжелая $t\bar{t}$ -кварковая пара, сечение.

Исследуется процесс совместного рождения Хиггс бозона и тяжелой $t\bar{t}$ -кварковой пары в произвольно поляризованных электрон-позитронных столкновениях: $e^-e^+ \to Ht\bar{t}$. Получено аналитическое выражение для дифференциального сечения процесса. Учтены диаграммы Фейнмана, соответствующие излучению Хиггс бозона тяжелой $t\bar{t}$ -кварковой парой. Определены лево-правая спиновая асимметрия A_{LR} , обусловленная поляризациями электрон-позитронной пары и степень продольной поляризации P_t t -кварка. Исследованы угловые и спиновые корреляции в исследуемом процессе в зависимости от скейлинговых энергий x_1 и x_2 тяжелой $t\bar{t}$ -кварковой пары.

HİQQS BOZON VƏ AĞIR KVARK CÜTÜNÜN POLYARİZASİYA OLUNMUŞ KOLLİSİYALARDA

Abdullayev S.K., Qocayev M.S., Məsimova D.U.

Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

m_qocayev@mail.ru

Açar sözlər: Standart model, Hiqqs bozon, elektron-pozitron, ağır $t\bar{t}$ -kvark cütü, kəsik.

İxtiyari polyarlaşmış elektron-pozitron toqquşmalarında Hiqqs bozonun və ağır $t\bar{t}$ -kvark cütünün birgə doğulması prosesi tədqiq edilmişdir: $e^-e^+ \to Ht\bar{t}$. Prosesin diferensial effektiv kəsiyi üçün analitik ifadə alınmışdır. Hiqqs bozonun ağır $t\bar{t}$ -kvark cütü tərəfindən şüalanması prosesinin Feynman diaqramları nəzərə alınmışdır. Elektron-pozitron cütünün polyarlaşma halları ilə müəyyən

olunan A_{LR} – sol-sağ spin asimmetriyası və t-kvarkın uzununa polyarlaşma dərəcəsi – P_t təyin olunmuşdur. Baxılan prosesin bucaq və spin korrelyasiyalarının ağır $t\bar{t}$-kvark cütünün x_1 və x_2 skeylinq enerjilərindən asılılığı tədqiq edilmişdir.

IV BÖLMƏ
ENERJİ SİSTEMLƏRİ VƏ KOMPLEKSLƏRİ
IV СЕКЦИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ
IV SECTION
POWER SYSTEMS AND COMPLEXES

MAYENİN MƏCBURİ HƏRƏKƏTİNDƏ KONVEKTİV İSTİLİKVERMƏ PROSESİ

Abdullayeva S.C., Qəhrəmanova A.Q.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

Açar sözlər: təzyiq, temperatur, istilikvermə, böhran təzyiqi

N-heptan və n-heksanın superkritik təzyiq altında hərəkəti zamanı üfüqi borular divarlarının istilik ötürülməsi və temperatur rejimi araşdırılmışdır. İstilik ötürmə prosesinin intensivliyindəki artım $t_c^b \geq t_m$ şərtində aşkarlanır.

Böhranətrafı və böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlər şəraitində konvektiv istilikvermə prosesinin və maye hərəkət edən kanalın temperatur rejiminin öyrə-nilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə konvektiv istilikvermə prosesinə dair görülən işlərin nəticələrinin təhlili göstərir ki, istilikdaşıyıcılardan istifadə yüksək effektli istilik mübadilə aparat və qurğularının yaradılmasına imkan verir.

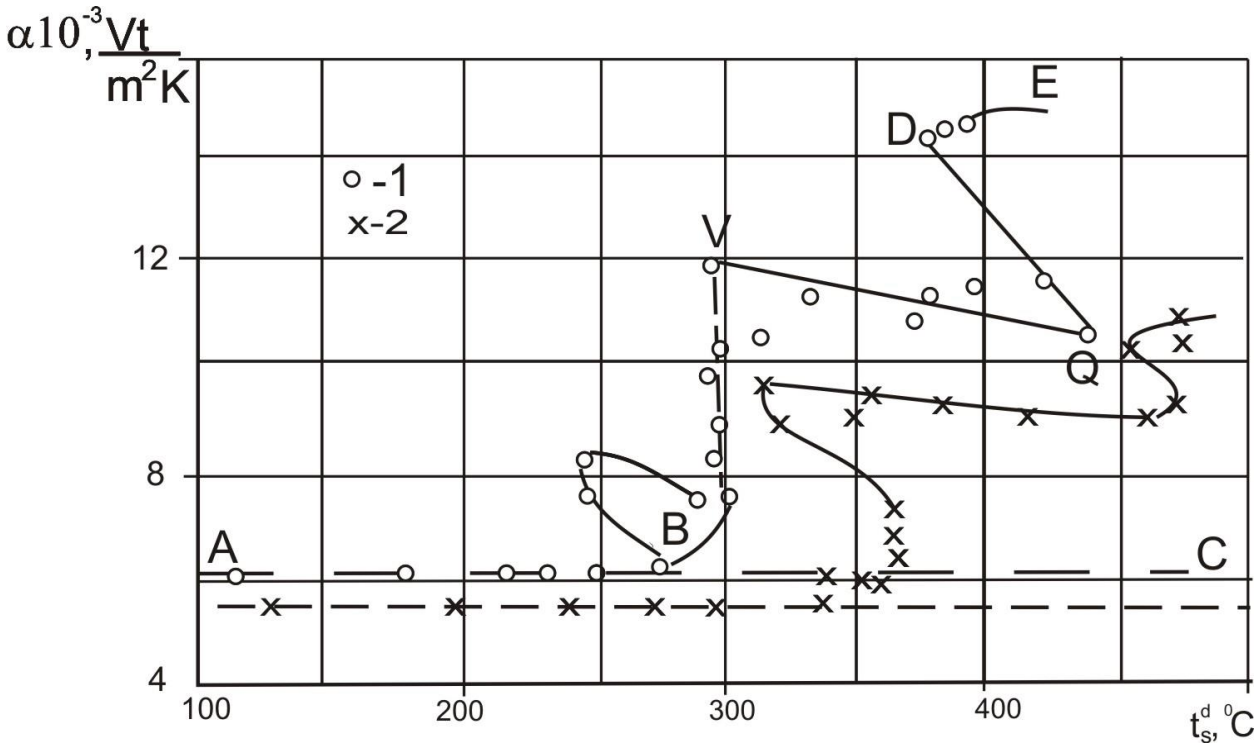
Konvektiv istilikvermə prosesində iştirak edən istiliyin miqdarı Nyuton-Rixman qanununa görə təyin edilir. Bu qanuna görə səth ilə mühit arasında verilən yaxudda alınan istiliyin miqdarı (Q^r) maye ilə bərk cismin toxunma səthinin sahəsi (F), onlar arasındakı temperatur fərqi ($\Delta t = t_s - t_m$ yaxudda $\Delta t = t_m - t_s$) və zamanla (τ) düz mütənasibdir /1/

$$Q^r = \propto \cdot F \Delta t \tau$$

Burada $\propto$ istilikvermə əmsalıdır. İstilik mübadilə aparat və qurğuların hesabatlarının aparılması, layihələndirilməsi və yaradılması istilikvermə ilə əlaqə-dar olduğundan ilkin olaraq istilikvermə əmsalının maye hərəkət edən kanalın uzunluğu boyunca paylanmasını nəzərdən keçirək.

Şək.1-də təsvir edilən konvektiv istilikvermə əmsalının boru divarının soyudulan səthinin temperaturundan asılılıq qrafikləri n-heptanla aparılmış təcrübələrin nəticələrinə görə qurulmuşdur. Qrafiki asılılığın mürəkkəbliyi –

$\propto = f(t_s^d)$ qrafiki asılılığı (n-heptan)



Şəkil 1

çox dəfəli dəyişkənliyə məruz qaldığı şəkildən aydın görünür. Əvvala $t_s^d \approx t_m$ şəraitində konvektiv istilikvermə əmsalı kəskin artaraq öz maksimumundan keçir (qrafik asılılığın BV hissəsi). B nöqtəsindən sonra istilik seli sıxlığının artırılması səthin temperaturunun geniş dəyişmə intervalında istilikvermə əmsalının bir qədər azalması ilə nəticələnir (qrafiki asılılığın VQ hissəsi). İstilikvermə əmsalının minimal qiyməti bu asılılığın VQ hissəsinin Q nöqtəsinə uyğun gəlir. Həmin nöqtəyə uyğun gələn istilikvermə əmsalının qiyməti istilikvermənin normal rejiminə uyğun gələn qiymətdən ~ 1,71 dəfə böyük olur, yəni $\frac{\alpha_Q}{\alpha_n} = 1{,}71$.İstilikvermənin bu rejimi istilikvermənin zəifləşən rejimidir.Buna uyğun nəticələr n-heksanla da alınmışdır. $\alpha = f(t_s^d)$ qrafiki asılılıqlarından belə aydın olur ki, istər n-heptan və istərsə də n-heksanla aparılan sınaqlarda təzyiqin artması ilə bu asılılığın BVQDE hissəsində istilikvermənin intensivliyi azalır. Məsələn, n- heptanla /2/ aparılan sınaqlarda istilikvermənin ilkin intensivləşən rejiminin sonunda (V nöqtəsi) təzyiq P=3,5 Mpa olduqda $\alpha_v \approx 12000 \frac{Vt}{m^2K}$ təşkil edirsə də P=5,5 Mpa-da isə $\alpha_v \approx 9800 \frac{Vt}{m^2K}$ -ə bərabər olur. Baxılan təzyiqlərdə istilikvermənin nisbətən zəifləşən rejiminin sonunda, yəni Q nöqtəsində bu qiymətlər uyğun olaraq $\alpha_D \approx 14500 \frac{Vt}{m^2K}$,P=5,5 MPa təzyiqində isə $\alpha_D \approx 10300 \frac{Vt}{m^2K}$ olduğu şək.1-dən aydın görünür.

Deməli müxtəlif təzyiqlərdə n-heptanla aparılan sınaqlarda

$$\frac{(\alpha_V)_{P=5{,}5MPa}}{(\alpha_V)_{P=3{,}5MPa}} = 0{,}816 \quad \frac{(\alpha_Q)_{P=5{,}5MPa}}{(\alpha_Q)_{P=3{,}5MPa}} = 0{,}875 \text{ və}$$

$$\frac{(\alpha_D)_{P=5,5MPa}}{(\alpha_D)_{P=3,5MPa}} = 0,710$$ -ə bərabər olur.

Beləliklə, böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə $\alpha = f(t_s^d)$ qrafiki asılılığının çoxdəfəli mürəkkəb dəyişilmə xarakterinə malik olduğu və böhran təzyiqindən uzaqlaşdıqca konvektiv istilikvermənin intensivliyinin tədricən azaldığı müəyyənləşdirildi. Mühitin təzyiqinin artması ilə istilikvermənin intensivliyinin zəifləməsi zənnimizcə tədqiq edilən mayenin istilik fiziki parametrlərin, əsasən də sabit təzyiqdə kütlə istilik tutumunun dəyişilmə tempinin azalmasıdır.

ƏDƏBİYYAT

1.Исаев Г.И. и др. Проблемы энергетики .-2006,-№ 1-2.-с.53-59

2.Eyyubova K.S., Abdullayeva S.C., İsayev H.İ. Sumqayıt. Elmi xəbərlər.-2010,- №3. Səh.102-106

КОНВЕКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС НАГРЕВА ПРИ ПРИНУДИТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ

Абдуллаева С.Д., Гахраманова А.Г.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: давление, температура, теплоотдача, критическое ,давление

Исследованы теплоотдача и температурный режим стенок горизонтальных труб при движении н-гептана и н-гексана в условиях сверхкритических давлений. Выявлено повышение интенсивности процесса теплоотдачи при условии $t_c^b \geq t_m$.

CONVECTIVE HEATING PROCESS IN FORCED MOVEMENT OF LIQUID

Abdullayeva S.Dj., Gakhramanova A.G.

Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Keywords: pressure, temprish, heat emission,critikal pressure

Heat transfer and temperature regime of horizontal tubes walls in n-heptane and n-hexane motion in the supercritical pressure conditions are investigated. Intensity increase process of heat transfer in the condition $t_s^d \geq t_m$ is revealed.

FASİLƏSİZ QİDA MƏNBƏYİNİN QURULMA PRİNSİPLƏRİ

İsayeva T.M., Allahverdiyev E.S.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti Bakı şəhəri, Azərbaycan

e-mail: taranaisaeva@rambler.ru

Açar sözlər: fasiləsiz qida mənbələri, iş rejimləri, birfazalı invertor, İGBT-tranzistor

Müxtəlif təyinatlı fasiləsiz qida mənbələrinin qurulma prinsipləri, üstünlük və çatışmazlıqları araşdırılmış, bu cür mənbələrin iş rejimlərinin xüsusiyyətləri araşdırılmış, həmin qurğuların tətbiq şəraiti və sahələri dəqiqləşdirilmiş, element bazası müəyyən olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, avtonom

invertorlar orta nöqtəli, yarım körpü və körpü sxemləri əsasında yerinə yetirilir, cərəyan, gərginlik və rezonans tipli olur, siqnalların rəqəmsal emalı üçün böyük inteqral sxemlərin siqnal prosessorları və analoq-rəqəm və rəqəm-analoq çeviricilərinin istifadə olunması bu cür formaya malik siqnalların daha dəqiq hasil edilməsini təmin edir. Analoq-rəqəm çeviricisi vasitəsilə pilləvari şəkildə hasil olunduqdan sonra ilkin mərhələdə hamarlayıcı süzgəcdən keçib sinusoidal forma alan çıxış siqnalına malik fasiləsiz qida mənbələrinin daha keyfiyyətli və az itkili enerji təchizatı məqsədilə tətbiqinin daha məqsədəuyğun olduğu qeyd edilmiş, fasiləsiz qida mənbələrinə müasir tələblər təhlil olunmuş, daha sürətli və səmərəli qurulma prinsipi olan ikiqat çevirməli, delta funksiyalı invertor prinsipindən istifadə edilməsinin qoyulan tələblərə cavab verən bir və üç fazalı fasiləsiz qida mənbələrin işlənilməsi üçün tətbiq olunması tövsiyə olunmuşdur.

Giriş

Hal-hazırda məişətdə və sənayedə, xüsusilə avtomatlaşdırma, nəzarət və təhlükəsizlik sistemlərində istismar olunan elektron və elektrik qurğularının fasiləsiz olaraq və tələblərə uyğun qidalandırılması aktual məsələlərdən biridir. Fasiləsiz qida mənbələri (FQM) off-line və on-line kimi prinsiplər əsasında qurula bilər. Birinci FQM-lərdə daxili invertor, yəni sabit cərəyanı dəyişən cərəyana çevirən sxem, blok və ya modul əsas enerji mənbəyi olduğu halda işləmir, yalnız enerji verilişi kəsildikdə işə düşür. İkinci növ FQM-lərdə çıxış gərginliyi sabit cərəyana çevrilmiş gərginliyin invertor vasitəsilə dəyişən cərəyana çevrilməsi yolu ilə alınır və akkumulyatordan qidalanma yalnız əsas enerji kəsildikdə yerinə yetirilir. On-line FQM-lərdə çıxış tezliyi həmişə invertorun tezliyi ilə müəyyən olunduğundan şəbəkə tezliyinin dəyişmələri yük qismində qoşulmuş elektron və ya elektrik işlədicisinə təsir göstərmir. Bu cür qida mənbələri şəbəkə tezliyinin dəyişməsinə kritik olan işlədicilər üçün münasibdir [1].

1. FQM-də invertor növləri

Müxtəlif mühərrik tiplərinin tətbiqində və güc sistemlərində invertorlar geniş şəkildə istifadə olunur və bu səbəbdən də, invertorların daima inkişaf etdirilir. Ümumi halda invertorun iki növünü göstərmək olar:

1) şəbəkədən idarə olunan (asılı) invertorlar

2) avtonom (müstəqil) invertorlar.

Asılı invertorlar sabit cərəyan enerjisini dəyişən cərəyan şəbəkəsinə ötürən zaman həmin şəbəkədə gərginliyin qiyməti və tezliyi başqa bir dəyişən cərəyan mənbəyi ilə verilir. Bu invertorlar əsasən tiristor sxemi üzərində qurulur.

Müstəqil (avtonom) invertorlar isə, əlavə dəyişən cərəyan mənbəyi olmadan işləyir. Tələb olunan qiymətdə və tezliyə malik olan çıxış gərginliyini invertor özü yaradır. Çıxış gərginliyindəki fazaların sayına görə avtonom invertorlar birfazalı və üçfazalı olub, orta nöqtəli, yarım körpü və körpü sxemləri əsasında yerinə yetirilir və elektromaqnit hadisəsinin yaranmasına əsasən aşağıdakı növlərə ayrılır:

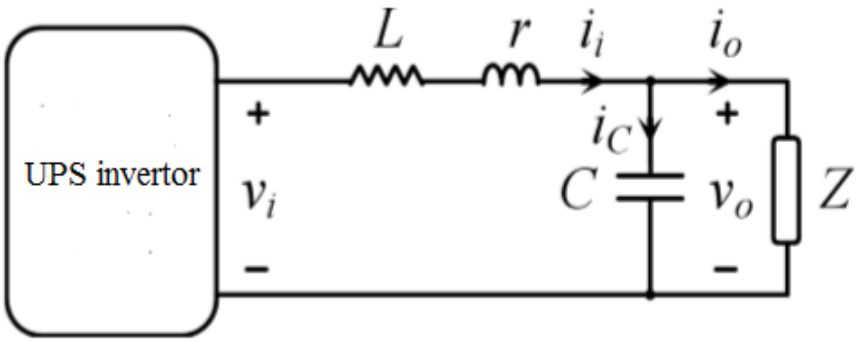
- Cərəyan invertoru;
- Gərginlik invertoru;
- Rezonans invertoru.

Çıxış parametrləri stabilləşdirilmiş tezlik çeviricilərini, ikinci dəyişən cərəyan qida mənbəyini, tezlik tənzimləməli elektrik intiqalını invertorun əsas tətbiq sahələri kimi göstərə bilərik. Əgər çıxış tezliyi 2 kHs-dən yüksəkdirsə, rezonans invertorlarından istfadə etmək daha məqsədə uyğundur. Bunlar tristorlarda kiçik kommutasiya itkilərinin olması ilə əlaqədardır. Cərəyan

invertorları gərginlik invertorlarına nəzərən bir sıra üstünlüklərə malikdir. Cərəyan invertoru çevrilmə xüsusiyyətinə malikdir, yəni enerjini hər iki istiqamətdə verə bilir. Bir ventilin kommutasiyası zamanı cərəyan yalnız bir istiqamətdə axır, gərginlik isə enerjinin tənzimlənməsi zamanı işarəni dəyişir.

2. Bir və üçfazalı FQM-lər

Fasiləsiz enerji təchizatı sistemləri yükü (işlədicini) fasiləsiz və keyfiyyətli elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün istifadə edilir. Bunun üçün də birfazalı UPS invertorlar lokal elektrik şəbəkələrində geniş tətbiq olunur [2]. Birfazalı UPS invertorlar işlədiciləri yüksək keyfiyyətli və fasiləsiz olaraq elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.



Şəkil 1. Birfazalı UPS invertorunun sxemi.

Fasiləsiz qida mənbəyinə qoyulan əsas tələblər çıxış gərginliyinin sinusoidal olması və cəld işləmə, yəni əsas qida mənbəyindən verilən enerji kəsildikdə akkumulyatordan verilən gərginliyin təqdim edilmə müddətidir. Birinci tələb, yəni çıxış gərginliyin sinusoidallığı bir neçə üsulla təmin oluna bilər. Bunlardan ən sadəsi çıxış transformatorunun ikinci tərəfinə süzgəc rolunu oynayan kondensatorun qoşulması üsulu olub, sadə və ucuz fasiləsiz qida mənbələrində tətbiq edilir. Bu zaman çıxış gərginliyi generatoru düzbucaqlı impulslar hasil edir, sxemi sadə olub, az güclü mənbələrin işlənilməsində tətbiq olunur [3].

İkinci üsulda sinusoidaya yaxın dəyişən cərəyan hasil edilir. Son zamanlar siqnalların rəqəmsal emalı üçün böyük inteqral sxemlərin (siqnal prosessorları və analoq-rəqəm və rəqəm analoq çeviricilərinin (ARÇ və RAÇ) istifadə olunması bu cür formaya malik siqnalların daha dəqiq hasil edilməsini təmin etmişdir. Belə siqnal analoq-rəqəm çeviricisi vasitəsilə pilləvari şəkildə hasil olunur, ilkin mərhələdə süzgəcdən keçərək, tam sinusoidal formanı alır və idarə olunan açarlara verilir. İdarə olunan açarlar (tranzistor, tiristor və ya simistor, eləcə də İGBT tranzistorlar) uyğun müddət ərzində açılıb-qapanaraq, çıxışda sinusoidal gərginliyin hasil edilməsini təmin edir.

Fasiləsiz qida mənbəyinin qurulma prinsiplərindən biri də ikiqat çevirməli gərginlik çeviricisidir. Bu çeviricilər arasında delta çevirmə prinsipi daha cəld işləməsi və dəqiqliyi ilə fərqlənir. Buna görə də on-line rejimdə işləyən delta çevirməli invertorlu fasiləsiz qida mənbəyinin müasir inteqral element bazası əsasında işlənilməsi məqsədəuyğun hesab edilir.

NƏTİCƏ

Fasiləsiz qida mənbələrinin qurulma prinsipləri arasında on-line rejimdə işləyən delta çevirməli invertorlu fasiləsiz qida mənbəyi daha cəld işləyən, çıxış siqnalının forması sinusoidal

siqnala yaxın olduğundan güc itkiləri xeyli azdır. Həmin mənbələrin İGBT tranzistorlar və böyük inteqral sxemlər əsasında işlənilməsi etibarlılığı və faydalı iş əmsalının yüksəlməsini təmin edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Nağıyev A.Q., Məlikov A.Ə. Çevirici qurğuların idarəetmə sistemləri. Bakı, -2010.

2.Wu T.F., Nien H.S., Shen C.L., Chen T.M., (2005) A Single-Phase Inverter System PV Power Injection and Active Power Filtering with Nonlinear Inductor Consideration, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.41, No.4.

3. https://www.google.com/patents/inverter/US20130051106

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Исаева Т.М., Аллахвердиев Э.С.

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

e-mail: taranaisaeva@rambler.ru

Ключевые слова: источник бесперебойного питания, режимы работы, однофазный инвертор, IGBT-транзистор.

Исследованы принципы построения, преимущества и недостатки источников бесперебойного питания различного назначения, изучены характеристики режимов работы таких источников, уточнены условия и области применения этих устройств, определена элементная база. Показано, что в основе автономных инверторов тока, напряжения и резонансного типа лежат схема со средней точкой, полу-мостовые и мостовые схемы, использование больших интегральных схем сигнальных процессоров и аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей для цифровой обработки сигналов обеспечивает более точное формирование выходного сигнала. Отмечено, что для наиболее качественного энергоснабжения с наименьшими потерями целесообразно использовать источники бесперебойного питания с синусоидальным выходным сигналом, который после формирования аналого-цифровым преобразователем сглаживается фильтром, проанализированы современные требования к источникам бесперебойного питания, для разработки однофазных и трехфазных источников бесперебойного питания, отвечающих вышеизложенным требованиям рекомендуется использовать принцип двойного преобразования, инвертор с дельта функцией, который является быстродействующим и эффективным принципом построения.

CONSTRUCTING PRINCIPALS OF UNINTERRUPTED POWER SUPPLIES

Isayeva T.M., Allahverdiyev E.S.

Azerbaijan State Oil and Industry University

e-mail: taranaisaeva@rambler.ru

Key words: uninterruptible power supplies, operating modes, single-phase inverter, IGBT transistor.

The constructing principles, advantages and disadvantages of uninterruptible power supplies for various purposes are investigated, the characteristics of the operating modes of such sources are

studied, the conditions and areas of application of these devices are clarified, and the element base is determined. It is shown that autonomous inverters which can be current, voltage and resonance type are based on midpoint, half-bridge and bridge circuits, the use of large integrated signal processors circuits and analog-to-digital and digital-to-analog converters for digital signal processing provides more accurate formation of the output signal. It is noted that for the highest quality power supply with the least losses, it is advisable to use uninterruptible power supplies with a sinusoidal output signal, which smooth after formed by analog-to-digital converter. Modern requirements for uninterruptible power supplies are analyzed, it is recommended to use the double conversion principle, a delta function inverter, which is a high-speed and an efficient design principle for the development of single-phase and three-phase uninterruptible power supplies that meet the above requirements.

BÖHRAN TƏZYİQİNDƏN YÜKSƏK TƏZYİQLƏRDƏ MAYELƏRİN İSTİLİKVERMƏSİ

Məmmədov F.X., Abdullayeva G.K.,Bəxtiyarov Ə.L.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan,

Aşar sözlər: istilikvermə, səthin temperaturu, böhran təzyiqi, temperatur rejimi, kütlə sürəti.

Mayenin məcburi hərəkətinin müxtəlif rejmlərində və böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə n-heptan və n-heksanın istilikverməsi və boru divarının temperatur rejimi tətqiq edilmiş, istilikvermənin ayrı-ayrı rejimlərinə keçid sərhəddini təyin etmək üçün empirik tənliklər, istilikvermə əmsalını hesablamaq üçün isə kriterial tənliklər təklif edilmişdir.

Istilikdaşıyıcılarından böhranətrafı və böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə istifadə edilməsi istilik energetikasının inkişafının baş xəttini təşkil etdiyindən həmin şəraitdə istilikvermənin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi vacib məsələlərdən hesab edilir. Bununla əlaqədar olaraq üzvü istilikdaşıyıcılarından – n-heptan və n-heksandan istifadə etməklə boru divarının temperatur rejimi və konvektiv istilikvermə prosesi rejim parametrlərinin kifayət qədər geniş dəyişmə intervallarında tədqiq edilmişdir. Tədqiqatlar məcburi hərəkətin laminar, keçid və turbulent rejimlərində mayenin hərəkət istiqamətinin dəyişməsini də nəzərə almaqla şaquli borularda qərarlaşmış istilik rejimində aparılmışdır. Tədqiqat qurğusu, tədqiqatların aparılma üsulu haqqında ətraflı məlumat ədəbiyyat [1] verilir. Alınmış təcrübi nəticələr ümumi qəbul edilmiş üsulla işlənərək konvektiv istilikvermə prosesini və boruların temperatur rejimini səciyyələndirən müxtəlif qrafiki asılılıqlar qurulmuşdur. Həmin asılılıqların araşdırılması nəticəsində səthin temperaturunun və həmçinin istilikvermə əmsalının kanalın uzunluğu boyunca qeyri-monoton paylanması, istilikvermənin normal ($t_s^d \approx t_m$) , nisbətən zəifləşən bəzən də pisləşən ($t_s^d > t_m$) və dayanıqlı intensivləşən ($t_s^d >> t_m$) rejimlərin mövcudluğu təcrübi dəlillərlə təsdiqlənmişdir. Kütlə sürətinin və istilik seli sıxlığının geniş dəyişmə intervalında qeyd edilən rejimlərə keçid sərhəddini təyin etmək üçün intensivləşən rejimin başlanğıc və sonu üçün

$$q_i^b = 30(\rho w)^{1,40} \quad (1)$$

$$q_i^s = 48(\rho w)^{1,40}\,(1,495 - 0,075P) \quad (2)$$

dayanıqlı intensivləşən rejimə keçid sərhəddini müəyyənləşdirmək üçün isə

$$q_i^d = 1615P^{0,4}(\rho w)^{0,629} \quad (3)$$

və

$$q_i^d = 1640P^{0,4}(\rho w)^{0,775} \quad (4)$$

hesabat tənlikləri işlənib hazırlanmışdır (3) tənliyi təzyiqin (P=1,09...3,00)P_{kv} və kütlə sürətinin ρw =(150…500)kq/m^2·s dəyişmə intervalında , (4) tənliyi təzyiqin göstərilən dəyişmə intervalında və kütlə sürətinin ρw =(600...3000)kq/m^2·s qiymətlərində özlərini doğruldur.

Sərbəst konveksiyanın istilikvermənin intensivliyinə təsiri məsələsinə baxılmış laminar rejimdə $\alpha^{q.ə}$=1,10·α^e, keçid rejimdə $\alpha^{q.ə}$=1,05·α^e və turbulent rejimli axımlarda $\alpha^{q.ə}$=1,01·α^e olduğu müəyyənləşdirilmişdir. $\alpha^{q.ə}$ və α^e uyğun olaraq məcburi və sərbəst hərəkətlərin istiqamətləri qarşılıqlı əks və bu hərəkətlərin istiqamətləri eyni olduqda istilikvermə əmsallarının qiymətləridir. Turbulent rejimli axımlarda $\alpha^{q.ə}\approx\alpha^e$ olması faktı bu rejimdə sərbəst konveksiyanın istilikvermə prosesinə təsirinin əhəmiyyətli dərəcədə olmadığını birmənalı təsdiqləyir. Laminar və keçid rejimlərində $\alpha^{q.ə}$ qiymətinin nisbətən böyük olmasının səbəbinin sərbəst konveksiyanın istilikvermə prosesinin intensiliyinə təsirinin nəticəsi olduğu ehtimal oluna bilər. Odur ki, mühitin laminar və keşid rejimlərini əhatə edən nəticələri ümumiləşdirərkən bu amilin istilikvermə prosesinə təsirini nəzərə almaq zəruriyyəti meydana çıxır.

Mayenin məcburi hərəkətini turbulent rejimli axımlarında sərbəst konveksiyanın istilikvermə prosesinin intensivliyinə təsirinin hədsiz kiçik olduğu əvvəllər H.İ.İsayev [2] tərəfindən də qeyd edilmişdir.

Böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə istilikvermənin mexanizmi barədə müddəalar irəli sürülmüş, məcburi hərəkətin müxtəlif rejimlərində istilikvermə əmsalı və səthin temperaturunu hesablamq üçün aşağıdakı kriterial tənliklər təklif edilmişdir.

Turbulent rejimli axımlarda

$$Nu_h=Nu_0\left(\frac{\rho_m}{\rho_m-\rho_s}\right)^n\cdot\left(\frac{Cp_m}{C_p}\right)^m \quad (5)$$

keçid rejimli axımlarda istilikvermənin pisləşən rejimində

$$Nu_h=0{,}016Re_{M,d}^{0,80}\cdot Pr_M^{0,40}, \quad (6)$$

dayanıqlı intensivləşən rejimdə hərəkətlərin istiqamətləri eyni olduqda

$$Nu_h=0{,}0045Re_{M,d}^{0,80}\cdot Pr_M^{0,43}\cdot Gr_{M,d}^{0,15} \quad (7)$$

hərəkətlərin istiqamətləri qarşılıqlı əks olduqda

$$Nu_h=0{,}0069Re_{M,d}^{0,80}\cdot Pr_M^{0,43}\cdot Gr_{M,d}^{0,15} \quad (8)$$

laminar rejimli axımlarda hərəkətərin istiqamətləri eyni olduqda

$$Nu_h=0{,}368Re_{M,d}^{0,50}\cdot Pr_M^{0,43}(Gr\cdot 10^{-5})_{M,d}^{1,15}\left(\frac{d}{x}\right)^{0,40} \quad (9)$$

hərəkətlərin istiqamətləri qarşılıqlı əks olduqda isə

$$Nu_h=0{,}40Re_{M,d}^{0,50}\cdot Pr_M^{0,43}(Gr\cdot 10^{-5})_{M,d}^{1,15}(\frac{d}{x})^{0,40} \quad (10)$$

Təklıf edilən tənliklər istilik mübadilə aparat və qurğularının və digər istilik avadanlıqlarının hesabatları və layihələndirilməsində müvəffəqiyyətlə istifadə edilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Исаев Г.И. Исследование теплоотдачи при вынужденном движении н-гептана и околокритическом давлений жидкости. Промышленная теплотехника, 1981, т.3, № 4, с.33-37.
2. Исаев Г.И. Теплоотдача органических теплоносителей при сверхкритических давлениях. Диссертация на соискание доктора технических наук, Ашхабад,1991, 514 с.

ТЕПЛООТДАЧА ЖИДКОСТЕЙ ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Мамедов Ф.Х., Абдуллаева Г.К., Бахтияров А.Л.
Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности Азербайджан, Баку

Ключевые слова: теплоотдача, температур поверхности, критическое давление, температурный режим, скорости массы.

В статье исследован температурный режим стенки трубы и теплоотдачи n-гептана и n-гексана при различных режимах вынужденного движения жидкости при сверхкритических давлениях. Были предложены эмпирические уравнения для определения переходной границы при отдельных режимах теплоотдачи. Для вычисления коэффициента теплоотдачи были предложены критериальные уравнения.

HEAT TRANSFER OF FLUIDS AT PRESSURES ABOVE SUPERCRITICAL PRESSURE

Mamedov F.Kh., Abdullaeva G.K., Bakhtiyarov A.L.
Azerbaijan State University of Oil and Industry Azerbaijan, Baku

Key words: heat transfer, temperature of the surface, the critical pressure, the temperature regime, rate of mass.

In the article, the temperature regime of the pipe wall and heat transfer of n-heptane and n-hexane were applied at various regimes of forced movement of fluid and pressure above thecritical pressure. Empirical equations were proposed to determine the transition boundary for individual heat transfer regimes. To calculate the heat transfer coefficient, criterion equations were proposed.

ÜZVI MƏNŞƏLI TULLANTILARIN PIROLIZ PROSESININ TƏDQIQI

Muradov M.M., Nəzərova M.K., Vəliyeva K.S., Ağayev Ə.Ə.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
mailoglu@mail.ru

Açar sözlər: biokütlə, piroliz, bioyanacaq, bioenerji, sürətli piroliz, yavaş piroliz.

Pirolizin ilkin məhsulları, növündən və prosesin parametrlərindən asılı olaraq maye, bərk karbonlu maddə və qazlardır. İkinci məhsullar isə enerji, yanacaq və kimyəvi məhsullardır. Pirolizin maye məhsulları daha böyük maraq doğururlar. Bu onların yüksək enerji sıxlığı və maye yanacaq kimi istifadəsinin potensial imkanı ilə bağlıdır. Piroliz prosesində yaranan mayeni «yağlar», «piroyanacaq», «bioyanacaq» və ya «qətranlar» adlandırırlar. O, tərkibinə görə biokütləyə yaxındır, yanma istiliyi yüksəkdir (20-25 MC/kq) və karbohidrogenlərin yüksək oksidləşdirilmiş mürəkkəb qarışığından ibarətdir. Pirolizin bərk məhsulu kömürdür (Q=30 MC/kq) və onun çıxımı quru xammalın kütləsinin 30-35%-i qədər ola bilər.

Biokütlənin enerji kimi istifadəsi sahəsində tədqiqatların aktivləşməsi dünyada bir sıra faktorlarla əlaqədardır. Birinci, biokütlə müxtəlif istehsalatlar üçün asanlıqla əldə edilən xammaldır. İkincisi, son illər ənənvi enerji növlərinin qiymətlərinin stabil artması, biokütləni yanacaq kimi öz əhəmiyyətinə görə dünyada dördüncü yerə çıxartmışdır. Tərkibində zərərli qarışıqların çox az olması və buna görə də ətraf mühitə minimum ziyanla enerjinin alınması imkanı da, biokütlənin istifadəsinə olan marağın artma faktorlarından biridir.
Biokütlənin enerji mənasında perspektiv növlərinə ağacı, onun mexaniki və kimyəvi emalının tullantılarını, kənd təsərrüfatı istehsalı tullantılarını və həmçinin fekal məişət tullantılarını aid etmək olar.
Biokütlənin energetikada və kimya sahəsində geniş istifadəsinə mane olan əsas çatışmamazlıqlardan biri onun istilik vermə qabiliyyətinin aşağı və rütubətliyinin yuxarı olmasıdır. Bu çatışmazlıqların aradan qaldırılması üsullarından biri biokütlənin istifadəsi üçün daha rahat olan qaz və maye məhsullara çevrilməsidir.
Ədəbiyyatda biokütlənin müxtəlif növlərinin energetik istifadəsi üsullarının geniş spektri verilmişdir. İstilik alınması ilə birbaşa yandırılmadan tutmuş, mürəkkəb kimyəvi emal ilə mühərrik yanacaqlarının alınması bu üsullara aiddirlər. Bu üsulların çoxu işlənmə mərhələsindədirlər və ən geniş inkişaf etmişləri əsasən üç istiqamətdir. Bunlardan birincisi birbaşa yandırma, ikincisi qazlaşdırma, üçüncüsü isə yüksək kalorili qaz və maye yanacağın alınması ilə aparılan pirolizdir.
Faydalı məhsul kimi istilik enerjisi alınır və lazım gəldikdə elektrik enerjisinə çevrilir.
Faydalı iş əmsalı (f.i.ə.) 80% olan böyük qabaritli qazanların işlənmiş layihələri mövcuddur. Lakin, bu qazanların konstruksiyaları çox mürəkkəbdir və hazırlanması, xidməti üçün böyük xərclər tələb edir. Ənənvi yanacaq növləri ilə müqayisədə az istilik vermə qabiliyyətini və yüksək dəyərini, həmçinin yüksək nəqliyyat xərclərini nəzərə alsaq, biokütlədən alınan enerjinin dəyəri kömür və təbii qazdan yüksək alınır.
Biokütlənin pirolizinin tədqiqi hal-hazırda inkişaf mərhələsindədir. Mövcud qurğuların əsas hissələri ya laboratoriya və yaxud da pilot qurğularından ibarətdir. Biokütlədən maye məhsulların alınması ilə gedən sürətli piroliz prosesi daha perspektivli sayılır. Alınan maye yanacağın istilik vermə qabiliyyəti 20-25 MC/ kq-a bərabərdir və qazanxana yanacaqlarının əvəzedicisi kimi istifadə oluna bilər. Pirolizin bərk (koks) və qaz məhsulları qurğunun öz enerji təminatına sərf oluna bilər.

Biokütlənin enerji istifadəsi, bizim fikrimizcə ən perspektivlisi və iqtisadi cəhətdən əlverişlisi aşağı temperaturlu pirolizdir.
Biokütlənin (ağac kəpəyinin) kimyəvi formulunu şərti olaraq $C_XH_YO_Z$ qəbul etsək, onda biokütlənin piroliz reaksiyasını aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:
Biokütlə + istilik = C+ qətran + CO + CO_2 + H_2 + H_2O + CH_4 + C_nH_m
Pirolizin ilkin məhsulları, növündən və prosesin parametrlərindən asılı olaraq maye, bərk karbonlu maddə və qazlardır. İkinci məhsullar isə enerji, yanacaq və kimyəvi məhsullardır.
Pirolizin maye məhsulları daha böyük maraq doğururlar. Bu onların yüksək enerji sıxlığı və maye yanacaq kimi istifadəsinin potensial imkanı ilə əlaqədardır. Piroliz prosesində yaranan mayeni «yağlar», «piroyanacaq», «bioyanacaq» və ya «qətranlar» adlandırırlar. O, tərkibinə görə biokütləyə yaxındır, yanma istiliyi yüksəkdir (20-25 MC/kq) və karbohidrogenlərin yüksək oksidləşdirilmiş mürəkkəb qarışığından ibarətdir.
Tərkibində suyun miqdarı 20 % kütləyə qədər olur. İşlənməmiş piroyanacaq çıxımı quru kütlənin 80%-nə qədər ola bilər (sürətli aşağı temperaturlu pirolizdə).
Pirolizin bərk məhsulu karbonlu maddədir (Q=30 MC/kq) və onun çıxımı quru xammalın kütləsinin 30-35%-i qədər ola bilər (yavaş pirolizdə).
Karbonlu maddə yanacaq kimi əsasən məişətdə metallurgiya, elektrokömür, farmokologiya sahələrinin texnoloji tələbatlarında, suyun və qazların təmizlənməsində istifadə oluna bilər.
Biokütlənin pirolizinin müasir texnologiyalarını aşağıdakı xarakterik əlamətlərinə görə ayırmaq olar:
- qızdırma sürəti (sürətli, yavaş piroliz)
- pirolizin aparıldığı mühit (vakuum, hidropiroliz, metanopiroliz).

Pirolizin əsas texnologiyalarının xarakteristikaları ümumiləşdirilmiş şəkildə cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl

s/s	Xarakteristikalar	Sürətli piroliz aşağı temperaturlar	Sürətli piroliz yüksək temperaturlar	Yavaş piroliz	Karbonlaşma
1.	Prosesin müddəti	1 s	1 s	5-30 dəq	Saat, gün
2.	Xammalın ölçüsü	kiçik	kiçik	orta	böyük
3.	Xammalın rütubəti	Çox aşağı	Çox aşağı	aşağı	Aşağı
4.	Temperatura, ^{0}C	450-600	650-900	500-700	400-600
5.	Təzyiq, kPa	100	10-100	100	100
6.	Qaz				
	Çıxım, quru xammal % kütlə	30-a qədər	70-ə qədər	40-a qədər	40-a qədər
	Yanma istiliyi, MC/kq	10-20	10-20	5-10	2-4
7.	Maye				
	Çıxım, quru xammal % kütlə	80-ə qədər	20-ə qədər	30-ə qədər	20-ə qədər
	Yanma istiliyi, MC/kq	23	23	23	10-20
8.	Bərk maddə				
	Çıxım, quru xammal % kütlə	15-ə qədər	20-ə qədər	20-30	30-35
	Yanma istiliyi, MC/kq	30	30	30	30

ƏDƏBİYYAT

1. M.M.Muradov, Ə.Ç.Mehrəliyev, M.Y.Məhərrəmova. Üzvi mənşəli tullantılarən parçalanması prosesinin tədqiqi. Elmi xəbərlər. Cild 9, № 3,4, Sumqayıt 2009, s.45-49.

2. Ağayev Ə.Ə., Muradov M.M., Nəzərova M.K., Quliyev T.D. Alternativ yanacaqların alınma texnologiyası. Sumqayıt 2019. 285 s.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Мурадов М.М., Назарова М.К., Валиева К.С , Агаев А.А.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

mailoglu@mail.ru

Ключевые слова: биомасса, пиролиз, биотопливо, биоэнергетика, быстрый пиролиз, медленный пиролиз.

Аннотация. Основными продуктами пиролиза являются жидкости, твердый углерод и газы, в зависимости от типа и параметров процесса. Вторая продукция - это энергия, топливо и химическая продукция. Наибольший интерес представляют жидкие продукты пиролиза. Это связано с их высокой плотностью энергии и возможностью их использования в качестве топлива. Жидкость, образующаяся в процессе пиролиза, называется «маслами», «пироанализом», «биотопливом» или «смолами». По составу он близок к биомассе, имеет высокую температуру горения (20-25 МС / кг) и состоит из сильно окисленного соединения углеводородов. Твердым продуктом пиролиза является уголь (Q = 30 МС / кг), выход которого может достигать 30-35% от массы сухого сырья.

STUDY OF PYROLYSIS PROCESS OF ORGANIC WASTE

Muradov M.M., Nazərova M.K., Valiyeva K.S. , Agayev A.A.

Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

mailoglu@mail.ru

Keywords: biomass, pyrolysis, biofuel, bioenergy, fast pyrolysis, slow pyrolysis.

Abstract. The primary products of pyrolysis are liquids, solid carbon and gases, depending on the type and parameters of the process. The second products are energy, fuel and chemical products. Pyrolysis liquid products are of greater interest. This is due to their high energy density and the potential for their use as a fuel. The liquid formed during the pyrolysis process is called "oils", "pyroanalysis", "biofuel" or "resins". It is close to biomass in composition, has a high combustion temperature (20-25 MC / kg) and consists of a highly oxidized complex mixture of hydrocarbons. The solid product of pyrolysis is coal (Q = 30 MC / kg) and its yield can be up to 30-35% by weight of dry raw material.

QEYRİ-SİNUSOİDAL SİSTEMLƏRDƏ REAKTİV GÜC

[1]Səlimova A.K., [1]Balametov E.Ə., [2]Haciyev N.I.

Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitut", Bakı , Azərbaycan

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

Açar sözlər: qeyri-sinusoidal sistemlər, reaktiv, qeyri-aktiv güclər, qeyri-sinusoidal yükün gücünün hesabı.

Hal-hazırda enerji istehlakında qeyri-sinusoidal istehlakçıların payının artımı müşahidə olunur. Bu fakt aktiv olmayan güc anlayışının formallaşmasına, həmçinin qeyri-sinusoidal istehlakçılar olduğu halda elektrik şəbəkələrinin rejimlərinin hesablanması alqoritmlərinin hazırlamasına səbəb olur. Şəbəkənin ən sadə rejim modelinin parametrləri hesablanmış, ali harmoniklərin təsirindən reaktiv gücün ölçüsü haqqında nəticə çıxarılmış, birfazlı dövrələrdə tam gücün komponentlərinin sinusoidal və qeyri-sinusoidal gərginliklərlə ayrılmalarının interpretasiyasının sayca müqayisə və müzakirəsi təqdim edilmişdir. İşdə IEEE standartı, Budeanu metodu və hal-hazırda tez-tez istifadə edilən digər metodlar üzrə tam gücün təşkiledicilərinin hesabatına baxılmışdır.

Cərəyanın ali harmonikləri, elektrik enerjisinin keyfiyyətinin azalması ilə yanaşı, elektrik enerjisinin əlavə itkilərinə səbəb olur və elektrik şəbəkəsinin qərarlaşmış rejiminə təsir göstərir. Əlavə itkilər həmçinin şəbəkənin elementlərinin parametrlərinin və rejimlərin qeyri-simmetrikliyinə görə də yaranır. Hal-hazırda itkiləri hesabladıqda bu təşkiledicilər adətən nəzərə alınmır. Cərəyan əyrisinin formasına, aktiv və reaktiv gücün qiymətinə ali harmonikin təşkiledicilərin təsirinin qiymətləndirilməsi üçün təcrübələr keçirilmiş və yük cərəyanının müxtəlif variantlarına baxılmışdır: sinusoidal və qeyri-sinusoidal yük cərəyanları.

Elektrik enerjisi təchizatı sistemlərinin məişət yüklənməsinin artması elektrik qəbuledicilərinin gücünün artımı ilə, tam gücün reaktiv təşkiledicisi, həmçinin cərəyan və gərginliklərin formasının təhrifinin artımı ilə müşayiət olunur. Bununla əlaqədar olaraq elektrik enerjisi sistemlərində reaktiv gücün kompensasiyası məsələsinin aktuallığı artır. Reaktiv güc anlayışının izah edilməsi üçün ciddi metodologiyanın yoxluğu onun qiymətləndirilməsinin müxtəlif metodlarının yaranmasına gətirib çıxarmışdır[1,2].Lakin bu gün bu məsələnin həlli üçün vahid nöqteyi-nəzər mövcud deyil.

Ali harmoniklərin mövcudluğu şəraitində elektrik şəbəkələrinin işi qərarlaşmış rejimlərin analizini tələb edir. Ali harmoniklər şəraitində elektrik şəbəkəsinin qərarlaşmış rejimlərinin hesabatı üsullarından biri növbəti toplama ilə ayrı-ayrı harmonik təşkil edicilərin hesabatının aparılmasıdır.

"Reaktiv güc" termininin çoxdankı istifadəsinə baxmayaraq, onun daxili qiyməti qeyri-müəyyən və ziddiyyətli qalır. Bu mövzuya aid suallar qeyri-sinusoidal yüklərin payının artımı ilə artır. Harmonik təşkiledicilərin artımı hesabatlarda artan səhvlərə görə reaktiv gücün hesablamasının müxtəlif metodlarından istifadə ehtiyacına səbəb olur.

Energetika sistemləri üçün aktual problemlərdən biri qeyri-sinusoidal rejimlərdə reaktiv gücün təyinidir. Cərəyan və gərginlikəyrilərinin formasından asılı olmayaraq aktiv güc bir mənalı təyin edilir. Tam güc anlayışı mənaca aktiv gücə analoji olaraq sinusoidal cərəyan və gərginliyin verilmiş qiymətlərində maksimal mümkün olan aktiv gücün ötürülməsinə görə təyin edilir. Reaktiv güc formal olaraq aktiv və tam güclərin ifadələri vasitəsilə təyin edilir.

Xəttidövrədə sinusoidal rejiminreaktivgücü:

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)\cdot i(t)dt = UI\cos(\psi_u - \psi_i) = UI\cos \quad , \quad Q = UI\sin \quad , \quad S^2 = P^2 + Q^2. \quad (1)$$

Reaktiv güc üçün ciddi metodik əsas olmaması bu kəmiyyətin təyini üçün müxtəlif tədqiqatların yaranmasına gətirib çıxardı.

Elektrotexnikada xətti elektrik dövrəsində qeyri-sinusoidal rejim üçün aktiv gücə analoji olaraq reaktiv güc anlayışı qəbul edilmişdir:

$$Q = \sum_{n=0}^{\infty} Q_n = U_1 I_1 \sin\varphi_1 + U_2 I_2 \sin\varphi_2 + \cdots \qquad (2)$$

İfadə aktiv gücün ifadəsinə analoji olaraq formal olaraq qəbul edilmişdir və mübadilə prosesinin fizikasını təsvir etmir. Qeyri-sinusoidal rejimlərdə dövrədəki tam güc və təhrif gücü aşağıdakıkimihesablanır:

$$\mathrm{S} = \mathrm{UI} = \sqrt{\mathrm{U}_0^2 + \mathrm{U}_1^2 + \mathrm{U}_2^2 + \cdots} \times \sqrt{\mathrm{I}_0^2 + \mathrm{I}_1^2 + \mathrm{I}_2^2 + \cdots} \quad \mathrm{D} = \sqrt{\mathrm{S}^2 - \mathrm{P}^2 - \mathrm{Q}^2} \qquad (3)$$

Lakin qeyri-sinusoidal və qeyri simmetrik rejimlərdə bu bərabərlik doğru deyil

İstifadə edilən riyazi aparatlardan asılı olaraq gücün təşkiledicilərinin tapılması və hesabının məlum metodlarını şərti olaraq, qeyri-sinusoidal şəraitdə reaktiv gücün hesabı metodlarına ayırmaq olar.

Əsas anlayışlar və hesabat formulaları. Tədqiqatlarda aşağıdakı anlayışlardan istifadə olunmuşdur.

- Sürüşmə gücü (sürüşmənin reaktiv gücü) Q_s- reaktiv gücün elə hissəsidir ki, eyni tezlikli cərəyan və gərginlik harmoniklərinin qarşılıqlı təsiri ilə şərtlənən prosesləri xarakterizə edir.
- Təhrif gücü Q_t–reaktiv gücün ülə hissəsidir ki, müxtəlif tezlikli cərəyan və gərginlik harmoniklərinin qarşılıqlı təsiri ilə şərtlənən prosesləri xarakterizə edir.
- Qeyri-aktiv güc (tam reaktiv güc) Q_{qa} - reaktiv gücün elə hissəsidir ki, bütün harmoniklərin qarşılıqlı təsiri ilə şərtlənir.

Sinusoidal yüklərdə reaktiv gücün hesabatıbir neçə üsulla yerinə yetirilə bilər:

Spektral metodlar-gücün təşkiledicilərinin cərəyan və gərginliyin harmonikası ilə təyini: (K.Budeanu, D.Шарон , IEEE1459-2010 Standartı)

İnteqral metodlar- cərəyan və gərginliyin ani qiymətlərinin inteqrallanması yolu ilə reaktiv gücün hesablanması (İliovisi, O.A.Mayevskiy, Poyntinq)

Enerji axınları metodları – cərəyanların ayrılmasına əsaslanır.(Zarnetski, Frize)

K. Budeanuya görə reaktiv güc. K. Budeanu tərəfindən təqdim edilmiş klassik nəzəriyyəyə görətam güc S üç ortoqonal təşkiledicidən ibarətdir: aktiv güc P, reaktiv güc Q və təhrif gücü D:

$$S^2 = (\Sigma P_k)^2 + (\Sigma Q_k)^2 + (\Sigma D_k)^2 \qquad (4)$$

Budeanu öz tədqiqatlarında sinusoidal gərginlikli və qeyri-sinusoidal cərəyanlı xətti elektrik sxemlərində gücün əsas ifadələrini təqdim etmişdir. k harmonikli siqnal üçün reaktiv güc belə təyin olunmuşdur:

$$Q = \sum Q_k = \sum_{k=1}^{K} U_k I_k \sin\varphi_k \qquad (5)$$

İEEE standartına görə təsnifləmə. Qeyri-sinusiodal rejimdə gərginlik və cərəyan bərabərlikləri iki komponentə ayrılır: əsas və harmonik

$$u = u_1 + u_H, \qquad \mathrm{i} = i_1 + i_H \quad u_1 = \sqrt{2}U_1 \sin(\omega t - \alpha_1) \quad i_1 = \sqrt{2}I_1 \sin(\omega t - \beta_1) \; (6)$$

$$u_H = u_0 + \sqrt{2}\sum_{h\neq 1} U_H \sin(h\omega t - a_h), \qquad i_H = i_0 + \sqrt{2}\sum_{h\neq 1} I_H \sin(h\omega t - \beta_h) \; (7)$$

Hər iki hissə üçün orta kvadratik qiymətlər:

$$U^2 = \frac{1}{KT}\int_{\tau}^{\tau+KT} u^2 dt = U_1^2 + U_H^2 , \qquad I^2 = \frac{1}{KT}\int_{\tau}^{\tau+KT} 1^2 dt = I_1^2 + I_H^2 \quad (8)$$

$$U_H^2 = U_0^2 + \sum_{h\neq 1} U_H^2 = U^2 + U_1^2 , \qquad I_H^2 = I_0^2 + \sum_{h\neq 1} I_H^2 = I^2 + I_1^2 \quad (9)$$

Gərginlik və cərəyan əyrilərinin harmonik təhrifolunma əmsalları:

$$THD_U = \frac{U_H}{U_1} = \sqrt{\left(\frac{U}{U_1}\right)^2 - 1} , \qquad THD_I = \frac{I_H}{I_1} = \sqrt{\left(\frac{I}{I_1}\right)^2 - 1} \quad (10)$$

Gərginlik və cərəyan əyrilərinin harmonik təhrifolunması əsas təşkiledicilər üzrə harmoniklərin orta kvadratik qiymətlərinin nisbətinə görə təyin edilir:

$$P = \frac{1}{KT}\int_{\tau}^{\tau+KT} p dt = P_1 + P_H , P_{11} = U_1 I_1 \cos\theta_1 , P_H = P + P_1 = \sum_{h\neq 1} U_h I_h \cos\theta_h \quad (11)$$

Gərginlik, cərəyan və harmonik təhrif olunmaları [8]- də təqdim olunmuş qiymətlər vasitəsilə təyin edilir.

O.A.Mayevskiyə görəreaktiv güc. O.A.Mayevskinin işlərində [7] sürüşmə gücünün hesabatı Volt-Amper xarakteristikasının sahəsinə görə aparılması təklif edilir:

$$Q = -\frac{1}{\omega T}\int_0^T i\frac{du}{dt}dt = \frac{1}{\omega T}\int_0^T u\frac{di}{dt}dt; \quad (12)$$

Umov –Poyntinqə teoreminə görə reaktiv güc ani gücün inteqrallaşması ilə təyin edilə bilər:

$$-\oint \Pi \partial s = p_0 + \frac{\partial w}{\partial t} = p = ui \quad (13)$$

Modelləşmənin nəticələri. IEEE və Budeanu yanaşmaları say nümunələrindən istifadə ilə iki müxtəlif hal üçün təhlil edilir. Fundamental tezlik f_1=50 Hs. Cədvəl 1-də Budeanuya görə reaktiv gücun qiymətləri, Cədvəl 2-də isə İEEE standartına görə gücün təyini təqdim edilmişdir.

I hal:sinusoidal gərginlik və cərəyan

$$u(t) = 380\sqrt{2}\sin(\omega_1 t) \; i(t) = 24\sqrt{2}\sin(\omega_1 t - 32^0) \quad (14)$$

II hal:sinusoidal gərginlik və qeyri-sinusoidal cərəyan

$$u(t) = 380\sqrt{2}\sin(\omega_1 t)$$

$$i(t) = \sqrt{2}\left[24\sin(\omega_1 t - 32^0) + 6\sin(\omega_3 t - 150^0) + 4.8\sin(\omega_5 t + 310^0) + 4\sin(\omega_7 t + 330^0)\right] \quad (15)$$

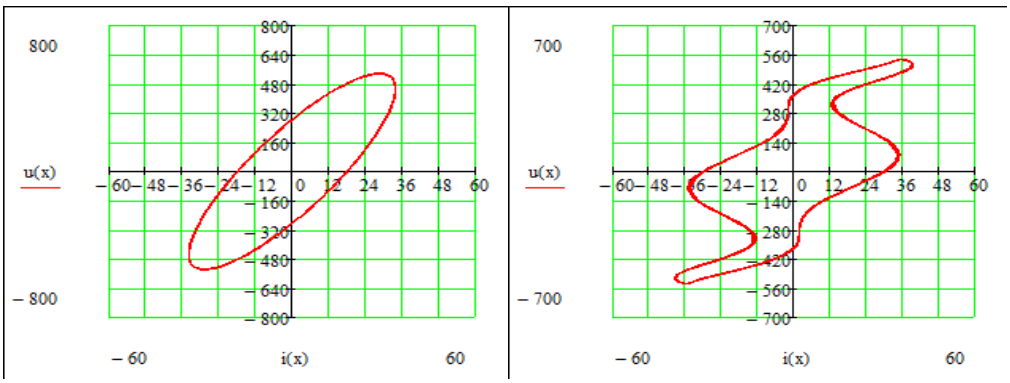
Cədvəl 1. Budeanuya görə reaktiv gücun təyini

	Case 1	**Case 2**	**Case 3**	**Case 4**
S	9120	9696.4	6328.5	10042.
P	8272.2	8272.2	5196.2	9154.1
Q_b	3839.8	3839.8	3000	3839.8
D_b	0	3293.2	2012.5	1514.3

Cədvəl 2. İEEE standartına görə gücün təyini

	Case 1	**Case 2**	**Case 3**	**Case 4**
S	9120	9696.4	6328.5	10042
S_{11}	9120	9120	6000	9120
S_H	0	0	0	886.7
S_N	0	3293.2	2012.5	4202.6
P	8272.2	8272.2	5196.2	8243.7
P_{11}	8272.2	8272.2	5196.2	8272.2
P_H	0	0	0	-28.54
Q_{11}	3839.8	3839.8	3000	3839.8
D_I	0	3293.2	0	3293.2
D_U	0	0	2012.5	2455.6
D_H	0	0	0	886.2
N	0	3293.2	3612.5	4202.6
THD_U	0	0	0.3554	0.2693
THD_I	0	0.3611	0	0.3611

Müxtəlif nəzəriyyələrdə müəyyən edilmiş reaktiv gücün qiymətləri əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənəbilər. Qeyri-sinusoidal şəbəkədəreaktivgücünhesabatımetodlarınınmüxtəlifliyigöstərirki, halhazırdabuməsələdəvahidmövqeyoxdur.



Şəkil 1. I və II hal üçün volt-amper xarakteristikaları.

Nəticə

1. Reaktiv gücün müqayisəli təhlili Budeanu və İEEE kimi iki ronsepsiyadan ikincisinin üstünlüyünü göstərdi.
2. Göstərilmişdir ki, yük cərəyanının əyrisinin formasının təhrifi yük düyündə gərginliyin qiymətinə təsir edir.
3. Hal-hazırda elektrik enerjisinin aşağı keyfiyyəti şəraitində reaktiv gücün təyini usulları seçimi tamamlanmamışdır.
4. «Reaktiv güc» anlayışının dəqiq təyini olmadan və ümumi qəbul edilmiş hesabat metodu formalaşmayana kimi kompensasiya problemini keyfiyyətlə həll etmək mümkün deyil.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодухо Я.Ю. Тенденции компенсации реактивной мощности. Ч. 1. Реактивная мощность при несинусоидальных режимах работы /Я.Ю.Солодухо. М.:Информэлектро, 1987. 50с.

2. Budenau C. Puissance reactive setfictives. Buharest, Rumania: Inst.Romain de

l'Energie,1927.

3. Sharon D. Power factor definitions and power transfer quality in non sinusoidal situations // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 1996. Vol. 45. P.728-733.

4. IEEE STD/1459-2010. IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Non-Sinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010. 40 p.

5. Маевский О. А. Энергетические показатели вентильных преобразователей / О. А. Маевский. М. Энергия, 1978. 320 с.

6. S. Fryze, "Active, Reactive, and Apparent Power in Non-Sinusoidal Systems," PrzegladElektrot., no. 7, 1931, pp. 193-203. (InPolish)

7. Balametov A.B., Halilov E.D., Isaeva T.M. About of reactive power definition in electrical networks. TPE-2004. Second international Conference Technical & Physical Problems in Power Engineering, 6-8 September 2004, Tabriz, Iran. P. 165-169.

8. Balametov A.B., Salimova A.K., Balametov E.A. Reactive power in non-sinusoidal systems. The 16th International Conference on Technical and Physical Problems of Engineering 12-13 October 2020 Istanbul, Turkey.p. 32-36.

РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ В НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

[1]Салимова А.К., [1]Баламетов Э.А., [2]Гаджиев Н.И.

Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики, Баку , Азербайджан

Сумгаитский государственный университет Сумгаит, Азербайджан,

Ключевые слова: несинусоидальные системы, реактивные, неактивные мощности, расчет мощности несинусоидальной нагрузки.

В настоящее время происходит рост доли несинусоидальных потребителей. Данный факт обуславливает необходимость формализации понятия неактивной мощности, а также разработку алгоритмов расчета режимов электрических сетей при наличии несинусоидальных потребителей. В работе были рассчитаны параметры простейшей режимной модели сети, сделаны выводы о величине реактивной мощности с учетов влияния высших гармоник и представлено численное сравнение и обсуждение разложений полной мощности в однофазных цепях с синусоидальными и несинусоидальными напряжениями интерпретации компонентов мощности. Область данного исследования ограничена определением составляющих мощности разложением полной мощности по стандарту IEEE, методу С. И. Будеану и являющейся в настоящее время часто используемым, и с другими методами.

REACTIVE POWER IN NON-SINUSOIDAL SYSTEMS

[1]Salimova A.K., [1]Balametov E.A., [2]Hajiyev N.I.

Azerbaijan Scientific-Research & Design-Prospecting Power Engineering Institute, Baku, Azerbaijan

Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: non-sinusoidal systems; reactive, inactive power; calculation of power with non-sinusoidal load.

Currently, the proportion of non-sinusoidal consumers is growing. This fact makes it necessary to formalize the concept of inactive power, as well as the development of algorithms for calculating the modes of electrical networks in the presence of non-sinusoidal consumers. The parameters of the simplest regime model of the network were calculated in the work, conclusions about the value of reactive power were made, taking into account the influence of higher harmonics. The paper presents a numerical comparison and discussion of the total power decomposition in single-phase circuits with sinusoidal and non-sinusoidal voltages of the power components interpretation. The area of this research is limited to the determination of the power components by the total power decomposition according to the IEEE standard, by the method of S. I. Budeanu which is now often used, and by the other methods.

ОСОБЕННОСТИ СЕПАРАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПОПУТНОГО ГАЗА

Ахметгалиев И. Ф. , Кондратьев А. Е.

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования Казанский государственный энергетический университет

Ключевые слова: *сепарация, попутный газ, инерциальный метод, вихревой сепаратор.*

Применение инерциальных методов очистки в переработке попутного нефтяного газа.

В современном нефтегазовом секторе остро стоит вопрос утилизаций попутного нефтяного газа. Попутный газ является побочным продуктом нефтедобычи, переработку которого принято считать нерентабельной, поэтому его просто сжигают в специализированных факелах на местах добычи нефти, что несет за собой дополнительные экономические и экологические проблемы. Экологический аспект заключается в том, что, при сжигании попутного газа в атмосферу выбрасывается большое количество вредных веществ, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды близлежащих территорий [1].

Попутный газ имеет достаточно высокую энергетическую ценность, т.к. в его состав входят такие газы, как метан, пропан, бутан и другие тяжелые углеводороды. Метан и его гомологи в очищенном виде имеют широкое применение практически во всех сферах жизни человека.

Применение попутного нефтяного газа в качестве альтернативного топлива ограничивается рядом причин, одной из которых является более низкое содержание метана, по сравнению с природным газом. Наличие таких примесей, как азот и углекислый газ, делает использование попутного газа в качестве топлива низкоэффективным, поскольку они не обладают теплотворной способностью, а наличие сероводорода подвергает газопроводы и оборудование усиленной коррозии. Поэтому попутный газ часто утилизируют на местах добычи нефти путем сжигания.

Однако сжигание попутного газа ведет не только к потере полезного энергоресурса, но и приводит к развитию проблемы ухудшения экологической ситуации близлежащих территорий, связанного с выбросом продуктов сгорания в атмосферу. Современные технологии очистки позволяют избежать подобных проблем, и применять попутный газ в качестве топлива без применения дорогостоящего оборудования.

Одним из перспективных методов очистки является инерциальный метод, который основан на воздействии центробежной силы на частицы с различной массой.

На газонефтяных месторождениях применяется низкотемпературная сепарация, которая проводится при температурах от 0 до -30 °С [2]. Температура кипения для каждого из компонентов попутного газа различна, для углеводородов эта температура увеличивается по мере увеличения молекулярной массы и длины главной углеродной цепи. Пары воды за счет низкой температуры конденсируются в капли жидкости и в дальнейшем образуют

кристаллогидраты, которые затем удаляются в сепараторе вместе с жидкими углеводородами, жидкие фазы которых можно разделить ректификационным способом. Газ на выходе из сепаратора в основном будет содержать метан, этан, пропан, бутан, углекислый газ, азот и сероводород.

Для отделения тяжелых углеводородов и осушки попутного нефтяного газа с целью подготовки для транспортирования используется метод низкотемпературной сверхзвуковой сепарации. Принцип действия сверхзвукового сепаратора основан на эффекте Джоуля – Томпсона. Протекающий через критическое сечение сопла Лаваля газ заданного давления приобретает сверхзвуковую скорость и давление, значительно ниже первоначального, что ведет к снижению температуры потока, при этом тяжелые углеводороды конденсируются в мелкодисперсные капли жидкости [3]. Подобрав требуемые параметры газа на входе в сопло можно добиться подобного эффекта и для углекислого газа и сероводорода [4]. Далее поток попадает в завихритель, после которого более тяжелые частицы смещаются ближе к стенкам сепаратора, что позволяет разделить поток на газожидкостную часть и осушенный газ. Известные конструкции для отделения целевых компонентов из газа в основном состоят из сопла Лаваля, циклонного сепаратора, завихрителя потока, диффузора для отвода осушенного газа и диффузора для отвода сконденсировавшейся жидкости. Принципиальная схема приведена на рисунке 1, а [5].

Предлагает способ повышения эффективности блока низкотемпературной сепарации газа, за счет уменьшения уноса сжиженными компонентами осушенного газа. Такой эффект достигается за счет включения в конструкцию сверхзвукового сепаратора дополнительного циклонного сепаратора и газового эжектора. Газожидкостная смесь после диффузора попадает во второй циклонный сепаратор, где за счет сил инерции газ отделяется от жидкого компонента, после чего удаляется из сепаратора газовым эжектором, который возвращает его в поток осушенного газа. Конденсат и сжиженный газ скапливаются в нижней части сепаратора и удаляются по мере накопления. Эжектор может быть установлен как до циклонного сепаратора (рисунок 1, б), так и после (рисунок 1,в), что существенно влияет на конструкцию аппарата.

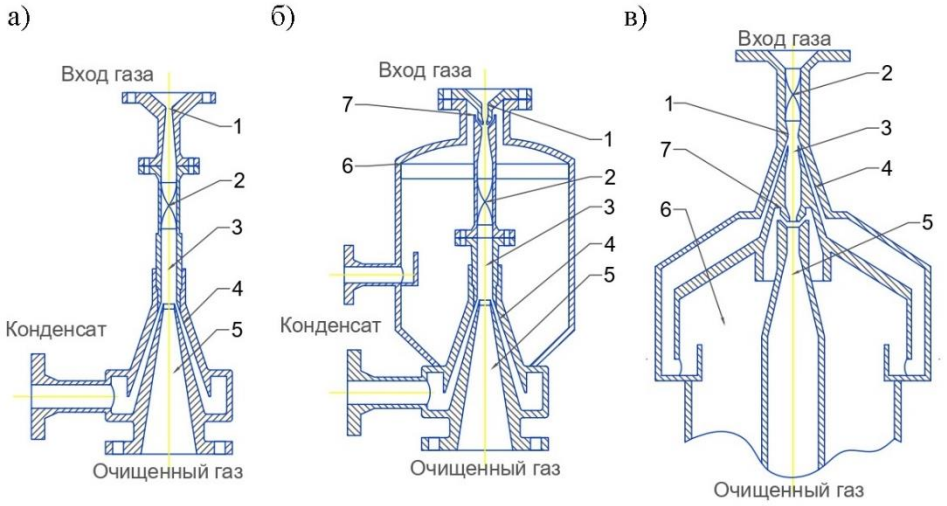


Рисунок 1 Устройство сверхзвукового сепаратора,
а) сверхзвуковой сепаратор; б) сверхзвуковой сепаратор с дополнительным циклоном 1 вариант; в) сверхзвуковой сепаратор с дополнительным циклоном 2 вариант; 1 – сопло Лаваля; 2 – завихритель потока; 3 – вихревой сепаратор; 4 – диффузор отвода конденсата; 5 – диффузор отвода осушенного газа; 6 – дополнительный вихревой сепаратор; 7 – газовый эжектор;

Аналогом природному газу является не только очищенный попутный газ, но и биометан, который также можно получить путем низкотемпературной сепарации из биогаза, получаемого в ходе анаэробного сбраживания органических отходов [6].

Сверхзвуковой сепаратор имеет довольно простую конструкцию, без движущихся частей, удобный в обслуживании, а также может эффективно и достаточно качественно разделять попутный газ на компоненты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тетельмин В.В. Сланцевые углеводороды, технологии добычи, экологические угрозы / В.В. Тетельмин, В.А. Язев, А.А. Соловьев // Долгопрудный: Издательский Дом "ИНТЕЛЛЕКТ" – 2014 г. - Глава 9 п. 9.6 - С. 256.
2. Кобилов Х.Х. Низкотемпературная сепарация углеводородов из природного и нефтяного попутных газов / Х.Х. Кобилов, Д.Ф. Гойибова, А.П. Назарова // Молодой ученый. — 2015 г. — №7. — С. 153-155.
3. Мияссаров Р.Ф., Ишмурзин А.А., Махмутов Р.А. Оборудование низкотемпературной подготовки природного газа газоконденсатных месторождений // Технологии нефти и газа. 2017 г. №3. С. 57-61.
4. Мазгаров А.М. Технологии очистки попутного нефтяного газа от сероводорода / А.М. Мазгаров, О.М. Корнетова // Учебно-методическое пособие, Казань – 2015 г.
5. Пестов В.М. Сверхзвуковая труба для подготовки газа к дальнему транспорту / В.М. Пестов, Е.А. Гуляев, А.Д. Коробейников, Б.М. Меламед // Патент РФ №RU 2302590 C1 – 2013 г.
6. Ахметгалиев И.Ф. Вопросы утилизации органических отходов крупного рогатого скота с получением биогаза / И. Ф. Ахметгалиев, А.Е. Кондратьев // Научному прогрессу - творчество молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПТГУ. 2019 г. – С. 78-80.

SEPARATION METHOD OF PETROLEUM GAS PURIFICATION

Ahmetgaliev I.F., Kondratyev A,E.

Federal state budgetary educational institution of higher education
«Kazan state power engineering university»

Key words: separation, petroleum gas, inertial method, vortex separator.

The use of inertial purification methods in the processing of petroleum gas.

SƏMT QAZININ TƏMİZLƏNMƏSİNİN AYIRILMA METODU

Ahmetqaliyev I.F., Kondratyev A,E.

Federal Peşə Təhsili Dövlət Büdcə Təhsil Təşkilatı
Kazan Dövlət Energetika Universiteti

Açar sözlər: separation, səmt qazı, inertial metodu, burulma separator.

Səmt neft qazının emalında inerial təmizləmə metodlarının tətbiqi

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ ШУНТИРУЮЩИМИ РЕАКТОРАМИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ СВЕРХВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Баламетов А.Б., Халилов Э.Д

Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики, Баку , Азербайджан

Ключевые слова: линия электропередачи, математическая модель, погрешность, PMU

Использование современных технологий управления составляет основу развития электроэнергетической системы. В последнее время находит широкое применение измерения комплексных величин устройствами Phasor Measurement Unit (PMU).В данном докладе исследована проблема выбора расчетной модели воздушной линии для задачи анализа установившихся режимов в реальном времени по синхронизированным векторным измерениям.Повышение точности анализа режимов позволяет эффективно управлять линией электропередачи в реальном времени. На примере воздушной линии 500 кВ приведены результаты сравнительного анализа погрешностей моделей.

Введение. Регулирование напряжения линий электропередач (ЛЭП) сверхвысоких напряжений **(**СВН) производится в целях: поддержания напряжения в допустимых пределах в линии и оборудовании при различных режимах работы по условиям изоляции, исключения общего коронирования, недопустимых радиопомех и акустических помех; ограничения генерируемой линией зарядной мощности в систему и генераторы в режимах, близких к холостому ходу; обеспечения устойчивости электропередачи при больших нагрузках; обеспечения минимума суммарных потерь активной мощности ЛЭП СВН и сетей более низкого напряжения. Исходя из этого, целью регулирования напряжения, кроме обеспечения минимума потерь, является снижение суммарного потребления в ЭС, особенно, для режимов совпадения максимума нагрузки и максимальных потерь на корону. Оптимизация режимов электрических сетей с ЛЭП СВН по напряжению и реактивной мощности дает значительный экономический эффект [1-3]. В статье исследована задача оптимального управления компенсирующими устройствами на концах ЛЭП СВН в зависимости от режима передачи.

В настоящее время в энергосистемах большое значение придается созданию управляемых или гибких линий электропередач, со средствами FACTS [2]. Для оптимального управления режимами таких энергетических систем необходимы высокоэффективные средства управления реактивной мощности.

Для контроля режимов напряжения и реактивной мощности, в дополнение к генераторам, синхронным и статическим компенсаторам, переключающим реакторам в последнее время широко используются УШР (рис.1) [1].

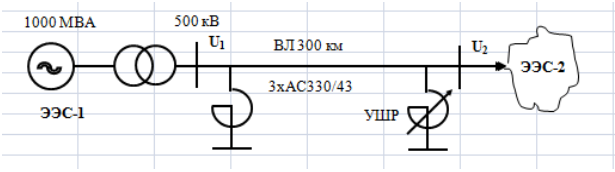


Рис.1. Схема участка ЛЭП с реакторами.

В отсутствие ШР, чтобы нормализовать напряжение в разных режимах передачи активной мощности требуются эффективные эксплуатационные меры, которые могут

привести к большим потерям. Создание управляемых шунтирующих реакторов (УШР), позволяющих регулировать напряжения линии с точностью 1-2% [1-2], обусловили возможность эффективной реализации систем регулирования ЛЭП СВН. Более точное изменение режима по напряжению линии возможно при совместном использовании регулирующих и компенсирующих устройств.

Управление регулирующими и компенсирующими устройствами на основе местных параметров является более надежно обеспеченным исходной информацией и должно быть предусмотрено вне зависимости от наличия системы управления верхнего уровня АСДУ.

Управление на основе местных параметров имеет самостоятельное значение для случаев отсутствия верхнего уровня (SCADA), а также выполняет функции резервной системы управления в случаях получения недостоверной информации об управляющих воздействиях на регулирующие и компенсирующие устройства подстанции и при отсутствии этой информации по техническим причинам.

Местная система управления, в которой используется только информация о потоках активной мощности, потерях на корону в примыкающих к данной подстанции участках ВЛ, и регулирование напряжения осуществляется по упрощенной модели ЛЭП.

Наличие в схеме сети ЛЭП СВН, трансформаторов продольно-поперечного регулирования и шунтирующих сетей более низкого напряжения требует координации их действий с целью получения оптимального допустимого режима.

Ниже рассматриваются методики управления компенсирующими устройствами сложной ЭС с ЛЭП СВН и регулирующими ИРМ, трансформаторами при наличии шунтирующих сетей более низкого напряжения.

Уровень напряжения на передающем конце линии можно устанавливать генераторами а также автотрансформаторами с РПН.

В настоящее время объекты FACTS, являясь одной из наиболее перспективных технологий электрических сетей, образуют комплексную техническую и информационную систему для автоматического контроля параметров линии электропередачи. FACTS первого поколения охватывают управляемый реактор SCR, последовательно управляемый конденсатор SCR, фазосдвигающий трансформатор и т. д.

FACTS второго поколения включает средства, которые обеспечивают регулирование параметров режима на основе полностью управляемой силовой электроники (биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT, встроенный тиристор с управляемым затвором IGCT и т. Д.). Средства FACTS этого типа осуществляют векторное регулирование, т.е., регулируют как фазу вектора напряжения, так и модуль вектора, и имеют новое качество регулирования. Такие средства включают в себя синхронный статический компенсатор

Повышение экономичности работы отдельных ВЛ путем регулирования напряжения достаточно изучено и широко освещено [3]. Предложен способ регулирования напряжения в отдельной линии электропередачи СВН, основанный на сравнении приращений потерь мощности на корону и нагрев проводов по напряжению. По этому условию можно определить направление изменения напряжения линии электропередачи снижающее суммарные потери. Разработан метод для выявления оптимальной соразмерности потерь на корону и потерь на нагрев проводов для определения закона управления напряжением ВЛ СВН. Оптимальная соразмерность потерь на корону и нагрев проводов, выраженная в долях от суммарных потерь для конкретной ВЛ 500 кВ для хорошей погоды и сухого снега составляет для потерь на корону 19-20%, на нагрев проводов 80- 81% от суммарных, а при дожде 32-35% и 67-68% [3].

Оптимизация режима ЛЭП СВН по U_1 и Q_2. Целевая функция при оптимизации режима ВЛ СВН в виде суммы потерь мощности на нагрев проводов $\Delta P_н$ и на корону $\Delta P_к$

$$\Delta P_{сум} = \Delta P_н + \Delta P_к$$

Ограничения на наибольшие напряжения электрооборудования подстанций

$$U_{imin} \le U_i \le U_{imax}$$

где $U_{мин}$, $U_{макс}$ - наименьшее и наибольшее допустимые напряжения линии и оборудования электропередачи.

Для потерь на нагрев проводов имеем

$$\Delta P_н = \frac{\left(P_2 + 0.5 \cdot G_k U_2^2 + Gr \cdot U_2^2\right)^2 + \left(-Q_2 - Qr + 0.5 \cdot B_c \cdot U_2^2\right)^2}{U_2^2} R$$

Для потерь на корону проводов имеем

$$\Delta P_к = Gr \cdot U_2^2 + 0.5 \cdot G_k \cdot \left(U_1^2 + U_2^2\right), \qquad I_{21}^2 = \frac{P_{21}^2 + Q_{21}^2}{U_2^2}, \qquad \Delta P_н = I_{21}^2 \cdot R .$$

где P_2, Q_2, U_2- соответственно, активная, реактивная мощности и напряжение конца π -образной схемы замещения линии, R - фактическое активное сопротивление проводов ВЛ.

Ограничения на напряжения в начале и конце ЛЭП.

$$U_{min} \le U_i \le U_{max}$$

Оптимальное напряжение ВЛ СВН. Приравнивая нулю частную производную суммарных потерь ВЛ по напряжению, после преобразований получаем выражение для оптимального напряжения конца линии [1,3]

$$U_2 = U_н \sqrt[(\rho+2)]{\frac{4[(P_2^2 - g^2 U^4) + Q'^2]R}{\rho(1 + k_U^\rho)\Delta P_k U_н}}.$$

Здесь $U_н$ – номинальное напряжение ВЛ, P_2 - активной мощность в конце ВЛ, $\Delta P_{к0}$ - удельные потери на корону, R - активное сопротивление, $\Delta P_k = L * \Delta P_{k0}$, L - длина ВЛ.

Получение явных выражений для оптимального напряжения и реактивной мощности при учете потерь на корону функцией от напряжения 4-8 степени не удается. Поэтому более точный алгоритм минимизации потерь активной мощности ВЛ СВН сводится к итеративному уточнению.

В точке оптимума суммарных потерь в ВЛ СВН потери на корону составляют 0.5 потерь на нагрев проводов. При этом отметим, что значение ρ=4 обычно соответствует характеристике потерь для плохой погоды [3]. Значение ρ=6 соответствует среднегодовым потерям, и при этом в точке оптимума потери на корону составляют 1/3 потерь на нагрев проводов. Значение ρ=8 соответствует хорошей погоде, и при этом в точке оптимума потери на корону составляют 1/4 потерь на нагрев проводов.

Определение оптимальных U и Q по уравнениям линии с распределенными параметрами и учете короны в виде характеристики от напряжения ρ-ой степени требует сложного алгоритма оптимизации с использованием методов нелинейного программирования.

Оптимальный перепад напряжения ЛЭП СВН. Оптимальный перепад напряжения ЛЭП СВН зависит от конструкции фазы, длины линии, передаваемой активной мощности и

уровня потерь на корону. В общем виде зависимость для оптимального перепада напряжения можно представить в виде

$$l_{*э} = \frac{1}{L} \cdot \int_0^L \left(\frac{U_x}{U_2} \right)^{\rho} dx = \psi \{R_0, P_2, \Delta P_к, L\}$$

При расчете потерь мощности в ВЛ обычно активное сопротивление R_0 принимается постоянным. В действительности сопротивление провода зависит от его температуры. В частности, температура проводов ЛЭП определяется нагревом протекающего по ним тока и условиями охлаждения в окружающей среде. При оптимизационных расчетах режимов ЛЭП необходимо учитывать уточненные значения активного сопротивления линии с учетом температуры.

Зависимость для оптимальных перепадов напряжения получена из условия достижения минимальных потерь активной мощности с учетом ограничения на напряжение линии. Для ЛЭП СВН необходимо учитывать следующие ограничения: по длительно допустимому напряжению проводов ВЛ $U_{двл}$ из условий исключения общего коронирования и недопустимых радиопомех.

Полный алгоритм оптимизации режима ЛЭП СВН по уравнениям линии в гиперболических функциях с учетом характеристики потерь мощности на корону от напряжения и является относительно сложным, трудоемким и требует значительных затрат времени ЭВМ даже для одного участка ЛЭП СВН.

Оптимизация режимов электрических сетей с ЛЭП СВН по напряжению и реактивной мощности дает значительный экономический эффект и имеет следующие особенности: оптимальный уровень напряжений ЛЭП СВН зависит от метеоусловий, которые определяют уровень потерь мощности на коронирование проводов ВЛ; в составе электрической сети выполняют системообразующую функцию, и обычно имеют шунтирующие сети более низкого напряжения; режимы работы электрических сетей с ВЛ СВН имеют большое разнообразие, определяемое суточным и сезонным характером изменения нагрузки, изменением направления потока мощности ВЛ, большими зарядными мощностями.

Потери мощности на корону ЛЭП СВН при условиях плохой погоды соизмеримы с единичной мощностью генератора электростанции, и для ее покрытия требуются дополнительные мощности. Исходя из этого, целью регулирования напряжения, кроме обеспеения минимума потерь, является снижение суммарного потребления в ЭС, особенно, для режимов совпадения максимума нагрузки и максимальных потерь на корону.

Управление на основе местных параметров имеет самостоятельное значение для случаев отсутствия верхнего уровня АСДУ, а также выполняет функции резервной системы управления в случаях получения недостоверной информации об управляющих воздействиях на регулирующие и компенсирующие устройства (КУ) подстанции и линии при отсутствии этой информации по техническим причинам.

В общем случае можно рассматривать следующие системы регулирования напряжения в электропередаче СВН: централизованная; децентрализованная и местная система управления в которой используется только информация о потоках активной мощности или потерях на корону.

Моделирование. При моделировании управления шунтирующими реакторами линий электропередачи СВН была использована ВЛ 500 кВ с маркой провода 3*АС-330/43, шага расщепления 0.4 м. r_0=0.029 ,Ом/км, x_0=0.299 Ом/км, b_0=3.74 10^{-6}См/км. Удельные потери на

корону соответствуют хорошей погоде ΔP_{k0}=4 Вт/м, показатель степени зависимости потерь на корону напряжения принят ρ=5. Длина ВЛ 300 км.

В табл.1 отражены зависимости оптимального перепада напряжения для ЛЭП 500 кВ от активной мощности. U_2=500, при удельных потерь на корону ΔP_{k0}=4 Вт/м и ρ=5.

Таблица 1. Результаты расчета режимов 500 кВ.

P_2, МВт	Q_2, МВАр	U_1, кВ	ΔP_{sum}, МВт	ΔP_n, МВт	ΔP_k, МВт	U_1/U_2, о.е.
900	55	524.984	29.15	27.799	1.363	1.0499
700	120	522.909	18.149	16.778	1.3708	1.045
500	125	513.225	10.0038	8.683	1.32	1.026
300	100	500.638	4.583	3.333	1.249	1.0012

Зависимости оптимального перепада напряжения от активной мощности и потерь активной мощности от величины реактивной мощности ШР приведены на рис. 2 ,3,4. Результаты расчетов показывают, что оптимальное напряжение в начале линии в зависимости от длины линии, величины передаваемой мощности, удельных потерь на корону на 0-5% больше номинального напряжения конца линии, т.е. оптимальному режиму ВЛ длиной 300 км соответствует режим с перепадом напряжения равном 1-1.05. При этом перепад напряжения увеличивается с ростом передаваемой активной мощности, удельных потерь мощности на корону и длины линии. УШР можно установить на положение соответствующие оптимальному режиму ЛЭП СВН по минимуму потерь активной мощности. К примеру, автоматическим регулированием УШР добиваться стабилизации напряжения близким 500 кВ.

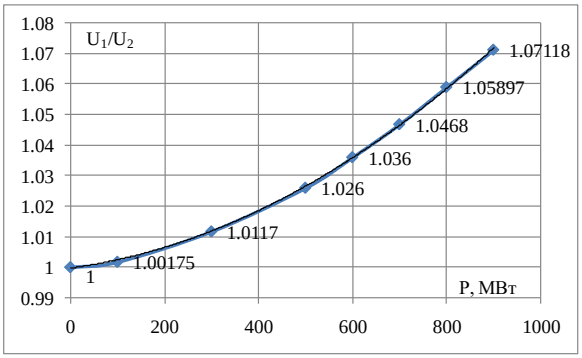


Рис. 2a. Зависимость оптимального перепада напряжения

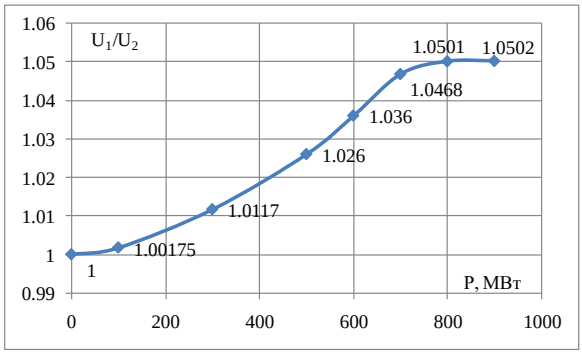


Рис. 2b. Зависимость перепада напряжения с учетом ограничений на U

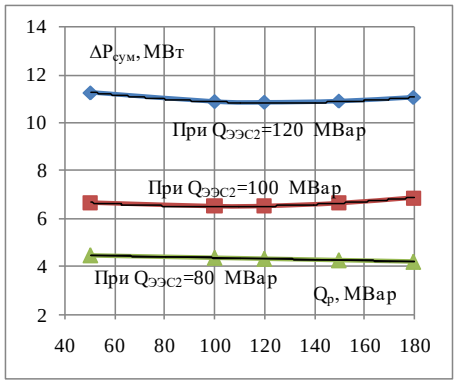


Рис. 4 Зависимости потерь активной мощности от величины реактивной мощности ШР

Эквивалентные характеристики приемной ЭЭС можно получить из экспериментальных данных в процессе управления по измерениям на основе потоков в примыкающих к узлу

участков. По результатам эксперимента можно построить эквивалентную характеристику приемной ЭЭС. К примеру, эквивалентная характеристика реактивной мощности приемной ЭЭС можно задать в виде

$$Q_{ekv.pr.EES} = b_0 + b_1 \cdot U_2$$

Выводы

Оптимальные значения напряжения и реактивной мощности ВЛ СВН в зависимости от величины передаваемой мощности, погодных условий трассы ВЛ меняются в пределах 1.005 - 1.05. Величина оптимального перепада напряжения растет с ростом длины ЛЭП, передаваемой мощности, уровня удельных потерь на корону. Применение УШР в ЛЭП СВН кроме очевидных положительных эффектов, позволяет снижать потери активной мощности и повышает экономичность эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Г.Н. К методике расчета управляемых шунтирующих реакторов трансформаторного типа. - Электричество, 1994, N6.

2. Кочкин В.И. Управляемые шунтирующие реакторы для линий электропередачи высокого напряжения. - Энергетик, 1999, N5.

3. Баламетов А.Б. Закономерности оптимального регулирования напряжения и реактивной мощности ВЛ СВН. - Электричество, 1998, N9.

4. Астахов Ю.Н., Москаленко В.В. Закон регулирования напряжения управляемой ЛЭП СВН. - Сб. научных трудов: Управление режимами электропередач. - Кишинев: Штиинца, 1988.

YÜKSƏK GƏRGINLIKLI ELEKTRIK VERILIŞI XƏTTLƏRININ IDARƏ OLUNAN ŞUNTLAYICI REAKTORLARININ OPTIMAL IDARƏ OLUNMASI HAQQINDA

Balametov A.B., Xəlilov E.D.

Azərbaycan Elmi-Tədqiqa və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: elektrik veriliş xətti, riyazi model, xətalar, PMU

Müasir idarəetmə texnologiyalarının istifadəsi elektroenergetika siteminin inkişafının əsasını təşkil edir. Son zamanlada Phasor Measurement Unit (PMU) ilə kompleks kəmiyyətlərin ölçülməsi geniş tətbiq olunur.Bu məruzədə, sinxronlaşdırılmış vector ölçmələrindən istifadə edərək qərarlaşmış rejimlərin real vaxt rejimində təhlili problem üçün hava xəttinin hesablama modelinin seçilməsi problem araşdırılmışdır.Rejim analizinin düzgünlüyünün artırılması real vaxtda elektrik enerjisi xəttinin səmərəli idarə olunmasına imkan verir. 500 kV-lik hava xəttinin timsalında modelin dəqiqlqyinin müqayisəli nəticələri verilmişdir.

ON OPTIMUM CONTROL OF SHUNTING REACTORS OF ELECTRIC TRANSMISSION LINES OF EXTRA HIGH VOLTAGE

Balametov A.B., Xalilov E.D.

Azerbaijan Scientific-Research & Design-Prospecting Power Engineering Institute, Baku Azerbaijan

Key words: power line, mathematical model, error, PMU

The use of modern control technologies forms the basis for the development of the electric power system. Recently, the measurement of complex quantities with Phasor Measurement Unit (PMU) devices has been widely used.

In this report, the problem of choosing a computational model of an overhead line for the problem of analyzing steady-state modes in real time using synchronized vector measurements is investigated.Improving the accuracy of the mode analysis enables efficient real-time power line management. On the example of a 500 kV overhead line, the results of a comparative analysis of model errorspresented.

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С УЧЕТОМ АТМОСФЕРНЫХ ФАКТОРОВ ПО ТРАССЕ ЛИНИИ

[1]Баламетов А. Б., [2]Агаханова К. А.

[1] Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики, Баку , Азербайджан,

[2]Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит, Азербайджан

[1]*balametov.azniie@gmail.com*

[2]*kamalaagahanova@mail.ru*

Ключевые слова: линия электропередачи, температура воздуха, интенсивность солнечного излучения, прозрачность атмосферы, средняя температура, сопротивление, потери мощности.

Предлагается алгоритм более точного моделирования температуры провода и параметров ЛЭП с учетом солнечного излучения путем деления на эквивалентные участки по высоте над уровнем моря и интенсивности радиации. Для учета влияния реального состояния солнечного излучения, погодных условий и их влияния на ее параметры ЛЭП делится на участки по высоте над уровнем моря, интенсивности тепла солнечного излучения и ее направления, скорости и направления ветра. Предлагается программа моделирования. Результаты расчета демонстрируются на примере ЛЭП 500 кВ.

Введение. Превышение температуры проводов над температурой окружающего воздуха может быть существенным вследствие одновременного воздействия протекающих токов и солнечного излучения. При этом увеличиваются провисание проводов и их активное сопротивление, вызывают увеличение потерь мощности и электроэнергии в дальних электропередачах и сетях. Тем самым заметно ухудшаются экономические показатели режимов работы. В результате повышенного нагрева могут нарушаться нормируемые по условиям безопасности расстояния от проводов до поверхности земли, а также до естественных препятствий и инженерных сооружений, пересекаемых линиями. Поэтому

нагрев проводов рассматривается как фактор, ограничивающий передаваемую мощность или токовую нагрузку проводов.

Поскольку трасса ВЛ не прямая, а скорость и направление ветра непостоянны, определить участок ВЛ с наихудшими условиями теплоотдачи не представляется возможным. Если при расчётном определении температуры провода и допустимого значения тока неконтролируемые параметры внешней среды следует принимать по их наиболее тяжёлым значениям, это приводит к существенному недоиспользованию пропускной способности ВЛ.

Поглощаемая проводом мощность солнечной радиации явно зависит от состояния поверхности провода, от плотности потока солнечного излучения и от косинуса угла между направлением солнечных лучей и осью провода.

По международному соглашению 1981 г. и по рекомендации Комиссии Европейс кого сообщества и Международной электротехнической комиссии при ООН в качестве единого стандарта для измерения значение солнечной энергии в расчетах рекомендуетс я использовать значение солнечной энергии - 1367 Вт/м^2. [1].

Прямое солнечное излучения для территории Нахичеванской АР времени летнего солнце состояния: $S_{пл}$=1163 Вт/м^2. Прямое солнечное излучения для зимнего солнце состояния: $S_{пз}$ =522 Vt/m^2. Диффузионные солнечные излучение для летнего солнце состояния: $S_{дл}$ =51 Вт/м^2, для зимнего солнце состояния: $S_{пз}$=45 Вт/м^2. Тогда общий приход солнечных лучей на территорию Нахичеванской АР (2) времени летнего солнце состояния: S=1214 Вт/м^2, Для зимнего солнце состояния: S =567 Вт/м^2. Уровень поступления солнечных лучей на Нахичеванской АР достаточно высоко и сос тавляет 2900÷3000 часов в год. Продолжительность сияние солнца в Нахичеванской АР составляет: в март 290-300 час, апрель 300-310 час, май 310-320 час, июнь 460 час, июль 470 час, август 470 час, сентябрь 320-330 час и в октябре 340 часов. В условиях сложного, горного рельефа, каким является территория Нахичеванская АР интенсивность солнечных лучей увеличивается на кажд ые 100 метров высоты над уровнем моря на 7-14 Вт/м^2.

Нагрев провода по отношению к температуре окружающего воздуха в установившемся тепловом режиме определяется балансом мощностей, нагревающих и охлаждающих провод. Уравнение теплового баланса для установившегося теплового режима записывается следующим образом:

$$I^2 \cdot R_{20} \cdot \left[1+\alpha \cdot \left(t_{пр}-20\right)\right]+W_c=\pi d_{пр}\left(\alpha_к+\alpha_л\right)\left(t_{пр}-t_в\right) \qquad (1)$$

где I- ток линии, А; Ом/м; $t_в$ - температура воздуха, °С; $a_к$, $a_л$ -коэффициент теплоотдачи провода при конвективном и лучистом теплообмене, Вт/(м^2·°С); W_c - теплота солнечного излучения, поглощаемая 1 м провода в единицу времени, Вт; $d_{пр}$ - диаметр провода, м.

Из уравнения (2) для тока [5,6] можно получить

$$I=\sqrt{\frac{\varepsilon C_0\left(273+t_{mef}\right)^4 \pi d+\varphi_k\left[\left(t_{mef}-t_{rad}\right)-t_h\right]\pi d}{0.95 \cdot R_{20} \cdot \left[1+0.004 \cdot \left(t_{mef}-20\right)\right]}} \qquad (2)$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией определяем по формуле [3]

$$\varphi_k=0.13057 \cdot \left(\frac{k_v v d_{пр}}{a}\right)^{0.71719} \frac{\lambda_a}{d_{пр}} \qquad (3)$$

где κ_v - коэффициент, учитывающий влияние угла направления ветра к оси воздушной линии, равный 0.5; v - скорость ветра, м/с; a - коэффициент температуропроводности воздуха, равный $18.8 \cdot 10^{-6}$ $м^2/с$; $\lambda_в$ - теплопроводность воздуха, равная 0.0244 Вт/(м·^{0}С).

В связи с зависимостью коэффициента теплоотдачи от температуры провода вычисление температуры неизолированных проводов может быть получено из формулы (6) и решены методом последовательных приближений на основе уравнения

$$t_{пр}^{[k+1]} = \frac{\pi d_{пр}\left[\alpha_к\left(t_{пр}^{[k]}\right)\right] - \alpha_л\left(t_{пр}^{[k]}\right) - I^2 R_{20}(20\alpha - 1) + W_c}{\pi d_{пр} \cdot \alpha_к\left(t_{пр}^{[k]}\right) - I^2 \cdot \alpha} \quad (4)$$

Здесь к - номер итерации. Формула (4) позволяет вычислить температуру провода при известном токе и различных погодных условиях.

Из уравнений теплового баланса (2) провода следует, что минимальное допустимое значение температуры $t_{доп}$ состоит из трех составляющих

$$t_{доп} = t_I + t_в + t_{рад} \quad (5)$$

где t_I -составляющая от нагрева провода током нагрузки за счет потерь энергии в активном сопротивлении провода.

Температура $t_{рад}$ зависит от интенсивности солнечной радиации, высоты и плотности облаков. Интенсивность радиации Солнца изменяется в течение года. По состоянию солнца в сентябре от 14 ч. 30 мин до 15 ч 30 мин при синем небе и отсутствии ветра в [3] для проводов АС получено уравнение

$$t_{рад} = K_\tau \cdot K_\tau^{'} \cdot K_{рад} \cdot d^{0.44152}, \quad (6)$$

Здесь $K_{рад}$ = 92.0375°С/м. **В период с 20 до 24 ч и с 24 до 7 ч принимается** $t_{рад}$=0. Для проводов разных марок для учета солнечной радиации в июне для времени с 11 до 13 ч при расчете в формулу (6) вводится коэффициенты K_τ=1.15, K_τ'=1 при синем небе и K_τ'=0,5 при сером небе и видимом солнце.

Влияние солнечной радиации. Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием характеризуется значительной неопределённостью, зависящей как от состояния поверхности провода, так и от температуры провода на отдельных участках ВЛ.

Интенсивность солнечной радиации, поглощаемой проводом:

$$W'_с = \alpha \cdot k_н \cdot W_р \cdot sin\delta, \quad (7)$$

где α = 0,6 – коэффициент поглощения провода; kн – коэффициент, учитывающий влияние высоты над уровнем моря; δ – активный угол наклона солнечных лучей, определяемый выражением:

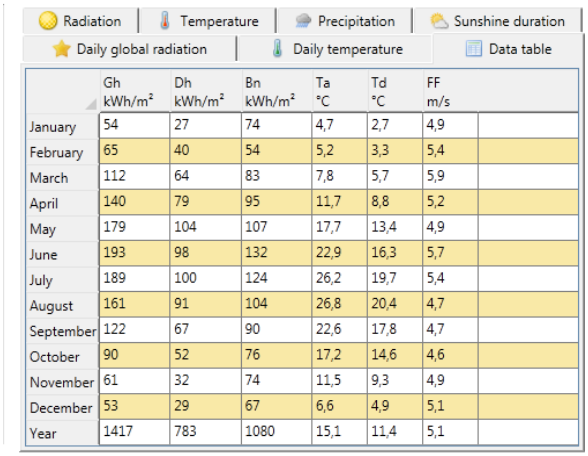
$$\delta = arccos[coshc \cdot cos\,(180 - \psi)],$$

где hс – угловая высота Солнца, ψ – географический угол линии электропередачи (ее ориентация по отношению к меридиану) с диапазоном изменения 0 ÷ 180°.

Алгоритм более точного моделирования температуры провода с учетом реального состояния погодных условий на трассе ВЛ по участкам состоит: деление ВЛ на участки с усреднением по высоте над уровнем моря в м-ах; длина соответствующих участков в км; ежечасная нагрузка ВЛ (ток) за сутки; задание погодных условий по участкам ВЛ; определение угла интенсивности ветра; задание скорости ветра и ее угла направления по участкам ВЛ; моделирование интенсивности солнечной радиации по участкам; моделирование интенсивности солнечной радиации поглощенной по участкам ВЛ.

Для того, чтобы оценить перегрев проводов от солнечного излучения, необходимо узнать интенсивность солнечной радиации в месте сооружения ЛЭП. Для этого воспользуемся

программой Meteonorm. Для работы в программе необходимо задаться координатами точки, в которой требуется найти солнечную радиацию. Для ЛЭП для зоны Аэропорта Бина г Баку примем координаты – 40,5°N / 50,1°E, 1м (рис. 1-4).



	Gh kWh/m²	Dh kWh/m²	Bn kWh/m²	Ta °C	Td °C	FF m/s
January	54	27	74	4,7	2,7	4,9
February	65	40	54	5,2	3,3	5,4
March	112	64	83	7,8	5,7	5,9
April	140	79	95	11,7	8,8	5,2
May	179	104	107	17,7	13,4	4,9
June	193	98	132	22,9	16,3	5,7
July	189	100	124	26,2	19,7	5,4
August	161	91	104	26,8	20,4	4,7
September	122	67	90	22,6	17,8	4,7
October	90	52	76	17,2	14,6	4,6
November	61	32	74	11,5	9,3	4,9
December	53	29	67	6,6	4,9	5,1
Year	1417	783	1080	15,1	11,4	5,1

Рис1. Средняя суммарная солнечная радиация за каждый месяц для зоны Аэропорта

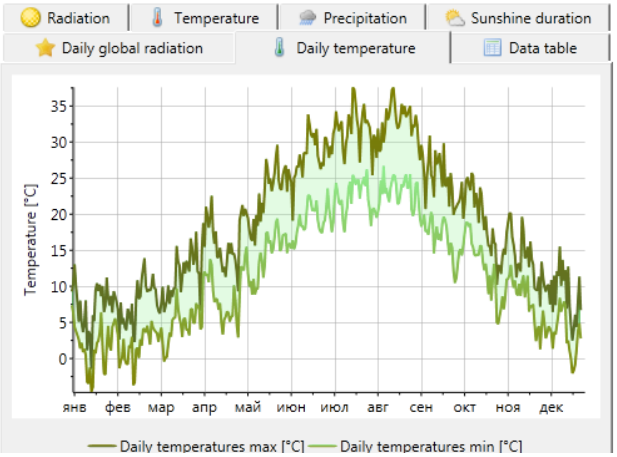


Рис.2. Средние температуры воздуха по месяцам за год для зоны Аэропорта

Для примера рассмотрен ЛЭП 500 кВ 2-я Апшеронская длиной 250 км трасса которой проходит по горной местности имеющий разной высоты, погодных условий и соответственно интенсивности солнечной радиации и скорости ветра. Высота участков ЛЭП над уровнем моря участка ВЛ 500 кВ 2-я Апшеронская от подстанции Апшерон - Шамахы - Агсу и расстояния участков приведены на рис. 4.

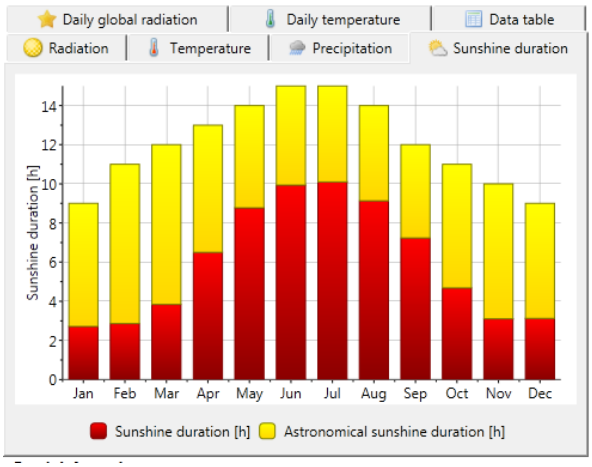


Рис.3. Средние солнечные радиации по месяцам за год для зоны Аэропорта

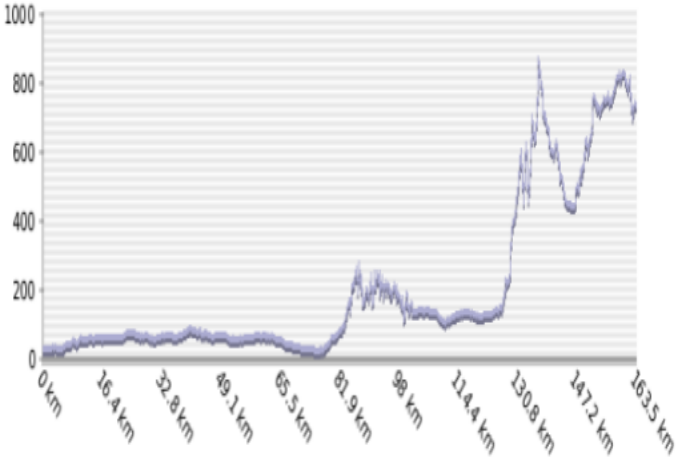


Рис. 4. Высота участков ЛЭП над уровнем моря от расстояния от подстанции Абшерон

Для участка ЛЭП Шамахы 500 кВ 2-я Апшеронская при высоте над уровнем моря 800 м. Температуры воздуха в Шамахы отличается в среднем на 5-8^{0}С относительно температуры подстанции Апшерон. Солнечная радиация в Шамахы отличается от подстанции Апшерон в связи с со степенью прозрачностью (облаками в горной местности) Wср=800 кВт/м^2. Результаты расчета для участка Шамахы при $T_в$=20^{0}С, $T_{рад}$=16^{0}С и Н=800 м приведены в таблице 1.

Таблица. 1. Зависимость тока в проводе от температуры провода, дополнительной температуры вызванные солнечной радиацией и скоростью ветра.

Температура провода ,^{0}C	Температура солнечной ради-ации,^{0}C	Скорость ветра, м/с	Ток в проводе, А
При температуре воздуха , 20^{0}C			
80	0	0.5	675.95
80	0	1.0	833.97
80	16	0.5	598.41
80	16	1.0	730.12
При температуре воздуха , 35^{0}C			
80	0	0.5	603.55
80	0	1.0	737.04
80	16	0.5	515.24
80	16	1.0	617.09

Выводы

В современных условиях эксплуатации электрических сетей важное значение имеет программное обеспечение для мониторинга температуры провода с учетом погодных условий, реализовать возможность повышения пропускной способности линии и выполнение мероприятий по разгрузке для недопущения перегрузки линий. Разработана программа расчета удельного активного сопротивления приводов ВЛ с учетом температуры воздуха, рабочего тока, скорости ветра и солнечной радиации. Приведены результаты расчета зависимости удельного активного сопротивления от температуры воздуха, рабочего тока, и солнечной радиации, предельных токовых нагрузок.

В условиях эксплуатации ЛЭП необходим учет температуры провода по участкам ВЛ с учетом атмосферных факторов по трассе ВЛ. Проведены расчеты температуры провода, потерь активной мощности, с учетом атмосферных факторов по трассе линии 500 кВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андерсон Б. Солнечная энергия, М., Стройиздат, 1992 г, - с. 375.
2. Abdullayev K.M., Lətifov Y.I., Abdullayeva G.K.. Enerji ehtiyatları, elektrik enerjisi istehsalı və ətraf mühit. 1-ci cild, Bakı, «Zaman-3», 2005, 448 s.
3. Abdullayev K.M., Məmmədov R.K., Lətifov Y.I. Enerji ehtiyatları, elektrik enerjisi istehsalı və ətraf mühit. 2-ci cild, Bakı, «Zaman-3»,2007, 408 s.
4. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Байрамов М.П., Агаханова К.А. Программа моделирования температуры провода и потерь мощности на основе учета режимных и атмосферных факторов. МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. Программные продукты и системы, 2018, № 2, том 31, с 396-402.э
5. Cəlilov M.F Alternativ regenerativ enerji sistemləri. Bakı, NPM «Təhsil», 2009.- 406 s.
6. Саламов О.М., Гашимов А.М., Алиев Ф.Ф. Перспективы использования солнечной энергии в Азербайджане. Международный научный журнал альтернативная энергетика и экология. Издательство: Научно-технический центр "TATA" (Саров) № 8 (130), 2013 с. 64-78.

7. Никифоров Е.П. Предельно допустимые токовые нагрузки на провода действующих ВЛ с учетом нагрева проводов солнечной радиацией. Электрические станции, 2006, № 7, с.

XƏTTİN MARŞRUTU BOYUNCA ATMOSFER FAKTORLARINI NƏZƏRƏ ALARAQ ELEKTRİK ÖTÜRÜLMƏSİNİN TEMPERATUR REJİMİNİN ANALİZİ

[1]Balametov A.B., [2]Ağaxanova K.A.

[1] Azərbaycan Elmi-Tədqiqa və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
[2]Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
[1]*balametov.azniie@gmail.com*
[2]*kamalaagahanova@mail.ru*

Açar sözlər: elektrik veriliş xətti, havanın temperaturu, günəş şüalanmasının intensivliyi, atmosferin şəffaflığı, orta temperatur, müqavimət, güc itkisi

Dəniz səviyyəsindən yüksəkliyə və radiasiya intensivliyinə görə ekvivalent hissələrə bölünərək günəş radiasiyasını nəzərə alaraq məftilin temperaturu və veriliş xətt parametrlərinin daha dəqiq modelləşdirilməsi üçün bir alqoritm təklif olunur. Günəş radiasiyasının real vəziyyətinin, hava şəraitinin və onların parametrlərinə təsirinin nəzərə alınması üçün elektrik verilişi xətt dəniz səviyyəsindən yüksəklik, günəş radiasiyasının istiliyi və onun istiqaməti, küləyin sürəti və istiqaməti ilə hissələrə bölünür. Proqram təminatı təklif olunur. Hesablama nəticələri 500 kV-lik elektrik verilişi xətt nümunəsində nümayiş olunur.

ANALYSIS OF THE TEMPERATURE REGIME OF POWER TRANSMISSION TAKING INTO ACCOUNT ATMOSPHERIC FACTORS ALONG THE LINE ROUTE

[1]Balametov A.B., [2]Agakhanova K.A.

[1]*Azerbaijan Scientific-Research & Design-Prospecting Power Engineering Institute, Baku Azerbaijan*
[2]*Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan*

Keywords: power transmission line, air temperature, intensity of solar radiation, transparency of the atmosphere, average temperature, resistance, loss

The algorithm suggests a more accurate modeling of the temperature of the wire and the parameters of the transmission line by taking into account the solar emission by dividing the equivalent sections by the altitude above the sea level and the intensity of radiation. To take into account the actual state of solar radiation, weather conditions and their impact on its parameters, the transmission line is divided into sections at altitude above sea level, the intensity of solar radiation and its direction, the direction. It is proposed to block the scheme of modeling programs. The calculation results are demonstrated on the example of a 500 kV transmission line.

ВЛИЯНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ УМНОГО ГОРОДА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИОНА

Велитченко М.Н.

Белорусский государственный национальный технический университет,
г. Минск, Белоруссия
kvjdkvjd8@gmail.com

Ключевые слова: энергетика, энергоэффективность, умные сети, умный город, энергетическая безопасность.

В тезисах рассмотрены основные направления и цели развития умных городов, основные области применения данной концепции и первые результаты. Проанализированы основные мировые разработки, используемые при переходе к умному городу. Рассмотрены приоритеты реализации данной концепции.

В настоящее время происходит процесс активной цифровизации и внедрения информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) во все сферы хозяйства. Концепция «умных городов» (smart city) возникает в 2010-е годы и получает всё более широкое распространение. В данный момент интеллектуальные системы используются в различных сферах по всему миру. «Умными» уже стали такие мегаполисы, как Сингапур, Барселона, Лондон, Осло, Шанхай и многие другие. Важный кластер технологических компаний «умных городов» существует в Израиле, где Тель-Авиву была присуждена премия «Мирового умного города» в 2014 году [1].

Целью внедрения концепции является упрощение управления городским имуществом и процессами, более эффективное использование физической инфраструктуры (дороги, строительство, физические активы), улучшение скорости реагирования на изменение ситуации и оперативности реагирования. Интеллектуализация городов подразумевает совокупность городских систем, связанных управляющей центральной платформой, которая при наличии данных о каждой сфере, ресурсах, трафике может эффективно регулировать процессы городской инфраструктуры.

Рис. №1. Город как система систем [3]

IT-структура умного города включает множество подсистем: компьютеры, контроллеры, датчики и другие устройства. Первым шагом должна стать дорогостоящая модернизация инфраструктуры. Однако это становится возможным благодаря постепенному вводу технологий в отдельных секторах общественной жизни.

Умные города имеют ряд преимуществ. Внедрение датчиков, систем, сервисов позволяет оптимизировать работу транспортной системы: избежать пробок, снизить расход топлива, повысить экологичность транспорта за счёт внедрения электрокаров и электрического общественного транспорта. Собираются данные о плотности транспортных потоков, что ускоряет транспортные коммуникации города и снижает нагрузку. С помощью смарт-технологий насущные проблемы решаются не только быстрее, но и эффективнее. Например, в Барселоне сенсоры сообщают, какой мусорный бак заполнен, а мусоровозы оптимизируют свою работу, посещая только те районы, где это нужно.

Применение большого числа приборов повышает расход электроэнергии. Следствием этого является совершенствование энергетики. Умные города отдают приоритет применению «зелёной» технологии получения электрической энергии. Шагом к этому может стать установка солнечных панелей, электростанций на биомассе, биогазе или биотопливе. Неизбежным также является цифровизация самой сферы за счёт различных счётчиков, работающих дистанционно в автономном режиме. Речь идет также о применении системы Smart Grid. Умные сети электроснабжения (англ. Smart grid) — это модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надёжность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии [2].

Важным решением умных городов, которое уже активно применяется во многих странах мира, является развитие сервисов, позволяющих иметь доступ к коммунальным счетам, что позволяет экономить время и упрощает процесс сбора платежей, а также данных со счётчиков без вмешательства человека.

Повышение эффективности системы является одним из ключевых решений задачи повышения уровня энергетической безопасности. Таким образом, модернизация и широкое применение ИКТ позволяет сократить затраты топливных и природных ресурсов, повысить эффективность использования имеющихся активов,

ЛИТЕРАТУРА

1. The Best Smart City Is...Tel Aviv! (англ.). Smart Cities. URL https://eu-smartcities.eu/ (дата обращения: 13.09.2020).

2. U.S. Department of Energy. Smart Grid / Department of Energy.URL: https://www.energy.gov/oe/activities/technology-development/grid-modernization-and-smart-grid (дата обращения: 12.09.2020)

3. Концепция умных городов: энергоэффективные технологии и решения для устойчивого развития. М.К. Агеев, к.э.н., Руководитель энергетического бюро, ЗАО «Шнейдер Электрик», г. Москва. UPD http://www.energosovet.ru/stat850.html (дата обращения 13.09.2020).

IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF A SMART CITY ON THE ENERGY EFFICIENCY OF THE REGION

Velitchenko M.N.
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarusia
kvjdkvjd8@gmail.com

Key words: energy, energy efficiency, smart grids, smart city, energy security.

The thesis considers the main directions and goals of the development of smart cities, the main areas of application of this concept and the first results. The main global developments used in the transition to a smart city are analyzed. The priority tasks of implementing this concept are considered.

AĞILLI ŞƏHƏRİN YARADILMASININ REGİONUN ENERJİ EFFEKTİVLİYİNƏ TƏSİRİ

Velitçenko M.N.
Belarusiya Milli Texniki Universiteti, Minsk ş., Belarusiya
kvjdkvjd8@gmail.com

Açar sözlər: enerji, enerji səmərəliliyi, ağıllı şəbəkələr, ağıllı şəhər, enerji təhlükəsizliyi

Tezisdə ağıllı şəhərlərin inkişafının əsas istiqamətləri və hədəfləri, bu konsepsiyanın əsas tətbiq sahələri və ilk nəticələri nəzərdən keçirilir. Ağıllı şəhərə keçiddə istifadə olunan əsas qlobal inkişaflar təhlil olunur. Bu konsepsiyanın həyata keçirilməsinin prioritet vəzifələri nəzərdən keçirilir.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ПАРОГАЗОВЫЕ РАЗРЯДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В НАСЫЩЕННОМ РАСТВОРЕ СОЛИ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТРУБКЕ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Гайсин А.Ф.[1], Газизуллин Р.М. [1], Газеева Е.В. [1], Спиридонов К.Ф. [1], Багаутдинова Л.Н.[2], Хайруллин А.И.[2]
[1]Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия,
[2]Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Казань, Россия

Ключевые слова: электрический разряд, переменный ток, газожидкостная среда, гидродинамика, вольтамперная характеристика.

.

Приведены результаты экспериментальных исследований разрядов переменного тока, возникающих в диэлектрической трубке в среде 20% -ного раствора хлорида натрия. Исследованы вольт-амперные характеристики, вольт-секундные и ампер-секундные зависимости разрядов в трубке при межэлектродном расстоянии l = 50 мм. Установлено, что этот вид разряда создает пористую газожидкостную среду с пузырьками и микроразрядами в трубке. Выявлено, что в результате пробоев газожидкостной пористой среды напряжение разряда носит ступенчатый характер. Установлен качественный механизм развития разряда переменного тока внутри диэлектрической трубки в газожидкостной пористой среде с пузырьками и микроразрядами.

Исследования электрических разрядов переменного тока в газожидкостной среде с пористой пузырьковой структурой имеет большой практический и научный интерес. Газожидкостные среды и течения представляют, как правило, двухфазную систему «газ-жидкость», с помощью которой можно решить многие промышленные, бытовые и экологические проблемы. Использование в таких структурах электрических разрядов вносит новые эффекты и возможности применения. Так, в [1] исследуется возможность эффективного применения импульсных электрических разрядов в газожидкостных средах с пористой структурой для защиты высоковольтного оборудования в энергетике. Наличие пузырьковой структуры под действием ультразвука [4] влияет на динамику тока и напряжения разряда, а также на скорость развития разряда [5]. В [2,3,6] рассмотрены установки по получению газожидкостных систем, использующихся во многих областях промышленности. В частности, важную роль они играют в инженерной экологии применительно к водоочистке. В том числе к интенсификации биологической очистке стоков. Так, в [3] проведено исследование метода получения газожидкостных смесей с пузырьковой структурой повышенной устойчивости на универсальном лабораторном стенде. Установлены зависимости диаметра пузырьков воздуха от расхода жидкости и воздуха, а также получены данные по гидродинамическому режиму двухфазной системы «газ (воздух) – жидкость (вода)».

Целью данной работы является изучение вольтамперных характеристик, вольт-секундных и ампер-секундных зависимостей. Как видно из рис.1а ВАХ носят падающий характер.

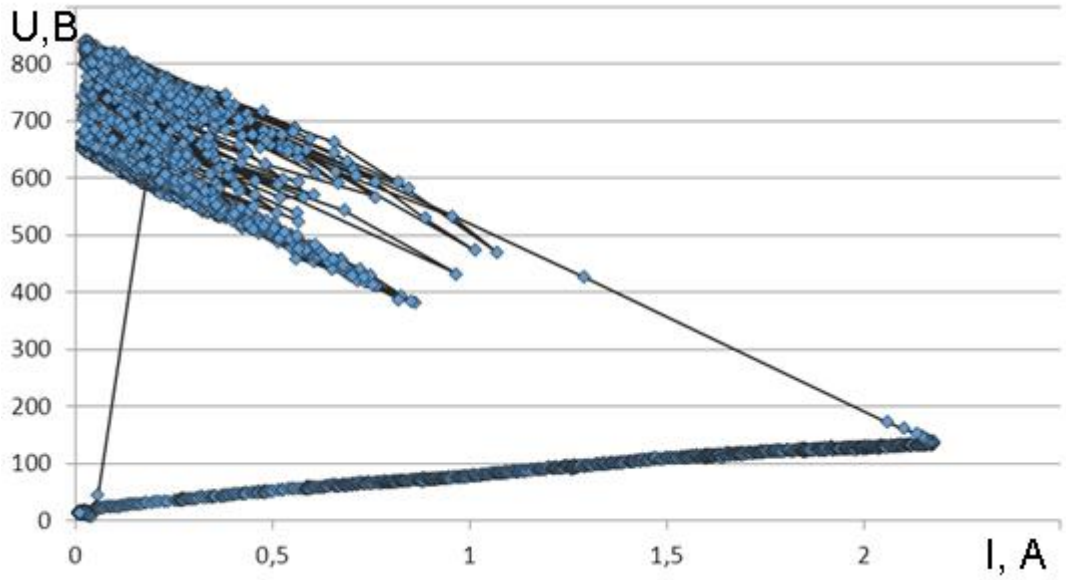


Рис.1а Вольт-амперная характеристика разряда переменного тока в 20%-ном растворе хлорида натрия при l = 50 мм.

После запуска источника питания переменного тока из-за электролиза в трубке появляются воздушные пузырьки самых различных форм и размеров с диаметрами от 1 до 10 мм, а в длину вдоль трубки до 20 мм и более. Установлено, что пузырьки электролиза начинают появляться во внутренней поверхности диэлектрической трубки и между медными электродами. Различные размеры и формы воздушных пузырьков создают внутри диэлектрической трубки пористые среды в электролите. В качестве электролита был использован насыщенный раствор хлорида натрия (20% NaCl) в дистиллированной воде, при

расстоянии между двумя электродами было неизменно l=50мм. Размеры и формы пор в газожидкостной среде позволяют обнаружить и наблюдать многоканальные разряды, которые затем образуют объемные разряды с разными цветами излучения (красные, желтые и белые).

Многоканальные разряды состоят из микроразрядов. С течением времени размеры и формы пористой среды меняются. На этот процесс влияет также ток и напряжение разряда, а также межэлектродные расстояния в диэлектрической трубке. Электролит с высоким содержанием пузырьков воздуха с диаметром $d_п \leq 2$ мм приводит к росту тока и отрыву разряда от электродов и к движущимся пористым средам с электрическими разрядами вдоль диэлектрической трубки.

Из анализа данных при l = 50 мм (рис.1 а-в) можно сделать определенные выводы. Как видно из рис.1а при напряжении $U_э = 125$ В и $I_э = 2{,}18$ А происходит электролиз. Это подтверждают вольт-секундные и ампер-секундные зависимости от времени. Пробой в газожидкостной среде с пузырьками воздуха происходит через t=25с.

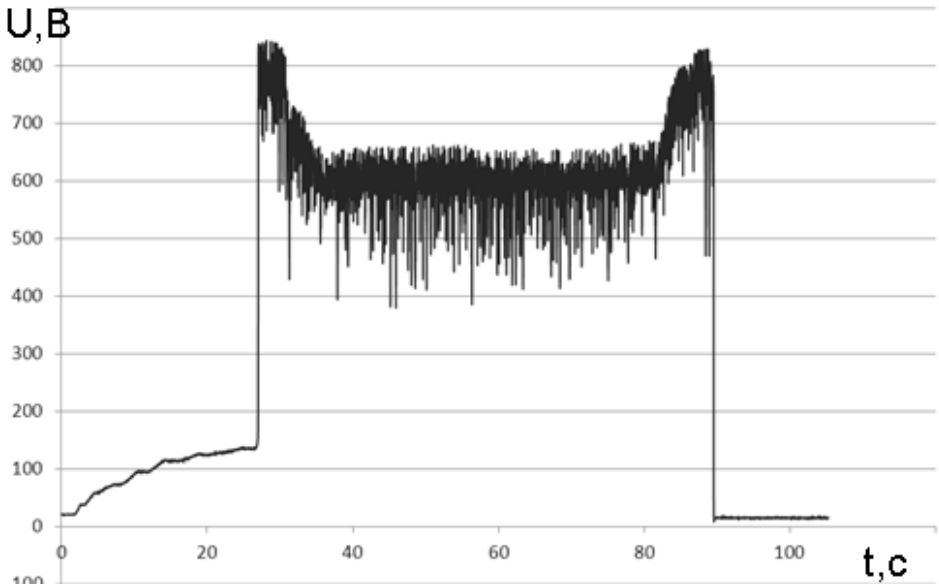


Рис.1б Вольт-секундная характеристика разряда переменного тока в 20%-ном растворе хлорида натрия при l = 50 мм.

Из рис.1б видно, что U=f(t) имеет свои особенности. Величина U в промежутке времени от 40 до 80 с практически остается постоянной и с равномерными пульсациями между двумя скачками напряжения до 800В.

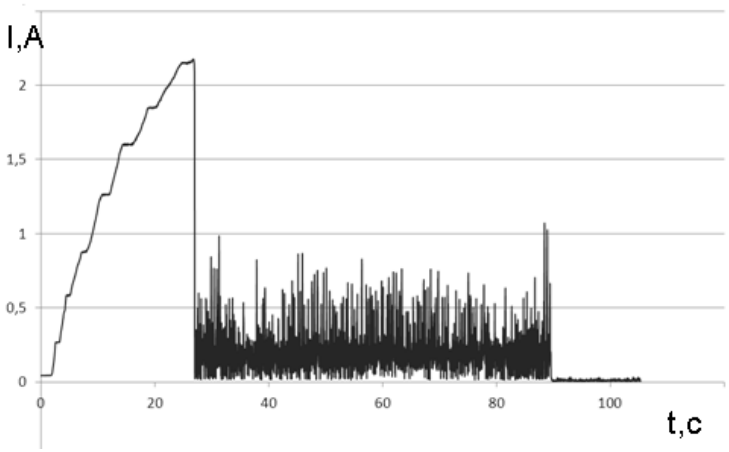


Рис. 1в Ампер-секундная характеристика разряда переменного тока в 20%-ном растворе хлорида натрия при l = 50 мм

Из рис. 1в видно, что сила тока практически также остается постоянной в интервале от 27 до 90с с небольшими флуктуациями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлен ступенчатый и экспоненциальный характер роста напряжения разряда в результате пробоев газожидкостной пористой среды с пузырьками и микроразрядами.

2. Выявлено, что разряд переменного тока в пористой среде с пузырьками и микроразрядами нестабилен за счет пульсаций напряжения и тока разряда.

3. Установлен качественный механизм развития разряда переменного тока внутри диэлектрической трубки в газожидкостной пористой среде с пузырьками и микроразрядами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фортов В.Е., Сон Э.Е., Исакаев М.-Э.Х., Карпухин А.В. Способ защиты маслонаполненного трансформатора от взрыва и маслонаполненный трансформатор с защитой от взрыва. Патент 2516307 от 07.03.2012.
2. Панов В.А., Куликов Ю.М., Сон Э.Е. Ячейка для плазмохимической очистки загрязненной жидкости. Патент № 134921 от 16.04.2013.
3. Долгобородова С.Н. Лабораторное исследование метода получения газожидкостных смесей повышенной устойчивости для интенсификации биологической очистки сточных вод. Фундаментальные исследования, № 12, 2014. С. 1398.
4. Булычев Н.А., Казарян М.А., Ивашкин П.И., Захарян Р.А., Аверюшкин А.С., Чернов А.А., Чайков Л.Л. Влияние ультразвуковой кавитации на динамику и характеристики электрического разряда в жидкости ФИАН. 2017. Т. 44. №2. С. 9-13.
5. Панов В.А., Василяк Л.М., Ветчинин С.П., Печеркин В.Я., Сон Э.Е. Распространение искрового канала в жидкости с микропузырьками // Прикладная физика. 2016. №1. С.61.
6. Сон. Э.Е., Суворов И.Ф., Какуров С.В., Гайсин А.Ф., Самитова Г.Т., Соловьева Т.Л., Юдин А.С., Рахлецова Т.В. Электрические разряды с жидкими электродами и их

применение для обеззараживания вод// Теплофизика высоких температур. 2014. Т. 52. №4. С

ATMOSFER TƏZYİQİNDƏ DİELEKTRİK BORUDA DOYMUŞ DUZ MƏHLULUNDA DƏYİŞƏN CƏRƏYANIN YÜKSƏK GƏRGİNLİKLİ BUXAR-QAZ BOŞALMALARI

[1]Qaysin A.F., [1]Qazizullin R.M., [1]Qazeyeva Y.V., [1]Spiridonov K.F., [2]Baqautdinova L.N., [2]Xayrillin A.İ.

[1]Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya

[2]Tupolev adına Kazan Milli Tədqiqat Texniki Universiteti – KAİ, Kazan, Rusiya

Açar sözlər: elektrik boşalması, dəyişən cərəyan, qazötürücü mühit, hidrodinamika, voltamper xarakteristikası.

Xülasə: 20% natrium xlorid həllində dielektrik boruda yaranan dəyişən cərəyanın dərəcələrinin eksperimental tədqiqatlarının nəticələri təqdim olunur. Voltamper xarakteristikası, volt-ikinci və amper-ikinci dərəcəli amper-saniyədə boşalmalar elektriklərarası məsafə L=50 mm olan boruda müəyyən edilmişdir ki, bu axıdma növü borucuqda məsaməli qazökməşəkilli kabarcıklar və mikroprazyurlarla mühit yaradır. Müəyyən edilmişdir ki, qazökmə gözenekli məsaməli mühitin pozulması nəticəsində boşalma gərginliyi pilləli xarakter daşıyır. Dielektrik borunun daxilində dəyişən cərəyanın axıdılmasının Bubbles və mikrorazidlərlə qazöksək məsaməli mühitdə inkişafının keyfiyyətli mexanizmi qurulmuşdur.

HIGH-VOLTAGE STEAM-GAS DISCHARGES OF ALTERNATING CURRENT IN A SATURATED SALT SOLUTION IN A DIELECTRIC TUBE AT ATMOSPHERIC PRESSURE

[1]Gaysin A.F., [1]Gazizullin R.M., [1]Gazeyeva Y.V., [1]Spiridonov K.F., [2]Baqautdinova L.N., [2]Xayrillin A.İ.

[1]Kazan state power engineering university,

[2]Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

Keywords: electric discharge, alternating current, gas-liquid medium, hydrodynamics

The results of experimental studies of AC discharges generated in a dielectric tube in a medium of 20% sodium chloride solution are presented. The current-voltage characteristics, volt-second and ampere-second dependences of discharges in the tube at the interelectrode distance l=50 mm are studied. It is established that this type of discharge creates a porous gas-liquid medium with bubbles and micro-discharges in the tube. It is revealed that as a result of breakdowns of a gas-liquid porous medium, the discharge voltage has a step character. A qualitative mechanism for the development of an AC discharge inside a dielectric tube in a gas-liquid porous medium with bubbles and micro-discharges is established.

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Гасымов А.Г., Байрамалиева Э.Н.

Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит, Азербайджан

asger.qasimov @mail.ru, bayramaliyeva@bk.ru

Ключевые слова: оптимизация режима, регулирующее устройство, управление режимами, регрессионный анализ, факторное планирование, число факторов, отсеивающие эксперименты.

В зависимости от состояния сети проведен предварительный анализ режимов работы сети и выбран необходимый набор регулирующих устройств, с помощью которых были обеспечены требуемые условия управления. На основе методов факторного планирования эксперимента проведены серии расчетных отсеивающих экспериментов и построены уравнения регрессии, анализ которых дает возможность для выбора регулирующих устройств, оказывающих существенное влияние на режим работы сети.

Электрические сети (ЭС) являются промежуточным звеном между системообразующими сетями энергосистемы и потребителями электроэнергии и поэтому режим работы ЭС должна определяться как режимами сетей энергосистемы, так и требованиями режима работы потребителей. Такое управление режимами ЭС в эксплуатационных условиях осуществляется в рамках автоматизированного управления регулирующими средствами, обеспечивающими ее экономичность путем сокращения потерь мощности за счет улучшения потокораспределения и обеспечения уровней узловых напряжений, при которых обеспечивается нормальный режим и надежность работы потребителей. Для этого осуществляется регулирование напряжения трансформаторов в контрольных точках и мощностей источников реактивной мощности (ИРМ).

Во многих практических случаях параметры регулируемых трансформаторов и ИРМ выбираются заранее и задаются оперативному персоналу в форме графиков для их обеспечения. В реальных условиях электрические сети часто сталкиваются с необходимостью выбора оптимальных значений напряжений контролируемых узлов и оперативной коррекции режима для их обеспечения.

В настоящее время имеются различные подходы для получения оптимальных законов управления напряжением и реактивной мощностью в электрической сети [1-3]. Определенный интерес представляет регрессионный подход, представленный в настоящей работе [4]. Задачи управления установившимися режимами электроэнергетических систем (ЭЭС) относятся к сложным задачам, и для выполнения необходимых для этого расчетов требуется полная информация о системах и нагрузках рассматриваемой сети. Реализация же полученных законов управления, как правило, основывается на местных параметрах режима.

Становятся весьма актуальными вопросы синтеза законов управления по ограниченной информации местного характера, которые по своему действию максимально отображали бы принципы управления. Для решения этих вопросов могут использоваться регрессионные модели, особенностями которых являются установление статистических связей анализируемого параметра с факторами, существенно влияющими на них.

Регрессионный анализ предназначен для нахождения по результатам эксперимента связи выходной характеристики объекта с факторами, которые влияют на эту характеристику. Здесь в качестве оперативных действий по оптимизации режима используются управляющие функции в виде уравнений регрессии. Коэффициенты этих уравнений рассчитываются заранее на основе результатов специальным образом спланированных расчетных экспериментов. При этом, в зависимости от состояния сети необходимо провести предварительный анализ режимов работы сети и выбрать необходимый набор регулирующих устройств с помощью которых будут обеспечены требуемые условия управления. Для комплексного рассмотрения этой задачи целесообразно проведение серии расчетных отсеивающих экспериментов и построения уравнений регрессии, анализ которых даст возможность для выбора регулирующих устройств, оказывающих существенное влияние на режим работы сети. Указанные эксперименты должны организовываться на основе методов факторного планирования эксперимента[4]. При этом независимыми переменными будут коэффициенты трансформации трансформаторов с РПН ($К_т$) и реактивные мощности ИРМ. Выходными параметрами будут потери активной и реактивной мощностей в сети, напряжения в контрольных точках сети и узлах нагрузки потребителей. Отсеивающие эксперименты выполняются на основе насыщенного дробного факторного эксперимента $2^{к-р}$,где к-число факторов, а р-взаимо-действия основных факторов, используемых в качестве дополнительных факторов. Получаемые при этом уравнения регрессии являются линейными и коэффициенты уравнения характеризуют влияние фактора на выходной параметр. Эксперименты проводятся на основе специально составленной матрицы (таблицы) планирования, где все факторы одновременно варьируются на двух уровнях – максимальном и минимальном. Отсеивающие эксперименты дают возможность при ограниченном (минимальном) количестве расчетных экспериментов получать обоснованную информацию о качественной стороне исследуемого процесса и производить выбор состава необходимых регулирующих устройств. Эксперименты проводятся на ЭВМ с помощью программы расчета установившегося режима. Нагрузки узлов принимаются на уровне максимальных значений.

После выбора основных факторов (регулирующих устройств) в таком же порядке проводятся расчетные эксперименты для определения законов управления этими регулирующими устройствами. При этом, уравнения регрессии должны иметь большую точность и поэтому используется билинейная модель, учитывающая влияние как самих факторов, так и их различные взаимодействия.

Таким образом, для выбора существенно влияющих факторов (набор регулирующих устройств) используется линейная регрессионная модель

$$Y = b_0 + b_1 X_1^H + b_2 X_2^H + \cdots + b_n X_n^H$$

А для законов управления модель

$$Y = b_0 + b_1 X_1^H + b_2 X_2^H + \cdots + b_{12} X_1^H . X_2^H + \cdots$$

В этих уравнениях X_1^H - нормированное значение фактора, изменяющееся от -1 (минимальное значение) до +1 (максимальное значение). Коэффициенты уравнения определяются из выражений

$$b_0 = \frac{\sum Y_1}{N}, \qquad b_1 = \frac{\sum X_1^H Y_1}{N}, \qquad b_{ij} = \frac{\sum X_1^H X_j^H Y_1}{N}$$

Кроме выше приведенного закона централизованного управления могут использоваться также законы управления по местным параметрам.

На основе приведенной методики, был исследован режим работы одной из предприятий ЭС, где основными источниками питания являются две ТЭЦ , с распределением электроэнергии на напряжении 6-10 и 35 кВ. Кроме этого, станции по линиям 110 кВ, связаны с энергосистемой и узлами электропотребления на напряжении 6,10 и 35 кВ. На предприятии имеется около 30 трансформаторов с РПН. Рассматриваются 42 узловые точки напряжением 6-110 кВ.

В начале были выбраны независимые переменные(факторы),которые могут оказывать влияние на потокораспределение в сети 110 и 35 кВ. На основе отсеивающих экспериментов таковыми оказались 8 трансформаторов с высоким напряжением 110 и 35 кВ, а так же 4 ИРМ по два на каждой ТЭЦ, работающих на сеть 110 и 35 кВ. Таким образом общее число факторов -12. В соответствии с выбранными факторами составлен план эксперимента для составления уравнений регрессии для управления регулирующими устройствами, приведённая в таблице 1. Использовался дробный факторный эксперимент 2^{12-8}=16. По результатам приведенных расчетов на ЭВМ получены для каждого эксперимента параметры установившегося режима, а по ним коэффициенты регрессии, некоторые из которых для иллюстрации приведены в таблице 2, так как коэффициенты определялись при нормированных значениях факторов, они характеризуют влияние соответствующего фактора на целевой параметр (ΔP и напряжения узлов). Анализ коэффициентов показал следующее: на потери мощности в сети ΔP существенное влияние оказывают 3 трансформатора,а так же генерация реактивной мощности на шины 35 кВ. Остальные трансформаторы на потери практически не влияют и поэтому они должны использоваться для регулирования напряжения в узлах нагрузки. Выявлены трансформаторы, которые могут использоваться для регулирования напряжения в узлах предприятий.

В таблице 3 представлены коэффициенты трансформации трансформаторов $К_т$ в сети и результаты расчетов при этих $К_т$. Здесь исходный режим соответствовал номинальным $К_{т\ ном}$, первая коррекция – для минимизации ΔP, а вторая для ввода режима напряжений узлов в допустимую область, которые и являются оптимальными при этих условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1.Холмский В.Г. Расчет режимов электрических сетей. М. В.Ш. 1975

2.Мельников Н.А., Росман Л.В. Принципы автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в питающих электрических сетях. Электричество.1971.№8

3.Маркушевич Н.С. Автоматизированная система диспетчерского управления. М. Энергоатомиздат,1986.

4.Гусейнов Ф.Г., Мамедьяров О.С.,Планирование эксперимента в задачах электро-энергетики. М.Энергоатомиздат,1988

REGRESSION MODEL OF MODE CONTROL ELECTRIC NETWORKS

Qasimov A.Q., Bayramalieva E.N.
Sumqayit State University, Sumqayit, Azerbaijan
asger.qasimov @mail.ru, bayramaliyeva@bk.ru

Key words: mode optimization, regulating device, mode control, regression analysis, factor planning, number of factors, screening experiments.

Summary. Depending on the state of the network, a preliminary analysis of the network operating modes was carried out and the necessary set of regulating devices was selected, with the help of which the required control conditions were provided. Based on the methods of factorial planning of the experiment, a series of computational screening experiments were carried out and regression equations were built, the analysis of which makes it possible to select control devices that have a significant impact on the network operation mode.

ELEKTRIK ŞƏBƏKƏLƏRİN REQRESSİYA İDARƏETMƏ MODELİ

Qasımov Ə.Q., Bayraməliyeva E.N.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

Açar sözlər: rejim optimallaşdırması, tənzimləyici, rejim nəzarəti, regresiya analizi, amil planlaşdırma, təcrübələri süzən amillər sayı.

Şəbəkənin vəziyyətindən asılı olaraq, şəbəkənin iş rejimlərinin ilkin təhlili aparıldı və lazımi nəzarət şərtləri təmin edilən lazımi tənzimləmə cihazları dəsti seçildi. Təcrübənin faktori planlaşdırma metodlarına əsasən bir sıra hesablama tarama təcrübələri aparılmış və reqressiya tənlikləri qurulmuşdur ki, bunların təhlili şəbəkənin iş rejiminə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən idarəetmə cihazlarını seçməyə imkan verir.

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЕ ФАЗОПОВОРОТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Гулиев Г.Б., Ильясов О.В.
ООО "Азерэнержи", Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскателский институт энергетики, г.Баку, Азербайджан
e-mail: huseyngulu@mail.ru

Ключевые слова: энергосистема, потокораспределение, потеря мощности, фазоповоротный трансформатор, нечеткая логика, функция принадлежности

Рассмотрен вопрос применения фазоповоротного трансформатора (ФПТ) для обеспечения рационального потокораспределения в сложно-связанных электрических сетях с высокой неоднородностью. Обоснована эффективность применения ФПТ на примере энергорайона 220/110 кВ в системе "Азерэнержи".

Введение

Современный уровень развития энергосистемы предусматривает применение управляемых линий электропередач (ЛЭП). С этой точки зрения, как одной из устройств FACTS, фазоповоротные трансформаторы представляют особый интерес, так как позволяют управлять активным и реактивным потокораспрелением в различных режимах путем ввода управляемого фазового сдвига между напряжением на концах ЛЭП [1-3].

Известно, что современные энергосистемы состоят из многочисленных замкнутых электрических сетей с несколькими номинальными напряжениями (110-750 кВ). В связи с применением проводов сечением с разным диапозоном и использования трансформаторов в контурах , сети характеризуются с неоднородностью большой степени. В неоднородных электрических сетях естественные потокораспределения могут существенно отличаться от их экономичных потокораспределений, которые соответствуют минимуму суммарной потери мощности в сети [4,5]. В результате за счет больших перегрузок ЛЭП с напряжением 110/220 кВ возникает проблема ограничения пропускной способности электрической сети и при этом недогруженными остаются ЛЭП более высоких напряжений (330-750 кВ). В ремонтных и послеаварийных режимах за счет ограничения пропускной способности сетей напряжением 110 кВ, такие причины обуславливают отклонение электрических режимных параметров энергосистемы от их допустимых значений и применение ограничений выработок, связанных непосредственно с этими сетями электростанций.

В связи с неоднородностью замкнутых электрических сетей для решения указанных проблем самый легкореализуемый вариант, это частичное размыкание этих сетей, усиление прилегающих электрических сетей путем ввода ЛЭП напряжением 110 кВ, являющееся традиционным решением этой проблемы. Но такие методы решения с одной стороны уменьшают надежность электроснабжения узловых нагрузок, с другой стороны с точки зрения сложности и высокой стоимости усиление сетей в связи с технологическими и юридическими трудностями считается нецелесообразным [6].

Другой способ - оптимизация режимов потокораспределений неоднородных замкнутых электрических сетей является обеспечением однородности их, путем изменения параметров отдельных ихучастков. Такое решение предусматривает продольные компенсации параметров ЛЭП.Но этот метод связан с увеличением потери реактивной мощности в сетях.

Более инновативным решением проблемы явлется применение фазоповоротных трансформаторов. Применение ФПТ обосновывается тем, что на линиях переменного тока потоки активной мощности зависят от фазового сдвига между векторами напряжений в начале и конце линий. Принцип работы ФПТ реализует именно эту закономерность и иногда называется крос-трансформатор [7,8].

С принудительным изменением значений фазовых углов напряжений в одной или нескольких линиях можно достигать нового и более экономичного потокораспределения между линиями электрической сети. В результате возникает возможность диспетчера энергосистемы для рациональной загрузки ЛЭП, уменьшение перегрузок элементов сети в послеаварийных режимах, предотвращение нежелаемых энергопотоков и.т.д. Все эти мероприятия приводят к повышению режимной надежности электрических сетей и повышает вероятность непрерывного и качественного электроснабжения потребителей энергосистемы.

Учитывая вышеизложенные вопросы поставлена задача,с использованием ФПТ за счет принудительного потокораспределения обеспечитьпереход от существующего естественного нерационального потораспределения вэкономичное потораспределениев Апшеронском

энергорайоне напряжением 220/110 кВ Азербайджанской энергосистемы. С этой целью в работе обосновывается применение ФПТ для обеспечения экономичного потокораспределения в энергорайоне, состоящего из нескольких замкнутых электрических сетей напряжением 220/110 кВ.

1. Особенности работы ФПТ.

Рассматриваем применение ФПТ, какинновативный вариант решения и позволяюший исключить принудительные ограничения электропередачи в нормальном, ремонтноми послеаварийном режимах в электрических сетях энергосистемы напряжением 220/110 кВ.Такое решение дает возможность повышения пропускной способности электрических сетей за счет экономичного распределения активной мощности (и/или реактивной мощности), а также обеспечения передачи располагаемой мощности электрической станцией (Шимал-1 и Шимал-2), находящейся в данном энергорайоне и гибкого управления загрузкой ЛЭП 220-110 кВ.

На рис.1 показаны схема замещения участка сети, выясняющей механизм потокораспределения и векторная диаграмма напряжений.

Как видно, при отсутствии ФПТ и передачи мощностей P_1 и P_2 указанных на рисунке направление вектора напржения $\dot{U}_1$ опережает векторы $\dot{U}_2$ и $\dot{U}_3$, так как, активная мощность направляется от опережающего вектора к отстающему вектору [1,6].

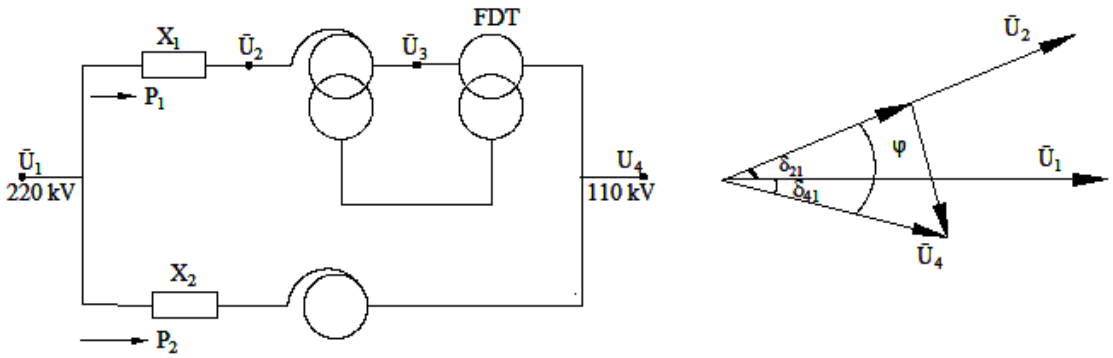


Рис.1.Схема замещения участок сети (а) и векторная диаграмма напряжений(б)

Для увеличения значения и изменения направления мощности P_1 в сторону 220 кВ, а также и для уменьшения мощности, передаваемой от шин РУ 110 кВ к прилегающим сетям 110 кВ через автотрансформаторы АТ1 и АТ2, необходимо обеспечить опережение вектора напряжения $\dot{U}_2$ вектора напряжения системы $\dot{U}_1$. Это можно сделать, вводом угла φ с помощью ФПТ, при котором $|\varphi| > |\delta_{41}|$. При произвольном значении угла φ активные мощности выражаются следующими формулами [1,6,7]:

$$P_1 = \frac{U_1 U_2}{X_\Sigma} \sin\delta_{21} = \frac{U_1 U_4}{X_{1ВЛ} + X_{АТ1} + X_{ФПТ}} \sin(\delta_{41} - \varphi) \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{U_1 U_4}{X_{2ВЛ} + X_{АТ2}} \sin\delta_{41} \quad (2)$$

Соответственно формулы (1) и (2) реактивные мощности определяются следующими выражениями:

$$Q_1 = \frac{U_1 U_4}{X_{1ВЛ} + X_{АТ1} + X_{ФПТ}} \cos\left[\left(\delta_{41} - \varphi\right) - \frac{U_4}{U_1}\right] \quad (3)$$

$$Q_2 = \frac{U_1 U_4}{X_{2ВЛ} + X_{АТ2}} \cos\left(\delta_{41} - \frac{U_4}{U_1}\right) \quad (4)$$

где $X_{ВЛ}, X_{АТ}, X_{ФПТ}$ – соответственно индуктивные сопротивления воздушной линии, автотрансформаторов и ФПТ

Таким образом, как видно из формул (1) и (2) можно выбрать такой диапозон регулирования вводимого угла φ с помощью ФПТ, что при этом достигается экономичное распределение активной и реактивной мощности в прилегающих сетях напряжением 220/110 кВ.

2. Описание схемы исследуемого энергорайона системы Азерэнержи

Электрическая схема соединения рассмотренного энергорайона 220/110 кВ показана на рис.2. Суммарная установленная мощность Шимал ЭС составляет 2х400 МВт. Электростанция связана с ПС Говсан 220/110 кВ линиями 3, 4 Говсан 220 кВ, с ПС Забрат 220/110 кВ линиями 3, 4 Забрат 220 кВ, а также и ПС Маштага, Гала и Дюбенди 110/10 кВ линиями 1...5 Шимал напряжением 110 кВ.

Существенное влияние на потокораспределение в электрической сети напряжением 110 кВ энергорайона оказала вводимая в эксплуатацию электростанция ЭС Шимал-2 с мошностью 400 МВт. В то же время энергорайон 220/110 кВ характеризуется большими неоднородностями, так как отношение x/r для ветвей в контурах отличаются около 12 раз (где $r, x -$ соответственно активное и индуктивное сопротивление ветвей).

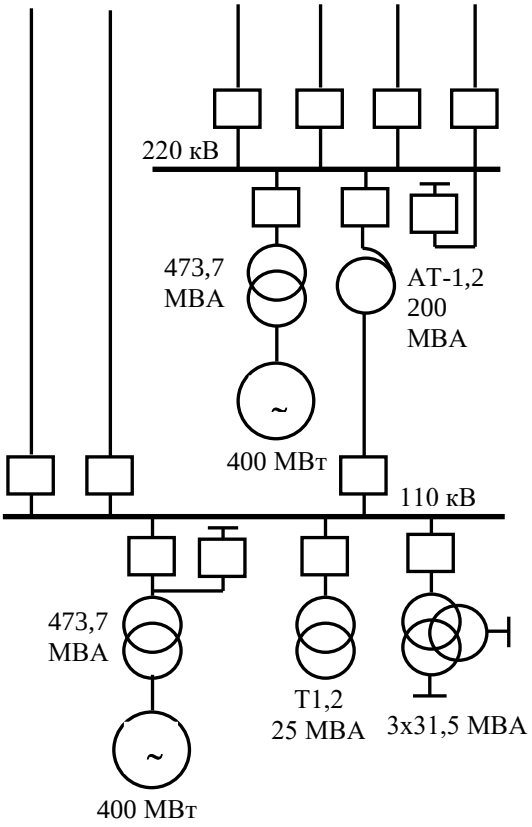


Рис.2. Фрагмент схемы соединения энергорайона 220/110 кВ

В результате влияния указанных факторов в энергорайоне возникает одна из самых ярких проблем, существующих в современных энергосистемах - ограничение пропускной способности электрических сетей, связанных с перегрузкой ЛЭП напряжением 110 кВ. В то же время, происходит недогруженность ЛЭП более высокого напряжения (220 кВ). Например, выполненные расчеты по нормальной схеме, на основании данных измерений в период летнего максимума энергосистемы свидетельствует о том, что токовая нагрузка линий 4,5 Шимал 110 кВ составляет соответственно 390 А и 390 А, в то же время нагрузка 3,4 Говсан 220 кВ составляла 310А.

По причине ограничения пропускной способности электрических сетей напряжением 110 кВ в районе расположения ЭС Шимал-1 и Шимал-2 происходит угроза превышения допустимых значений режимных параметров в ремонтных и послеаварийных режимах и соответственно возникает необходимость ограничения выдачи мощности электростанции или нагрузки потребителей. Например, во время аварийного отключения ЛЭП 4 Шимал 110 кВ, ЛЭП 5 Шимал 110 кВ загружается до 545 А и при этом загрузки ЛЭП 3 и 4 Говсан 220 кВ составляют 340 А. В это время при выводе в ремонт или аварийного отключения одной из ЛЭП 4 и 5 Шимал 110 кВ в зависимости от температуры воздуха загрузка оставшейся в работе ЛЭП выходит за допустимый предел. Поэтому в таких случаях неизбежно применение ограничений.

3. Обоснование эффективности применения ФПТ в энергорайоне 220/110 кВ.

Как указано выше, в нормальной схеме в различных схемно-режимных стиуациях (отключения ЛЭП 4 Шимал 110 кВ, одвременное отключение ЛЭП 1 и 4 Шимал 110 кВ и т.д.) загрузка ЛЭП 5 Шимал 110 кВ в зависимости от температуры воздуха может выходить за допустимый предел и в результате чего в полном объеме выдача мощности станции станет невозможным. При этом объем ограничений в зависимости от сезона и нагрузочного режима составляет до 60 МВт (более 6% от установленной мощности электростанций).

На рис. 3 представлены профили токовых нагрузок линий по нормальной схеме с ФПТ и без него. Как видно из рисунка при установке ФПТ на ЭС Шимал токовые нагрузки ЛЭП 4,5 Шимал 110 кВ понижаются от 390 А до 260 А, при этом степень уменьшения потерь мощности составляет до 2%. Уменьшаются и токовые нагрузки других ЛЭП 110 кВ и загрузка прилегающих сетей относительно уравнивается. Токовая нагрузка ЛЭП 3,4 Говсан 220 кВ повышается от 320 А до 370 А, а ЛЭП 3,4 Забрат 220 кВ до 280 А. Эти результаты соответствуют 3-му положению переключателя ФПТ.

Таким образом, выполняя принудительное распределение мощностей в энергорайоне с помошью ФПТ можно существенно уменьшить загрузки ЛЭП напряжением 110 кВ и при этом обеспечить экономичное потокораспределение в прилегающих электрических сетях рассматриваемого энергорайона. Соответственно при этом устраняется необходимость применения каких либо ограничений в данном энергорайона.

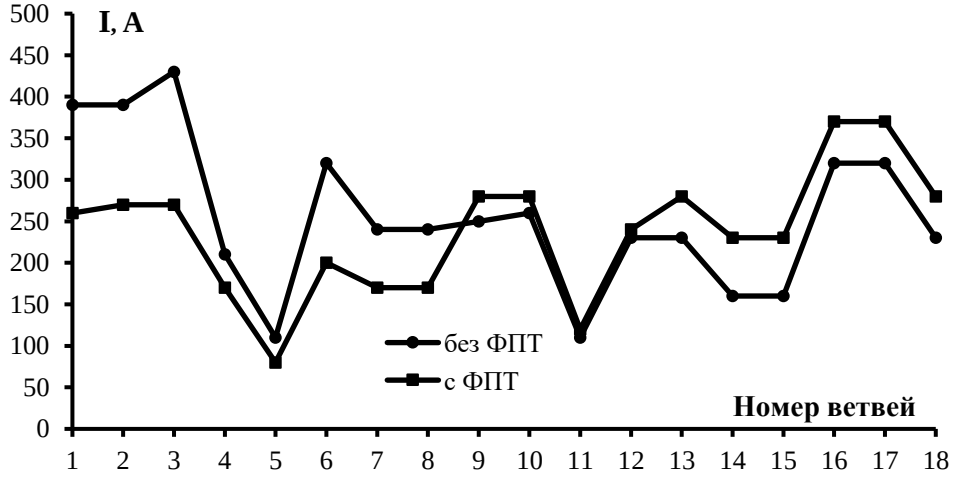


Рис. 3. Профили токов линий для нормальной схемы энергорайона с ФПТ и без него

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Естественное нерациональное распределение активных и реактивных мощностей в прилегающих электрических сетях энергорайона 220/110 кВ системы "Азерэнержи" обуславливает неравномерную загрузку линий электропередачи разных напряжений. Определено, что переходом на принудительное распределение мощностей можно обеспечить экономичное потокораспределение для рассматриваемого энергорайона системы. С этой целью рассмотрен вариант применения ФПТ в цепи автотрансформаторов связи, установленного между шинам 220 кВ и 110 кВ ЭС Шимал. Полученные результаты расчетных экспериментов подтверждают эффективность установки ФПТ в цепи автотрансформаторов связи 220/110 кВ ЭС Шимал-1 и ЭС Шимал-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поспелов Г.Е., Федин В.Т., Лырев П.В. Электрические системы и сети. Минск., УП «Техно-ирикт», 2004, 720 с.

2. Tirupathi R, Aruna G, Khan M.I., Ramesh K. Application of Phase Shifting Transformer in Indian Power System // International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol.4, No.2, April 2012, pp.242-245.

3. Kalinin L.P., Zaitsev D.A., Tirsu M.S., Qolub I.V. The Opportunities for Efficiency Increase of Phase-Shifting Transformers in Power Transmission Operational Modes // 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe). doi: 10.1109/ISGTEurope.-2019.890548029 Sept.-2 Oct. 2019, Bucharest, Romania, p.1-5.

4. Verboomen J., Van Hertem D. Phase shifting transformers: Principles and applications, in Future Power Systems (FPS), Amsterdam, the Netherlands, November 2005, p.6.

5. Thomas J. Morrell ; Jeff G. Eggebraaten. Applications for Phase-Shifting Transformers in Rural Power Systems // 2019 IEEE Rural Electric Power Conference (REPC). doi: 10.1109/REPC.2019.00020, 28 April-1 May 2019, Bloomington, MN, USA, p.70-74.

6. Брилинский А.С., Крицкий В.А., Смирнова Л.С. Особенности применения фазоповоротках комплексов в электроэнергетических системах // Известия НТЦ Единой Энергетической системы. Москва, 2018, №1(78), с. 6-10.

7. Добрусин Л.А. Тенденции применения фазоповоротных трансформаторов в электроэнергетике // Энергоэксперт, 2012, №3, с.50-57.

8. José M. Cano, Md. Rejwanur R. Mojumdar, Joaquín G. Norniella, Gonzalo A. Orcajo. Phase shifting transformer model for direct approach power flow studies // Electrical Power and Energy Systems, 2017, Vol.91, pp.71-79.

ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ RASİONAL GÜC PAYLANMASI ÜÇÜN FAZADÖNDƏRİCİ TRANSFORMATORUN TƏTBİQİ ASPEKTLƏRİ

Quliyev H.B., İlyasov O.V.

Azərenerji ASC, Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu, Bakı ş., Azərbaycam

Açar sözlər: enerjisistem, güc paylanması, güc itkisi, cərəyanların profili, fazadöndərici transformator.

Yüksək qeyri-bircinslikli mürəkkəb əlaqəli elektrik şəbəkələrində rasional güc paylanmasının təmin edilməsi üçün fazadöndərici transformatorun tətbiqi məsələlərinə baxılmışdır. "Azərenerji" sisteminin 220/110 kV-luq enerji rayonu nümunəsində fazadöndərici transformatorun tətbiqinin effektivliyi əsaslandırılmışdır.

ASPECTS OF APPLICATION OF PHASE ROTARY TRANSFORMER FOR RATIONAL FLOW DISTRIBUTION IN ELECTRIC NETWORKS

Guliev H.B., Ilyasov O.V.

Azerenergy JSC, Azerbaijan Scientific-Research & Design-Prospecting Power Engineering Institute,

Baku, Azerbaijan

Key words: power system, power flow, power loss, current profile, phase-shifting transformer.

The issue of using a phase-shifting transformer to ensure rational flow distribution in complexly connected electrical networks with high heterogeneity is considered. The efficiency of using phase-shifting transformer by the example of the 220/110 kV power district in the Azerenerji system.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Даутов Р.Р., Кондратьев Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Российская Федерация

gluza.dautova@yandex.ru

Ключевые слова: тепловой насос, низкопотенциальный источник, отопление, коэффициент трансформации, энергетическая эффективность.

Из-за ограниченности ресурсов и ухудшения состояния окружающей среды традиционные источники энергии заменяются возобновляемыми - это их новая альтернатива. Таким образом, на сегодняшний день все более актуальным и перспективным направлением становится использование тепловых насосов, использующих низкопотенциальное тепло в качестве основного вида энергии. В статье особенности систем отопления, горячего водоснабжения с использованием теплонасосных устройств. Также дана оценка низкопотенциальных источников тепла с точки зрения эффективности теплового насоса, связанного с объектами теплоснабжения жилых домов.

Тепловой насос – это устройство, которое позволяет преобразовать теплоту от низкопотенциального источника (грунта, воды, воздуха и др.) с низкой температурой, передать ее потребителю в виде теплоносителя с более высокой температурой. Принцип работы идентичен с принципом работы кондиционера или холодильной машины, но в отличие

от них он переносит тепло из внешней среды непосредственно вовнутрь, в систему отопления или ГВС. Суть работы теплового насоса заключается в следующем: в теплообменнике, называемом испарителем, осуществляется передача тепла от внешнего низкопотенциального источника теплоты к жидкости, кипящей при низкой температуре – к хладагенту. Он испаряется и в виде газа идет в компрессор. Тут происходит его сжатие и повышение температуры. Далее, попадая в другой теплообменник – конденсатор, хладагент с новыми параметрами передает тепло теплоносителю.

Тепловые насосы могут обеспечить жилое помещение не только отоплением и горячим водоснабжением. Они оснащены реверсивным клапаном, поэтому в жаркое время года можно и охлаждать дом. Это позволяет сэкономить денежные средства на системе кондиционирования.

Система теплоснабжения жилого здания предусматривает бивалентность системы, т.е. в тот период пока мощности теплового насоса еще хватает, он будет обеспечивать своей теплопроизводительностью все тепловые потери, но как только его мощности будет недостаточно, необходимо обеспечить поддержку с помощью дополнительного источника, тем самым повышая и температуру теплоносителя, и температуру воздуха в помещении.

Электрическая энергия является одним из барьеров на пути использования тепловых насосов, так как это один из самых дорогих энергоресурсов, но в данном случае ее расход очень небольшой и все затраты окупают себя со временем [1].

Эффективность использования теплового насоса определяется коэффициентом преобразования или коэффициентом трансформации (COP) – соотношение количества производимого тепла к затрачиваемой энергии. Для современных тепловых насосов величина COP может достигать от 5 до 5,5. Значение коэффициента равного 5, например, означает, что при подводе к тепловому насосу 1 кВт электрической энергии можно получить 5 кВт тепла. COP зависит от температуры на входе и на выходе теплового насоса, т.е. от температуры источника тепла и температуры в системе отопления жилого здания:

$$COP = T2 / (T2 - T1) \quad (1)$$

где T1 - температура источника тепла; T2 - температура воды в отопительном контуре.

По формуле 1 видно, что чем выше температура низкопотенциального источника и чем ниже температура воды в отопительном контуре, тем выше эффективность и производительность работы теплового насоса. Исходя из этого, теплонасосные установки более выгодно применять совместно с низкотемпературными системами отопления. Например, COP теплового насоса при системе напольного отопления достигает величины 4,5 – 5. Величина коэффициента трансформации одного и того же насоса может меняться от сезона к сезону, поэтому необходимо учитывать климатические условия. Наименее подвержен колебаниям COP насос, который использует тепло грунта, грунтовой воды, так как их эффективность определяется малоизменяющейся температурой земных недр [2].

Чтобы подобрать тепловой насос с наилучшим (эффективным и выгодным) решением рассмотрим системы теплоснабжения с использованием различных источников низкопотенциальной тепловой энергии, разберем основные преимущества и недостатки. В тепловом насосе непосредственно может использоваться тепло, содержащееся в наружном воздухе. Этот источник наиболее доступный, однако, учитывая, что производительность

установки зависит от температуры окружающей среды, а температура воздуха в отопительном периоде значительно меняется, то применение не всегда целесообразно для надежного и качественного теплоснабжения. Достоинством такого теплого насоса является то, что он позволяет обеспечивать круглогодичную утилизацию тепла вентиляционных выбросов. Коэффициент преобразования (СОР) при использовании теплоты наружного воздуха ниже 2,5 - невысокая энергетическая эффективность.

Тепло, которое содержится в подземной воде, может также напрямую подаваться в тепловой насос. Вода должна иметь соответствующий состав, быть чистой, ее температура на протяжении всего года должна составлять не менее + 8 °С. СОР таких тепловых насосов практически не изменяется со временем и составляет для высокотемпературных систем отопления около 3,5 , для низкотемпературного отопления – от 4,5 до 5. Плюсами являются высокая эффективность работы и возможность использования теплового насоса в качестве основного и единственного источника теплоснабжения дома. Большие затраты на монтаж вертикального контура или необходимость наличия большой территории для горизонтальной укладки геотермального коллектора являются основными недостатками такой системы теплоснабжения.

Тепло земли забирают горизонтальными грунтовыми коллекторами, либо вертикальными геотермальными зондами. Грунтовые коллекторы собирают тепло, накапливающееся в верхних слоях почвы. Но температура почвы здесь из-за постоянного съема теплоты понижается, тем самым при определенных температурных условиях этот участок может промерзнуть. Геотермальные зонды достают тепло с больших глубин, где температура грунта более стабильна и практически не подвержена сезонным влияниям. По мере увеличения углубления отбираемая от земли температура растет. Коэффициент преобразования тепла (СОР) высок и достигает до 3 [3].

Тепловой насос по типу грунт-вода может являться полноценным источником теплоснабжения и кондиционирования жилых зданий так же, как и такие традиционные системы (газовые и электрические котлы).

При использовании поверхностной воды в качестве источника низкопотенциального тепла для теплового насоса, как и для подземной воды также предъявляются определенные требования. Особое внимание уделяется чистоте воды и регулировке ее температуры. В случае если жилое помещение находится в климатической зоне с мягким климатом и регулярной температурой поверхностной воды, то система с тепловым насосом может стать отличным решением для решения проблем с горячим водоснабжением.

Тепловой насос может использовать тепловые сбросы самого жилья для отопления и ГВС: сбросную воду, дымовые и вентиляционные выбросы газы. Производится отбора низкопотенциальной теплоты от воздуха с температурой от -15°С до +35°С из системы вентиляции зданий. Данная комбинация поможет с проблемой, связанной с появлением сырости и плесени [4].

Использование тепловых насосов для нужд теплоснабжения является целесообразным и конкурентоспособным направлением. Подтвердим это, используя коэффициент трансформации. Значение СОР колеблется для различных видов теплонасосных систем в диапазоне от 2,5 до 7, это означает, что на 1 киловатт затраченной электроэнергии тепловой

насос вырабатывает от 2,5 до 7 киловатт тепла. Достичь такого результата не под силу любому другому генератору тепла. Поэтому можно утверждать, что эффективность тепловых насосов превосходит эффективность любого другого энергетического оборудования, которое используется для отопления и горячего водоснабжения [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гафуров А.М. Перспективные области применения энергетических установок на низкокипящих рабочих телах. // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2015. – №1 (25). – С. 93-98.

2. Гетман, В.В. Применение теплонасосных установок для утилизации теплоты вторичных энергетических ресурсов / В.В. Гетман //Вестник Казанского технологического университета.—2014.– №2 – С. 233–236.

3. Иванова Е.А. Исследование работы теплового насоса: учебное пособие / Е.А. Иванова, А.Н. Козлобородов. – Томск : Изд-во Том. Гос. Архит.-строит. ун-та, 2017. – 64 с.

4. Трубаев П.А., Гришко Б.М. Тепловые насосы: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. С. 17–180.

5. Тимофеев Д.В. Эффективность работы геотермальной теплонасосной системы теплоснабжения в жилом доме / Д.В. Тимофеев, Е.Г. Малявина // СОК. – 2018. –№2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: https://www.c-ok.ru/articles/effektivnost-raboty-geotermalnoy-teplonasosnoy-sistemyteplosnabzheniya-v-zhilom-dome, свободный. – Загл. с экрана. – 27.03.18.

İSTİLİK NASOSUNDAN İSTİFADƏ ETDİKDƏ İSTİLİK TƏCHİZATI SİSTEMLƏRİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Dautov R.R., Kondratyev Y.V.

Federal Peşə Təhsili Federal Dövlət Büdcə Təhsil Təşkilati
Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya Federasiyası
gluza.dautova@yandex.ru

Açar sözlər: istilik nasosu, aşağı gərginlikli mənbə, istilik, transformasiya əmsalı, enerji səmərəliliyi.

Məhdud ehtiyatlar və ətraf mühitin deqradasiyası səbəbindən ənənəvi enerji mənbələri yenilənə bilən mənbələrlə əvəz olunur - bu onların yeni alternatividir. Beləliklə, hazırda, getdikcə daha aktual və perspektivli bir istiqamət aşağı dərəcəli istilikdən əsas enerji növü kimi istifadə olunan istilik nasoslarının istifadəsidir. Məqalədə istilik sistemlərinin xüsusiyyətləri, istilik nasos qurğularının istifadəsi ilə isti su təchizatı. Yaşayış binaları üçün istilik təchizatı obyektləri ilə əlaqəli istilik pompasının səmərəliliyi baxımından aşağı dərəcəli istilik mənbələrinin qiymətləndirilməsini də təmin edir.

FEATURES OF HEAT SUPPLY SYSTEMS WITH APPLICATION HEAT PUMP

Dautov R.R., Kondratiev Y.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia Federation
gluza.dautova@yandex.ru

Key words: heat pump, low-potential source, heating, transformation coefficient, energy efficiency.

Due to limited reserves and environmental degradation, traditional energy sources are being replaced by renewable sources - their new alternative. So, at the present time, an increasingly relevant and promising direction is the use of heat pumps that use low-grade heat as the main type of energy. The article discusses the features of heating systems, hot water supply with the use of heat pump installations. It also provides an assessment of low-grade heat sources in terms of the efficiency of the heat pump as applied to heat supply facilities for residential buildings.

МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ, ОСНОВАННЫЙ НА ПРЕОБРАЗОВАНИИ МОД ВОЛН ЛЭМБА

Ибадов А.А., Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е.

Казанский государственный энергетический университет, г.Казань, Россия
amil-i@mail.ru

Ключевые слова. виброакустический контроль, волны Лэмба, трубопровод ЖКХ, скорость моды.

Предложен метод локализации повреждений, основанный на фокусировке с обращением времени отдельной моды волны Лэмба для части трубопровода, который рассматриваем как сегмент с асимметричным дефектом в направлении толщины. Локализация повреждения достигается путем численного моделирования с обратным временем (TR) преобразованной модой волны Лэмба, генерируемой на дефекте. Рассмотрен метод трехмерного эластодинамического конечного интегрирования (EFIT).

Обращение времени в акустике – это техника фокусировки волн, используемая в том числе при оценке методами неразрушающего контроля, технической диагностике, при сейсмологическом анализе и т.п. Когда волновые сигналы, записанные несколькими преобразователями, обращаются по времени и отправляются обратно в среду, самофокусировка волны происходит в исходном источнике волны. В работах М.Финка и его коллег [1-2] представлена концепция зеркала с обращением времени. Акустика с обращением времени применяется не только для фокусировки акустических волн в нужном месте и времени, но также и для локализации неизвестных источников волн или рассеивателей в различных средах.

Волны Лэмба предлагают эффективный инструмент для обнаружения и локализации повреждений в сегментах трубопроводов, поскольку они могут распространяться на относительно большие расстояния. Однако, поскольку расстояние распространения становится больше, временное разрешение сигналов волн Лэмба имеет тенденцию быть ниже из-за их дисперсии и мультимодальных характеристик. Чтобы преодолеть эту трудность, в исследованиях команды Н.Мориа из Гонконгского политехнического университета были предложены методы обработки сигналов, такие как компенсация дисперсии [3], двумерное преобразование Фурье и волновое-преобразование [4]. Эти подходы эффективно работают для определения времени прихода мод дисперсионной волны или для разложения измеренного сигнала на различные моды, но требуют дополнительного априорного изучения дисперсии и мультимодальных характеристиках.

В последние годы временная фокусировка волн Лэмба привлекает внимание при обнаружении повреждений пластинчатых структур. Теоретические исследования выявили, что дисперсионный эффект моды A0 компенсируется при обратном распространении. Также было показано, что сигнал основной моды (то есть обращения времени сигнала, полученный посредством процесса обращения времени) сопровождается несколькими боковыми полосами из-за мультимодального эффекта волн Лэмба. Наличие возможного повреждения можно оценить по индексу повреждения, который основан на разнице между входным и восстановленным сигналами в процессе обращения времени. По сути, этот метод может непосредственно обнаруживать только повреждения, расположенные между излучателем и приемником, хотя алгоритм восстановления вероятности (RAPID) был включен в метод обращения времени для преодоления этой трудности.

Целью данного теоретического исследования является предложение метода обращения волн Лэмба для локализации повреждений в сегментах трубопроводов без использования базовых данных. Для этого преобразование мод, вызванное повреждением, включается в процесс обращения времени. Двойные преобразователи прикреплены симметрично на обеих поверхностях трубопровода, чтобы избирательно излучать и принимать симметричные (S_0) и антисимметричные (A_0) моды самого низкого порядка в низкочастотном диапазоне. Локализация повреждений выполняется путем численного моделирования с обратным временем (TR) рассеянной модой рассеянной волны Лэмба.

Сигналы волны Лэмба в сегменте трубопровода с дефектом численно моделируются методом эластодинамического конечного интегрирования (EFIT) [5] вместо фактического измерения. Когда мода Лэмба, которая соответствует моде испускаемой волны в поврежденном сегменте, пики фокусировки не появляются в месте дефекта без извлечения сигналов рассеянной волны с использованием базовых данных для неповрежденной части сегмента трубопровода. Однако предлагаемый метод, а именно обращение времени рассеянной волны с преобразованием мод, позволяет фокусироваться в месте повреждения без базовых данных. Выявлено, что предлагаемый способ создает сфокусированные пятна в дефектной зоне трубопровода, размеры которых связаны с размером дефекта и половинной длины волны моды обращения времени волной. Предложенный способ показал потенциал для достижения локализации повреждения в относительно сложной структуре трубопроводов, такой как часть сегмента с отверстиями сквозной толщины [6]. В будущих исследованиях необходима экспериментальная проверка для обсуждения применимости предлагаемого метода к локализации повреждений для реальных конструкций трубопроводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. M.Fink, Time reversal of ultrasonic fields—Part I: basic principles, IEEE Trans.Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control 39 (1992) 555–566.

2. P.Roux, M.Fink, Time reversal in a waveguide: study of the temporal and spatial focusing, J. Acoust. Soc. Am. 107 (2000) 2418–2429.

3. P.D.Wilcox, A rapid signal processing technique to remove the effect of dispersion from guided wave signals, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control 50 (2003) 419–427.

4. K.Kishimoto, H.Inoue, M.Hamada, T.Shibuya, Time frequency analysis of dispersive waves by means of wavelet transform, J. Appl. Mech. 62 (1995) 841–846.

5. P.Fellinger, R.Marklein, K.J.Langenberg, S.Klaholz, Numerical modeling of elastic wave propagation and scattering with EFIT—elastodynamic finite integration technique, Wave Motion 21 (1995) 47–66.

6. N.Moria, Sh.Biwab, T.Kusakaa, Damage localization method for plates based on the time reversal of the mode-converted Lamb waves, Ultrasonics 91, Hong Kong Polytechnic University Department of Mechanical Engineering, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong, (2019) 19–29, rev.ISSN: 0041-624X

PIPELINE DAMAGE LOCALIZATION METHOD BASED ON MODES CONVERSION OF LAMB WAVES

Ibadov A.A, Sergeeva D.V., Kondratiev A.E.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Key words: vibroacoustic control, Lamb waves, housing and communal services pipeline, fashion speed.

A damage localization method is proposed based on time-reversal focusing of an individual Lamb wave mode for a part of the pipeline, which is considered as a segment with an asymmetric defect in the thickness direction. Damage localization is achieved by numerical simulation with inverse time (TR) of the mode-converted Lamb wave generated at the defect. The method of three-dimensional elastodynamic finite integration (EFIT) is considered.

LAMB DALGALARININ KONVERSİYASİYA MODLARINA GƏLƏN KƏMƏR ZƏMƏRİNİN YERLƏŞDİRİLMƏSİ ÜSULU

Ibadov A.A, Sergeeva D.V., Kondratiev A.E.

Kazan Dövlət Enerji Mühəndisliyi Universiteti, Kazan, Rusiya

Açar sözlər: vibroakustik nəzarət, Quzu dalğaları, mənzil və kommunal xidmətlər boru kəməri, moda sürəti.

Qalınlıq istiqamətində asimmetrik bir qüsuru olan bir seqment kimi qəbul edilən boru kəmərinin bir hissəsi üçün fərdi bir Quzu dalğa rejiminin vaxtın geri çevrilməsinə əsaslanan bir zərər lokallaşdırma metodu təklif olunur. Zərərin lokalizasiyası, qüsurda yaradılan rejimə çevrilmiş Quzu dalğasının tərs vaxtı (TR) ilə ədədi simulyasiya ilə əldə edilir. Üç ölçülü elastodinamik sonlu inteqrasiya (EFIT) metodu nəzərdən keçirilir.

ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЕ(SPS), КАК ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ СИНТЕЗА КЕРАМИКИ SiC-AlN.

Кардашова Г.Д., Сафаралиев Г.К.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала, Россия.

gulya-ka11@yandex.ru

Ключевые слова: (SiC-AlN)-керамика, искровое плазменное спекание, параметры уплотнения, пористость, упругость, модуль Юнга.

В работе приведены основные преимущества метода искрового плазменного спекания (SPS) в сравнении с классическим методом горячего прессования для получения высокоплотной керамики на основе карбида кремния. Рассмотрены возможности получения высокоплотной керамики путем варьирования концентрационного состава исходных порошков. Представлены результаты исследования влияния концентрационного состава на плотность SiC-AlN керамических композитов.

В 21 веке происходит быстрая модернизация всех технологий получения многофункциональных композитов нового поколения для использования их при создании изделий и конструкций с увеличенным ресурсом эксплуатации в экстремальных условиях (высокие температуры, большой градиент температур, высокая радиация, стойкость к агрессивным средам). Одним из наиболее твердых материалов, соответствующим столь жестким требованиям, является карбид кремния (SiC).

Пригодность керамики на основе карбида кремния для использования в широком спектре современного производства определяется совокупностью физических и химических свойств соединений, составляющих ее основу, таких, как высокая сопротивляемость к механическим напряжениям, способность переносить значительные силовые и тепловые нагрузки в условиях агрессивных сред, высокой теплопроводности, высокого электрического сопротивления. Совокупность таких физико-механических свойств определяет ее технологические перспективы.

Карбид кремния приобретает свою чрезвычайную твердость благодаря своей сложной кристаллической структуре с ковалентным типом связи между атомами кремния и углерода. Эта связь и является причиной высокого модуля упругости, который на порядок выше, чем у металлов. Однако получение керамики из SiC с требуемым набором физико-механических свойств затрудненно без применения спекающих добавок. Введение модифицирующих добавок активизирует процессы спекания, изменяя процессы структурообразования при консолидации материалов. При этом возможно снижение температуры спекания и повышение свойств готовых образцов. Поэтому для спекания карбида кремния применяют активирующие добавки. Наиболее близким к SiC по параметрам кристаллической решетки (отличие составляет 1 %), по типу связи между атомами, показателю теоретической плотности и молекулярному весу является нитрид алюминия AlN. В широком композиционном диапазоне эти соединения могут образовывать твердые растворы, так как обладают схожей структурой и одинаковыми высокотемпературными свойствами [4,5,7-9].

Известные традиционные методы спекания керамики на основе карбида кремния, такие как горячее прессование, жидкофазное спекание, реакционное спекание и др, хотя и

позволяют получить керамические материалы с требуемым набором физических свойств, но являются энергозатратными и трудоемкими и не обеспечивают необходимую массовость производства, что делает эти материалы дорогостоящими, несмотря на доступность и относительную дешевизну исходных компонентов.

Решение упомянутых проблем видится в применении метода искрового плазменного спекания (Spark Plasma Sintering, SPS) для данной системы, как инновационной технологии консолидации порошковых материалов на основе карбида кремния. Поэтому целью данной работы является получение керамики SiC-AlN методом SPS с высоким уровнем физико-механических свойств, установление закономерностей влияния концентрационного состава исходных микропорошков на плотность полученных образцов. Роль нитрида алюминия в данном решении заключается не в его участии в образовании однофазного материала на основе твердых растворов SiC-AlN, а в создании эффективного препятствия росту зерна карбида кремния [6].

В качестве исходных сырьевых материалов в работе использовали порошки карбида кремния и нитрида алюминия в различных пропорциях и тщательно смешивались. Были подготовлены SiC-AlN-составы порошков с содержанием AlN 10, 40, 60 и 90 вес.%.

Формование и спекание смеси порошков путем пропускания через заготовку электрического тока осуществлялось в цилиндрических пресс-формах внутренним диаметром 15 мм, изготовленных из изостатического графита И-3, с использованием дополнительного слоя графитовой бумаги между матрицей и порошковой засыпкой и между графитовыми пуансонами и порошком для предотвращения реакции между порошком и материалом оснастки. Загрузка порошка – 4.2 г. Контроль температуры осуществляли оптическим пирометром. Параметры спекания были выбраны следующие: температура спекания 1800 ºС; давление прессования 50 МПа; атмосфера – вакуум (остаточное давление 0.5Па – 0.1Па); длительность спекания при рабочей температуре 2 мин; выход на режим до температуры спекания 100 ºС/мин. Спекание проводили при приложении постоянного давления к порошку в течение всего времени. Охлаждение образцов проходило свободно в камере.

Используя известные технологические приемы [1,10], были получены опытные образцы керамики 4-х составов. Полученные спеченные образцы извлекали из пресс-формы, отчищались от налипаний графитовой бумаги шлифованием на ручном станке алмазными пастами дисперсностью 28–14 и 14–10 мкм в течение 5-10 минут и готовились к изучению на плотность (рисунок 1).

Рисунок 1. Образцы керамики, полученные методом SPS.

Свойства керамик связаны, прежде всего, с изменением их микроструктуры и задаются особенностями и размерами зерен, характером и плотностью их упаковки. Однако, в объеме керамических материалов всегда присутствует большое количество пор и включений с размерами от нескольких микрон до десятков и даже сотен микрон. И их присутствие, вовсе не означает, что должно происходить ухудшение свойств. Предполагается, что при определенном распределении пор и включений, керамический материал способен сохранять

высокие прочностные и упругие свойства. Для проверки гипотезы были исследованы керамические образцы SiC-AlN различной плотности и пористости.

В процессе спекания при нагревании порошкового тела происходит уменьшение его линейных размеров (линейная и объёмная усадка) и, как следствие, сокращение числа и объема пор в результате их зарастания. В нашем случае для разных составов порошков ранняя стадия уплотнения экспериментально наблюдалась при различных температурах. Так, для состава SiC (10 % вес.) - AlN (90 % вес.) усадка начиналась с температуры 1150 ˚С, для SiC (40 % вес.) - AlN (60 %вес.) - с Т=1290 ˚С, для SiC (60 % вес.) - AlN (40 %вес.) – с Т=1330 ˚С, для SiC (90 % вес.) - AlN (10 %вес.) – с Т=1400 ˚С. И, если для составов с AlN до 60 вес.% скорость усадки быстро падала, то для состава с 90% AlN усадка наблюдалась на протяжении всего режима выхода до температуры спекания.

На полученных образцах методом гидростатического взвешивания были измерены плотности и рассчитаны значения истинной пористости. Представленные в таблице 1 и на рисунке 2 значения дают представление об изменении плотности формируемых образцов в зависимости от состава композита.

Таблица 1. Исходные параметры, плотность и пористость керамики SiC-AlN.

№ обр.	Керамика SiC-AlN, % масс.	Диаметр D, мм	Высота h, мм	Масса, m, г	Кажущаяся плотность, $\rho * 10^3$, г/м^3	Пористость, П, %
1	AlN (10 %)	12,765	1,639	0,5293	2528	18,68
2	AlN (40 %)	12,760	1,650	0,6203	2932	5,59
3	AlN (60 %)	12,759	1,661	0,6540	3081	1,80
4	AlN (90 %)	12,740	1,660	0,6682	3156	1,80

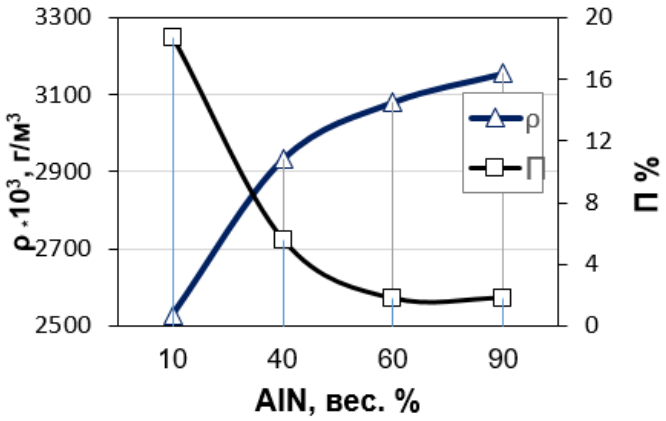


Рис.2. Концентрационная зависимость плотности и пористости керамики SiC-AlN, полученной методом SPS.

Из рисунка 2 видно, что с увеличением концентрации AlN плотность увеличивается, что согласуется с данными для керамики, полученной при более высоких температурах другими методами спекания. [2.3]. Добавление 40% AlN заметно повышает плотность керамики SiC-ALN и понижает, соответственно, пористость.

Из полученных образцов был отобран образец с высокой плотностью для изучения упругих свойств при комнатной температуре методом резонансной ультразвуковой спектроскопии (RUS). Так как для исследуемой керамики характерен ковалентный тип межатомных взаимодействий, то она будет проявлять максимальную прочность и минимальную сжимаемость. Для образца SiC (10%)- AlN (90 %) с наибольшей плотностью

получено значение модуля Юнга 298,04 ГПа, коэффициент Пуассона- 0,2367 и объемный модуль упругости - 188,6 ГПа. Как и подавляющее большинство керамических материалов, полученный материал характеризуется высоким модулем Юнга ~300·ГПа.

Оценка в рамках единого подхода упругих параметров исследуемой керамики представляется важной как для анализа их изменения в зависимости от состава и плотности, так и для прогноза механических свойств многокомпонентных материалов.

Таким образом, применение метода SPS обеспечивает получение высокоплотных керамических материалов, а сам процесс ЭИС является энергоэффективным и экономически выгодным.

Представленные результаты показывают, что SPS методом из порошка микронной фракции могут быть получены высокоплотные образцы керамики на основе карбида кремния с высокой плотностью и упругими модулями, что говорит о перспективности применения данного метода для экономичного производства высококачественных керамических изделий с прогнозируемыми свойствами для перспективных приложений в высокотемпературных трактах реактивных двигателей и продления ресурса безопасной эксплуатации электроники в экстремальных условиях. Исследования этих перспективных результатов продолжаются, и ведутся эксперименты с более мелкодисперсным сырьем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grasso S, Sakka Y, Maizza G. Electric current activated/assisted sintering (ECAS): a review of patents 1906-2008. Sci Technol Adv Mater. 2009;10(5):053001. Published 2009 Nov 20.

2. Gu, J.; Sang, L.; Pan, B.; Feng, Y.; Yang, J.; Li, X. Thermal Conductivity and High-Frequency Dielectric Properties of Pressureless Sintered SiC-AlN Multiphase Ceramics. *Materials* 2018, *11*, 969.

3. G D Kardashova and Sh Sh Shabanov. /2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 525 012020.

4. Huang, J.-L.,Jih J.-M. Investigation of SiC–AlN system: Part I. Microstructure and solid solution. J. Mater. Res. Vol. 10, № 3. 1995, p. 651–658.

5. Huang, J.-L.,Jih J.-M. Investigation of SiC–AlN system: Part II. Mechanical properties. J. Am. Ceram. Soc. Vol. 79, № 5. 1996, p. 1262–1264.

6. Hotta M. and Hojo J., Inhibition of grain growth in liquidphase sintered SiC ceramics by AlN additive and spark plasma sintering, J. Eur. Ceram. Soc., 30(2010), No. 10, p. 2117

7. Li J.-F., Watanabe R. Pressureless sintering and high-temperature strength of AlN–SiC ceramics. J. Ceram. Soc. Jpn, Int. Ed. Vol. 102, № 1188. 1994, p.727–731.

8. Pan, Y., Tan S., Jiang D. [et al.] In-situ characterization of SiC–AlN multiphase ceramics. Journal of Materials Science. Vol. 34, № 21. 1999, p. 5357–5360.

9. Rafaniello, W., Plichta M. R., Virkar A. V. Investigation of phase stability in the system SiC–AlN. J. Am. Ceram. Soc. Vol. 66, № 4. 1983, p. 272–276.

10. Tokita M. Spark plasma sintering (SPS) method, systems and applications. In: Handbook of Advanced Ceramics. Chapter 11.2.3. 2013, p. 1149–1177.

SPARK PLASMA SINTERING (SPS) AS AN INNOVATIVE SOLUTION OF SYNTHESIS OF SiC-AlN CERAMICS

Kardashova G.D., Safaraliev G.K.
Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Key words: (SiC-AlN) -ceramics, spark plasma sintering, compaction parameters, porosity, elasticity, Young's modulus.

The paper presents the main advantages of the spark plasma sintering (SPS) method in comparison with the classical hot pressing method for obtaining high-density ceramics based on silicon carbide. The possibilities of obtaining high-density ceramics by varying the concentration composition of the initial powders are considered. The results of studying the effect of the concentration composition on the density of SiC-AlN ceramic composites are presented.

QIĞILCIM PLAZMALI SINTERLƏŞDIRMƏ SiC-AlaN KERAMIKA NIN SINTEZINDƏ BIR INNOVATIK HƏLL KIMI

Kardaşova G.D., Səfərəliyev Q.K.
Dağıstan Dövlət Universiteti, Rusiya

Açar sözlər: (SiC-AlN) - keramika, qığılcım plazma sinterləşdirmə, sıxılma parametrləri, gözeneklilik, elastiklik, Yung modulu.

Məqalədə qığılcım plazma sinterləmə (SPS) metodunun silikon karbid əsaslı yüksək sıxlıqlı keramika əldə etmək üçün klassik isti presləmə üsulu ilə müqayisədə əsas üstünlüklərini təqdim edir. İlkin tozların konsentrasiya tərkibini dəyişdirərək yüksək sıxlıqlı keramika əldə etmək imkanları nəzərdən keçirilir. Konsentrasiya tərkibinin SiC-AlN keramika kompozitlərinin sıxlığına təsirinin öyrənilməsinin nəticələri təqdim edilmişdir.

СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА ОТ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Российская Федерация
dil.avp@mail.ru

Ключевые слова: солнечный коллектор, горячее водоснабжение, теплообмен, отопление.

Одним из путей решения проблем рационального использования ресурсов является использование возобновляемых источников энергии, например, энергии солнца. В данной статье рассматривается теория использования солнечных коллекторов в отопительных системах жилых помещений, общественных зданий и других объектов. На основе анализа имеющейся литературы выбран коллектор с наиболее оптимальными теплофикационными свойствами.

Солнечный коллектор - устройство, работающее по принципу гелиоустановки, которая может нагревать материал, использующийся в качестве теплоносителя. Существует большое количество самых разнообразных систем, использующих солнечную энергию. Все они отличаются не только своей конструкцией, но и объемом энергии, которую они могут вырабатывать. Они могут эффективно применяться в совмещенных системах отопления горячего водоснабжения, системах автономного электро- и теплоснабжения жилых и производственных помещений [1].

Использование солнечных коллекторов в совмещенных системах отопления горячего водоснабжения будет наиболее эффективным в районах с высокими среднегодовыми значениями интенсивности солнечной радиации и большом количестве солнечных дней в году. Например, в Республике Татарстан Мензелинский район является самым солнечным (порядка 2066 св.ч.), что дает солнечную радиацию за год примерно 3900 МДж/м^2. В случае, когда нагрев воды в коллекторе оказался недостаточным, ее можно догреть в водонагревателе при работе генератора тепла [1], [2].

На основе изученной литературы, был выделен солнечный коллектор с наиболее оптимальными теплофикационными свойствами и относительной простотой конструкции. Корпус коллектора содержит прозрачное остекление, лучепоглащающий лист, ряд нагревательных трубок и выполнен из материала, имеющего коэффициент теплопроводности не более 0,15 Вт/(м^2 · °С). Коллектор также имеет теплоизоляцию, выполненную из материала с коэффициентом теплопроводности не более 0,036 Вт/(м^2 · °С). Нагревательные трубы коллектора выполнены в виде змеевика [3].

Различают плоские и вакуумные коллекторы. В случае, когда солнечный коллектор используется для отопления, можно использовать оба типа, но когда коллектор используется для индивидуальных проектов, целесообразнее использовать вакуумный тип [4].

Обычно в качестве теплоносителя для бытовых и промышленных систем отопления используется вода, однако ее высокая температура кристаллизации (0 °С) может приводить к «размораживанию» системы отопления в зимний период или же при использовании солнечных коллекторов в холодных регионах. Поэтому в таких условиях рациональнее применять водно-гликолевые смеси, имеющие температуру кристаллизации до -70 °С [5].

Для достижения максимальной практической пользы от использования солнечных коллекторах в системах подготовки горячей воды (ГВС) рациональнее применять их не в качестве источника ГВС, а лишь в качестве устройства для подогрева воды, которая подается в отопительную установку. При таком варианте использования расход топлива будет снижен и будет обеспечена бесперебойная подача горячей воды, что позволит снизить расход средств на ГВС и отопление дома, если он используется для постоянного проживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 93048655/06, 21.10.1993

2. Калинина, М. В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан / М. В. Калинина, А. Е. Кондратьев // Молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения». - КГЭУ, 2018. – Т.2. – С. 181-182.

3. Патент РФ № 2011130485/06, 21.07.2011

4. Калинина, М. В. Оценка эффективности применения солнечных коллекторов разных модернизаций / М. В. Калинина, А. Е. Кондратьев // Международная молодежная научная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам. - ПГТУ, 2018. – Ч.2. – С. 93-94.

5. Патент РФ № 2013141890/05, 13.09.2013

HEAT SUPPLY SYSTEMS FOR A RESIDENTIAL BUILDING FROM SOLAR COLLECTORS

Makueva D.A., Shaikhutdinov Ya.O., Kondratiev A.Y. (scientific leader)

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia Federation

Key words: solar thermal collector, domestic hot water, heat transfer, central heating.

One of the ways to solve the problems of rational use of resources is the use of renewable energy sources, for example, solar energy. This article discusses the theory of using solar collectors in heating systems of residential premises, public buildings and other facilities. Based on the analysis of the available literature, a collector with the most optimal heating properties was selected.

YAŞAYIŞ BİNANIN GÜNƏŞ KOLLEKTORLU İSTİLİK TƏCHİZATI SİSTEMLƏRİ

Makueva D.A., Shayxutdinov Y.O., Kondratyev A.Y.

Federal Peşə Təhsili Federal Dövlət Büdcə Təhsil Təşkilati
Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya Federasiyası
muravyevgleb@mail.ru

Açar sözlər**:** Günəş Kollektoru, isti su təchizatı, istilik mübadiləsi, istilik.

Resurslardan səmərəli istifadə problemlərini həll etməyin yollarından biri də günəş enerjisi kimi bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə etməkdir. Bu məqalədə yaşayış binalarının, ictimai binaların və digər obyektlərin istilik sistemlərində günəş kollektorlarının istifadəsi nəzəriyyəsi müzakirə olunur. Mövcud ədəbiyyatın təhlilinə əsasən ən optimal istilik xüsusiyyətlərinə malik bir kollektor seçildi

. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУНЫХ РЕЖИМОВ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1КВ и 6,10КВ

Муравьев Г. Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Российская Федерация
muravyevgleb@mail.ru

Ключевые слова: кабельная линия, электроснабжение, эксплуатационные характеристики.

Цель исследования - определение эксплуатационных характеристик кабельных линий, используемых в нефтегазовой отрасли. В статье рассматриваются технические параметры

кабельных линий в зависимости от температуры нагрева, материала жилы и изоляции, типа прокладки и уровня напряжения.

Любые промышленные изделия, включая кабельную и проводную продукцию для энергетики, принято классифицировать и описывать строго по определённым критериям, которые называют техническими характеристиками. Они позволяют оптимально выбрать конкретную модель из большого разнообразия имеющихся изделий, обеспечить ее длительную и бесперебойную работу.

Для кабельных линий (КЛ) следует выделить эксплуатационные параметры в зависи мости от температуры нагрева и материла изоляции.

Для системы электроснабжения включает в себя различные виды электрооборудования (аппараты, агрегаты и др., предназначенные для преобразования электрической энергии в другой вид энергии). Электрическое оборудование в процессе эксплуатации оказывается под воздействием разнообразных факторов: повышенной влажности, агрессивных сред, пыли, неблагоприятных атмосферных явлений, а также механических и электрических нагрузок. При этом изменяются основные свойства материалов электроустановок, что обусловливает возникновение коротких замыканий, вызывающих отключение электроустановок или электрических сетей, т.е. перерывы в подаче электрической энергии. Перерывы в электроснабжении приводят к простою производства, снижению объема выпуска продукции, увеличению затрат из-за порчи основного технологического оборудования и др. Следует учитывать, что существуют технологические процессы, не допускающие даже кратковременного перерыва в электроснабжении аварийные остановки и повторное включение насосного оборудования отрицательно влияют на общий ресурс его работы. В некоторых случаях неконтролируемый запуск приводит к поломке оборудования.

Важным элементом СЭС является линия электропередачи (ЛЭП). Говоря о повышении надежности электроснабжения потребителей, стоит акцентировать внимание на видах и классах изоляции кабельных линий, так как они снижают фактор внешнего взаимодействия с токоведущей жилой.

Рассмотрим особенности КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена (СШЭ), поливинилхлорида (ПВХ) и бумаги (БП). Для наглядности воспользуемся графиками зависимости температур жил кабелей от длительно допустимого тока, взятого в процентном отношении к справочному значению.

Исследование проведем по выражению (1) [4]:

$$I_{\text{доп}} = I\sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{окр}}}{t_{\text{ж}} - t_{\text{окр}}}} \qquad (1)$$

Преобразовав выражение, получим (2):

$$t_{\text{ж}} = \frac{I^2(t_{\text{доп}} - t_{\text{окр}})}{I_{\text{доп}}^2} - t_{\text{окр}} \qquad (2).$$

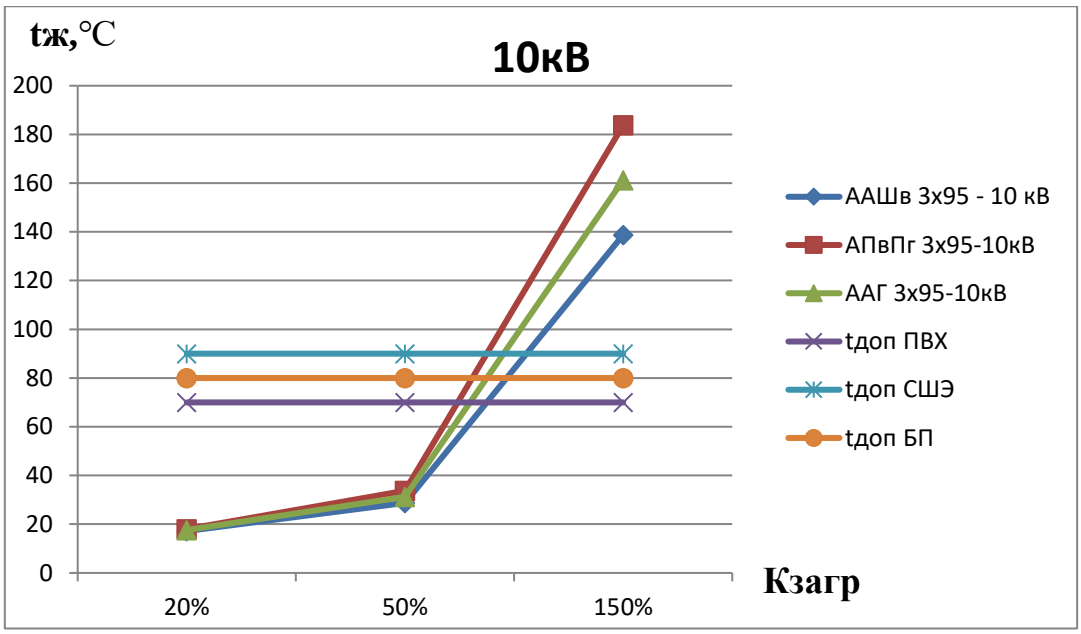


Рисунок 1 – Зависимость величины температуры жилы от коэффициента загрузки КЛ 10кВ.

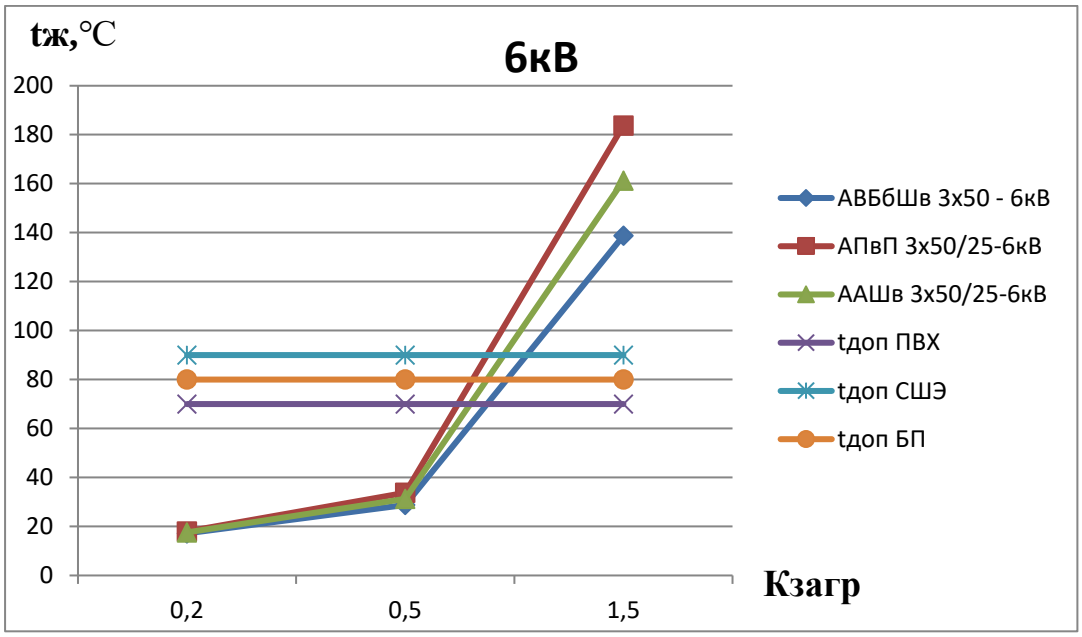


Рисунок 2 – Зависимость величины температуры жилы от коэффициента загрузки и изоляции КЛ 6кВ.

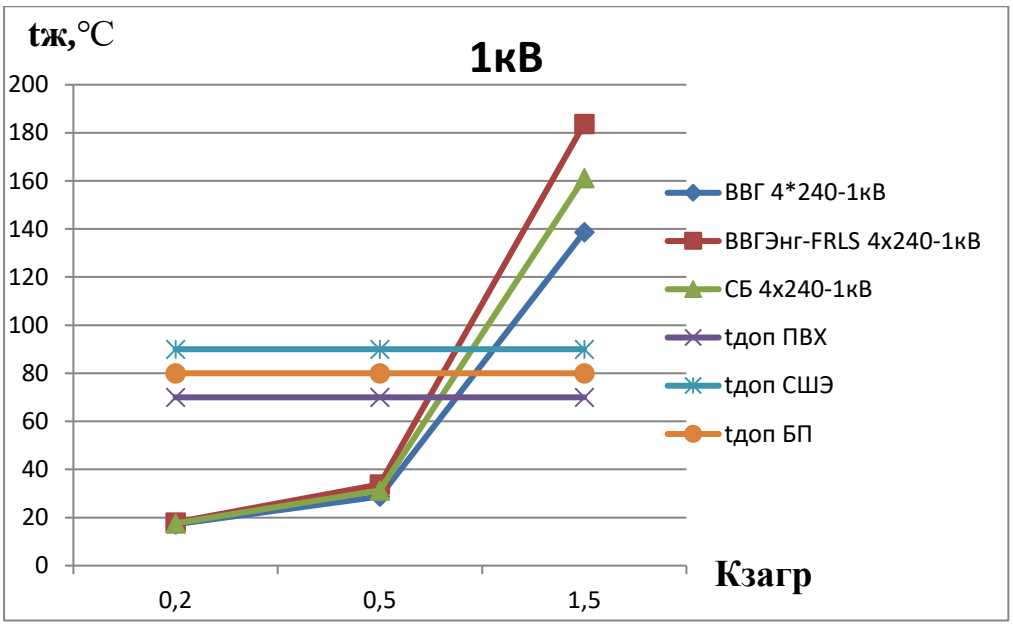


Рисунок 3 – Зависимость величины температуры жилы от коэффициента загрузки и изоляции КЛ 1кВ.

Таблица 1 – Значение допустимого длительного тока для исследуемых КЛ.

Тип КЛ	Iдоп, А	20% Iдоп, А	50% Iдоп, А	150% Iдоп, А
ААШв 3х95 - 10 кВ	134	26,8	67	201
АПвПг 3х95-10кВ	195	39	97,5	292,5
ААГ 3х95-10кВ	134	26,8	67	201
АВБбШв 3х50 - 6кВ	130	26	65	195
АПвП 3х50/25-6кВ	148	29,6	74	222
ААШв 3х50/25-6кВ	149	29,8	74,5	223,5
ВВГ 4*240-1кВ	132	26,4	66	198
ВВГЭнг-FRLS 4х240-1кВ	363	72,6	181,5	544,5
СБ 4х240-1кВ	455	91	227,5	682,5

Таким образом, проанализировав первый график, мы можем увидеть, что температура жил кабеля с изоляцией из СШЭ АПвПг 3х95-10кВ выше, чем у ААШв 3х95-10кВ и ААГ 3х95-10кВ на различных этапах загруженности линии. Так же, стоит отметить, что чем больше значение длительно допустимой температуры жилы, зависящей от класса изоляции КЛ, тем больше значение температуры при возрастании токовой нагрузки. При нагрузке линии на 20 и 50% исследуемый параметр имеет разницу в 0,5-1℃.

Следовательно, можно сделать вывод, что кабель с изоляцией из СШЭ стоит рассматривать в СЭС высокого уровня надежности, так как он имеет самую высокую допустимую температуру нагрева жил, что позволяет обеспечивать крупного потребителя электрической энергией. В менее надежных условиях снабжения нужно обратить внимание на кабельную продукцию с БП и ПВХ изоляцией, так как они имеют более низкие значения температуры жилы при аварийном режиме.

Обращая внимание на графические зависимости рисунков 2,3, можно сделать вывод, что они идентичны графической зависимости рисунка 1.

В статье рассмотрены КЛ с медными и алюминиевыми токоведущими жилами с различными типами прокладки и сечением, температура которых изменяется в зависимости от класса изоляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатова В. М. Сравнительный анализ эксплуатационных характеристик современных высоковольных кабелей // Вестник Казанского технологического университета. 2012. №19. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-ekspluatatsionnyh-harakteristik-sovremennyh-vysokovolnyh-kabeley (дата обращения: 27.09.2020).

2. Грачёв А. С. О повышении надежности кабельных линий распределительных сетей 10 кВ агропромышленного комплекса // Вестник Марийского государственного университета. 2011. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/o-povyshenii-nadezhnosti-kabelnyh-liniy-raspredelitelnyh-setey-10-kv-agropromyshlennogo-kompleksa (дата обращения: 28.09.2020).

3. Кабельно поисковая система [Электронный ресурс] // URL: http://www/k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyie/s-bumajnoi-izolyaciei/aabl-1kv/ (дата обращения: 27.09.2020).

4. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения / Под ред. И. А. Баумштейна, С. А. Бажанова; Сост. Б. А. Астахов [и др.]. - Москва: Энергоатомиздат, 1989.

INVESTIGATION OF TEMPERATURE REGIMES CABLE LINES TENSION UP TO 1 KV AND 6.10 KV

Muravyov G.G.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia Federation
muravyevgleb@mail.ru

Key words: cable line, power supply, operational characteristics.

The purpose of the study is to determine the operational characteristics of cable lines used in the oil and gas industry. The article discusses the technical parameters of cable lines, depending on the heating temperature, core material and insulation, type of laying and voltage level.

1KV VƏ 6, 10 KV GƏRGINLIYƏDƏK OLAN KABEL XƏTTLƏRININ TEMPERATUR REJIMLƏRININ TƏDQİQİ

Muravyev Q,Q,
Federal Peşə Təhsili Federal Dövlət Büdcə Təhsil Təşkilati
Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya Federasiyası
muravyevgleb@mail.ru

Açar sözlər: kabel xətti, enerji təchizatı, istismar xüsusiyyətləri.

Tədqiqatın məqsədi istehlakçılara enerji təchizatı zamanı istifadə olunan istilik kabel xətlərinin istismar xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirməkdir. Cari yükdən asılı olaraq əsas temperatur dəyişikliyini təhlil edin.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ РЕАКТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА

Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия
gulfia999@gmail.com, aekondr@mail.ru

Ключевые слова: биогаз, экологически безопасные, мезофильный режим, биогазовая установка, реактор, термофильный режим

На сегодняшний день нет конкретного вида утилизации органических отходов, которые бы не влияли пагубным образом на окружающую среду. Но благодаря развитию альтернативных источников энергии, решается проблемы пополнения парниковых газов в атмосфере и сокращения потребления ископаемого вида топлива. Кроме того, результатом является получение неиссякаемого источника биотоплива в виде энергии, постоянно возобновляющего и эффективно воздействующего на плодородие почвы – удобрения. Рассматриваются современные технологии переработки органического сырья, их различия по конструкции в зависимости от перерабатываемого вида отхода, отличительные особенности по нагрузке и работе реактора, режимов поддержания температуры, подачи сырья и производительной мощности.

В настоящее время теплоэнергетика стала наиболее базовой областью современного хозяйства и для ее модернизации уделяется особое внимание. На данный момент активно идет развитие альтернативных источников энергии. Существует много причин, как с экономической, так и с экологической точки зрения, перехода на этот вид топлива и на ограничение традиционного.

Из всех известных нетрадиционных источников особенно выгодны биогазовые технологии, из-за их высокой экологической безопасности, а так же независимости от погоды, сезонности, кроме того, установка для получения биогаза может работать в круглосуточном и круглогодичном циклах.

Переработка сырья в биореакторе не составляет особой сложности, но для того, чтобы обеспечивалась его стабильная и бесперебойная работа, необходимо грамотно отнестись к начальным расчетам и выбору типа установки. Органическое сырье бывает различного типа и

поэтому подбор оборудования приобретает зависимость от отходов, которые различаются по консистенции, уровню влажности и химическому составу, а именно преобладание углерода над азотом.

Такая установка известна еще с давних времен, и это доказывает, что конструкция наиболее проста в применении, но в настоящее время применение энергоэффективных современных технологий позволяет значительно улучшить производительность работы при получении высококачественного продукта переработки биоотходов.

Рассмотрев современные технологии биореакторов, возможно выбрать наиболее оптимальный вариант установки перерабатываемого сырья. В настоящее время наиболее популярными являются:

1) Вертикальные реакторы vCSTR, производительной мощностью от 1 до 10 МВт. Конструкция довольно компактная и не занимает много места, поэтому особенное применение наблюдается в предприятиях пищевой промышленности, не обладающие обширной территории. Так же отличительной особенностью является то, что для стабильной работы необходимо больше специалистов, способных обслуживать более сложные процессы. Наиболее отличительной способностью является: высота самого реактора больше его диаметра, удаление серы осуществляется активированным углем, мешалка, расположенная в центре купольного вида, подогрев происходит во внешнем теплообменнике, охлаждение биогаза в чиллере. Подходит для сахарного и фруктового жома, пивной дробины, барды. Также имеется несколько реализованных объектов в РФ.

2) Высоко-нагружные реакторы HRL, производственной мощностью от 2,4 до 30 МВт. Подходит для такого типа сырья, как кукурузный силос, травы и соломы, то есть высокоуглеродистых веществ. Для них происходит более полное разложение органики и выделение тепла. Более полное разложение дает и повышенные выходы биогаза из тонны субстрата. В отличие от классического реактора, высоко-нагруженный реактор нужно не греть, а охлаждать. Отличительная особенность: высокая нагрузка органического сухого вещества до 15 кг/м^3 реактора, работа реактора осуществляется в термофильном режиме 44-55 ^{o} С, подогрев трубами на стенках внутри реактора, удаление серы активированным углем, высокое содержание сухих веществ в реакторе, подача сырья шнеками, происходит не только нагрев сырья, но и охлаждение.

3) Классическая технология CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor). Наиболее подходящая для органических отходов, полученных от ферм для переработки различных видов навоза и помета, содержанием сухих веществ в реакторе от 4 до 7 % , производственной мощностью от 100 КВт до 2,4МВт. Подача сырья производится насосами или погрузчиками, работа производится при мезофильном режиме (33-40 о С). Птичий помет производит переработку только с дополнительным реактором гидролиза из-за особого химического состава и повышенной кислотности сырья, благодаря реактору бактерии не погибают из-за повышения содержания кислот или щелочей.[1,2]

Применение экологически чистой высококачественной аграрной продукции при применении биологических, а не химических удобрений станет благоприятно воздействовать для жителей в целом. Использование данной технологии менее опасно по сравнению с невозобновляемыми источниками энергии по отношению воздействия на окружающую среду, что доказывает целесообразным - постепенный переход на этот вид топлива.[3]

Анализ работы предполагаемых технологий показывает, что наиболее эффективной из предложенных, является классическая технология. Органические отходы в сельском

хозяйстве образуются в больших количествах и наносят экологической обстановке серьезный урон. Это объясняется тем, что в составе данного органического сырья высокое преобладание аммиака над другими веществами (по уровню загрязнения в 10 раз больше нормируемого), что оказывает пагубное влияние на экологию в сравнении с твердыми бытовыми отходами. Установка CSTR проста в обслуживании. Использование данной технологии менее опасно по сравнению с невозобновляемыми источниками энергии по отношению воздействия на окружающую среду, что в целом доказывает целесообразность переход на биоректоры.[4,5]

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Е.Кондратьев, Г.Р. Мустафина Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрики. Сборник:Экологическая безопасность в техносферном пространстве. Сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2020. С. 88-90

2. Ахметгалиев И.Ф. Вопросы утилизации органических отходов крупного рогатого скота с получением биогаза. Материалы XIV международной молодежной научной конференции по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола ПГТУ,2019. С. 78-80.

3. Загретдинова А.Р. Использование биогазовых установок в однородном хозяйстве. Сборник: Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях. Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Под общей редакцией С.В. Юдиной. 2017. С.150-151.

4. А.Р.Загретдинова., А.Е.Кондратьев. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза. Научному прогрессу – творчеству молодых. Международная молодежная научная конференция по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола ПГТУ,2016. С. 176-177.

5. Шерстнев В.И., Бородихина Е.В., Мифтахутдинов И.Д., Токманцев Д.В. Биогазовая технология – будущее экологической энергетики. Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобнавляемые источники энергии / Шерстнев В.И. – Екатеринбург, 2015. – 274-277 с.

BİOYANACAĞIN ALINMASI ÜÇÜN REAKTORLARIN KONSTRUKSİYALARININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Mustafina Q.H., Kondratyev A.Y.

Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya

gulfia999@gmail.com, aekondr@mail.ru

Açar sözlər: bioqaz, ekoloji cəhətdən təhlükəsiz, mezofil rejimi, bioqaz qurğusu, reaktor, termofil rejimi.

Bu gün ətraf mühitə zərərli təsir göstərməyən üzvi tullantıların utilizasiyasının konkret növü yoxdur. Lakin alternativ enerji mənbələrinin inkişafı sayəsində atmosferdə istixana qazlarının doldurulması, Qazılan yanacaq növünün istehlakının azalması problemi həll edilir. Bundan başqa, tükənməyən yanacaq mənbəyinin – torpağın münbitliyinə daim təzələnən və səmərəli təsir göstərən enerji –

gübrənin alınması da nəticədir. Üzvi xammalın emalının müasir texnologiyalarına, emal olunan ayrılma növündən asılı olaraq konstruksiya üzrə fərqliliklərinə, reaktorun yüklənməsinə və işinə görə fərqləndirici xüsusiyyətlərə, temperaturun saxlanılmasına, xammalın verilməsinə və məhsuldar gücə görə rejimlərə baxılır.

FEATURES OF THE DESIGN OF REACTORS FOR PRODUCTION OF BIOFUEL

Mustafina G.R., Kondratyev A.E.
Kazan state power engineering university, Kazan, Russia
gulfia999@gmail.com, aekondr@mail.ru

Key words: biogas, environmentally friendly, mesophilic mode, biogas plant, reactor, thermophilic mode.

To date, there is no specific type of organic waste disposal that would not have a detrimental effect on the environment. But thanks to the development of alternative energy sources, the problem of adding greenhouse gases to the atmosphere and reducing the consumption of fossil fuels is being solved. In addition, the result is an inexhaustible source of fuel – in the form of energy, constantly renewing and effectively affecting the fertility of the soil – fertilizers. Modern technologies for processing organic raw materials, their design differences depending on the type of waste being processed, distinctive features of the load and operation of the reactor, temperature maintenance modes, feed of raw materials and productive capacity are considered.

УТИЛИЗАЦИЯ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ВОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ

[1]Налетов И.Д., [2]Червинский В. Н.
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПБПУ), Санкт-Петербург, Росси, [*]pimon-kora@mail.ru
[2]Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна (СПбГУПТД), Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: отходы, утилизация и переработка отходов; сверхкритическое водное окисление; органические отходы; обезвреживание органических отходов.

Органические отходы – один из самых распространенных видов отходов в мире. Глобальный рост энергопотребления, тенденции по охране окружающей среды и политика ресурсосбережения требуют повышения энергоэффективности в промышленности и потреблении. Утилизация органических отходов методом сверхкритического водного окисления – возможность генерации внушительного количества электроэнергии. В статье приводится анализ состояния отрасли обращения с органическими отходами, сравнение различных подходов к их утилизации и обезвреживанию, предлагается эффективная методика обращения и показана экономическая оценка эффекта внедрения методики и технологии.

Введение. На сегодняшний день в мире остро стоит вопрос утилизации и переработки продуктов жизнедеятельности животноводческих комплексов и птицефабрик. Ежегодный ущерб окружающей среде составляет порядка 4 млрд. рублей [1].

Цель работы – предложить схему и технологию утилизации и обезвреживания органических отходов.

Задачи. Для достижения поставленной цели необходимо:

1. проанализировать состояние отрасли обращения с органическими отходами;
2. сравнить различные подходы к утилизации и обезвреживанию отходов;
3. предложить эффективный способ и методику обращения с органическими отходами;
4. оценить эффект от внедрения технологий в процесс обращения с отходами.

Существуют различные способы переработки и утилизации органических соединений: пиролиз, непосредственное сжигание, газификация, компостирование, эффективность применения которых зависит во-многом от характера обрабатываемых материалов и веществ, а также производительности. В данной статье рассматривается наиболее применимая и эффективная технология по отношению к масштабному потоку органических отходов – установка по утилизации органики методом сверхкритического водного окисления (СКВО) [1]. Попытки использования СКВО предпринимаются повсеместно для утилизации органических соединений, но недостаточная теоретическая проработка метода и неполнота представлений процессов в активной зоне реакций препятствуют широкому внедрению в практику переработки отходов [2].

Сверхкритическое состояние воды – это совокупность ее свойств при температуре и давлении свыше 374,6 °С и 22 МПа (увеличивается скорость и глубина окисления веществ – рост кинетической энергии поступательного движения молекул в 4 раза). Если средняя длина свободного пробега молекул кислорода составляет $4{,}17 \cdot 10^{-3}$ см (при 27 °С и атмосферном давлении (10^5 Па)), то при 220 МПа и 374 °С – $2 \cdot 10^{-5}$ см. Достоинство метода – глубина переработки соединений до безвредных продуктов: H_2O, CO_2, N_2, XO_n и солей.

Известно, что растворимость органических веществ зависит от диэлектрической проницаемости среды. Уменьшение этого параметра при переходе к критической точке приводит к повышению растворимости органических соединений и уменьшению растворимости неорганических соединений, а т.к. незначительное изменение параметров состояния вблизи критической точки приводит к существенному изменению всех физико-химических характеристик воды, посредством варьирования давления и температуры может происходить полное растворение или, наоборот, осаждение из раствора оксидов и солей.

Принципиальная схема СКВО представлена на графике (рис.1). Куриный помет загружается в воронку измельчителя (фракционирование и разбавление водой до мелкой суспензии). Суспензия поступает в накопительный бак, откуда насосом высокого давления *8* подается в подогреватель суспензии *5* и подогревается продуктами реакции, вышедшими из противодавленческой турбины *3*. Суспензия догревается в электрическом калорифере *10* (нагрев осуществляется для стабилизации температуры) и идет через смеситель *2* под высоким давлением (до 24–26 Мпа) и температурой (до 200 °С) подается в реактор *1*.

Турбокомпрессор накачивает запас атмосферного воздуха в ресивер (давление 24–26 МПа). Из ресивера воздух попадает в теплообменник *6*, где он нагревается отработанными продуктами реакции и попадает в электрокалорифер *11*, где догревается. Воздух под давлением, нагретый до 400 °С, через смеситель *2* поступает в реактор *1*, где при 24–26 МПа происходит процесс окисления. Продукты реакции из *1* поступают в *3*, работающую на одном валу с компрессором нагнетания воздуха *9*, где совершают полезную работу. Далее продукты окисления проходят последовательно через подогреватель суспензии *5* и подогреватель

воздуха *6*, затем поступают в сепаратор *7*, где происходит отделение газообразных и жидких продуктов реакции.

При работе оборудования в условиях сверхкритического флюида возникают проблемы, связанные с коррозионным воздействием среды на материал реактора и механическими напряжениями (появляются в результате совокупного воздействия давления и температуры). Поскольку растворимость минеральных солей резко уменьшается, происходит их осаждение на внутренних поверхностях реакционных систем, что становится причиной негативного воздействия на организацию непрерывного проточного режима, снижения тепло- и массообменных показателей, нарушения заданных градиентов температур и концентраций. Коррозия, механические напряжения, солеотложение – все эти факторы предъявляют высокие требования к качеству материалов реактора и его конструктивному оформлению.

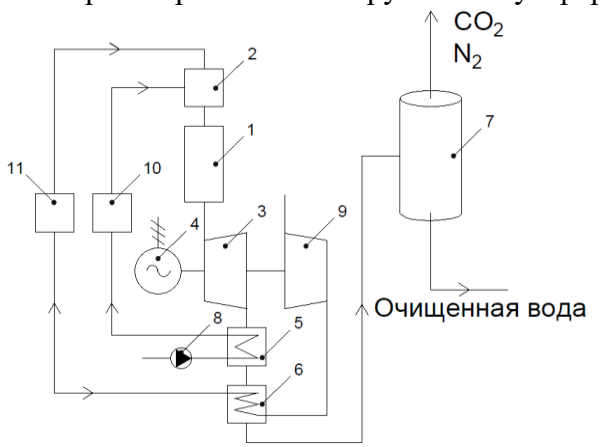


Рисунок 1 – Принципиальная схема реализации процесса СКВО.

Конструкции реакторов разнообразны: с возвратным потоком, с перфорированными стенками, с керамическими вставками. Для расчетов принимаем реактор с керамическими вставками (наиболее коррозионно стойкий и выносливый).

В работе был произведен расчет теплоты сгорания куриного помета в каллориметрической бомбе [3]. Низшая теплота сгорания навески исследуемого топлива составила: Q_P=18 МДж/кг, что подтверждается расчетом по формуле Менделеева.

Утилизация отходов за счет их теплоты сгорания является несомненным преимуществом систем СКВО, что позволяет организовать работу в автономном режиме. В ближайшее время экологически чистый метод утилизации отходов по технологии СКВО возымеет определяющее значение в решении проблемы устойчивого развития отрасли обращения с отходами [4].

Для оценки эффективности внедрения технологии СКВО целесообразно оценить экономическую составляющую реализации проекта. Затраты на эксплуатацию установки:

$$З = N_{СН} \cdot T \cdot C, \quad (1)$$

где: $N_{СН}$ – собственные нужды, кВт; Т – период эксплуатации, ч; С – стоимость 1 кВт/ч.

Таким образом, согласно формуле 1, стоимость квартальной эксплуатации установки составляет 30 240 000 рублей (при величине собственных нужд – 50 кВт, стоимость 1 кВт/ч – 4 рубля), без учета капитальных затрат, издержек и амортизационных отчислений, тогда как захоронение отходов (III класс опасности) в виде куриного помета и свиного навоза вне объектов хранения обходится в 1350 рублей за тонну в сутки. При доле собственных нужд порядка 70%, экономический эффект от внедрения установки (формула 2):

$$Э = m \cdot Q_P \cdot (1 - Э_{СН}) \cdot T \cdot C, \quad (2)$$

где: m – масса отходов, кг; $Э_{СН}$ – доля собственных нужд.

Экономический эффект составляет 12 960 000 рублей в квартал при условии отпуска электроэнергии по тарифу, что в 6 раз превышает затраты на захоронение эквивалентного количества отходов (2 916 000 рублей).

Выводы. В работе проанализирован подход к обращению с органическими отходами, предложено технологическое решение проблемы и оценочное экономическое обоснование. На основании текущего положения в отрасли предложена инновационная технология эффективного обращения с отходами (утилизации и обезвреживания) – сверхкритическое водное окисление с интеграцией турбогенераторной установки, что позволяет реализовать экономический выход денежных средств в объеме порядка 16 млн рублей в квартал в качестве экономии при сохранении высокого объема переработки отходов и экологической безопасности. Использование СКВО позволит решить проблему, не просто бороться с ее последствиями [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Н. Червинский и др. К вопросу об утилизации органических отходов методом сверхкритического водного окисления. Научно-технический прогресс как фактор развития современного общества: сборник статей Международной научно-практической конференции (26 января 2019 г., г. Таганрог)./ в 3 ч. Ч.1 – Уфа: OMEGA SCIENCE, 2019. – 199 с.;
2. О.В. Новикова и др. Создание промышленного кластера обращения с отходами, его перспективы и преимущества // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19-24 ноября 2018 г. Лучшие доклады. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 453 с.;
3. Топливо и теория горения: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ / В. Н. Белоусов, О. С. Смирнова, С. Н. Смородин / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2016 – 58 с.;
4. ИТС 9-2015, Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям, Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов), Москва, Бюро НДТ,2015г., 249 стр.
5. Амосов Н.Т. и др. Повышение энергоэффективности и экологичности нефтегазовой отрасли посредством утилизации особо опасных и токсичных отходов на примере попутного нефтепереработке газа. Булатовские чтения. 2020. Т. 5. С. 191-194.

RECYCLING AND NEUTRALIZATION OF ORGANIC WASTE WITH SUPERCRITICAL WATER OXIDATION METHOD

[1]Naletov I.D., [2]Chervinsky V.N.
[1]Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,
[2]Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
[1]pimon-kora@mail.ru

Key words: waste, recycling and recycling of waste; supercritical water oxidation; organic waste; neutralization of organic waste.

Organic waste is one of the most common types of waste in the world. Global growth in energy consumption, environmental trends, and resource conservation policies require increased energy

efficiency in industry and consumption. Utilization of organic waste by supercritical water oxidation – the possibility of generating an impressive amount of electricity. The article analyzes the state of the organic waste management industry, compares various approaches to their disposal and neutralization, suggests an effective treatment method, and shows an economic assessment of the effect of implementing the method and technology.

ORQANIK TULLANTILARIN ÇOXKRITIK SU OKSIDLƏŞMƏSI ÜSULU İLƏ UTILIZASIYASI VƏ ZƏRƏRLƏŞDİRİLMƏSİ

[1]Naletov İ.D., [2]Çervinskiy V.N.

[1]Böyük Pyetr adına Sankt-Peterburq Politexnik Universiteti, Sankt-Peterburq, Russiya

[2] Sankt-Peterburq Sənaye Texnologiyaları və Dizayn Universiteti, Sankt-Peterburq, Russiya

[1]pimon-kora@mail.ru

Açar sözlər: tullantılar, tullantıların utilizasiyası və zərərləşdirilməsi; çoxkritik su oksidləşməsi; üzvi tullantılar; üzvi tullantıların zərərsizləşdirilməsi.

Üzvi tullantılar dünyanın ən çox yayılmış tullantı növlərindən biridir. Enerji istehlakında qlobal artım, ətraf mühit meylləri və mənbələrin qorunması siyasətləri sənayedə və istehlakda enerji səmərəliliyinin artırılmasını tələb edir. Üzvi tullantıların superkritik su oksidləşmə üsulu ilə istifadəsi - təsir edici miqdarda elektrik enerjisi istehsal etmək imkanı. Məqalədə üzvi tullantıların idarə olunması sənayesinin vəziyyəti təhlil edilir, istifadəsi və zərərsizləşdirilməsinə fərqli yanaşmalar müqayisə edilir, effektiv müalicə metodu təklif olunur və tətbiq olunan metod və texnologiyanın təsirinin iqtisadi qiymətləndirilməsi göstərilir.

ИНФРАКРАСНАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ

Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

diana_ag@mail.ru, aekondr@mail.ru

Ключевые слова: инфракрасный обогрев, высокий КПД, экономичность, экологичность.

Наивысшие энергетические характеристики при эксплуатации систем отопления производственных помещений достигаются при поддержании необходимой температуры в отапливаемой зоне обслуживания. Наиболее эффективными системами, способными гарантировать локальное отопление производственных помещений, считаются системы инфракрасного отопления. В данной статье рассматриваются особенности, действие и преимущества инфракрасного излучения. Цель исследования – доказать, что использование температурных параметров в качестве отопления в рабочей зоне производственного помещения с помощью инфракрасной системы целесообразней, чем водяного отопления.

Инфракрасное отопление - это система обогрева, которая работает с помощью инфракрасных волн (лучистого тепла). Они нагревают людей и / или предметы напрямую, не нагревая воздух. При нагреве инфракрасным излучением тепло передается не через воздух, а через волны. То есть, это лучистое тепло, которое накапливается на полу, потолке и стенах и медленно отделяется, подобно тому, как это происходит с Солнцем, когда оно нагревает

Землю. Инфракрасная система отопления характеризуется непосредственно высоким КПД, отличается своей экономичностью и требует оптимальных расходов на оборудование и установку, и, она характерна высокой скоростью работы и многочисленными дополнительными преимуществами. Кроме того, так как при применении обогревателей на основе инфракрасного излучения уровень отрицательных ионов снижается максимум на 1…3%, то это говорит об экологической безопасности инфракрасного излучения в помещениях [1].

Поскольку инфракрасный обогрев имеет преимущества энергоэффективности, чистоты, удобства, быстрого отклика и низких вложений, инфракрасный обогрев широко используется в промышленных приложениях - бытовых обогревателях, печах, в процессах ковки, сушки автомобильной краски и т.п., а также широко применяется в основе системы отопления «греющий потолок». При этом рабочие температуры при максимальной нагрузке не превосходят 50 °С [1], а средняя удельная мощность нагревателей – 150–220 Вт/кв. м [2]. Использование инфракрасных обогревателей позволяет обеспечить комфортные условия при более низкой температуре воздуха в помещении, поддерживая требуемый температурный режим в зоне обслуживания за счет радиационной составляющей инфракрасного обогревателя. Доля тепловой энергии, передаваемой излучением, изменяется в широких пределах и зависит от типа инфракрасного обогревателя (газовый, электрический).

При применении инфракрасных обогревателей конвективное тепло выделяется в верхней части помещения и не участвует в обеспечении температурного режима в служебной зоне. Для эффективного использования инфракрасного обогрева в производственных помещениях над инфракрасным обогревателем следует разместить осевой вентилятор для направления конвекционного теплового потока в служебную зону. Это решение может повысить температуру воздуха в зоне обслуживания, тем самым снизив мощность обогревателя и, таким образом, повысив энергоэффективность систем инфракрасного обогрева.

Расчетами доказано, что при равнозначных условиях, суммарные теплозатраты на отопление при направленном на пол лучистом потоке будут меньше, чем у конвективной системы [3]. В качестве примера рассчитаем затраты на оборудование, установку и эксплуатацию инфракрасной системы отопления офисного помещения площадью **200 м^2**. Для того, чтобы нагреть данное помещение до 16°С, плотность мощности составляет 120 Вт. Соответственно, количество выделяемого тепла необходимо 6 кВт.

Рассчитаем затраты на эксплуатацию инфракрасного отопления:

Расход энергоносителя в час – 6 кВт/ч;

Стоимость энергоносителей – 4,3029 руб./кВт/ч;

Стоимость эксплуатации в час – 6*4,3029 = 25,81741 руб.;

Время работы в зимнее время – 10 ч в день, 5 дней в неделю;

Время эксплуатации в месяц составляет 22 дн.*10 ч = 220 ч;

Затраты на отопление в месяц – 220 ч * 25,8174 руб. = 5679,828 руб.

Затраты водяного отопления:

Расход энергоносителя в час – 4 м^3/час

Стоимость энергоносителей – 6,85 руб./м^3;

Стоимость эксплуатации в час – 6,85*4 = 27,4 руб.;

Время работы в зимнее время – 15 ч в день, 7 дней в неделю;

Время эксплуатации в месяц составляет 31 дн.*15 ч = 465 ч;

Затраты на отопление в месяц – 465 ч * 27,4 руб. = 12741 руб.

Таким образом затраты на эксплуатацию инфракрасного отопления в 2,3 раза дешевле, чем у водяного.

Результаты исследований могут быть использованы при техническом проектировании систем теплоснабжения производственных помещений на базе инфракрасных обогревателей, а также при проектировании систем лучистого отопления зданий и сооружений промышленного и сельскохозяйственного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карницкий В. Ю., Ушников В. С. Инфракрасное отопление как экономичный и эффективный вид отопления. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, № 12-3, 2016.

2. Болотских Н. Н. Мультигорелочные системы инфракрасного отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, № 11 (81), 2010.

3. Пшеничников В.М. Особенности энергообмена в инфракрасном (лучистом) отоплении. Анализ энергетической эффективности инфракрасного отопления в промышленных зданиях. // Вестник МГСУ. Строительство и архитектура, №7, 2011.

QORUNAN İSTİSMƏ SİSTEMİ

Sergeyeva D.V., Kondratyev A.Y.

Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan Rusiya

Açar sözlər: infraqırmızı istilik, yüksək effektivlik, səmərəlilik, ətraf mühitə uyğunluq.

Sənaye yerlərinin istilik sistemlərinin istismarı zamanı ən yüksək enerji xüsusiyyətləri qızdırılan xidmət sahəsindəki tələb olunan temperatur saxlanılarkən əldə edilir. Sənaye yerlərinin yerli istiləşməsini təmin edə biləcək ən səmərəli sistemlər infraqırmızı istilik sistemləridir. Bu məqalədə infraqırmızı radiasiyanın xüsusiyyətləri, təsirləri və faydaları müzakirə olunur. Tədqiqatın məqsədi istilik parametrlərinin infraqırmızı sistemdən istifadə edərək sənaye binalarının iş yerində istilik kimi istifadəsinin su istiliyindən daha məqsədəuyğun olduğunu sübut etməkdir.

INFRARED HEATING SYSTEM

Sergeyeva D.V., Kondratyeva A.Y.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Key words: infrared heating, high efficiency, efficiency, environmental friendliness.

The highest energy characteristics during the operation of heating systems of industrial premises are achieved while maintaining the required temperature in the heated service area. The most efficient systems that can guarantee local heating of industrial premises are infrared heating systems. This article discusses the features, effects and benefits of infrared radiation. The purpose of the study is to

prove that the use of temperature parameters as heating in the working area of an industrial premises using an infrared system is more expedient than water heating.

.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

Сильвестров Б.В., Мамедов Ф.Х.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджан

Ключевые слова: альтернативная энергетика, плотина, гидротурбина, высоконапорная Г.Э.С., экология.

В этой статье обсуждается возможность строительства гидроэлектростанций с использованием гидроэлектростанций высокого давления для выработки электроэнергии на альтернативной основе без необходимости строительства плотины. Расход воды и высокое давление обеспечивается работой гидроагрегата. Этот модуль полностью снабжает гидроагрегат высокого давления водой и высоким давлением. Вместо плотин для ее развития используется водопроводный канал с перепадом высот 2 м вдоль реки.

Данная статья посвящена альтернативному развитию гидроэнергетики, базирующийся на совершенно новаторском подходе к этому вопросу. В ней так же, затрагивается и то, что может дать толчок развитию мелиорации. Суть предлагаемого решения проблемы заключается в использовании работы, так называемого гидроэнергетического, гравитационного модуля. Представляет он из себя связку двухходового поршневого насоса с компенсационной колонной и регулятором давления. Этот модуль способен накопить энергию и выдать ее в виде стабильной струи воды под очень большим давлением, которая и будет использована для получения электроэнергии или же просто для закачки воды на достаточно большую высоту. Насос, входящий в этот модуль, имеет высокую производительность, с возможностью создавать давление. Высокое давление создается еще и потому, что этот насос одновременно можно рассматривать и как гидропресс. Особенностью конструкции является то, что поршень в нем неподвижен и жестко закреплен относительно всей насосной системы. А вот цилиндр встроен в понтон, находящийся на плаву и имеющий возможность перемещаться относительно поршня в вертикальной плоскости, вместе с изменением горизонта уровня воды. Производительность данного насоса и создаваемое им давление напрямую зависит от габаритов насоса и от высоты вертикального перемещения цилиндра. Компенсационная колонна, представляет, из себя сосуд, работающий под высоким давлением. Часть колонны заполнена воздухом, который и компенсирует пульсирующую подачу воды насосом. Регулятор давления позволяет получать стабильную струю воды, на выходе из компенсационной колонны, с любым заданным давлением в пределах максимально возможного для данного габарита насоса. Расчеты показывают, что для насоса с диаметром поршня 2 м. напор в 300 атм не предел. Гравитационным насос является потому, что одной из сил, работающих в вертикальной плоскости, является вес понтона со встроенным цилиндром, а другой приложенной силой, является сила Архимеда, определяющаяся плавучестью рабочего понтона, и являющаяся зеркальным отражением гравитационной силы. Геометрические размеры понтона и материал, из которого он будет изготовлен, могут быть

подобраны так, что силы эти будут равны. Основой работы предлагаемого модуля является цикличное изменение горизонта уровня воды. Вместе с изменением горизонта уровня воды будет перемещаться и рабочий понтон. Встроенный в нем цилиндр, перемещаясь относительно неподвижного поршня, обеспечит работу предложенного модуля. Изменение уровня горизонта воды можно достичь применением некоего технического сооружения. (см.схему № 1) Данное сооружение является альтернативой такому гидротехническому сооружению, как плотина. Назначение плотины заключается в том, чтобы повысить уровень падающей воды и тем самым запасти потенциальную энергию, что позволит создать требуемый напор. И чем выше плотина, тем больший напор можно получить и тем больше в конечном результате, будет получена мощность гидроэнергетической установки. Самой высоконапорной деривационной гидроэлектростанцией является та, что находится в Альпах и имеет перепад высот в 1883 м. Иными словами при таком напоре используется давление чуть более 180 атм. Это ГЭС Бъедрон расположенная в Швейцарии. Каждая из трех гидротурбин, потребляет воды, - 25 м^3/сек, при этом, выдаваемая каждой гидротурбиной мощность, равна 423 мВт. Общая мощность при этом 1269 мВт. Плотина и созданное ей водохранилище накапливают воду, а, следовательно, и энергию. Строительство плотин в использовании гидроэнергетики имеет и свои резко отрицательные составляющие. Наносится экологический ущерб водной экосистеме рек, создаются проблемы речному судоходству, повышаются риски экологических катастроф при разрушении плотин. Последствия при этом будут катастрофическими. Вот здесь и суть предлагаемого метода. Всего выше сказанного можно избежать и при этом получить напор гораздо больший, чем самый высокий используемый на данный момент в гидроэнергетике. Для этого необходимо построить альтернативное плотине гидротехническое сооружение. (см. схему №1) Для достижения этой цели необходимо построить вдоль русла реки водовод, который в конечной точке будет обеспечен перепадом высот всего в 1,5-2 м. Это позволит периодично, самотеком наполнять и сбрасывать воду в некой емкости, в которой и будет работать предлагаемый гидроэнергетический гравитационный модуль. Наполнение и сброс воды легко автоматизировать, открывая и закрывая входной и выпускной затворы. Механизм срабатывания затворов зависит от достижения верхнего и нижнего рабочего уровня понтона. Энергия необходимая для срабатывания затворов будет накапливаться в гидропневмопружинах за счет движения самого понтона. Чтобы ярче дополнить картину выше сказанного рассмотрим возможность развития гидроэнергетики на реке Кура. На Куре имеются несколько водохранилищ, на выходе воды из которых построены гидроэлектростанции.

Считается, что Кура, как впрочем, и все Европейские, да и мировые реки, исчерпала свой ресурс, строительства крупных гидроэлектростанций. Потеря плодородных земель при строительстве водохранилищ и затоплении огромных территорий, дороговизна этого строительства делают нецелесообразным такое строительство. Но этому имеется перспективнейшая альтернатива. Средний перепад высот на реке Кура равен 1,8 м. Найдется множество участков, на которых строительство вдоль русла реки водовода, или отводного канала по склону, охватывающему русло реки длиной, до достижения перепада высот 1,5-2 м будет не очень длинным. Такие участки можно найти не только выше Шамкирского водохранилища, но и ниже Варвары ГЭС. Ниже по течению Варвары ГЭС, водопоток Куры равен 402 м^3/сек. Если построить водовод вдоль русла реки, с расходом воды в 75-80 м^3/сек, то на выходе можно построить альтернативную ГЭС. На основе гидроэнергетических гравитационных модулей, можно получить мощность, такую же, как на ГЭС Бъедрон, а

именно 1269 мВт, а возможно и выше, так как напор можно создать гораздо выше 180 атм. (как было уже сказано, 300 атм - не предел). И эта мощность, почти в три раза больше, чем мощность Мингичаурской ГЭС Ее общая мощность 414 Мвт. При этом выше предложенное сооружение не мешает судоходству и не наносит вреда экосистеме реки. И вдоль русла реки таких ГЭС может быть построено несколько десятков. Стоимость такого гидротехнического сооружения несравненно ниже, чем стоимость традиционных плотин. В перспективе Мингичаурскую ГЭС можно будет реконструировать и применив блок гидроэнергетических гравитационных модулей перейти на высоконапорные ковшовые гидроагрегаты. Теоретически, перепад высот в 40 м позволяет создать 20 каскадов по 2 м. каждый. Общий сброс воды после Мин. ГЭС 402 м^3/сек, разделив его на 25 м^3/сек получим 16 агрегатов таких, как на ГЭС в Швейцарии, на каждом каскаде. Даже если примем, что их будет 10 на каждом каскаде, то общее возможное число задействованных гидротурбин на всем каскаде будет 200 шт каждый мощностью по 423 Мвт. Тогда мощность Мингечаурской ГЭС может составить 84600 Мвт электроэнергии. На притоках Куры на каждые 2 м^3/сек расхода воды при обеспечении 1,5-2м перепада высот может быть задействован один гидроэнергетический модуль. Каскадный метод строительства таких ГЭС, где вода отработав в одной емкости перетекает в другую расположенную ниже. так же вносит огромный потенциал возможных мощностей в общий гидроэнергетический потенциал Азербайджана. Каждый задействованный гидроэнергетический модуль с диаметром поршня 2 м выдаст 14 мВт электроэнергии. Если представить, что на построенном водопроводе Огуз-Габала-Баку где общий перепад высот составляет 227 м, а расход воды равен 5 м^3/сек и если представить, что доставка воды в конечную точку будет проходить через каскад гидроэнергетических модулей каждый из которых имеет расход воды 1,5 м^3/сек при необходимом перепаде высот 2 м то при параллельно установленных трех модулях на каждой ступени каскада, а таких ступеней теоретически может быть 113 (227 : 2 =113). Даже если принять число каскадов не 113, а так для круглой цифры, равным 50, то общее число модулей будет равно 150 шт. И таким образом общая мощность по выработке электроэнергии может составить 2100 мВт электроэнергии, где каждый гидроэнергетический модуль при диаметре поршня 2 м имеет мощность 14 мВт. Представляете, что при том, что будет решена основная задача, а это доставка воды в пункт назначения, будет еще попутно получена огромная энергия! При использовании такой альтернативной гидроэнергетической технологии, гидроэнергетический потенциал Азербайджана по совокупности рек и каналов может полностью обеспечить энергией не только всю республику, но и все Закавказье. Поскольку в основе работы гидроэнергетического гравитационного модуля лежит закачка воды под большим давлением, то он может использоваться и в мелиорации. То же гидротехническое сооружение, что и в гидроэнергетике, но без компенсационной колонны и регулятора давления, позволит закачивать воду на значительную высоту, при этом, не используя ни какой иной энергии, кроме как потенциала перепада уровня высот самой реки. Таким способом можно оросить огромные площади, прилегающие к руслу реки.

Большинство стран мира подписали Киотское соглашение, по которому обязуются сокращать выброс в атмосферу углекислоты. Но это всего лишь декларация. Единственным на сегодняшний день частичным решением данной проблемы является альтернативная энергетика. Солнечная и ветряная энергия, энергия морских волн и приливов носит не постоянный характер. Фактор цикличности, и зависимость от погодных условий не позволяют полностью положиться на их развитие и дальнейшую замену ими традиционных источников

энергии. А вот предложенный выше альтернативный метод развития гидроэнергетики, как раз и направлен на решение данной проблемы. Еще не использованный потенциал этого метода – огромен.

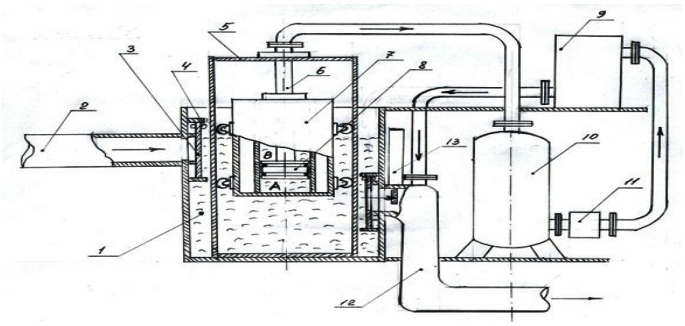
Гидроэнергетический гравитационный модуль при производстве электроэнергии носит новаторский характер. Востребованность такой экологически чистой стабильной электроэнергии, будет очень высока.

На схеме № 1 показано устройство предлагаемого гидротехнического сооружения.

1. Заглубленная бетонированная емкость; 2. Подводящий водовод (канал); 3. Впускной шандор (перекрывающее устройство); 4. Ролики, облегчающие передвижение шандора; 5. Направляющая решетка, в которой перемещается понтон-насос; 6. Водовод; 7. Двухходовой понтон-насос; 8. Неподвижный поршень; 9. Гидротурбина и генератор; 10. Компенсационная колонна; 11. Регулятор давления; 12. Водовод сброса отработанной воды; 13. Механизм открывания-закрывания шандора на сбросе воды.

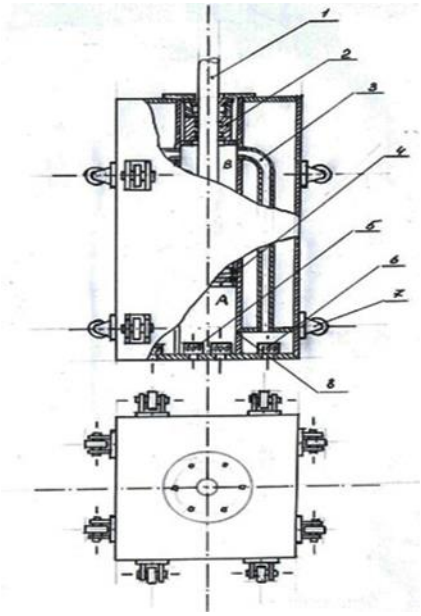
Вода по водоводу (2) посредством работы, впускного (3), и выпускного шандоров периодично заполняет и сбрасывается, изменяя уровень воды в заглубленной емкости. Меняющийся уровень воды обеспечивает перемещение подвижного корпуса насоса-понтона вокруг неподвижного поршня. Это обеспечивает работу самого насоса в котором вода сжимаемая в камерах «А» и «В» и через водовод (6) попадает в компенсационную колонну (10). Регулятор (11) под заданным давлением подает воду на гидротурбину (9) где и вырабатывается электроэнергия. Отработанная вода отводится в водовод сброса воды (12)

Схема 1



На эскизе № 2 показана конструкция двухходового поршневого понтонного насоса, входящего в гидроэнергетический гравитационный модуль.

1. Неподвижный водовод на конце которого находится головка поршня; 2. Узел уплотнения,предотвращающий утечку воды; 3. Система труб подачи забортной воды в камеру «В»; 4. Головка неподвижного поршня; 5. Впускные клапана забортной воды в камеру «А»; 6. Впускные клапана забортной воды в камеру «В»; 7. Опорные, направляющие ролики; 8. Рабочий цилиндр внутри понтона.



При изменении уровня воды перемещается и рабочий цилиндр относительно неподвижного поршня. Попеременно вода, находящаяся в камерах «А» и «В» выдавливается в водовод под большим давлением. Давление и производительность насоса зависят от габарита насоса. Дальше по технологической цепочке вода попадает на лопатки высоконапорной турбины, вращая ее и вырабатывая электроэнергию.

HİDROENERGETİKANIN VƏ MELİORASİYANIN İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ

Silvestrov B.V., Məmmədov F.X.

Azərbaycan Dövlət Nefy və Sənaye Universiteti, Bakı ş., Azərbaycan

Açar sözlər: alternativ energetika, bənd, hidroturbin, yüksək təzyiqli su elektrik stansiyası, ekologiya.

Bu məqalədə bəndin tikintisinə ehtiyac olmadan alternativ əsasda elektrik enerjisi istehsal etmək üçün yüksək təzyiqli hidroelektrik qurğulardan istifadə edərək su elektrik stansiyalarının tikilməsinin mümkünlüyünə baxılmışdır. Sərf edilən su və yüksək təzyiq hidroelektrik modulun işlədilməsi ilətəmin edilir. Bu modul yüksək təzyiqli hidroaqreqatı su və yüksək təzyiqlə tam təmin edir. Onun işlənməsi üçün bəndlər əvəzinə çay boyunca 2 m hündürlük fərqi təmin edən ötürücü kanaldan istifadə olunur.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROPOWER ENGINEERING AND MELİORATİON

Silvestrov B.V., Mamedov F.Kh.

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

Key words: alternative energy, dam, hydro turbine, high-pressure hydroelectric power station ecology.

This article discusses the possibility of building hydroelectric power plants using high-pressure hybroelectric units to generate electricity, on an alternative basis without building dams. Water consumption and high pressure are provided by the operation of the so-called hydroelectric modules.

This module fully provides a high-pressure hydraulic unit with the amount of water and high pressure. For its operation instead of a dam a diversion channel is used along the river providing a height difference of 2 m.

. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЛАХ

Юсупов Д.Т.

ООО «Научно-технический центр» АО «Узбекэнерго», г.Ташкент, Узбекистан

dilmurod85@list.ru

Ключевые слова: трансформаторное масло, механические примеси, коэффициент объемного содержания, уравнение.

В статье приведены результаты определения коэффициента объемного содержания механических примесей в загрязнённых трансформаторных маслах. Количество проб отработанных трансформаторных масел составляло пять. По каждой пробе получены уравнения, которые позволяли определить коэффициенты объемного содержания механических примесей в трансформаторном масле. Данный коэффициент будет использован для определения общих тепловых потерь электромагнитной энергии в отработанном трансформаторном масле по каждой пробе.

Введение

Анализ отказов силовых масляных трансформаторов за длительный период показывает, что основными причинами повреждений являются:- увлажнение, загрязнение трансформаторного масла и твердой изоляции [1]. Основным фактором, определяющим реальный срок службы силовых трансформаторов, является твердая изоляция, состояние которой существенно зависит от качества залитого эксплуатационного трансформаторного масла [2-3]. С целью восстановления эксплуатационных характеристик трансформаторного масла проводится его очистка от механических и других видов примесей [3].

Основная часть

Автором данной научной работы проведена очистка отработанных трансформаторных масел по пяти пробам с использованием адсорбентами в сочетании керамической мембраной [4]. Согласно [5] разработана математическая модель, позволяющий определить коэффициент объёмного содержания механических примесей в трансформаторном масле. С применением данной модели определены также коэффициенты объемного содержания механических примесей в трансформаторном масле по каждой пробе.

По результатам очистки трансформаторного масла с использованием разработанной технологии получены следующие уравнении:

Для пробы №1

$$0{,}169\sqrt[3]{k_1^4} - 380{,}168k_1 + 5{,}535\sqrt[3]{k_1^2} - 26{,}893\sqrt[3]{k_1} + 32{,}667 = 0 \qquad (1)$$

Для пробы №2

$$0{,}169\sqrt[3]{k_2^4} - 380{,}168k_2 + 6{,}913\sqrt[3]{k_2^2} - 33{,}706\sqrt[3]{k_2} + 40{,}905 = 0 \qquad (2)$$

Для пробы №3

$$0{,}169\sqrt[3]{k_3^4} - 380{,}168k_3 + 5{,}905\sqrt[3]{k_3^2} - 28{,}765\sqrt[3]{k_3} + 34{,}909 = 0 \quad (3)$$

Для пробы №4

$$0{,}169\sqrt[3]{k_4^4} - 380{,}168k_4 + 5{,}268\sqrt[3]{k_4^2} - 25{,}687\sqrt[3]{k_4} + 31{,}174 = 0 \quad (4)$$

Для пробы №5

$$0{,}169\sqrt[3]{k_5^4} - 380{,}168k_5 + 4{,}225\sqrt[3]{k_5^2} - 20{,}6\sqrt[3]{k_5} + 25{,}005 = 0 \quad (5)$$

Вышеперечисленные уравнения были решены с помощью программы Mathcad. В результате решения определены коэффициент “k” для каждой пробы. Данный полученный коэффициент варьировался в пределах 4-8% (рис.1).

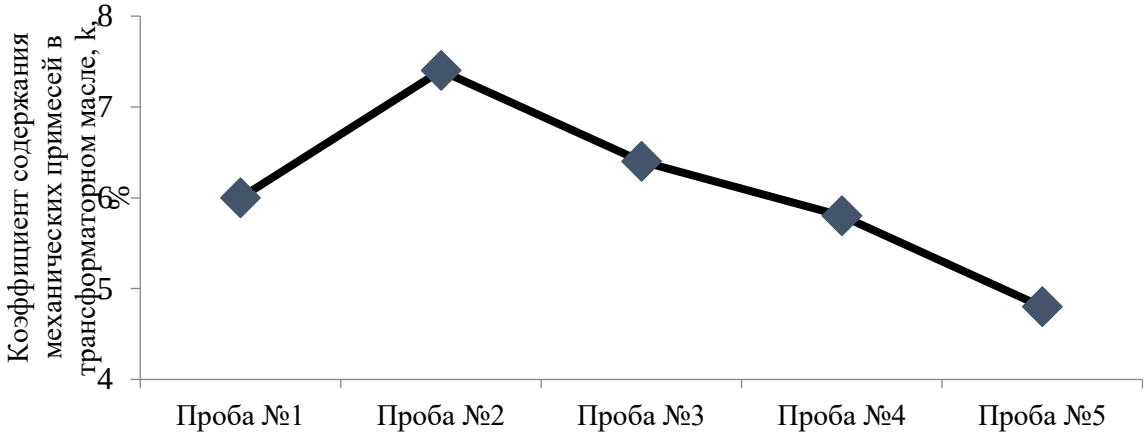


Рис.1. Коэффициент содержания механических примесей в трансформаторном масле (по каждой пробе)

Выводы:

Данный коэффициент будет использован для определения общих тепловых потерь электромагнитной энергии в отработанном трансформаторном масле по каждой пробе.

ЛИТЕРАТУРА

1.Бондаренко В.Е., Аулова Н.В. Анализ традиционной системы оценки состояния трансформаторных масел в баках трансформаторов и автотрансформаторов напряжением 330 кВ. Вестник «ХПИ». - 2010 г. -№45. -С.38-47.

2.Соколов В.В. и др. Вопросы оценки и обеспечения надежности силовых трансформаторов. –г. Екатеринбург: Издательский дом «Автограф», -2010 г. - С.22-30.

3.Высогорец С.П., Васильев А.П. Оценка качества эксплуатационных масел силовых трансформаторов напряжением 35–110 кВ. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2003 г., №1, - С. 84-92.

4.Салихов Т.П., Кан В.В., Юсупов Д.Т. Очистка трансформаторного масла адсорбентами в сочетании керамической мембраной // Журнал «Энергобезопасность и энергосбережение». – Москва, 2016. -№3. -С.37-41.

5.Салихов Т.П., Юсупов Д.Т., Юсупова Ф.Т. Определение объемного содержание механических примесей в трансформаторном масле // Научно-технический журнал ФерПИ. 2019. №4. С.205-206.

ÇİRKLƏNMİŞ TRANSFORMATOR YAĞLARINDA HƏCMİ MEXANİKİ ÇİRKLƏNMƏ ƏMSALININ TƏYİN EDİLMƏSİNİN NƏTİCƏLƏRİ

Yusupov T.D.
"Elmi-tədqiqay mərkəzi" MMC "Özbəkeberji" SC, Daşkənd, Özbəkistan
dilmurod85@list.ru

Açar sözlər: transformator yağı, mexaniki çirklər, həcm nisbəti, tənlik.

Məqalədə çirklənmiş transformator yağlarında mexaniki çirklərin həcminin əmsalı müəyyənləşdirmə nəticələri təqdim olunur. İstifadə olunmuş transformator yağlarının nümunələrinin sayı beş idi. Hər bir nümunə üçün transformator yağındakı mexaniki çirklərin həcm miqdarının əmsallarını müəyyənləşdirməyə imkan verən tənliklər əldə edilmişdir. Bu əmsal hər bir nümunə üçün istifadə edilmiş transformator yağında elektromaqnit enerjisinin ümumi istilik itkisini təyin etmək üçün istifadə ediləcəkdir.

THE RESULTS OF DETERMINING THE VOLUME CONTENT OF MECHANICAL IMPURITIES IN CONTAMINATED TRANSFORMER OILS

Yusupov D.T.
LLC "Scientific and Technical Center" JSC "Uzbekenergo", Tashkent, Uzbekistan
dilmurod85@list.ru

Key words: transformer oil, mechanical impurities, volumetric ratio, equation.

The article presents the results of determining the volumetric ratio of mechanical impurities in contaminated transformer oils. The number of samples of used transformer oils was five. For each sample, equations were obtained that made it possible to determine the coefficients of the volumetric content of mechanical impurities in the transformer oil. This coefficient will be used to determine the total heat loss of electromagnetic energy in the used transformer oil for each sample.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА И ПОМЕХ ПРИ РАБОТЕ МАЛОМОЩНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНО С ЛОКАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСЕТЬЮ

[1]Юсупов Д.Т., [2]Юсупова Ф.Т.
[1]ООО «Международный институт солнечной энергии», г. Ташкент. Узбекистан
[2]Ферганский политехнический институт, г. Фергана. Узбекистан
dilshod8006@mail.ru, feruza.ferpi@gmail.com

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечная энергия, ток, напряжение, фотоэлектрические станции, синусоидальные напряжения, инверторы, электросеть, периодичность, фаза, мощность.

В статье исследуются шумы и помехи, возникающие при подключении солнечной электростанции к локальной сети, что в настоящее время является актуальной проблемой. Нарушения и высшие гармонические возмущения в каждой из его фаз изучались с помощью цифровых приборов. Приведены графики нарушений качества электроэнергии, вырабатываемой на фотоэлектрической станции.

Введение

В последние десятилетия мировая солнечная энергетика развивается высокими темпами, солнечные электростанции становятся частью энергетической инфраструктуры многих стран. Развитие солнечных технологий оказывает существенное влияние на экономику. Можно ожидать, что в ближайшие десятилетия солнечная энергетика станет стимулом для экономического развития стран и регионов, обладающих максимальным «солнечным» ресурсом [1].

Гармонический состав тока и напряжения, создаваемыми инверторами фотоэлектрических систем, не оказывает существенного влияния на гармоники, генерируемые нагрузками в локальной сети. [2].

Трансформаторы с специальными фильтрами могут использоваться для подключения мощных фотоэлектрических систем к централизованной локальной сети, что может повлиять на уровень качества электроэнергии. Тот факт, что электричество, преобразуемое инверторами от фотоэлектрических станций, не имеет полностью синусоидального вида, помимо своей базовой частоты 50 Гц содержит низкие гармоники (искажения до 2 кГц) и высокие гармоники (искажения в диапазоне частот от 2 до 150 кГц), включая искажения шума от инверторов возможное.

Фотоэлектрические системы должна подключаться только к устройствам преобразования энергии, отвечающим требованиям [3] и в зависимости от типа и функций оборудования контура потребления всем другим частям серии стандартов [4].

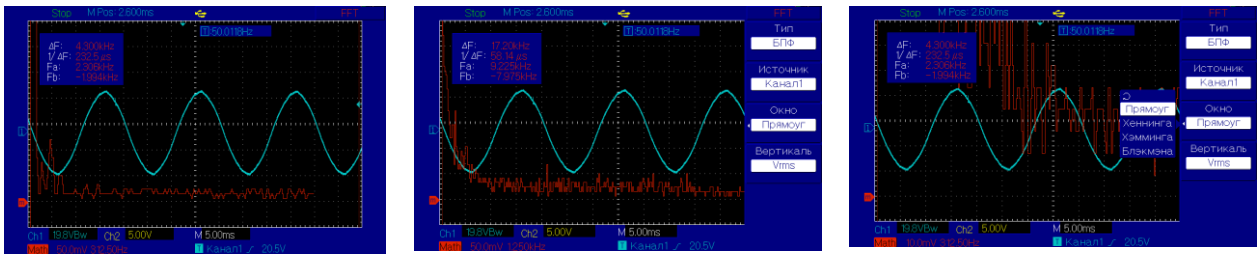
Экспериментальные методы.

Современный этап развития электротехники требует устройств с большой памятью и высокой скоростью работы, которые могут анализировать показатели качества энергии в режиме реального времени, имеют электронную память. Для измерении качества электрической энергии использованы современные высокоточные цифровые осциллографы Fluke Scope Meter 190-104 (США) и UNI-T UTD2052CEX (Китай). Погрешности этих измерительных приборов в диапазоне напряжений 180–415 В составляют 1,5% и 2% соответственно, согласно [5,6].

Анализ и обсуждение полученных результатов.

С помощью приборов можно, не только увидеть наличие помех, но их оценить их величину и определить природу появления. Существует специальные высокоточные приборы для измерения различные отклонений в сетях. Наиболее распространённым из них является цифровой осциллограф.

С помощью цифрового осциллографа [5] изучались различные высокочастотные гармонические шумовые помехи, которые в первую очередь влияют на на работу высокоточных электронных приборов. Вышеуказанные шумы и помехи проверялись в течение дня для каждой фазы. Это осциллограммы осциллограмм сигналов помех, возникающих в каждой фазе, которые показаны на рисунке 1.



а) фаза А б) фаза В в) фаза С

1-Рис. Осциллограммы высоких гармоник шума-помехи в фазах электричества, генерируемого фотоэлектрической установкой

В ходе анализа изменений в локальной электросети и их анализа результаты были получены на базе специального современного прибора [6].

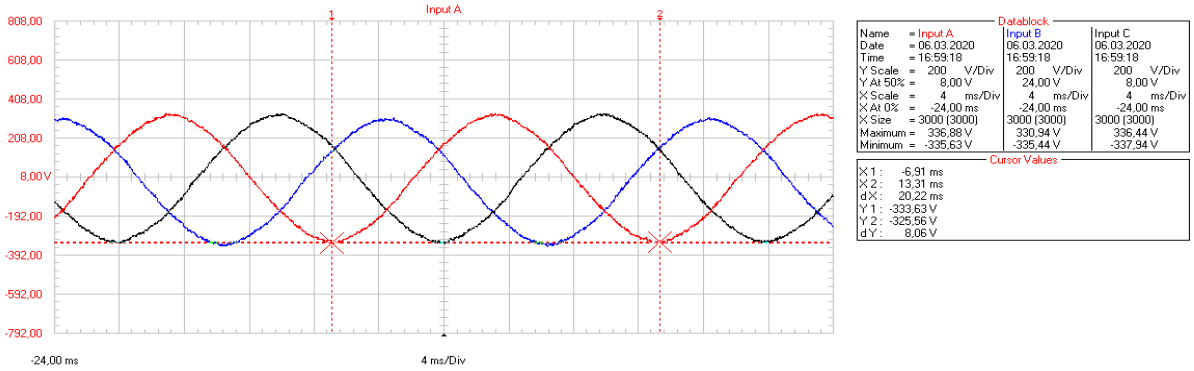


Рис 2. Осциллограммы напряжения в локальной сети

Осциллограммы синусоидального напряжения электроэнергии, генерируемой фотоэлектрическими системами, подключенными к локальной сети, показаны на рис. 2. В приведенной выше осциллограмме графики напряжения каждой фазы изображены в различных цветах, а ее полные характеристики показаны в таблице справа. В этой таблице показано время, затраченное на осциллограмму, значения деления по осям X и Y, а также максимальные и минимальные амплитуды значение напряжения. В локальных сетях отрицательные амплитуды значения напряжения были ближе друг к другу -335 В. Фазы А и С в сетях имели положительное значение амплитуды 336 В, а фаза В имела значение напряжения 330 В. Ось X, показанная внизу таблицы, отображает его период с разницей в 20,22 мс и частотой около 50 Гц.

Выводы

На осциллограмме видно как основной сигнал окружают паразитные токи которые необходимо отсекать. Посредством данных на рисунках возможно изменять уровень мощности шумов, центральную частоту и ширину полосы отдельных узкополосных помех.

На рисунке 1 показано осциллограммы синусоидальные напряжения в фазах А, В и С. На рисунке синем цвете осциллограмме показана основная напряжения сети, а также сигналы красного цвета сигнала в виде помех или искажение. Здесь видно, что в фазах А и С присутствует шум 4,3 кГц. Как показано на Рис 1б, было обнаружено в фазе В помеха на 17 кГц отличается от помех других фаз.

Данное явление является следствием работы коммутационных устройств фотоэлектрических установок. В этих фотоэлектрических устройствах использовались сетевые инверторы. Сетевой инвертор для солнечных батарей работает совместно с централизованным электроснабжением. Примущества устройств в их компактности, высокой степени защиты и относитльно быстрой скорости преобразования, при низком уровне энергопотребления.

Наличие таких импульсных токов в сети очень вредно сказывается на работе современных бытовых приборов с сильно начиненной электроникой. Если не применять устройства защиты, не говоря уже качества работы, электронные устройства могут выйти из строя, Чуствительное оборудование разработчики защищают введением схем подавления помех. Для бытовых оборудованием используется внешные приборы, например, бесприбойные источники питания, сетевые фильтры и другие.

ЛИТЕРАТУРА

1.Юсупов Д.Т., Юсупов Т.А. Измерение и анализ параметров фотоэлектростанции с номинальной мощностью 9 кВт при помощи инновационного устройства // Научно-технический журнал ФерПИ. Том 24. Спец. вып. №1, 2020 г. стр. 241-247.

2.Давронов Ш. Р. Интеграция виртуальных электростанций с национальной энергосистемой Узбекистана / Ш. Р. Давронов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 16 (120). — С. 82-85. — URL: https://moluch.ru/archive/120/33156/

3.ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. М.: Стандартинформ, 2014.

4.ГОСТ 32144—2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. М.: Стандартинформ, 2014.

5.https://www.uni-t.cz/en/p/oscilloscope-uni-t-utd2052cex

6.https://www.fluke.com/en-us/product/electrical-testing/portable-oscilloscopes/190-series-ii/fluke-190-ii-190-104-s

LOKAL ELEKTRİK ŞƏBƏKƏSİ İLƏ KİÇİK GÜCLÜ FOTOELEKTRİK SİSTEMLƏRİN İŞLƏMƏSİ ZAMAN SƏS-KÜYÜN VƏ MANEƏLƏRİN TƏDQİQİ

[1]Yusupov D.T., [2]Yusupova F.T.
[1]Beynəlxalq Günəş Enerjisi İnstitutu, Daşkənd, Özbəkistan
[2]Fərqanə Politexnik İnstitutu, Fərqanə, Özbəkistan

Açar sözlər: günəş enerjisi, günəş enerjisi, cərəyan, gərginlik, fotovoltaik bitkilər, sinusoidal gərginliklər, çeviricilər, elektrik şəbəkəsi, tezlik, faz, güc.

Məqalədə günəş elektrik stansiyasının yerli şəbəkəyə qoşulması zamanı yaranan səs-küy və müdaxilə araşdırılır ki, bu da hazırda aktual problemdir. Rəqəmsal alətlər istifadə edilərək, hər bir mərhələdəki narahatlıqlar və daha yüksək harmonik pozğunluqlar öyrənildi. Fotovoltaik stansiyasında istehsal olunan elektrik enerjisinin keyfiyyətinin pozulması qrafikləri təqdim olunur.

RESEARCH OF NOISE AND INTERFERENCE WHEN OPERATING LOW-POWER PHOTOELECTRIC SYSTEMS IN PARALLEL WITH A LOCAL ELECTRIC NETWORK

Yusupov D.T., Yusupova F.T.
[1]LLC "International Solar Energy Institute", Tashkent. Uzbekistan
[2]Fergana Polytechnic Institute, Fergana. Uzbekistan

Key words: solar energy, solar energy, current, voltage, photovoltaic plants, sinusoidal voltages, inverters, power grid, frequency, phase, power.

The article examines the noise and interference arising when connecting a solar power plant to a local network, which is currently an urgent problem. Disturbances and higher harmonic disturbances in each of its phases were studied using digital instruments. The graphs of violations of the quality of electricity generated at the photovoltaic station are presented.

ОЦЕНКА ЖИВУЧЕСТИ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Яшков В.А, Кульжанов Д.У., Султангалиева А.С.
НАО Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева, г. Атырау, Казахстан
yashkov2409@mail.ru, d.u.kulzhanov@mail.ru, anar.sultangalieva@mail.ru

Ключевые слова: живучесть, отказ, каскадная авария, потеря устойчивости, показатели живучести, оперативно-диспетчерский персонал.

Живучесть является одним из основных свойств надежности систем электроснабжения как противостояние крупным возмущением и не допуская каскадных аварий. В работе приведены определения живучести, классификация каскадных аварий, имеющих место при ошибочных действия персонала и низкой надежности автоматических устройств, показатели живучести: вероятность появления каскадных аварий, средняя длительность и средняя глубина провалов напряжения. Приведена функция надежности персонала качество управления которого является одним из факторов определяющих живучесть систем промышленного электроснабжения.

Современные промышленные комплексы с непрерывными технологическими процессами чувствительны к кратковременным нарушениям электроснабжения (НЭ). Эти

нарушения могут быть обусловлены аварийными возмущениями (короткие замыкания, перегрузки и др.), создающими динамический режим, что вызывает необходимость установить границы динамической устойчивости узла схемы.

Наиболее сложными для изучения динамических режимов являются каскадные аварии (КА), которые обычно связывают с живучестью.

В электроэнергетике под живучестью объекта понимается: свойство объекта противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания потребителей.

Наиболее развернутое определение живучести дано в [5], где под живучестью системы, как комплексным свойством надёжности, понимается противостояние крупным возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым отключением потребителей или возможности нарушения связности систем промышленного электроснабжения (СПЭС), которую можно определить как ядро с совокупностью узлов нагрузки и линией связи:

Опыт эксплуатации СПЭС показывает, что узлы электрической нагрузки (сборные шины, места подключения к магистральным линиям, трехобмоточные трансформаторы) оказывает значительное влияние на надёжность функционирования СПЭС т.к. могут вызвать отключение основных элементов СПЭС - воздушных линий (ВЛ) и к значительному ущербу.

Под живучестью узла нагрузки понимается способность потребителей и их автоматических средств защиты противодействовать возмущениям, которые могут привести к аварийному его отключению.

Кафедрой электроснабжения промышленных предприятий Московского энергетического института (МЭИ) разработано быстродействующие АВР (БАВР), основанного на современной микропроцессорной элементной базе, и позволяющие с появлением быстродействующих вакуумных и элегазовых выключателей, обеспечить непрерывное электроснабжение путем переключения на резервный источник питания за время не более 65 мс.

Все концепции живучести, развиваемые в работах базируются на признании факта наличия первоначального отказа и массового отключения потребителей в результате снижения уровня живучести. Расхождения вызваны различными оценками первоначального отказа и его природы: крупное возмущение или среднее, детерминированное или вероятностного характера, а также разным подходом к оценке причин, вызывающих столь значительное нарушение работы системы.

Следует отметить, что большинство исследователей в области живучести придерживаются мнения о том, что первоначальный отказ — это крупное возмущение, но его последствия определяются не столько его величиной, сколько возможностью развития аварии.

Последствия КА определяют их классификацию по характерным событиям масштабу и причинами (табл. 1).

КА следует отличать от аварии, связанной с потерей устойчивости. Каскадный процесс может не закончиться потерей устойчивости по напряжению. В зависимости от неоднородности сети, процесс может остановиться после отключения нескольких элементов сети в допустимой области режимов, но может и закончиться потерей устойчивости.

Таблица 1. Классификация каскадных аварий

Виды	Причины	Последствия
1. Системные	1. Нарушения в работе УРЗиА 2. Ошибочные действия эксплуатационного персонала 3. Стихийные явления	Нарушения баланса мощностей в СЭС
2. Локальные	1. Наложение отказов ряда элементов схемы 2. Наложение отказов элементов схемы на нарушение режима ее работы ее оборудования, которые устраняется УРЗиА	Нарушения в отдельных районах ЭЭС и СПЭС

Степень расстройства функционирования технологических процессов и установок при НЭ называют глубокой. Глубина цепочной аварии зависит от места появления и числа отключившихся ЗКА, через которые протекал сквозной аварийный ток и привел в действие РЗ. Ее можно характеризовать числом ложно отключившихся неповрежденных потребителей (секций мин) либо их убытками, которые связаны с недоотпуском электроэнергии, простоем и расстройством технологических циклов.

Показателем живучести может служит частота появления системных ЦА с различной глубиной НЭ. Частота их возникновения при КЗ в защищаемом элементе сети и отказов в срабатывании ряда ЗКА, через которые протекал сквозной аварийный ток, определяется по формуле:

$$F = \frac{1}{2^m}\sum_{j=1}^{n}\lambda_j\prod_{i=1}^{m}T^2{}_i\omega_i, \qquad (1)$$

где $\lambda_j -$ параметр потока независимых КЗ в элементе сети;

$\omega_i -$ параметр потока отказов в срабатывании i-го ЗКА;

$T_i -$ интервал времени между диагностикой системы отключения i-го ЗКА, вместе с его РЗ или системой АВР.

$m -$ число ЗКА, через которые протекал сквозной аварийный ток или число секционных коммутационных аппаратов с АВР, отказавших во включении.

$n -$ число единиц электрооборудование, получавших электроэнергию от данного узла нагрузки.

Формула (1) справедлива при выполнении двух условий:

1. Интервалы времени между появлениями КЗ в элементе сети и интервалы времени между отказами в срабатывании ЗКА не противоречат экспоненциальным функциям распределения вероятностей с параметрами соответственно

λ_j и ω_i;

2. $T_i\omega_i < 0{,}1$

Формула (1) имеет следующие допущения

- устройства УРЗ могут выходить из строя только тогда, когда они находятся в режиме ожидания;

- к моменту реагирования на повреждения в сети РЗ является работоспособной.

Отказы в схемах РЗ и приводе выключателя выявляются и устраняются в результате абсолютно надежной диагностики, под отказом в срабатывании ЗКА понимается такой, который приводит к отказу в отключении поврежденного элемента сети при КЗ в зоне действия его РЗ.

В случае, если сроки диагностики систем отключения ЗКА будут одинаковы (т. е. $T_i = T, i = \overline{1,m}$) формула (2) будет иметь вид

$$F = \frac{1}{2^m}\sum_{j=1}^{n}\lambda_j T^{2m}\prod_{i=1}^{m}\omega^2{}_i, \qquad (2)$$

Вероятность появления КА (или потеря живучести узла нагрузки) в течении времени t можно определить по выражению

$$Q(t) = 1 - e^{-Ht}, \qquad (3)$$

Если $Ht < 0{,}1$, то $Q(t) \approx Hi$.

Кроме вероятности появления КА набор показателей живучести узла схемы должен включать среднюю длительность (с) и среднюю глубину провалов напряжения (о.е).

Важным фактором обеспечения живучести системы является оперативно-диспетчерское управление (ОДУ), а основными причинами построения системы ОДУ является разграничение функции и ответственности оперативно-диспетчерского персонала (ОДП) всех ступеней управления по ведению нормальных режимов, ликвидании НЭ и строшайшая дисциплина вероятность появления отказов по вине ОДП в интервале времени определится как

$$P \cdot (E_2/E_1) = \lambda(t)\Delta t, \qquad (4)$$

где E_2– событие, состоящее в появлении ошибки ОДП в интервале времени $[t_1, t + \Delta t]$;

E_1 – событие, состоящее в безошибочной работе ОДП в течение времени t;

$\lambda(t)$ – частота появления ошибок по вине ОДП в момент (аналогично параметру потока отказов в классической теории надежности).

Функция надежности (ФН) ОДП подчиняется экспоненциальному закону и имеет вид:

$$R(t) = e^{\int_0^t -\omega(t)dt} \qquad (5)$$

По аналогии с классической теорией надёжности надёжность ОДП определяется, как вероятность успешного выполнения им возложенных функции на заданном этапе функционирования системы в течении заданного интервала времени при определенных требованиях к продолжительности выполнения работы. Тогда ошибкой (отказом) ОДП можно считать как невыполнение поставленной задачи, которое привело к повреждению оборудования, аппаратуры, имущества или нарушению технологии запланированных операций.

Ошибки по вине ОДП могут возникнуть в следующих случаях:

5.ОДП стремится к достижению ошибочной цели;

6.поставленная цель не может быть достигнута из-за неправильных действии ОДП;

- ОДП не принимает никаких действий когда его участие необходимо.

Уровни распределения ошибок ОДП приведены на рис 1.

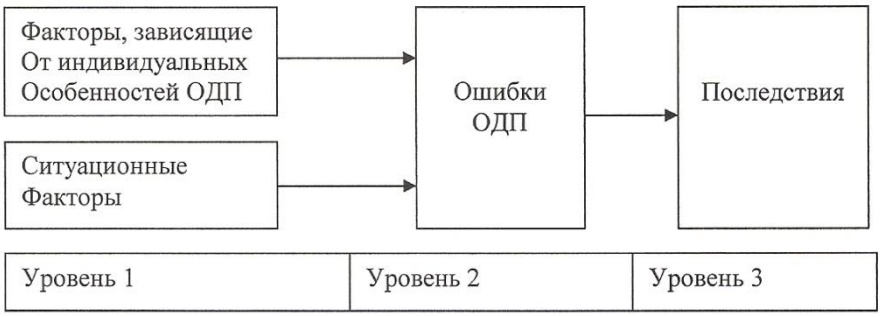


Рис 1. Уровни ошибок ОДП

Виды отказов ОДП и их причины и пути снижения отказов приведены в табл. 2

Таблица 2. Виды отказов ОДП, причины отказов и пути снижения отказов

Виды отказов	Причины отказов	Пути снижения отказов
1. Закономерные	Низкий уровень знаний ОДП инструкции, директивных указаний.	Лекции и экзамены по ПТБ, ТБ и производственным инструкциям
2.Случайные	Низкий уровень внимания, четкости и дисциплины в работе	Инструктажи, собеседования, противоаварийные тренировки
3.Независимые	1 .Недостаточный уровень оснащения рабочего места (доступность к аппаратам управления, освещения и др.) 2. Недостаточное стиму-лирование ОДП	Повышения уровня оснащения Ввод или пересмотр систем стимулирования, позволяющую достигнуть оптимального Качества работы

Таким образом, если под живучестью СПЭС понимать как противостояние крупным возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым отключением потребителей, то качество оперативно диспетчерского управления СПЭС, способствующее снижению или ограничению этому развитию, можно отнести к одному из основных факторов, определяющему живучесть СПЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасименко А. А. Электроэнергетические системы и сети: расчёты, анализ, оптимизация режимов работы и проектных решений электрических сетей: учебное пособие/А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - Ростов н/Д: Феникс, 2018. - 471 с.: ил. – (Высшее образование).

2. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Изд. 4-е. – М.: КНОРУС, 2014 - 646 с.

3. Горский Ю.М. Подходы к количественной оценке живучести//Сб. статей. Методические вопросы исследования больших систем энергетики. Иркутск: СЭИ СО АН СССР. 1980 Вып. 20. С. 24-31.

4. Ершов М.С., Егоров А.В., Трифонов А.А. Устойчивость промышленных электротехнических систем. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2010. – 319 с.: ил.

5. Киртушин В.Г., Кобец Б.Б. К вопросу о формализации понятия живучести электроэнергетических систем//Сб. статей. Методические вопросы исследования больших систем энергетики Иркутск: СЭИ СО АН СССР. 1980 Вып. 20. С. 15–23

6. Свешников В.И., Юрков В.В. Живучесть электроэнергетических систем, дефицитных по мощности//Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. 1989. №4. С. 24–30.

7. В.И. Свешников, Ф.А Кушнарев. Надежность электроэнергетических систем при аварийном понижении частоты и напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1996. –160 с. ил.

ASSESSMENT OF SURVIVABILITY OF INDUSTRIAL POWER SUPPLY SYSTEMS

Yashkov V. A., Kulzhanov D. U., Sultangalieva A. S.

Atyrau University of oil and gas named after S. Utebayev (Atyrau, Kazakhstan)

anar.sultangalieva@mail.ru, d.u.kulzhanov@mail.ru

Key words: survivability, failure, cascade accident, loss of stability, survivability indicators, operational dispatcher personnel.

Survivability is one of the main properties of the reliability of power supply systems as opposed to large disturbances and avoiding cascading accidents. The paper provides definitions of survivability, classification of cascade accidents that occur when personnel actions are erroneous and the reliability of automatic devices is low, survivability indicators: the probability of occurrence of cascade accidents, the average duration and average depth of voltage dips. The reliability function of personnel whose quality of management is one of the factors determining the survivability of industrial power supply systems is given.

SƏNAYE ELEKTRIK SISTEMLƏRININ DAVAMLILIĞININ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Yaşkov V.A., Kuljanov D.U., Sultanqaliyeva A.S.

S.Utebayev adına Atırau Dövlət Neft və Qaz Universiteti, Atırau, Qazaxstan

Açar sözlər: yaşamaq qabiliyyəti, uğursuzluq, kaskad qəzası, sabitliyin itirilməsi, sağ qalma göstəriciləri, əməliyyat göndərmə heyəti

Yaşamaq qabiliyyəti, böyük narahatlıqlara qarşı müqavimət və kaskad qəzalardan qaçınmaq kimi enerji təchizatı sistemlərinin etibarlılığının əsas xüsusiyyətlərindən biridir. İşdə yaşamaq qabiliyyətinin tərifləri, işçilərin səhv hərəkətləri və avtomatik cihazların aşağı etibarlılığı zamanı meydana gələn kaskad qəzalarının təsnifatı, davamlılıq göstəriciləri: kaskad qəzaları ehtimalı, orta davamlılıq və gərginlik düşmələrinin orta dərinliyi. İdarəetmə keyfiyyəti sənaye enerji təchizatı sistemlərinin davamlılığını təyin edən amillərdən biri olan kadr etibarlılığı funksiyası verilir.

V BÖLMƏ
AVTOMATLAŞDIRILMIŞ ELEKTRİK İNTİQALI
V СЕКЦИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД
V SECTION
AUTOMATED ELECTRIC DRIVE

UZUNUNA-ENİNƏ TƏSİRLƏNƏN SİNXRON GENERATORLU ELEKTROMEXANİKİ QURĞULARINDA REZONANS RƏQSLƏRİNİN DEMPFERLƏŞDİRİLMƏSİ

[1]Abdulkadırov A.İ., [2]Əliyev N.A., [3]Hacıbalayev N.M, [2]Rüstəmov R.M.
[1]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, AZ1010, Azadlıq prospekti 20
a.abdulkadirov.42@mail.ru
[2] Dövlət Dəniz Akademiyası, (Az1000 Bakı ş. Z.Əliyeva küç.18)
ramiz.rustemov@mail.ru
[3]Sumqayıt Dövlət Universiteti, (Az5000 Sumqayıt ş. 43-cü mıəh. Bakı küçəsi 1)
n.hacibalayev@mail.ru

Açar sözlər: elektromexaniki qurğu, uzununa-eninə təsirlənən sinxron generator, sinxron val-generatoru, məcburi rəqslər, elektromaqnit momenti, elektromexaniki rezonas

Əvvəllər müəyyən edilmişdir ki, standart konstruksiyalı sinxron generatorlu elektromexaniki qurğularda rezonans və ona yaxın tezliklərdə rəqslərinin dempferlənməsini tam həcmdə yerinə yetirə bilmir. Generatorun təsirlənmə dolağına yük momentinin tezliyi ilə dəyişən əlavə cərəyan mürəkkəbəsi verdikdə rotor rəqslərini tam dempferləmək mümkün olur. Lakin bunun əvəzində stator cərəyanın və reaktiv gücün böyük rəqsləri yaranır [1]. Bu məsələni həll etmək üçün sinxron generator yaxşı dempferləmə xssusiyyətlərinə malik olmalıdır. Göstərilmişdir ki, uzununa-eninə təsirlənən sinxron generator belə xüsusiyyətlərə malikdir.

Giriş. Sinxron generatorlu elektromexaniki qurğularında rezonans rəqsləri yaranması səbəbləri müxtəlifdir. Məsələn, külək elektrik və yaxud val-generator qurğularında yük kəskin dəyişmə xarakteri daşıyır. Yükün məcburi rəqsləri generatorun sərbəst rəqslərlə toplanaraq təhlükəli nəticələrə gətirə bilən elektromexanik rezonans yarada bilər.

Məlum olduğu kimi, döyünən yük şəraitində sinxron generatorun rotor rəqslərini effektiv dempferlənməni mümkündür. Bunun üçün generatorun təsirlənmə dolağına döyünən mürəkkəbli gərginlik tətbiq etmək lazımdır. Eyni zamanda müəyyən edildi ki, təsirlənmə cərəyanının tələb edilən amplitudu çox böyük olduğundan stator cərəyanının və reaktiv gücün böyük rəqslərinə gətirəcək. Sonuncu isə buraxıla bilən deyil. Belə ki, bu gəmi elektroenergetik sisteminin işinə mənfi təsir göstərir.

Əsas hissə. Deyilənlərdən böyük ehtimalla o nəticə çıxır ki, baxılan qurğularında uzununu-eninə təsirlənən sinxron generator istifadə olunmalıdır[1-3].

Bu həllin, nəticə olaraq düzlüyünə əmin olmaq üçün uzununa-eninə təsirlənən generatorun elektromexaniki rezonansın aradan qaldırılmasında, adi generatorda olduğu kimi onun effektivliyinin analizini aparaq.

Bu məqsəd üçün aşağıdakı ifadəyə müraciət edək.

$$\Delta\dot{\delta} = \frac{\Delta\dot{M}_v - \dot{M}_{ef}}{-\omega_v^2 T_J + J\omega_v K_1 + K_2} \qquad (1)$$

burada $\Delta\ M_{eJ}$ – uzununa, həm də eninə təsirlənmə dolağında tənzimləmə səbəbindən yaranan elektromaqnit momentin artımıdır.

Təbii ki, rotorun rəqslərini tam yox etmək üçün aşağıdakı sərt yerinə yetirilməlidir:

$$\Delta\dot{M}_{ef} = \Delta\dot{M}_V \qquad (2)$$

Yeni bu momentlərin həm amplitudası, həm də fazaları bərabər olmalıdır.

Sonrakı tədqiqatı davam etdirməzdən əvvəl aşağıdakı vacib məqama diqqət edək. [2] müəyyən edildi ki, eninə təsirlənmə dolağının zaman sabiti, uzununa dolaqdan bir dərəcə azdır. $(T'_q \ll T'_d)$. Bunu nəzərə aldıqda əminliklə hesab etmək olar ki, uzununa ox üzrə tənzimləmə keçid prosesinin başlanğıc mərhələsinə az təsir edir. Başqa sözlə desək, eninə tənzimləmə zamanı hesab etmək olar ki, uzuna ox üzrə tənzimləmə yoxdur, yəni $\Delta U_{fd} = 0$.

Həqiqətən də, əgər eninə ox üzrə tənzimləmə dempferləmə məsələsini həll edirə, uzununa tənzimləmənin mənası itmiş olur.

Deyilənlərdən bir mənalı şəkildə, val generator qurğusunda uzununa-eninə təsirlənən sinxron maşının idarəsinin aşağıdakı strateqiyası meydana çıxır :

1) Kvazistasionar rejimləri (məsələn, gərginliyin, reaktiv gücün və ya təsirlənmə cərəyanın sabit saxlamaq) uzununa təsirlənmə dolağına həvalə etmək lazımdır;
2) avar vintinin momentinin fluktaksiyası zamanı rotor rəqslərinin dempferlənməsi, eyni zamanda gəmi elektroenergetik sistemin dizel generatoru ilə sinxron val generatorun paralel işləməsi zamanı rəqslərin söndürülməsini isə eninə təsirlənmə dolağına həvalə etmək lazımdır.

Yuxarıda $\Delta U_{fd} = 0$ qəbul edildiyi üçün (1) ifadəsi aşağıdakı şəklə düşür [3,4]:

$$\Delta\dot{\delta} = \frac{\Delta\dot{M}_v - \Delta\dot{M}_{efq}}{-\omega_v^2 T_J + J\omega_v K_1 + K_2}, \qquad (3)$$

burada ΔM_{efq}- eninə təsirlənmə dolağında tənzimləmə səbəbindən yaranan elektromaqnit moment artımıdır.

Uyğun olaraq (2) ifadəsi də dəyişikliyə məruz qalacaq:

$$\Delta\dot{M}_{efq} = \Delta\dot{M}_V \qquad (4)$$

Baxılan halda eninə ox üzrə təsirlənmənin tənzimi səbəbində yaranan elektromaqnit momentin amplitud qiyməti üçün ifadə aşağıdakı şəkilə düşür [1]:

$$\Delta M_{ef} = R_e\left[U\cos\delta_0 \frac{G_q(j\omega)}{X_q(j\omega)} \cdot \Delta U_{fq}\right] \qquad (5)$$

Burada $G_q(j\omega)$ və $X_q(j\omega)$, ΔU_{fq} təsirlənmə gərginiyininin harmonik dəyişən mürəkkəbələrinin dəyişməsinə uyğun keçiricik və induktiv müqavimətin kompleks qiymətləridir, kompleks keçiricilik $G_q(j\omega)$ aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$G_q\,(j\omega) = \frac{X_{aq}/r_{fq}}{1+j\omega T_{q0}} \qquad (6)$$

Burada, bundan sonrakı və yuxarıdakı işarələnmələr sinxron maşınlar nəzəriyyəsində ümumi qəbul edilmişlərdir.

(6)-i – (5)-a qoysaq, taparıq;

$$\Delta M_{efq} = R_e\left[\frac{U\cos\delta_0}{X_q} \cdot K_{fq} \cdot (1 + j\omega T_{q0}) \cdot \Delta U_{fq}\right], \qquad (7)$$

Burada $$K_{fq} = \frac{X_{aq}/r_{fq}}{1+(T'_q)^2}$$

Eninə dolaqda cərəyan artımının amplitud qiyməti aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$\Delta \boldsymbol{i_{fq}} = \frac{\Delta \boldsymbol{U_{fq}}/\boldsymbol{r_{fq}}}{\sqrt{1+(\omega T'_q)^2}} \qquad (8)$$

(7**)** ifadəsinin həqiqi hissəsini ayıraraq və K_{fq}- nü nəzərə alsaq, taparıq:

$$\Delta M_{efq} = \frac{U\cos\delta_0}{X_q} \cdot \frac{X_{aq}\cdot\Delta U_{fq}}{r_{fq}\cdot\sqrt{1+(\omega T'_q)^2}} \qquad (9)$$

(8) –ü nəzərə almaqla (3.34) belə olur:

$$\Delta M_{efq} = \frac{Ux_{oq}}{X_q} \cdot \cos\delta_0 \cdot \Delta i_{fq} \qquad (10)$$

$X_{aq} \cdot \Delta i_{fq} = \Delta E_{fq}$ olduğunu nəzərə alsaq, (10)-dən elektromaqnit momentin artımını taparıq:

$$\Delta M_{efq} = \frac{U\Delta E_{fq}}{X_q}\cos\delta_0 \qquad (11)$$

Elektromaqnit momentin (11) ifadəsi standart formaya malikdir. Bu isə alınmış nəticələrin və riyazi çevirmələrin dürüstlüyünün bir daha sübutudur.

(10)-i nəzərə almaqla (11) – dan alarıq:

$$\Delta i_{fq} = \frac{\Delta M_V \cdot X_q}{U X_{aq} \cdot cos\delta_0} \qquad (12)$$

Adi ifalı sinxron maşın üçün buna oxşar əlavə d indeksinə uyğun alırıq:

$$\Delta i_{fd} = \frac{\Delta M_V \cdot X_d}{U X_{ad} \cdot sin\delta_0} \qquad (13)$$

Biz, avar vintinin fluktaksion mürəkkəbəsinin verilmiş qiymətində momentinə uyğun, baxılan variantlarda cərəyan artımlarının ampıitud qiymətləri üçün ifadələr aldıq. Bu bizə onları öz aralarında müqayisə etmək imkanı verir.

Nəzərə alsaq ki, $X_q \approx X_{aq}$, $X_d \approx X_{ad}$ və $\cos\delta_0 \gg \sin\delta_0$ aşağıdakı vacib bir bağlantını alarıq:

$$\Delta i_{fq} \ll \Delta i_{fd} \qquad (14)$$

Baxılan varianlarda rotor rəqsləri tamamilə dəf edilir. Lakin bu adi konstruksiyalı sinxron maşında yuxarıda göstərildiyi kimi, uzununa təsirlənmə dolağında böyük cərəyanlar stator cərəyanın və reaktiv gücün böyük rəqslərini yaradır.

Alınmış nəticələrdən görünür ki, təsirlənmənin eninə tənzimlənməsində göstərilən rəqslər əhəmiyyətli dərəcədə az olacaq.

Uzununa-eninə təsirlənən sinxron generatorun əsas üstünlüyü də elə bundadır.

ƏDƏBIYYAT

1. *Абдулкадыров А.И, Рустамов Р.М.* Математическое моделированиев электромеханике. Изд-во Lambert Academic Publishing Германия, Монография 2015, 314с.
2. *Abdulkadırov A.İ. Əliyev N.A.* Xüsusi elektrik maşınları. Monoqrafiya, Bakı, Elm nəşriyyatı, 2018, 215s
3. *Абдулкадыров А.И., Рустамов Р.М.* Применение энергосберегающих принципов управления в судовых электрических установках. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», РФ, 2014, N21.
4. *Абдулкадыров А.И., Гаджибалаев Н.М.* Исследование магнитного поля явнополюсной синхронной машины с продольно – поперечным возбуждением. Проблемы Энергетики, 2009, №2, с. 44 – 50.

DEMPRIFICATION OF RESONANCE DANCES IN ELECTROMECHANICAL INSTITUTIONS WITH LONG AND WIDTH SYNCHRON GENERATOR

[1]Abdulkadırov A.I., [2]Alıyev N.A, [3]Hacıbalayev N.M., [2]Rustamov R.M.

[1]Azerbaijan State Oil and İndustry University, Baku, Azerbaujan

a.abdulkadirov.42@mail.ru

[2] Azerbaijan State Marine University, Baku, Azerbaujan

ramiz.rustemov@mail.ru

[3]Sumgayit State University, Baku, Azerbaijan

n.hacibalayev@mail.ru

Key words: electromechanical device, longitudinal action synchronous generator, synchronous shaft generator, forced vibrations, electromagnetic torque, electromechanical resonance.

It has previously been established that a standard synchronous generator cannot fully resonate in electromechanical devices and dampen oscillations at or near frequencies. It is possible to fully dampen the rotor oscillations by applying an additional current ink to the generator winding, which varies with the frequency of the load torque. However, instead, large oscillations of stator current and

reactive power occur. To solve this problem, the synchronous generator must have good damping properties. It has been shown that a longitudinally acting synchronous generator has such features.

ДЕМПФИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ СИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ С ПРОДЩЛЬНО-ПОПЕРЕЧНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

[1]Абдулкадыров А.И., [2]Алиев Н.А., [3]Гаджибалаев Н.М., [2]Рустамов Р.М.

[1]Азербайджанский университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан
a.abdulkadirov.42@mail.ru
[2]Азербайджанская морская академия, Баку, Азербайджан
ramiz.rustemov@mail.ru
[3]Сумгаитский государственный университет, Баку, Азербайджан
n.hacibalayev@mail.ru

Ключевые слова: электромеханическое устройство, синхронный генератор продольного действия, синхронный валогенератор, вынужденные колебания, электромагнитный момент, электромеханический резонанс.

Ранее было установлено, что стандартный синхронный генератор не может полностью резонировать в электромеханических устройствах и гасить колебания на близких частотах. Можно полностью гасить колебания ротора, подавая на обмотку генератора дополнительную струю краски, которая изменяется в зависимости от частоты момента нагрузки. Однако вместо этого происходят большие колебания тока статора и реактивной мощности. Для решения этой проблемы синхронный генератор должен иметь хорошие демпфирующие свойства. Показано, что такими особенностями обладает синхронный генератор продольного действия.

KÜLƏK ELEKTRİK QURĞUSUNUN DİNAMİKİ RELİMDƏ TƏDQİQİ

Həşimova A.R.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt ş., Azərbaycan

Açar sözlər: külək elektrik quğusu, pərlərin dönmə bucağı, elektromaqnit moment, fırladıcı moment, külək seli, kondensator batareyaları, stator dolağı, çıxış gücü.

Xülasə. Məqalədə kondensator batareyalarının olmaması halında elektrik şəbəkəsinə işləyən asinxron generatorlu külək elektrik qurğusunun stator dolağına verilən gərginliyin sabit və tənzimlənməsi ilə işə buraxılması zamanı dinamiki iş rejiminin tədqiqi məsələsinə baxılmışdır.

Dünyada üzvü yanacaq ehtiyatlarının getdikcə tükənməsi, elektrik enerjisinin istilik elektrik stansiyalarında istehsalı səbəbindən ekoloji tarazlığın pozulması, həmçinin enerjiyə tələbatın artması ilə əlaqədar olaraq alternativ enerji mənbələrindən, xüsusi ilə külək enerjisindən istifadə məsələsi gündəmdədir.

Məlumdur ki, külək mühərrikləri daima dəyişən xarici şəraitdə işləyir. Bu xarici şərait yalnız yükdən asılı olmayıb, həm də külək selinin xarakterindən asılıdır. Ona görə də istismar zamanı həm külək mühərrikinin fırladıcı momenti, həm də müqavimət qüvvələrinin momenti fasiləsiz olaraq dəyişir. Bunun qarşısını almaq üçün külək elektrik qurğuları avtomatik tənzimləmə sistemi ilı təchiz

edilir. Külək mühərrikinin fırladıcı momentinin onun nominal sürətlə fırlanması zamanı olan qiymətindən yuxarı qiymətlərinə yol verməmik üçün və həm də külək mühərrikinin artıq yüklənməsinin qarşısını almaq üçün pərlərə düşən külək selinin pərlərdən yan keçməsini, yəni artıq külək selinin pozulmasını təmin etmək lazımdır. Artıq külək selinin pərlərdən yan keçməsini təmin etmək üçün pərlərin dönmə bucağını dəyişdirməklə yerinə yetirmək olar. Hal-hazırda pərlərin dönmə bucağını dəyişdirməklə külək mühərrikinin fırladıcı momentinin küləyin sürətindən asılı olaraq sabit saxlanılması üsulundan geniş istifadə edilir. Nəticədə külək elektrik qurğusunun statiki iş rejimi təmin edilir və bu rejim üçün statiki xarakteristikaları həm təcrübi, gəm də hesabi yolla qurmaq olar.

Statiki rejimdən fərqli olaraq külək elektrik qurğusunun dinamiki iş rejimi bir rejimdən digər rejimə keçdiyi zaman keçid prosesi ilə xarakterizə olunur və bu kemid prosesi müəyyən zaman müddətindən sonra qurtarmalıdır, tənzim olunan koordinatlar nominal qiymət hədlərindən kənara çıxmamalıdır.

Hazırda asinxron generatorlu külək elektrik qurğusunun dinamiki iş rejimlərinin tədqiqinə aid bir çox elmi işlər vardır. Bu elmi işlərin analizindən aydın olur ki, asinxron generatorlu külək elektrik qurğusunun işə buraxılmasinin dinamikası müxtəlif qanunların və yeni texniki həllərin köməyi ilə keçid proseslərinin idarə olunması, o cümlədən optimal idarə olunması, kompensasiya qurğuları və həyacan təsirləri olduqda və olmadıqda (küləyin sürətinin, hərəkətetdirici momentin daha tam modelləşdirilməsi), habelə asinxron generatorun stator dolağına verilən gərginliyin tənzim olunması və olunmaması
və s. zamanı aparılan tədqiqatlar bu qurğuların istismarı zamanı çox vacib məsələlərdir.

Aydındır ki, külək elektrik qurğusunu işə buraxdıqda sürətlənmə prosesində maşın ilk öncə mühərrik rejimində işləyəcəkdir və bu halda külək elektrik qurğusunun valına eyni zamanda iki moment təsir edəcəkdir. Bu momentlərdən biri asinxron maşının yaratdığı elektromaqnit momenti, digəri isə külək mühərrikinin hərəkətetdirici momenti. Deməli, külək elektrik qurğusu $\omega_G=0$ tərpənməz vəziyyətindən qoşulduğu şəbəkəyə enerji verənə qədər, yəni onun sürətlənməsi iki momentin cəminin təsiri ilə yerinə yetirilir. Külək elektrik qurğusu şəbəkəyə enerji vermə qiymətinə qədər qurğunun valına mənfi təsir göstərən momentin yırğalanmasını (artıb-azalmasını) məhdudlaşdırmaq üçün maşının statoruna verilən gərginliyi xətti qanunauyğunluqla dəyişmək məqsədyönlüdür.

Külək elektrik qurğusunun dinamiki rejimdə tədqiqi dedikdə onun işə buraxılma, tormizlanma rejimlərini, eləcə də çıxış gücünün dəyişməsi məsələlərini həll etmək üçün modelləşdirilmə məsələlərinə baxılmalıdır. Modelləşdirmə zamanı nəzərə alınmalıdır ki, külək elektrik qurğusu böyük güclü şəbəkəyə işləyir və modelləşdirmədə həm maşının, həm də transformator və xəttin tənlikləri nəzərə alınmalədır.

Külək elektrik qurğusunun dinamiki rejimdə tədqiqatı maşının sıxaclarına verilən gərginliyin sabit qiymətində, həm də həmin gərginliyin tənzimlənməsi zamanı aparılmışdır. Tədqiqat aparılarkən həm də kondensator batareyalarının qoşulmaması və qoşulması zamanı müəyyin edilmişdir ki, kondensator batareyaları qoşulmadıqda və gərginliyin sabit, dəyişməz qiymətində momentin və stator cərəyanının küləyin sürətindən asılı olaraq qərarlaşmış rejimə qədər sürətlənməsi əyriləri çıxarılmışdır. Əyrilırdən məlum olur ki, belə halda valdalı momentin 0,7 M_n-a bərabər qiymətində külək elektrik qurğusunun işə buraxılması zamanı (maşın mühərrik rejimində işə buraxilır) maşın mühərrik rejimindən generator rejiminə keçənə qədər həm moment, həm də stator cərəyanı enerji daşıyıcısı olan küləyin sürəti dəyişdikcə dəyişir, həm də çox böyük qiymətlərlə döyünmələrdən sonra maşın qərarlaşmış rejimə keçdikdən sonra dəyişməz qalır.Bu parametrlərin stabil qiymətləri külək elektrik qurğusunun nominal külək sürətindəki çıxış gücünə uyğun qiymətləri olur.

Kondensatorsuz külək elektrik qurğsunda maraqlı məqam gərginliyin tənzimlənməsi ilə işə buraxma rejimidir. Belə işə buraxma zamanı maşının momentinin və stator cərəyanının döyünmələri və bucaq sürəti işə buraxmanın əvvəlində döyünmələrin olmasına baxmayaraq, maşın generator rejiminə keçdikdən sonra bu döyünmələrin amplitudu gərginliyin sabit qiymətindəki döyünmələrin amplitudundan az olur və qərarlaşmış rejimdə həmin parametrlər küləyin işçi nominal sürətindəstabil qalır. Deməli, elektrik şəbəkəsinə işləyən külək elektrik qurğusunun tez sürətlənməsi üçün işə buraxma zamanı külək mühərrikində dinamiki yükləri azaltmaq üçün maşının sıxaclarına verilən gərginliyi xətti qanunauyğunluqla dəyişməklə mühərrik rejimində işə buraxılması məqsədyönlüdür.

ƏDƏBİYYAT

1. Никишин А.Ю., Казаков В.П. Современные Ветроэнергетические установки на базе асинхронных машин. Современные проблемы науки и образования. № 6. 2012г.

2. Мустафаев Р.И., Гашимова А.Р. Статические характеристики ветроэнергетических установок с асинхронным генератором при регулировании подводимого к статору напряжения. М. Электротехника №11,1999 г.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

Гашимова А.Р.

Сумгаитский государственный университет ,г.Скмгаит, Азкрбайджан

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, угол поворота лопастей, электромагнитный момент, крутящий момент, ветровой ток, конденсаторные батареи, обмотка статора, выходная мощность.

Резюме. В статье рассмотрены вопросы исследования динамического режима работы ветроэлектрической установки с асинхронным генератором, работающим параллельно с сетью при отсутствии конденсаторных батареи, с регулированием и без регулирования подводимого к статорной обмотке напряжения при пуске.

DYNAMIC STUDY OF A WIND POWER PLANT

Hashimova A.R.

Sumqayit State Univercity, Sumqgayit, Azerbaijan

Key words: wind turbine, corner blades, electromagnetic torque, torque, wind current, condenser batteries, stator winding, output power.

Summary. The article deals with the study of the dynamic mode of operation of a wind power plant with an asynchronous generator operating in parallel with the network in the absence of a capacitor bank, with and without regulation of the voltage supplied to the stator winding during start-up.

ÇEVİK MANİPULYATORUN İDARƏETMƏ SİSTEMİNİN LAHİYƏLƏNDİRİLMƏSİ

Mahalova B.Ə.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı ş,Azərbaycan
b.mahalova@gmail.com

Açar sözlər: fazifikasiya, defazifikasiya, qeyri-səlis idarəetmə.

Xülasə/ Bu sənəddə çevik qoşulmuş robotun qolunun modelləşdirilməsi və inkişaf etməsi əks olunub. Əldə olunan model Eyler-Laqranjın yanaşmasına əsaslanıb.Sürüşmə rejiminə nəzarət qeyri-xətti idarəetmə strategiyası kimi təklif olunur. Sürüşmə rejiminə nəzarət ilə bağlı əsas problem fasiləsiz idarəetmə girişi ilə bağlıdır.Bu,sıfır ətrafında sürüşən səthin dalğalanmasını müşahidə edərək öyrənilə bilər.Nəticələr göstərir ki, sürüşmə rejiminə nəzarət daha dəqiqdir

Adətən, real fiziki mexanizmlərin və ya dəzgahların dəqiq riyazi modelləri olmur və ya tərtib etmək olduqca çətin olur. Bu, praktiki idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsində qarşıya çıxan ən əsas problemlərdən biridir. Qeyri-səlis idarəetmədə insanın qeyri-müəyyən biliyinin riyazi təsvirindən istifadə olunur. Əslində qeyri-səlis idarəetmə sistemin idarə olunmasında insan biliklərini təsvir etmək, idarə etmək və həyata keçirmək üçün bir metod təklif edir. Doğru tətbiqlərlə qeyri-səlis idarəetmə sistemini layihələndirmək daha asandır. [1]

Ümumiyyətlə, qeyri-səlis idarəetmə sistemi 4 komponentdən ibarətdir:

Birincisi, sistemin ən yaxşı şəkildə idarə olunması barədə biliklərə malik biliklər bazası

İkincisi, hazırkı dövr üçün müvafiq idarəetmə qaydaları barədə qərar verən məntiqi çıxarış mexanizmi

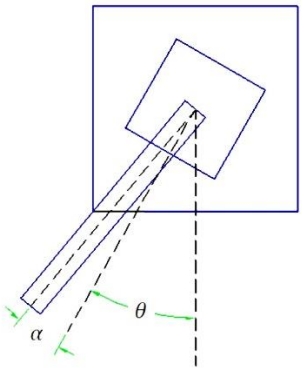
Üçüncüsü, fazifikasiya interfeysi-qeyri-səlis məntiqdən istifadə edərək verilmiş girişdən nəticəyə uyğunlaşdırma prosesidir.

Dördüncüsü, defazifikasiya interfeysi-mexanizmin nəticələrini qurğunun girişinə çevirir.

Tian və Collins çevik manipulyatorun neyro-qeyri-səlis idarəetmə sistemini təklif etdilər. Mougdal 2 bəndli çevik manipulyatoru idarə etmək üçün adaptiv qeyri-səlis idarəetmənin əsasını qoyub. Renno modal analizdən istifadə edərək çevik əlaqəli manipulyatorun dinamikasını modelləşdirmişdir.

Yuxarıda qeyd olunanlar qeyri-səlis məntiqin çevik mexaniki robot manipulyatorun idarəedilməsinə uyğun bir yanaşma olduğunu göstərir.

Aşağıda çevik qoşulmuş robotun qolunun sxematik diaqramı göstərilmişdir. [2]



Şəkil 1. Çevik qoşulmuş robotun qolunun sxematik diaqramı

Modelin yaradılması üçün istifadə olunan çevik qoşulmuş robotun parametrləri aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir.

SİMVOL	***TƏSVİR***	***DƏYƏR***	***VAHİDLƏR***
K_s	Yayın sərtliyi	5.468	N/m
m	Bəndin kütləsi	0.1	kg
J_h	Fırlanan platformanın ətaləti	0.00035	kgm^2
J_ι	Fırlanan platformanın ətaləti	0.003882	kgm^2
h	Fırlanan platformanın ağırlıq mərkəzinin məsafəsi	0.06	m
g	Sərbəstdüşmə təcili	-9.81	N/m

Yayın çəkisi və cazibə qüvvəsinin cəmi P_{total}-ı təşkil edir. (1)
Platformanın və çevik əlaqə manipulyatorunun kinetik enerjiləri cəmi K_{total}-ı təşkil edir. (2)
L potensial və kinetik enerjilərin cəmidir. (3)

$$P_{total} = \frac{1}{2}K_s\alpha^2 + \text{mgh}\cos(\theta + \alpha) \quad (1)$$

$$K_{total} = \frac{1}{2}J_h\,(\dot{\theta}^2) + \frac{1}{2}J_\iota(\dot{\theta} + \dot{\alpha})^2 \quad (2)$$

$$L = P_{total} + K_{total} \quad (3)$$

Eyler-Laqranjın hərəkət tənliyi (4) fırlanan platformanın fırlanma sürətinin tələb olunan nəticəsini əldə etmək üçün tətbiq olunur. [3]

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_l}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = \tau \quad (4)$$

ƏDƏBİYYAT

1. Quanser. (10-3-2016). Quanser rotary Flexible joint. Available: http://www.quanser.com/products/rotary_flexible_joint

2. S. A. Ajwad, M. I. Ullah, R. U. Islam, and J. Iqbal, "Modeling robotic arms–A review and derivation of screw theory based kinematics," International Conference on Engineering & Emerging Technologies 2014, pp. 66-69.

3. J. Iqbal, N. Tsagarakis, A. E. Fiorilla, and D. Caldwell, "Design requirements of a hand exoskeleton robotic device," 14th IASTED International Conference on Robotics and Applications, 2009, pp. 44-51.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИБКОГО МАНИПУЛЯТОРА

Махалова Б.А.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г.Баку, Азербайджан

Ключевые слова: классификации, дефаззификация, манипулятор, нечеткое управление.

В этой статье представлено моделирование и сложное управление гибкой роботизированной рукой. Производная модель основана на подходе Эйлера-Лагранжа. Управление в скользящем режиме предлагается как нелинейная стратегия управления. Основная проблема со скользящим режимом управления связана с прерывистым вводом управления. Это можно изучить, наблюдая колебания поверхности скольжения около нуля. Результаты показывают, что управление скользящим режимом является более точным

DESIGNING A FLEXIBLE MANIPULATOR CONTROL SYSTEM

Mahalova B.A.
Azerbaijan State Oil and Industry University. Baku, Azerbaijan

Key words: fuzzification, defuzzification, fuzzy management

This paper presents modeling and sophisticated control of flexible robotic arm. The derived model is based on Euler-Lagrange approach. Sliding Mode Control is proposed as a non-linear control strategy. The major problem with the Sliding Mode Control is due to discontinuous control input. This can be studied by observing the sliding surface fluctuating around zero. Results dictate that the Sliding Mode Control is more accurate.

HAVA GƏMİLƏRİ ÜÇÜN QEYRİ-ƏNƏNƏVİ STATİK İNVERTORUN MODELİ

Yusubov V.F.
Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı ş., Azərbaycan
vasif_yusubov@inbox.ru

Açar sözlər: ehtiyyat qida mənbələri; bort statik invertoru; Eninə impuls modulyasiyası; bort enerji mənbələri; sinus invertor; mikrokontroller; igbt invertor.

.

Xülasə. Təqdim olunan məqalədə aviasiya istifadə edilən mövcud statik inverterlərin dizaynı və parametrləri müzakirə olunur. Əsas parametrlərini yaxşılaşdırmaq üçün mövcud çevirici dövrələrindən fərqlənən qeyri-ənənəvi bir metod təklif olunur və əsaslandırılır. Başlanğıcda, yeni bir tip inverterin struktur diaqramı nəzərdən keçirildi və perspektivi qeyd edildi.

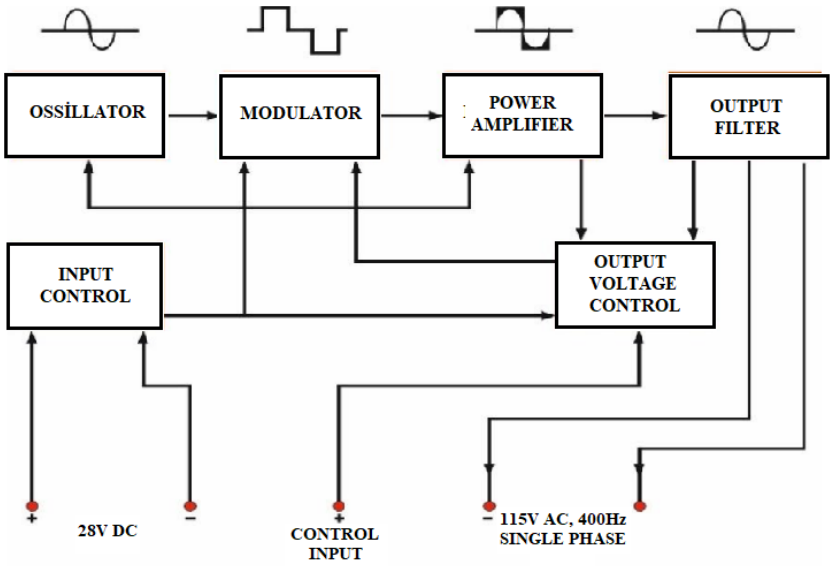
Giriş. Aviasiyada təyyarələrin texniki təhlükəsizliyinin təmini ən vacib məsələlərdəndir. Təyyarələrin bort avadanlıqlarının istismar prosesində gözlənilməz sıradançıxma halları istisna edilmir, baxmayaraq ki, bu avadanlıqlar çox sayda rezervlənmiş olur. Bort avadanlıqlarının özünün də etibarlı işini təmin edən, əsas bort enerji mənbələridir. Bu mənbələr sabit və dəyişən cərəyan generatorlarından ibarət olub təyyarə mühərriklərində yerləşdirilən və birbaşa bu mühərriklərlə bağlı olan, yəni işi onlardan asılı olan mənbələrdir. Əsas enerji mənbələrinin işində problem yarandıqda ehtiyyat enerji mənbələri avtomatik olaraq işə düşür və bort sistemlərini enerji ilə təmin edir. Ehtiyyat enerji mənbələri əsasən sabit gərginlik batareyalarından ibarət olur. Lakin təyyarələrin elektrik sistemi 28 V sabit gərginlikdən əlavə 115 V 400 Hs tezlikli dəyişən gərginlik də tələb etdiyi üçün sabit gərginliyi dəyişən gərginliyə çevirən, statik invertorlar tətbiq edilir (şəkil 1). Belə invertorların təyyarələrdə tətbiq olunan ənənəvi bir növünün xarici görünüşü şəkil 1,a-da göstərilmişdir. Aviasiya

inkişaf etdikcə, bu tip mənbələrin texniki xüsusiyyətlərinə qoyulan tələblər də dəyişir. Bu xüsusiyyətlərə kütlə və qabarit ölçülərinin azaldılması, yüksək etibarlılığın təmini, stabil və təmiz spektrə malik çıxış gərginliyinin təmin olunması, f.i.ə.-nin yaxşılaşdırılması, qurğunun ucuz başa gəlməsi və s. tələblər aiddir. Buna görə də statik invertorların yeni tiplərinin layihələndirilməsi məsələlərinə baxılması olduqca aktualdır.

Yeni tip statik invertorların layihələndirilməsini vacib edən ən əsas parametr kütlə və qabarit ölçüləri problemidir ki, bu da aviasiyada daim aktual məsələ olaraq qalır. Məqalədə, ilkin olaraq, bu məsələyə fərqli yanaşma əsaslandırılmış, statik invertorun yeni tipli, qurğunun kiçik kütlə və qabaritə malik olmasını təmin edən sxem həllinin mümkün olduğu göstərilmişdir.

Ənənəvi bort statik invertorun blok sxemi. Hal - hazırda təyyarələrdə istifadə edilən statik invertorlar bir qayda olaraq, şəkil 1,b-də verilmiş struktur sxem üzrə qurulur.

a)

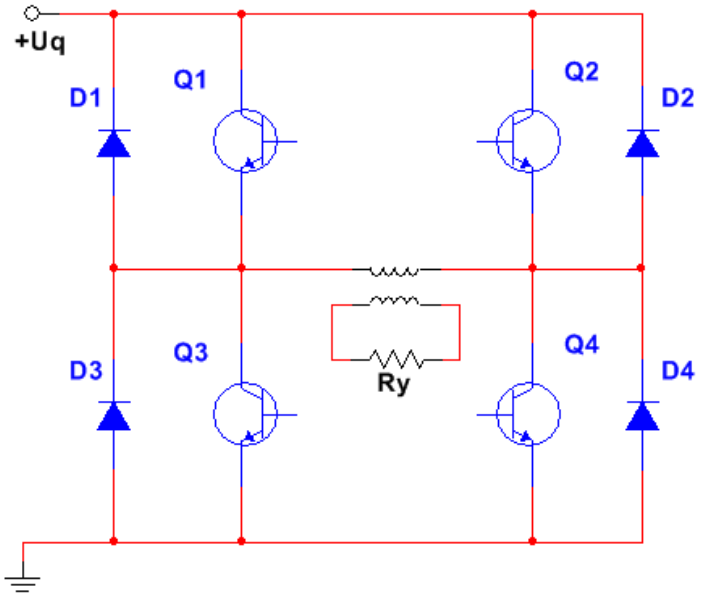


b)

Şəkil 1. Təyyarələrdə istifadə olunan ənənəvi statik invertorun xarici görünüşü (a) və onun blok sxemi (b)

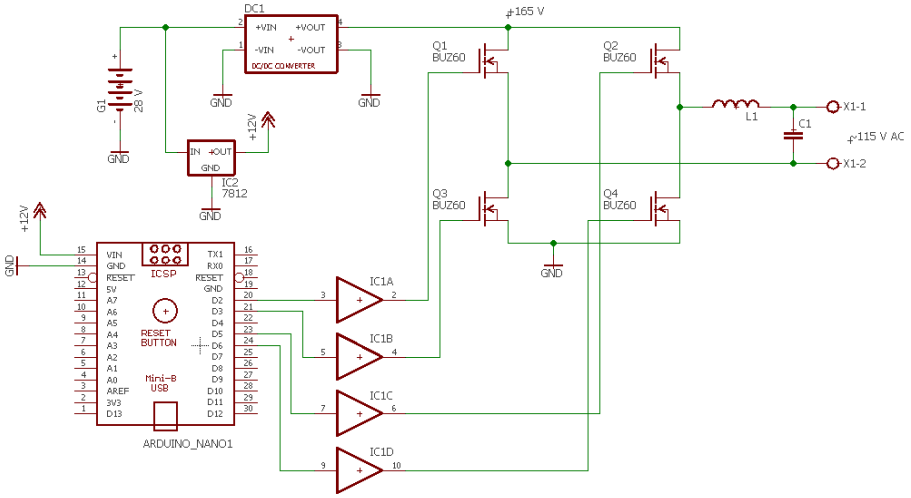
Blok sxemdən göründüyü kimi giriş sabit gərginliyi modulyatorda düzbucaqlı dəyişən gərginliyə çevrilir. Daha sonra bu düzbucaqlı gərginlik gücləndirilərək çıxış süzgəcinə ötürülür. Çıxış süzgəcinin vəzifəsi düzbucaqlı gərginlikdən sinusoidal gərginliyi ayırmaqdır. Bu tip sxem həlli uzun müddət bort statik invertorlarının əsasını təşkil etmişdir. Buna səbəb sxemin köhnə element bazasının

imkanlarına görə tərtib olunması olmuşdur. Sxemdə modulyator və gücləndirici hissə adətən şəkil 2 –də göstərilən elektrik prinsipial sxemi əsasında həll edilir. Sxemdə tranzistorlu körpü sxemi ilə yanaşı çıxış transformatoru da olduğundan ümumilikdə qurğunun kütləsi böyük olur. Həmçinin çıxış süzgəci 400 Hs tezliyə hesablandığından onun elementlərinin nominallarının da böyük olması tələb olunur ki, bütün bunlar da yekun qurğunun kütləsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir.



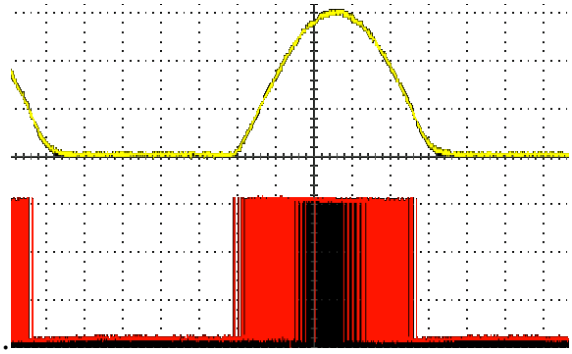
Şəkil 2. İnvertorun elektrik prinsipial sxemi

Yeni element bazası əsasında statik invertor. Müasir dövrdə rəqəm elektronikasının və həmçinin güc elektronikasının element bazasının sürətli inkişafı yeni və daha effektiv sxem həllərinin yerinə yetirilməsinə imkan verir. Misal olaraq mikrokontrollerlər, İGBT və Mosfet tranzistorlar, ferrit içliklər və s. Mikrokontroller əsasında qurulmuş **Eninə İmpuls Modulyasiyası** (EİM, PWM) qurğusunun köməyi ilə sinusoidal gərginlik birbaşa alına bilər ki , bu da Şəkil 1 də göstərilən blok sxemdə modulyator və gücləndirici hissəni, sadəcə körpü tranzistor sxemi ilə əvəz etməyə imkan verir. Nəticədə 400 Hs tezlikli transformator sxemdən çıxmış olur. Transformatorun bu sxemdə yerinə yetirdiyi digər məsələ - gərginliyin yüksəldilməsi məsələsi isə impuls transformatoru sxemi ilə əvəz oluna bilər. Müasir impuls transformatorlarında istifadə etmək üçün yüksək qabarit gücə malik və kiçik ölçülü və kütləli ferrit içliklər istehsal olunur və uyğun olaraq istifadə edilə bilər. Bu şərtlər daxilində modeli təklif olunan yeni tip statik invertorun funksional sxemi şəkil 3-də verilmişdir. Universal Arduino modullarının tətbiqi sxemin sadə və eyni zamanda geniş funksional imkanlara malik formada realizə edilməsinə imkan verir. Təklif olunan sxem ARDUİNO NANO1 modulu əsasında qurulmuşdur.



Şəkil 3. Yeni tipli statik invertorun funksional sxemi.

Burada giriş 28 V sabit gərginliyi impuls transformatoru əsasında qurulmuş çevirici vasitəsilə 165 V gərginliyə (çıxış 115 V gərginliyin amplitud qiymətinə) yüksəldilir. Daha sonra isə mikrokontroller və tranzistorlu körpü sxemi vasitəsilə sinusoidal gərginliyə çevrilir. Bu çevrilmə zamanı işçi EİM tezliyi kifayət qədər yüksək götürülə bilər (məs. 16 – 32 kHs) və bu da öz növbəsində çıxış süzgəcinin (LC süzgəc) elementlərinin nominallarının, eyni zamanda ölçülərinin aşağı qiymətini təmin edir və çıxışda praktiki olaraq ideal sinusoidal gərginlik əldə etmək imkanı verir. Bir yarımperiodlu eninə impuls modulyasiyalı sinusoidal siqnal kiçik ölçülü LC süzgəcindən keçərək sinusoidal gərginliyə çevrilir (şəkil 4)



Şəkil 4. Eninə impuls modulyasiyalı siqnalın LC süzgəc vasitəsilə süzgəclənərək sinusoidal gərginliyə çevrilməsi

МОДЕЛЬ НЕТРАДИЦИОННОГО СТАТИЧЕСКОГО ИНВЕРТОРА ДЛЯ САМОЛЕТА

Юсубов В.Ю.

Национальная академия авиации, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: резервные источники питания; бортовые статическое инверторы; Широтно-импульсная модуляция; бортовые источники питания; синусоидальный инвертор; микроконтроллер; igbt инвертор

В представленной статье рассмотрены конструкция и параметры существующих бортовых статических инверторов, используемых в авиации. Предложен и обоснован нетрадиционный метод, отличающийся от существующих схем инвертора для улучшения их основных параметров. Изначально была рассмотрена структурная схема инвертора нового типа и отмечена его перспективность.

MODEL OF NON-TRADITIONAL STATIC INVERTOR FOR AIRCRAFT

Yusubov V.F.
National Aviation Academy, Baku , Azerbaijan

Key words: backup power supplies; onboard static inverters; Pulse width modulation; onboard power supplies; sine wave inverter; microcontroller; igbt inverter.

The presented article discusses the design and parameters of existing on-board static inverters used in aviation. An unconventional method is proposed and substantiated, which differs from the existing inverter circuits to improve their basic parameters. Initially, the block diagram of a new type of inverter was considered and its perspective was noted.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НЕИСПРАВНОСТИ ПРИ МЕЖФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ В ОБМОТКЕ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ахмедов Д.А.
Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: Асинхронный двигатель, обмотка статора, техническое состояние, акустические процессы, механические колебания, высшие пространственные гармоники.

С помощью физического моделирования наиболее часто встречающееся на практике межфазное замыкание во всыпной обмотке статора асинхронного двигателя исследовалось в режимах холостого хода и нагрузки машины. Установлено, что увеличение тока в контуре межвиткового замыкания приводит к значительному изменению значения параметров акустического процесса. Показано, что при диагностировании асинхронного двигателя акустическим методом можно выявить межфазное замыкание в обмотке статора на ранней стадии проявления, в процессе работы. При этом с целью критерии принимается значительное увеличение значения параметров акустического процесса в рассматриваемом режиме по сравнению с предельным значением допустимого порога установленных в отраслевом стандарте для данного класса электрических машин.

Своевременное диагностирование неисправностей технического состояния электрических машин является одним из основных факторов обеспечения безаварийного режима работы и эффективности функционирования этих машин.

Как известно асинхронные двигатели (АД) широко используются в различных отраслях народного хозяйства. Практика их эксплуатации показывает, что межфазное замыкание наиболее часто встречающихся неисправностей обмотки статора, явных признаков которого являются: нарушения симметрии фазных токов, высокий уровень шума, вибрации и др.[1]. Поэтому можно говорить о том, что межфазное замыкание оказывает влияние на параметры электромагнитных, механико-вибрационных и акустических процессов машины.

Межфазное замыкание, создавая электрическую не симметрию в обмотке статора, обуславливает появление дополнительных пространственных высших гармоник [2]. Высшие пространственные гармоники создают дополнительные усилия в сердечнике и других конструктивных частях машины, которые приводят к появлению механических

колебаний и за счет этого образуются акустические колебания в спектре шума в результате это все применяется как признаки неисправности.

В настоящей статье рассматривается возможность применения параметров акустического шума в целях диагностирования межфазного замыкания в обмотке статора асинхронного двигателя.

Для экспериментального подтверждения сказанных положений и получения данных, характеризующих влияние межфазного замыкания в обмотке статора и на параметры акустических процессов было использовано известная методика [3]. Сущность ее заключается в том, что создавая межфазное замыкание искусственно, определяем и анализируем свойства проявлений акустических процессов в машине.

Искусственное замыкание между различными фазами в обмотке статора создается с помощью проводов, предварительно выведенных наружу из лобовой части обмотки. Для имитации переходного сопротивления в точке замыкания эти провода замыкаются через регулируемое активное сопротивление, позволяющее также регулировать значения тока в короткозамкнутом контуре и получить неисправности различной степени.

Определения значения величины усиления акустического шума в зависимости от рассматриваемой неисправности имеет практическое значение.

Эксперименты проводились как на эксплуатируемом так и на лабораторном стенде на АД типа 4А100SУЗ, 3,0 кВт, 380 /220В, cosφ = 0,83, 1450 об/ мин. с предварительной проверкой исправности используемых машин. Измерения проводились с помощью виброметров 2511 и 1621(фирмы Bryul- Kyaer).

Данные, характеризующие изменения акустических параметров уровня шума следуемой

При измерении параметров одновременно проводились также их осциллографирование в идентичных условиях и одинаковом масштабе. На рис.1 приводится осциллограммы уровня шума при отсутствии и наличии межфазного короткого замыкания между фазами А и С в

Экспериментальные данные показывают, что межфазное замыкание в обмотке статора приводит к заметному увеличению параметров акустического процесса. Следовательно, эти параметры можно использовать в качестве диагностических параметров для контроля технического состояния АД в процессе ее работы.

Непосредственное измерение названного параметра в условиях эксплуатации не представляет трудностей и не требует больших затрат. В процессе контрольных измерений выход значений параметра за предел допуска может служить сигналом о возникновении неисправности в обмотке статора. В качестве предела допуска, могут быть использованы значения установленные с ГОСТ 11929-87,
акустического параметра соответствующих классов электрических машин.

Таблица 1.

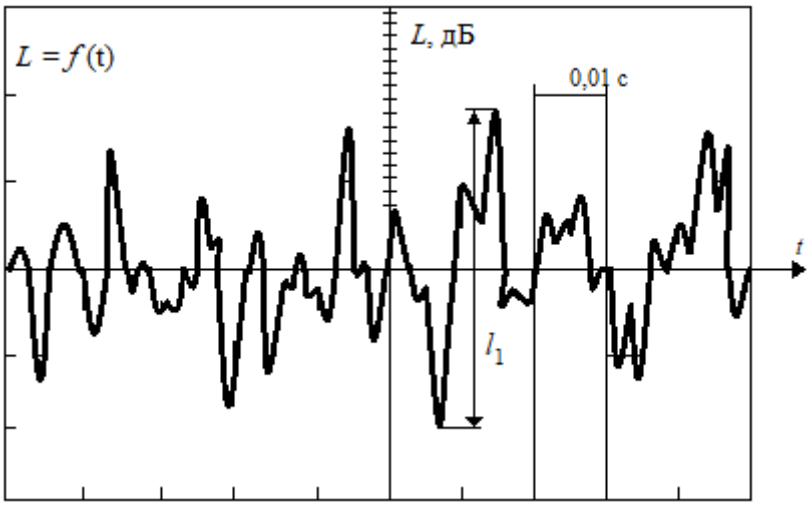
Режим	Изменение уровня шума, L, дБ, для различных режимов работы (замыкаются фазы А и С)		
	$\dot{I}=0$	$\dot{I}=0,5\ \dot{I}_н$	$\dot{I}=\ \dot{I}_н$

Неисправность отсутствует	63	68	75
Неисправность задана ток в коротко замкнут-ом контуре: 2 А 10 А 15 А	69 76 84	71 77 86	82 86 88

Неисправность технического состояния машины в процессе ее работы можно определить также анализом кривых изменений диагностических параметров, снятых путем осциллографирования или регистрации флуктуации их по времени.

Сравнивая их с аналогичными, характеризующими исправное техническое состояние, можно в ранней стадии выявить возникающей неисправности в машине. Также было установлено, что уровень шума при названной неисправности в значительной степени зависит от магнитного шума зубцовой частоты на корпусе двигателя в радиальном направлении.

а)



б)

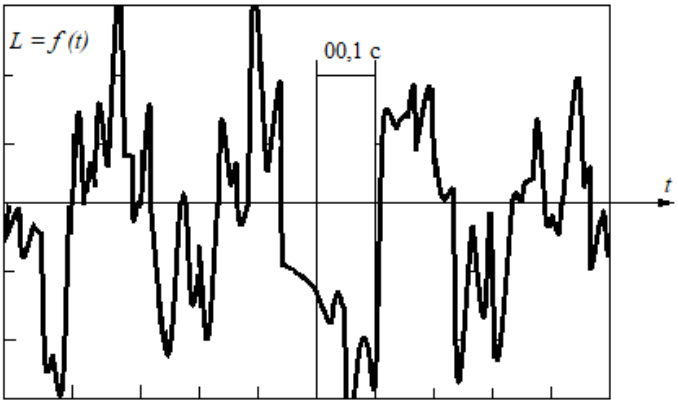


Рис.1. Осциллограммы уровня шума при межвитковом замыкании в обмотке статора в режиме холостого хода АД: *а* - неисправность отсутствует; б - неисправность задана (ток в короткозамкнутом контуре 15А).

На основании выполненных исследований можно отметить, что для выявления на ранних стадиях развития межфазного короткого замыкания в обмотке статора в процессе диагностического контроля технического состояния асинхронных двигателей в качестве наиболее информативных диагностических параметром целесообразно использовать параметры акустического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин Л.: Энергия, 1975, 272с.
2. Геллер Б., Гамата В. Дополнительные поля, моменты и потери мощности в асинхронных машинах М.:,Л.: Энергия, 1964, 262с.
3. Гашимов М.А., Гусейнов А.М. Диагностирование неисправностей электроэнергетических машин при межфазных замыканиях в обмотке статора // Электричество, 1987. № 4 с. 53-56

DIAGNOSTICS OF A FAULT IN THE INTERFACIAL CIRCUIT IN THE STATOR WINDING OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR

Akhmedov D.A.

Sumgait State University, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: Asynchronous motor, stator winding, technical condition, acoustic processes, mechanical vibrations, higher spatial harmonics.

With the help of physical modeling, the most common inter-turn short circuit in the bulk stator winding of an asynchronous motor was studied in the idle and load modes of the machine. It is established that an increase in the current in the counter of the inter-turn circuit leads to a significant change in the value of the parameters of the acoustic process. It is shown that when the diagnosis of induction motor acoustic method can detect phase-to-phase short in the stator winding at an early stage of manifestation, in the process, this criterion is applied a significant increase in the values of the parameters of the acoustic process in the present mode for comparison with the limit value of the acceptable threshold established industry standards for this class of electric machine.

ASİNXRON MÜHƏRRİKİN STATOR DOLAĞINDA FAZLAR ARASI QISA QAPANMA YARANDIQDA NASAZLIQLARININ AKUSTİK METODLA DİAQNOSTİKASI

Əhmədov D.A.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

Açar sözlər: Asinxron mühərrik, stator dolağı, texniki vəziyyət, diaqnostika, mexaniki rəqs, yüksək tərtibli fəza harmonikaları.

Asinxron mühərrikin statorun səpmə dolağında praktikada ən çox rast gəlinən fazalar arası qısa qapanmanın fiziki modeləşdirmə metodu ilə yüksüz və yük rejimlərində tədqiq edilmişdi. Müəyyən

edilmişdi ki, akustik prosesinin parametrlərinin qiymətlərinin stator dolağının fazalar arası qısa qapanma konturunda cərəyanın artması nəticəsində xeyli dərəcədə yüksəlir. Göstərilir ki, asinxron mühərriki akustik metodla diaqnostikasını apardıqda stator dolağımda fazalar arası qısa qapanmanı başlanğıc mərhələdə erkən müəyyən etmək mümkündür. Bu məqsədlə kriteriyə olaraq akustik prosesinin parametrlərinin qiymətləri baxılan rejimdə sənaye sahələrinin standartlarında baxılan maşın üçün buraxıla bilən hədd qiymətlərindən yüksək olması əsas kimi qəbul edilir.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛОБОВЫХ ЧАСТЕЙ ОБМОТКИ СТАТОРА ПО УРОВНЮ ВИБРАЦИИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ахмедов Д.А., Ахмедов А.Д.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: Асинхронный двигатель, обмотка статора, лобовые части обмотки, вибрация, электродинамические усилья, частота колебания.

Рассматриваться вопросы диагностирования состояния лобовых частей однослойной всыпной обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя по уровню вибрации с учетом температуры и воздействия межвиткового замыкания. Установлено, что собственная частота лобовых частей существенно зависит от температуры и снижается при ее повышении. Выявлено, что относительное перемещение лобовых частей возникают только при возникновении межвиткового замыкания, который приводит к значительной превышению допустимого уровня вибрации корпуса асинхронного двигателя

В условиях эксплуатации при появлении в обмотке статора асинхронного двигателя [АД] короткозамкнутых витков возникают дополнительные поля от токов, протекающих по ним. Обнаружив появления указанных полей, можно решить задачу обнаружения в обмотке короткозамкнутых витков. Существующие в настоящее время способы функциональной диагностики основаны на измерения магнитного потока в зазоре и внешнего магнитного поля двигателя, полей рассеяния в области лобовых частей обмотки, основанные на анализе вибрации, и акустических колебаний и др.

В настоящее время недостаточно глубоко изучены вопросы о влиянии вибрации на состояние лобовых частей при неисправностях, возникающих в процессе функционирования АД. В настоящей статье рассматриваются вопросы определения влияния на уровень вибрации лобовых частей межвиткового замыкании в всыпной однослойной концентрической обмотки статора. С указанной целью проводились экспериментальные исследования на АД типа 4А100S4У3 3.0 кВт, U=380/ 220 В,$\dot{I}_n$=6,6А, ,f_1=50Гц, n_c = 1500 об/ мин. При проведении экспериментов для измерения вибрации использовалась аппаратура Vibroport, снятие спектрограмм вибрации производилось анализатором спектра 2113 фирмы Brüel Kjaer ссамописцем в комплекте со штатным акселерометрами. Кроме того, при исследованиях вибрации лобовых частей применялся штатный щуп типа YP0080, который опускался на вылеты через специально просверленные отверстия в корпусе двигателя. Такой метод крепления акселерометров используется при работе в частотном диапазоне до 1000 Гц [1] . Собственные частоты лобовых частей общепромышленных АД не входят за указанные пределы, поэтому использование щупа приведенного типа являлось допустимым [1]. С целью имитации в обмотке статора межвитковое замыкания, проводники принадлежащие одной из секции катушечной группы фазы С соединялись между собой с помощью отпаек в лобовой

части через регулируемое активное сопротивление. Для опускания щупов и измерения вибрации лобовых частей в корпусе двигателя используется две группы отверстий. Первая группа отверстий располагалась в месте выхода обмотки из паза, другая в конце вылета лобовых частей. Проведено исследование вибрации в шести вылетов лобовой части обмотки. Измерения вибрации в лобовых частях АД, производился по разработанной методике. Суть которого заключается: электродвигатель включается на холостом ходу и при установившегося режима температуре обмотки сняты спектрограммы вибрации корпуса в месте выхода обмотки из паза и лобовых частей. Затем после создания межвиткового замыкания при различных значениях тока и нагреве обмотки до номинальной температуры и снова снимали спектрограмму вибрации лобовой части. Для температур θ_1 и θ_2 определяют частоты f_1 и f_2 , на которых уровень вибрации лобовых частей обмотки максимален. Если при этом разница между вибрацией корпуса и лобовых частей обмотки на этих частотах является значительной (боле 10-12 дб), а $f_1 > f_2$, то f_1- собственная частота лобовых частей при температуре θ_1,а f_2 - их собственная частота при температуре θ_2. При работе АД в холостом ходу из-за незначительной величины тока вибрация лобовых частей вызываются в основном инерционными силами, которые передаются на обмотку от сердечника статора. Уровень вибрации лобовых частей повышаются при воздействии электродинамические усилия образованных при пуске, наброске, нагрузки, реверсировании и в других переходных режимах двигателя. При этом возникающие возмущающие силы (подшипниковые, зубовые и др.) имеют различные частоты[3], в колебаниях статора будут присутствовать множество частот, с которыми сердечник будет воздействовать на лобовые части обмотки. При совпадении одной из этих частот с собственной частотой лобовых частей возникнет резонанс, результатом чего будет являться значительная разница в уровнях вибрации корпуса и лобовой части на этой частоте. Если указанный случай произойдет на стадии образования межвиткового замыкания в обмотке, уровень вибрации резко повысится и приведет к повышенному износу изоляции витков. Влияние температуры обмотки на величину первой собственной частоты колебаний исследовано в радиальном направлении корпуса машины. На рис.1.вкачестве примера приведены спектрограммы вибрации одного из вылетов АД, в режиме холостого хода. Первая спектрограмма снималась при температуре обмотки 40° С, а вторая-при температуре 60° С.

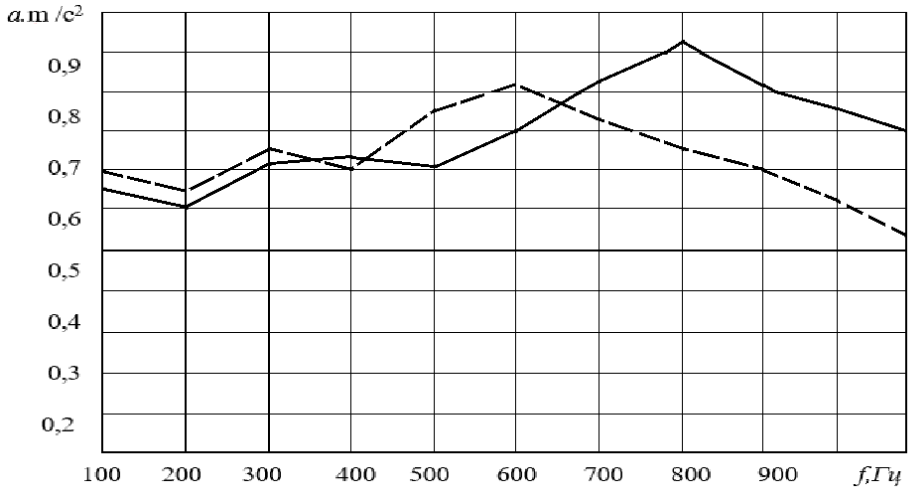


Рис.1. Спектрограммы вибрации лобовых частей обмотки статора при температуре 40° С (—) и 60° С (---).

Измерение температуры производилось электронным самопишущем потенциометром в комплекте с хромель-копелевыми термопарами, установленных непосредственно на лобовой части, а нагрев обмотки производился с регулированием уровня тока в контуре межвиткового замыкания в обмотке статора. Из приведенных спектрограмм следует, что максимум виброускорения смешается от частоты около 600 Гц (при температуре 40° С) к частоте 300 Гц (при температуре) 60° С. Разница в виброускорениях корпуса и в обмотке на этих частотах составляет 16 дБ. Зависимость, показывающая изменение первой собственной частоты от температуры приведена на рис.2. Из этой зависимости видно, что собственная частота лобовых частей существенно зависит от температуры и снижается при ее повышении.

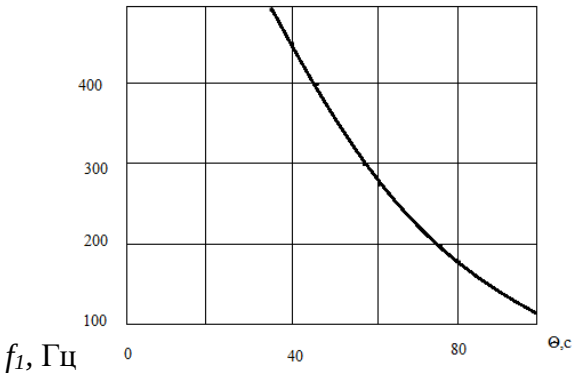


Рис.2. Зависимость первой собственной частоты

лобовых частей от температуры (при токе в кз. контуре 10А)

На основании полученных результатов измерений построенная зависимость между вибрации корпуса и вибрации одного из вылетов катушечной группы фазной обмотки в котором искусственно создана межвитковое короткое замыкание приведена на рис.3. Из этой зависимости следует, что относительные перемещения лобовых частей возникают только при уровнях вибрации корпуса, значительно превышающих допустимой. Анализ характеристики приведенной на рис.3, и результатов исследования показывает, о возможности определения взаимосвязи уровней вибрации корпуса и лобовых частей обмотки двигателя по линейной зависимости:

$$Ld_{л.ч}\,A = a\,V_к\,A + b,$$

где a, b – коэффициенты, $V_к\,A$- вибрация корпуса двигателя.

Для апробации приведенной зависимости необходимо провести измерения

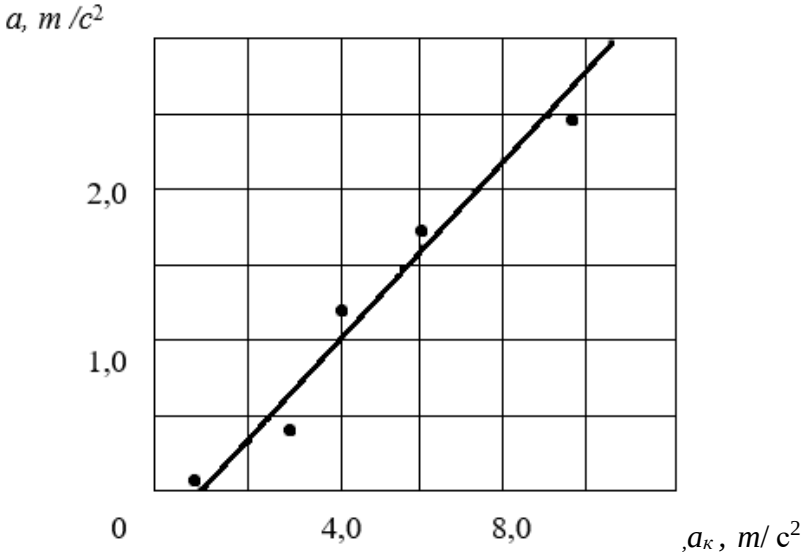


Рис.3. Зависимость относительных перемещений лобовых частей АД от уровня вибрации корпуса.

уровней вибрации в радиальном направлении на корпусе двигателя и лобовых частях обмотки при различных значениях тока короткого замыкания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольдек А.И., Данилевич Я.Б. и др. Электромагнитные процессы в торцевых частях электрических машин. Л.: Энергоатомиздат, 1983. 216 с.
2. Данилов-Нитусов А.Н. Влияние электродинамических вибрации на надежность всыпных обмоток асинхронных двигателей // В кн.: Межведомственный, сб. тр. № 25 М.: Моск. Энерг, ин-т, 1984, с. 98-104.
3. Шубов И.Г.Шум и вибрация электрических машин. Л.:Энергия, 986, 206 с.

MOTOR DIAGNOSTICS OF THE STATE OF THE FRONT PARTS OF THE STATOR WINDING BY THE VIBRATION LEVEL OF THE ASYNCHRONOUS

Akhmedov D.A., Akhmedov A.D.
Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Keywords: Asynchronous motor, stator winding, front parts coil, vibration, electrodynamic stress, the frequency of oscillation.

The issues of diagnosing the state of the frontal parts of a single-layer bulk stator winding of a three-phase asynchronous motor by the vibration level, taking into account the temperature and the effect of an inter-turn circuit, are considered. It is found that the natural frequency of the frontal parts depends significantly on the temperature and decreases with its increase. It is revealed that the relative movement of the frontal parts occurs only at the vibration levels of the car body when an inter-turn circuit occurs, which leads to a significant excess of the permissible vibration level.

ASİNXRON MÜHƏRRİKİN VİBRASİYA SƏVİYYƏSİNƏ GÖRƏ STATOR DOLAĞININ ALIN HİSSƏLƏRİNİN VƏZİYYƏTİNİN DİFQYJSNİKASI

Əhmədov D.A., Əhmədov A.D

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumgayit, Azərbaycan

Açar sözlər: Asinxron mühərrik, stator dolağı, dolağın alın hissələri. vibrasiya, elektrodinamiki qüvvələr, rəqslərin tezliyi.

Üç fazlı asinxron mühərrikin vibrasiyasının səviyyəsini, temperaturunu və sarğılar arası qısa qapanmayın təsirlərini nəzərə almaqla statorun bir qatlı səpmə dolağının alın hissələrinin vəziyyətinin diaqnostikası məsələlərinə baxılmışdı. Tədqiqatlar əsasında təyin edilmişdi ki, dolağın alın hissələrinin xüsusi rəqsi tezliyi temperaturun dəyişməsindən aşlıdır və temperatur artdıqda tezliyin qiyməti azalır. Stator dolağının alın hissələrinin yerdəyişməsi ancaq sarğılar arası qısa qapanma yarandıqda asinxron mühərrikin gövdəsinin vibrasiya səviyyəsi buraxıla bilən həddən artıq yüksəldikdə baş verməsinin mümkün olması müəyyən edilmişdi.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Гаджибалаев Н.М.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

n.hacibalayev@mail.ru

Ключевые слова: ветровое колесо, ветровой поток, угол поворота, статическое равновесие, условия устойчивости, моментно-силовая характеристика, количество модулей.

В статье рассмотрено построение крутящего момента ветряной турбины в зависимости от скорости ветра, выражение для выполнения условия устойчивости ветряной турбины в статическом режиме, важность выполнения необходимых условий для устойчивости статической балансировки системы.

В отличие от турбин на тепловых электростанциях или гидроэлектростанциях, ветровые турбины (ТЭС) работают не только под нагрузкой, но и в переменных внешних условиях, которые зависят от конструкции ветряной турбины. Следовательно, в рабочих условиях крутящий момент и сопротивление ветряного двигателя постоянно меняются. Необходимо отрегулировать частоту вращения ветряка, чтобы обеспечить стабильную работу в заданном режиме.

Зависимость крутящего момента и мощности ветряной турбины от скорости вращения называется рабочими характеристиками устройства и имеет вид $M_v = f(\omega)$ или $M_v = f(n)$, $P_v = f(n)$, или $P_v = f(\omega)$

В отсутствие регулировки крутящего момента, создаваемого во время работы ветряного двигателя, по мере уменьшения скорости ветра этот крутящий момент увеличивается без ограничений. Из соображений энергетики можно сделать вывод, что при средней годовой скорости ветра

ϑ =5-6 m/c рабочий диапазон ветра для ветряных двигателей можно принять равным 8÷20 м / с. При этом стоимость прохождения ветряка через ветряк изменяется примерно в 15,5 раза. Следовательно, чтобы предотвратить превышение крутящего момента номинального значения и перегрузку ветряной турбины, необходимо обеспечить, чтобы избыточный поток ветра обходил ветряную турбину. Теперь это можно сделать, вращая лопасти, чтобы позволить ветровой турбине обходить ветряную турбину, то есть уменьшая рабочую площадь ветряной турбины по сравнению с областью, на которую действует ветряная турбина. Этот метод широко используется для ветряных турбин. Поворачивая лопасти, можно обеспечить длительную стабильную работу ветряного двигателя в широком диапазоне скоростей ветра за счет достижения постоянной скорости вращения ветрового колеса ветряных двигателей.

Крутящий момент $M_v = f(n)$ и мощность $P_\vartheta = f(n)$ ветрового двигателя рассчитываются следующим образом: количество модулей в соответствии с аэродинамической характеристикой Z и соответствующий крутящий момент $\overline{M_v}$ и коэффициент использования энергии ветра ε принимается. Количество модулей равно Z для каждого, а скорость ветра для каждой секунды равна ϑ для n [период / мин], для M_v [KO$\cdot m$]; рассчитывается как P_ϑ [kVt]. В этом случае принимается $\rho_0 = 0{,}125\ kq \cdot sek^2/m^4$.

$$n = \frac{30Z \cdot v}{\pi R}\,[dövr/dəq]$$

$$\overline{M_v} = \frac{M_v}{\pi R^3 \rho \frac{v^2}{2}}\ [kq \cdot m]$$

$$P_v = K_m D^2 V^3 \varepsilon\ [kvt]$$

Здесь K_m- коэффициент пропорциональности $K_m = 0{,}000481\,\frac{kq}{m^3}$

$\varepsilon = \mu \cdot Z$ - коэффициент использования энергии ветра.

ρ_0- плотность воздуха при атмосферном давлении, соответствующем столбу 760 мм ртутного столба и температуре t = 150 C.

Чтобы сообщить о других ценах на ρ, его цена рассчитывается следующим образом.

$$\rho = \rho_0 \frac{BT_0}{B_0 T} = 0{,}125 \frac{B(273 + 15^0)}{760(270 + t^0)}$$

$B_0 = 760\ mm \cdot$ pc

B - атмосферное давление в новых условиях; t^0 - температура в новых условиях.

T_0- абсолютная температура при температуре воздуха 150 C,

T - абсолютная температура воздуха в новых условиях.

Расчеты производятся на основе известных выражений, результаты записываются в таблицу, $M_v = f(n)$ и $P_\vartheta = f(n)$ строятся по таблице. Эти характеристики можно установить путем расчетов для каждого постоянного значения ветра. На следующем рисунке представлен обзор типичных характеристик при замене лопастей высокоскоростного ветряного двигателя (Рисунок 1).

Максимум каждой из характеристик $P_\vartheta = f(n)$ соответствует номинальному количеству модулей Z_n при заданной скорости ветра и максимальному значению коэффициента использования энергии ветра, $\varepsilon = \varepsilon_{max}$. В моментных характеристиках эти

точки взяты справа от верхней части характеристики $M_v = f(n)$. Максимум кривой $M_v = f(n)$ также уменьшается, и все кривые смещаются влево в сторону уменьшения скорости ветра.

Пересечение характеристик с абсциссой соответствует $M_v = 0$ и $P_v = 0$. Это соответствует тому факту, что ветряная турбина работает без нагрузки при любой заданной скорости ветра, и нет принудительной регулировки скорости вращения. При загрузке рабочие точки могут быть получены путем задания характеристик $M_v = f(n)$и $P_v = f(n)$ на характеристиках $M_g = f(n)$и $P_g = f(n)$. На рисунке эти 4 характеристики представлены пунктирными линиями и соответствуют фиксированным значениям различных скоростей ветра для разных типов генераторов.

По адаптированной характеристике $P_v = f(n)$ветрового двигателя можно построить характеристику зависимости его мощности от скорости ветра, т.е. рабочую характеристику, $P = f(v)$.

При сопоставлении характеристик $M_v = f(n)$ и $M_g = f(n)$ или $P_v = f(n)$ и $P_g = f(n)$ они имеют одинаковую скорость вращения и такой же вал, например, необходимо подвести к выходному валу двигателя.

При изучении расчетного режима работы ветряка и генератора при различных скоростях ветра необходимо обеспечить устойчивость статического баланса такой системы, с одной стороны, и использовать ту часть характеристик двигателя, которая более полезна при эксплуатации.

Чтобы определить устойчивость равновесия любой статической системы, обычно считается, что она немного отклоняется от положения равновесия. Если на небольшом расстоянии наступит момент, необходимый для возврата системы в прежнее состояние, баланс будет устойчивым. Однако если противоположный момент пытается увеличить это расстояние, такое равновесие становится неустойчивым. Условие статической устойчивости ветряной электростанции определяется следующим выражением.

$$\frac{dM_v}{dn} < \frac{dM_g}{dn}$$

Данное условие устойчивости указывает на то, что устойчивость генератора будет обеспечена, если он имеет вертикальную характеристику. Если характеристики генератора наклонные, то устойчивость будет обеспечена на пересечении этих характеристик с правой частью характеристик двигателя. Долговечность важна, когда наклон генератора пересекается с левой стороной характеристики ветрового двигателя, если точка пересечения характеристики генератора с характеристикой двигателя перпендикулярна последней.

Второе условие для выбора режима работы ветряной турбины - рациональное использование ее мощности до тех пор, пока она не будет отрегулирована. Такой благоприятный режим работы ветряной турбины имеет место, когда частота вращения является переменной, а количество модулей Z = Z_n постоянно. Такой режим определяется кривой нагрузки, которая является кривой нагрузки, которая проходит через пик силовых характеристик ветряного двигателя при всех скоростях ветра. Однако создать такой режим не всегда удается, поскольку характеристики ветрогенератора часто в некоторых случаях приближаются к такой криволинейной форме. Этот режим работы двигателя особенно труден при использовании генератора переменного тока, поскольку генератор должен работать с

постоянной частотой. Форма характеристики генератора требует, чтобы ветряная турбина работала в режиме с постоянной скоростью вращения ветрового колеса и несколькими переменными модулями или между этими двумя.

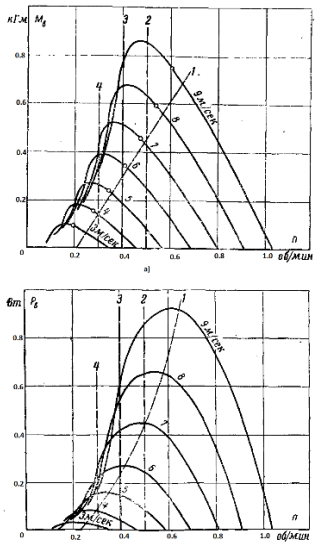


Рис. 1. Рабочие характеристики ветряка Д-2 $M_v = f(n)$ və $P_v = f(n)$

Выводы

1. В статье показано построение кривых зависимости крутящего момента и мощности от скорости вращения и скорости ветра в статическом режиме работы ветроэнергетической установки.

2. По примерным характеристикам крутящего момента и мощности ветродвигателя рассмотрены вопросы устойчивости его статического режима работы, объяснено обеспечение благоприятной работы ветродвигателя по условиям устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мустафаев Р.И., Гашимова А.Р. «Статические характеристики ветроэнергетических установок с асинхронным генератором при регулировании подводимого к статору напряжения» Электротехника, № 11, 1999 г.

2. В.Н.Андрианов, Д.Н.Быстрицкий, К.П.Вашкевич, В.Р.Секторов «Ветроэнергетические станции» Государственное энергетические издательство. Москва, 1960.

3. Обухов С.Г. «Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых энергоресурсов» издательство ТПУ. Томск, 2008, 150 с.

KÜLƏKLI ELEKTRIK STANSIYASININ STATIK IŞLƏMƏ REJIMININ TƏDQIQI

Hacıbalayev N.M.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

Açar sözlər: külək çarxı, külək seli, dönmə bucağı, statiki tarazlıq, dayanıqlıq şərti, moment-güc xarakteristikaları, modullar sayı.

Məqalədə külək elektrik qurğusunun küləyin sürətindən asılı olaraq moment-güc xarakteristikalarının qurulmasına baxılmış, statiki iş rejimində külək elektrik qurğusunun dayanıqlıq şərtinin ödənilməsi

üçün ifadə,verilmiş nümunəvi əyriyə əsasən sistemin statiki tarazlığının dayanıqlı olması üçün zəruri şərtlərin ödənilməsinin vacibliyi göstərilmişdir.

STUDY OF THE STATIC OPERATING MODE OF A WIND POWER PLANT

Hadjibalayev N.M.
Sumgayıt state univercity, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: wind wheel, wind flow, angle of rotation, static equilibrium, stability conditions, moment-power characteristic, and number of modules.

The article discusses the construction of moment-power dependences on wind speed, and also uses the formula to fulfill the stability condition of a wind power installation and considers the necessary conditions for fulfilling the stability of the system's static equilibrium along a given approximate curve.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ОСОБЕННОСТИ ДВУХГЕНЕРАТОРНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Гаджибалаев Н.М., Джаббарова С.М.
Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан
n.hacibalayev@mail.ru

Ключевые слова: ветроэнергетические установки, асинхронный генератор, энергетические показатели, ветроэнергетика, двухгенераторный ВЭУ

Приведены результаты сравнительного анализа энергоэффективности двух типов ветроэнергетических установок (ВЭУ); ВЭУ на базе асинхронного генератора с регулируемым числом полюсов и ВЭУ с двойным генератором с обычным асинхронным генератором. Эти варианты ВЭУ обладают хорошими энергетическими характеристиками и могут быть дополнительно улучшены. Показано, что наилучшее решение получается в КЭГ с двумя генераторами. В этом устройстве, помимо повышения КПД энергии ветра, можно повысить КПД электрогенератора.

В статье рассматриваются два типа ВЭУ:

1. Двухскоростной (двух обмоточный) асинхронный генератор
2. Двойной генератор со стандартным асинхронным генератором

Эти ВЭУ имеют достаточно рациональную структуру и очень надежны. Они также имеют относительно высокий коэффициент использования энергии ветра. Это очень важная проблема при низких скоростях ветра. Например, при скорости ветра (3,5 ÷ 5,5) м / с являются ВЭУ первого типа, который имеет наибольшее использование энергии ветра и лучше, чем асинхронный генератор с двойным насыщением или преобразователь частоты [1,2,4]. Это значительно увеличивает производство электроэнергии при низких скоростях ветра.

Это также видно из выражения мощности на валу ветрового двигателя (ВД)

$$P_{\text{ВД}} = 4{,}8 \cdot 10^{-5} \cdot D^2 \cdot \vartheta^3 \cdot \xi, \text{ kVt} \quad (1)$$

Здесь D - диаметр лобовой лопасти, м; ϑ - скорость ветра, м / с; ξ - использование энергии ветра.

Поскольку $P_{ВД} = \vartheta^3$, мощность уменьшается в небольших пределах, то возникает вопрос увеличения ξ - энергии ветра. Сила ветра подтверждается кривыми, показанными на рисунке 1. Область под кривой 2 соответствует энергии, которая может быть преобразована в ветряном двигателе при условиях ξ. Фактическое распределение мощности соответствует кривым 3 и 4.

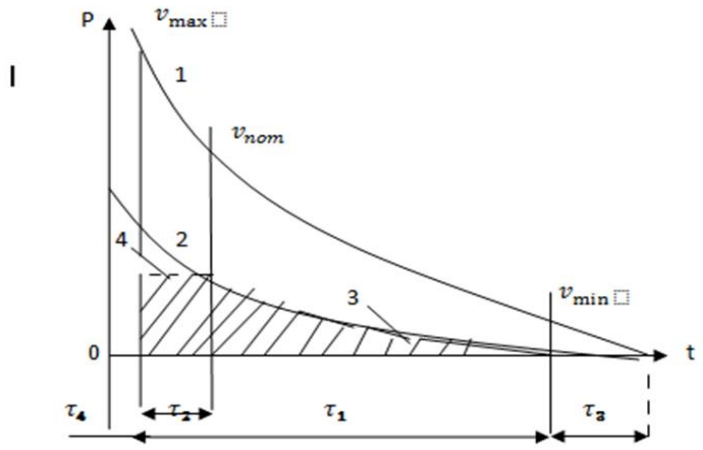


Рисунок 1. Теоретическое распределение специальной энергии ветра
1 - Теоретическое распределение энергии ветра, 2 - специальная энергия ветра на ветровом колесе, 3,4 - фактическое распределение удельной энергии ветра в ВЭУ

Полученные на рис. 1 результаты нашли подтверждение на практике. Таким образом, существующие конструкции ВЭУ не используют полный диапазон скоростей ветра (τ_3, τ_4). В течение года они не генерирует полную силу (τ_3, τ_4), или генерируют его очень мало (τ_1).

При скорости ветра $\vartheta < \vartheta_{min}$ мощности ветродвигателя недостаточно для преодоления силы трения на узлах ВЭУ (ВД не работает). Это показано на рисунке 2.

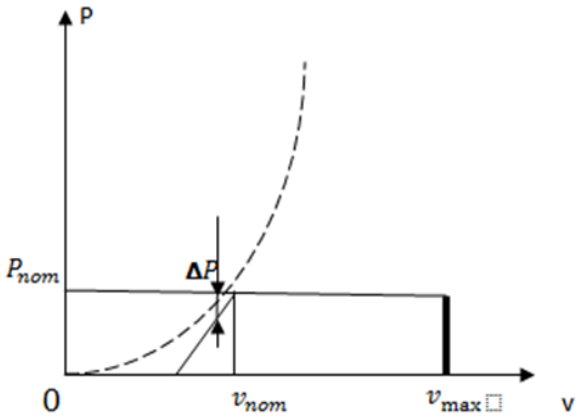


Рисунок 2. Зависимость силы ветряной электростанции (P)от скорости ветра (V). Пунктирная линия – это теоретическая кривая силы на валу ветрового колеса при ВЭУ, ΔP-потери мощности ветра на ВЭУ

Давайте проанализируем ВЭУ второго типа с двумя генераторами. Действительно, желательно иметь два электрогенератора на низких и высоких скоростях ветра. Такова стратегия ВЭУ. Когда скорость ветра меньше 3,5 м / с, генераторы отключаются от сети и ВЭУ не работают. При скорости ветра (3,5 ÷ 5,5) м / с небольшой мощный генератор включается и начинает выполнять свою функцию. Когда скорость превышает 5,5 м / с, а скорость открытия ниже, второй по величине генератор подключается к сети (рисунок 3). Когда скорость ветра превышает 24 м / с, ВЭУ останавливается. Скорость открытия — это такая скорость, при которой ВЭУ необходимо остановить, чтобы избежать перегрузок и несчастных случаев.

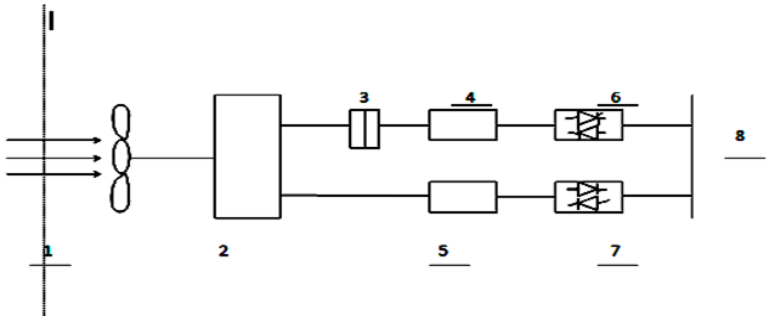


Рисунок 3. Структурная схема ветрогенератора с двумя генераторами
1-ветродвигатель, 2-редуктор, 3-муфта соединительная, 4-5- электрические генераторы малой и большой мощности, 6-7-тиристорные распределительные щиты, 8-электрическая сеть

Согласно коэффициенту использования энергии ветра, эта версия ВЭУ эквивалентна двум высокоскоростным ВЭУ. Он также превосходит другие энергетические показатели, что полезно для скорости ветра и даже для мощности.

Давайте посмотрим на этот вариант более подробно. Полезная мощность ВЭУ, включая редуктор и генератор, определяется следующим выражением:

$$P_{\text{ВЭУ}} = P_{\text{ВД}} \cdot \eta_r \cdot \eta_g \qquad (2)$$

Здесь η_r и η_g — это полезный коэффициент для редуктора и генератора.

Полезность коробки передач редуктора меняется незначительно и обычно $\eta_r \approx 0.95$. Однако ситуация в генераторе другая. Одним из недостатков асинхронного генератора является его низкая рабочая нагрузка из-за потребности в реактивной мощности. В [2] — это было отмечено. На асинхронном генераторе типа GROWIAN мощностью 3MVt, при нагрузке, 100%, 50% и 10%, к.п.д соответственно были 0,95; 0,85 и 0,4.

В результате, производство электроэнергии может быть значительно увеличено в данном варианте. С двухскоростным генератором невозможно достичь этого эффекта на ВЭУ.

Давайте также посмотрим на третий коэффициент мощности (*COSφ*) ВЭУ. Двухскоростной асинхронный генератор может использоваться в стандартной комплектации до тех пор, пока он не будет модернизирован, либо для компенсации реактивной мощности индивидуально с помощью конденсаторных батарей, либо для компенсации реактивной мощности внутри ветряной электростанции.

В отличие от этого варианта, он обладает большими возможностями из-за своего небольшого генератора в варианте с двумя генераторами. Предлагаемая идея основана на том, что при небольшой скорости ветра генератор становится синхронизированным асинхронным генератором и cosφ ≈ 1 [3-5]. Когда генератор большой мощности работает, генератор

небольшой мощности переключается в режим синхронной компенсации. Для этого, как показано на рис. 3, редуктор соединен муфтой небольшим валом силового генератора (например, пневматическим). В качестве небольшого мощного генератора рекомендуется использовать асинхронную машину с фазным ротором. Бесконтактный вариант машины (без щеток и колец) был разработан для включения следующих режимов работы: асинхронный генератор с коротким ротором, синхронный асинхронный генератор, асинхронный двигатель и синхронный компенсатор.

На рисунке 4 показана структурная схема двухгенераторной системы ВЭУ на основе асинхронного двигателя с контактными кольцами. Эта схема обеспечивает вышеперечисленные режимы малой мощности генератора.

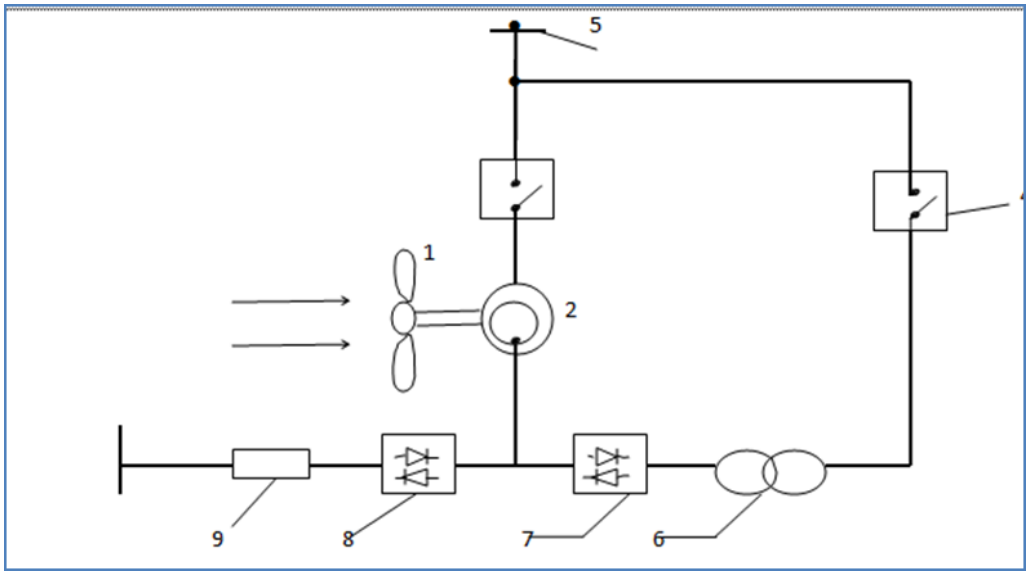


Рисунок 4. Структурная схема ВЭУ с синхронизированным асинхронным генератором 1-ветровой двигатель, 2-генератор, 3-4-переключающие устройства, 5-линия электропередачи, 6-трансформатор, 7-8-тристорный преобразователь, 9-резистор

Выводы

1. Проведен сравнительный анализ энергетических показателей ВЭУ с двухскоростным асинхронным генератором и стандартным двухгенераторной системой.

2. Было показано, что эти виды интенсивно используют энергию ветра при низких скоростях ветра и превосходят ВЭУ с двухскоростным генератором.

3. Выявлено преимущество ВЭУ с двумя генераторами перед другими при более низких скоростях ветра в отношении стоимости коэффициентов полезности электрических генераторов.

4. Подход к увеличению коэффициента мощности до φ 1 в схеме с двумя генераторами по сравнению с известными схемами ВЭУ.

5. Генератор малой мощности при низких скоростях ветра переводится в режим синхронного генератора, а при больших скоростях - в режим синхронного компенсатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мустафаев Р.И., Гасанова Л.Г. Сравнительная оценка эффективности функционирования современных ветроэлектрических установок. Изв.Вузов. Электромеханика, 2008, №8, 57-60 с.
2. Windenergetik. 2006. Bundecverband Wind Energetic Servise Gmbh 2006 (Справочник)
3. Абдулкадыров А.И., Мустафаев Р.И. Применение синхронизированного асинхронного генератора в ветроэлектрической установке. Проблемы энергетики, 2003, №1, 28-32 с.
4. Abdulkadirov A.I., Mustafayev R.I. A new generation scheme of wind power plant. 3- rd International Conference of Technical and Physical Problems in power Endineering, 29-30 may, 2006, Turkey, Ankara, 977-979 p.
5. Абдулкадыров А.И., Гаджибалаев Н.М. Система возбуждения синхронизированной асинхронной машины. Науч.тр. Азербайджанской Государственной Морской Академии, 2008, №7, 66-68 с.

ENERGY INDICATORS AND FEATURES TWO GENERATOR WIND UNITS

Hadjibalayev N.M., Djabbarova S.M.
Sumgayıt State University, Sumgayıt, Azerbaijan
n.hacibalayev@mail.ru

Key words: wind power plants, asynchronous generator, energy indicators, wind energy, two-generator wind turbines.

The results of a comparative analysis of the energy indicators of two types of wind turbines are given; Wind turbines based on asynchronous generator with regulation of the number of poles and two-generator wind turbines with conventional asynchronous generators. It is shown that wind turbine data have relatively good energy indicators, which can be further improved, with the best solution being achieved in a two-generator wind turbine. The latter is achieved by the fact that a low-power generator at low wind speeds is transferred to the synchronous generator mode, and at high speeds - to the synchronous compensator mode.

İKİ GENERATORLU KÜLƏK ENERGETİK QURĞULARIN ENERGETİK GÖSTƏRİCİLƏRİ VƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Hacıbalayev N.M., Cabbarova S.M.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
n.hacibalayev@mail.ru

Açar sözlər: külək elektrik stansiyaları, asinxron generator, enerji göstəriciləri, külək enerjisi, iki generatorlu külək turbinləri.

İki növ külək elektrik qurğularının (KEQ) energetik göstəricilərinin müqayisəli analizinin nəticələri verilmişdir; qütblər sayı tənzimlənən asinxron generatorunun bazasında KEQ və adi asinxron generatorlu olan ikili generatorlu KEQ. KEQ-in bu variantları yaxşı energetik göstəricilərə malik

olmaqla bərabər, əlavə yaxşılaşdırıla da bilər. Ən yaxşı həll iki generatorlu KEQ-də alındığı göstərilmişdir. Bu qurğuda, külək enerjisindən istifadə əmsalının artırılmasindan əlavə, elektrik generatorunun faydalı iş əmsalının da artırılmasına nail olmaq mümkündür.

СХЕМА БАЛАНСА НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТАТОРНОЙ ОБМОТКИ ГЕНЕРАТОРА ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ

Гусейнов Э.Н.

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

Баку, Азербайджанская Республика

emin.huseynov@asoiu.edu.az

Ключевые слова: синхронный генератор,замыкание на землю, релейная защита, схема баланса напряжений.

Как известно, главным недостатком применяемых для защиты статорной обмотки генератора от замыканий на землю схем является наличие «мертвой» зоны со стороны нейтрали. При возникновении замыкания вблизи нейтрали генератора ток срабатывания защиты может оказаться меньше тока замыкания на землю, вследствие чего релейная защита не отключит генератор. Поэтому для обеспечения защиты генератора используются схемы, реагирующие на появление третьих гармоник напряжения нулевой последовательности. При замыкании вблизи нейтрали по мере приближения к нулевой точке третья гармоника снижается до нуля, а на выводах резко возрастает. При замыкании на выводах обмотки возникает обратная ситуация – третья гармоника возрастает вблизи нейтрали и уменьшается по мере приближения к выводам обмотки. [1]

Таким образом, соотношение третьих гармоник напряжений на выводах и возле нейтрали $\frac{V_{3t}}{V_{3n}}$ может быть использовано для защиты обмоток генератора от замыканий на землю [2]. С этой целью в системах релейной защиты генераторов используется схема баланса напряжений. (Рис.1).

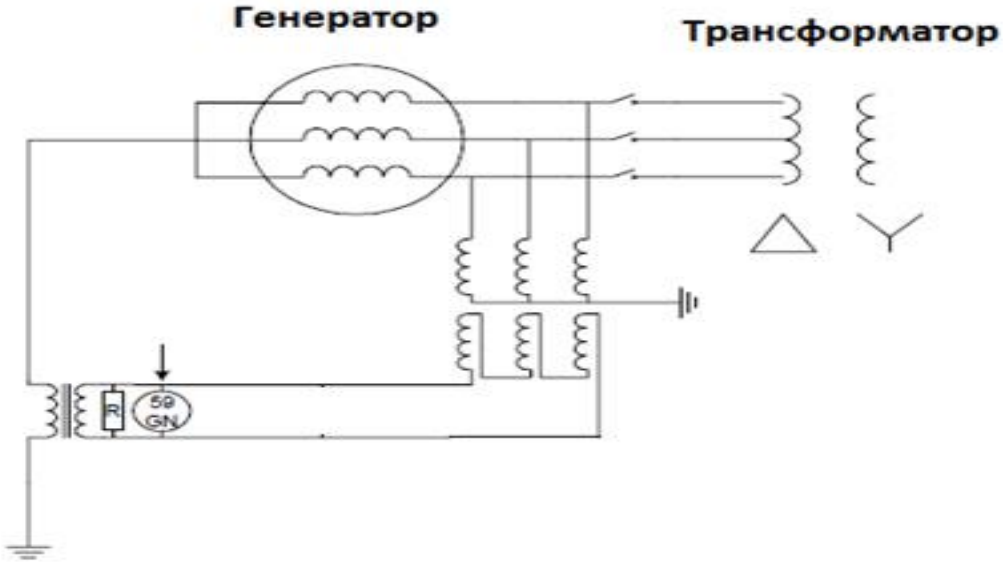


Рис.1.Схема баланса напряжений.

Упрощенная схема замещения генератора в нормальном режиме приведена на Рис.2. Здесь C_g – емкость обмотки генератора, C_p – эквивалентная емкость шин, выключателя и трансформатора.

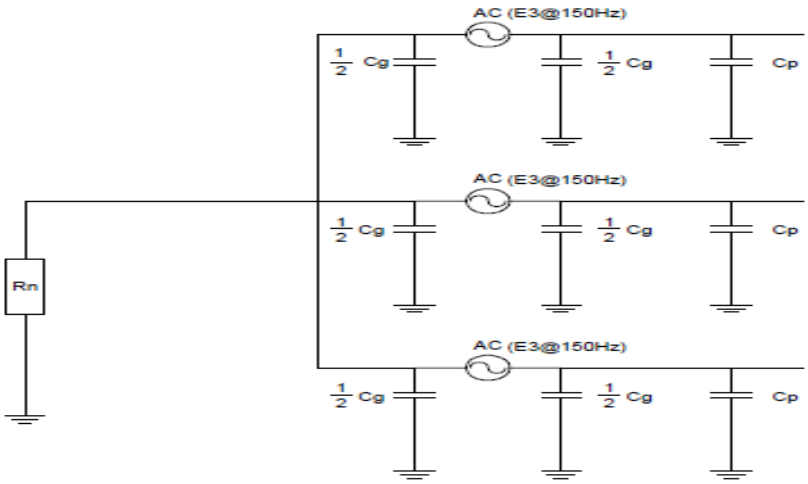


Рис.2. Эквивалентная схема замещения генератора в нормальном режиме.

Рассмотрим схему для третьих гармоник напряжения нулевой последовательности (Рис.3). Расчет производится для номинальных параметров генератора мощностью 850 МВА. [3].

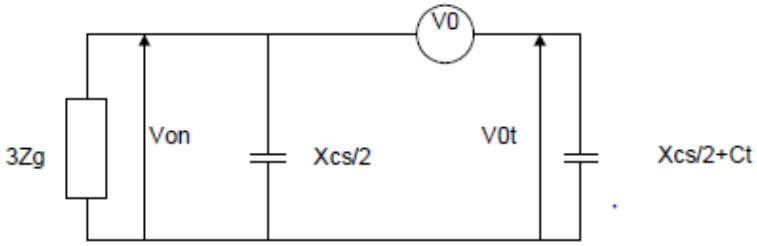


Рис.3. Схема напряжений нулевой последовательности

$$C_{0n} = \frac{1}{2} C_g = 0.5 \cdot 0.128 \cdot 10^{-6} = 0.642 \cdot 10^{-7} F$$

$$\mathrm{C_{0t}} = \frac{1}{2}\mathrm{C_g} + \mathrm{C_{шин}} + \mathrm{C_{выкл}} + \mathrm{C_{тр}} = 0.642 \cdot 10^{-7} + 0.55 \cdot 10^{-6} = 0.614 \cdot 10^{-6}\mathrm{F}$$

Емкостные сопротивления на нейтрали и выводах обмотки

$$X_{0n} = -j\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_3 \cdot C_{0n}} = -j16526\ \Omega$$

$$X_{0t} = -j\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_3 \cdot C_{0t}} = -j1728\ \ \Omega$$

Здесь f_3 = 150 Hz – частота третьей гармоники напряжения.

После решения этих уравнений рассчитывается полное сопротивление возле нейтрали.

$$z_{0n} = \frac{-jX_{0n} \cdot 3 \cdot R_n}{3R_n - jX_{0n}} = 34.18 - j763.4\ \Omega$$

Типовое значение третьих гармоник напряжения в нормальном режиме V_0=210 В.

Вблизи нейтрали третья гармоника напряжения

$$V_{0n} = V_0 \frac{Z_{0n}}{Z_{0n} - jX_{0t}} = 210 \frac{3469.1 - j763.4}{(3469.18 - j763.4) - j1728} = 175\ \mathrm{V}$$

На выводах генератора

$$V_{0t} = V_0 \frac{X_{0t}}{Z_{0n} - jX_{0t}} = 210 \frac{-j1728}{(3469.1 - j763.4) - j1728} = 85 \text{ V}$$

Расчет третьих гармоник напряжения для режимов максимальной и минимальной нагрузки выполняется аналогично. Результаты расчетов приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Значения третьих гармоник напряжения в различных нагрузочных режимах

Режим нагрузки	V_0 (V)	V_{0n} (V)	V_{0t} (V)
Максимальная нагрузка	420	349	169
Минимальная нагрузка	121	100	49
Холостой ход	210	175	85

Как видно, что при любом режиме нагрузки соотношение напряжений $\frac{V_{0t}}{V_{0n}}$ = 0.48. Следовательно, данная схема баланса напряжений является универсальной и может применяться при любых режимах нагрузки генератора.

Рассмотрим режим однофазного короткого замыкания обмотки генератора.

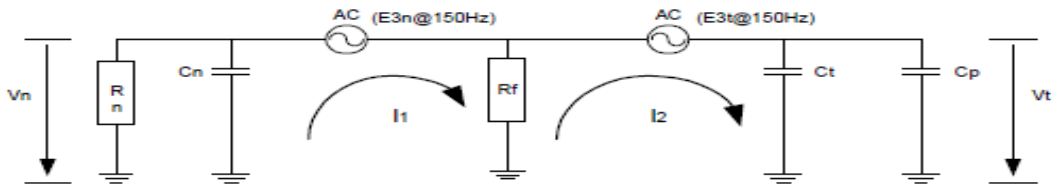


Рис.4. Схема замещения для режима однофазного замыкания.

$$V_n + E_{3n} = (I_1 - I_2)R_f$$
$$V_t = (I_1 - I_2)R_f + E_{3t}$$

здесь Rf – сопротивления замыкания на землю.

Рассчитаем значение третьей гармоники напряжения возле нейтрали

$$V_n = k \cdot E_3 \cdot \left(1 - \frac{R_f}{Z_n}\right) = k \cdot E_3 \cdot (1 - \frac{R_f}{R_n - j\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_3 \cdot k \cdot C_g}})$$

Значение третьей гармоники напряжения на выводах генератора

$$V_t = \left((1 - k) \cdot E_3\right) - (V_n \cdot \frac{R_f}{Z_n})$$

где E_3 - третья гармоника напряжения генератора.

Рассмотрим режим замыкания обмотки генератора на землю для схемы баланса напряжений при различных R_f. Результаты моделирования, проведенного с помощью программного обеспечения MATLAB SİMULİNK приведены на Рис. 5.

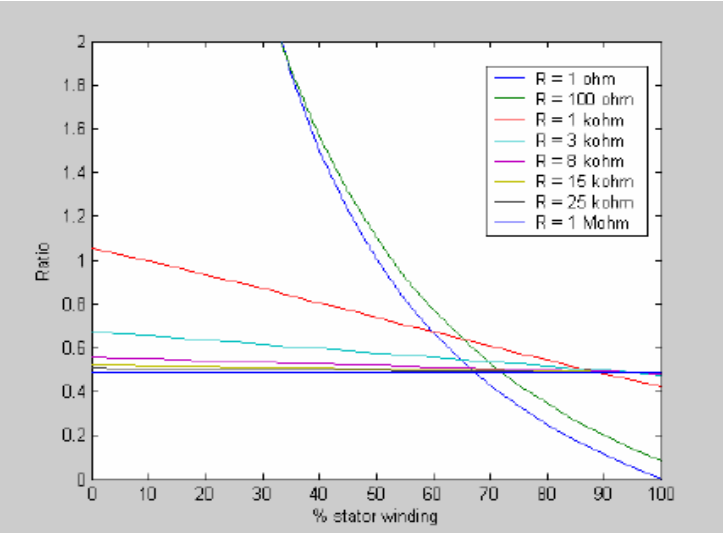


Рис.5. Зависимость соотношения $\frac{V_{0t}}{V_{0n}}$ от места повреждения обмотки.

Как видно, схема обладает высокой чувствительностью при сопротивлениях замыкания на землю вплоть до R_f = 3 kΩ.

Уставка срабатывания реле напряжения отстраивается от соотношения третьих гармоник напряжения при нормальном режиме.

$$\frac{V_{3t}}{V_{3n}} > k_{\text{над}} V_0 \qquad (7)$$

Здесь $k_{\text{зап}} = 1.2$ – коэффициент надежности.

Учитывая, что при нормальном режиме V_0=0.48, уставка срабатывания реле

$$\frac{V_{3t}}{V_{3n}} > 0.58$$

На Рис.6 показана зависимость сопротивления замыкания от места повреждения.

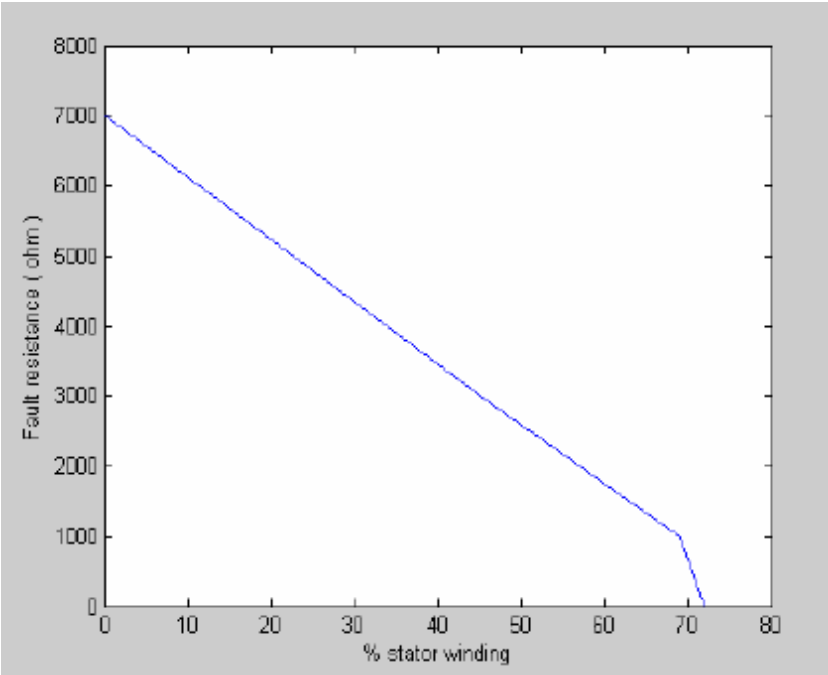


Рис.6. Зависимость сопротивления замыкания от места повреждения обмотки.

Как видно из графика, схема баланса напряжений обеспечивает эффективную защиту около 70 % длины статорной обмотки со стороны нейтрали.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1.Схема баланса напряжений может быть использована для защиты статорной обмотки при любых режимах нагрузки генератора.
2.Схема обладает высокой чувствительностью при сопротивлениях замыкания на землю вплоть до R_f = 3 kΩ.
3.Схема баланса напряжений обеспечивает защиту от замыканий на землю 70 % статорной обмотки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита от замыканий на землю обмотки статора блочных генераторов / И.М. Сирота, А.П. Шаповал, А.Е. Богаченко, Г.Н. Довбня // Электрические станции, 2009, №4. С.62-65.
2. Fulczyk M, Influence of Generator Load Conditions on Third Harmonic Voltages in Generator Stator Winding, IEEE Transactions On Energy Conversion, Vol.20, 1, 2005.
3. Gilany, M, Malik OP, Generator Stator Winding Protection with 100% Enhanced Sensitivity, Electrical Power and Energy Systems, 2002.

GENERATORUN STATOR DOLAĞININ YERLƏ QAPANMALARDAN MÜHAFİZƏSİ ÜÇÜN GƏRGİNLİKLƏR BALANSI SXEMİ

Hüseynov E.N.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Açar sözləri: sinxron generator, yerlə qapanma, rele mühafizəsi, gərginliklər balansı sxemi.

Məqalədə generatorun stator dolağının gərginliklər balansı sxemi əsasında işləyən mühafizəsinin xüsusiyyətlərinə baxılır. Müəyyən edilmişdir ki, bu sxeminin səmərəliliyi generatorun yük rejimindən asılı deyil. Gərginliklər balansı sxemi generatorun stator dolağının təxminən 70 % mühafizəsini təmin edir.

THE SCHEME OF VOLTAGES RATİO FOR GENERATORS STATOR WİNDİNG PROTECTİON FROM GROUND FAULTS

Huseynov E.N.

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

Key words: synchronous generator, stator winding protection, ground fault, relay protection, scheme of voltages ratio.

The paper deals with the investigation of the voltages ratio protection method particularities for generators ground faults protection. It has been determined that ratio scheme can be used for any load mode of generator. It has been shown that voltages ratio protection scheme covers approximately 70% of stator winding.

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Муханова П. П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия

muhanova-polina@mail.ru

Ключевые слова: автоматический выключатель, контактор, нефтегазовый комплекс, электрические двигатели, магнитный пускатель

Нефтегазовый комплекс включает предприятия по добыче, первичной обработке, прокачке по трубопроводам, переработке и распределению нефтегазовых продуктов. Технологические процессы этого комплекса осуществляются на основе электрической энергии. Между приемниками и источниками электрической энергии находятся устройства преобразований, коммутаций и распределения электрической энергии.

Низковольтные коммутационные аппараты являются одним из основных средств электрификации и автоматизации промышленного производства и технологических процессов. Практически вся электроэнергия (после возможных ее преобразований) распределяется и доводится непосредственно до потребителя с помощью низковольтных аппаратов. Коммутационные аппараты предназначены для формирования схем питания электроприемников, выполнения защитных функций при аварийных ситуациях. Таким образом, низковольтные аппараты являются важнейшей частью практически всех объектов электроснабжения промышленности и быта. В связи с этим предъявляются соответствующие требования к их характеристикам и качеству.

В данной работе рассмотрим зарубежные и отечественные фирмы-производители автоматических выключателей, сравним модели с аналогичными характеристиками по ценовой категории.

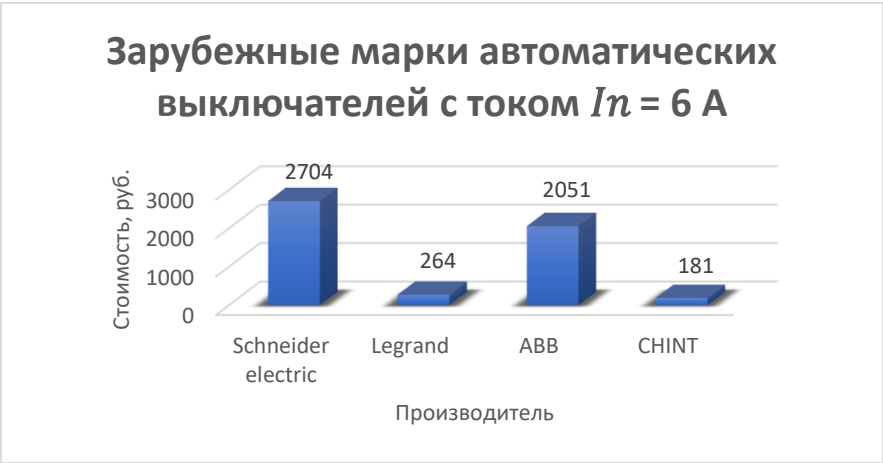


Рисунок 1 - Автоматические выключатели зарубежных заводов-изготовителей

Рисунок 2 – Отечественные автоматические выключатели

Щит станции управления с дополнительным блоком для аппарата защиты, в котором устанавливается автоматический выключатель в соответствии с техническими характеристиками двигателя. Например, такие автоматические выключатели, как Schneider electric, Legrand, ABB, DEKraft, IEK и т.д. с номинальным током $I_{\text{ном}} = 6$ А.

Теперь рассмотрим отечественные и зарубежные контакторы, сравним их стоимости и характеристики.

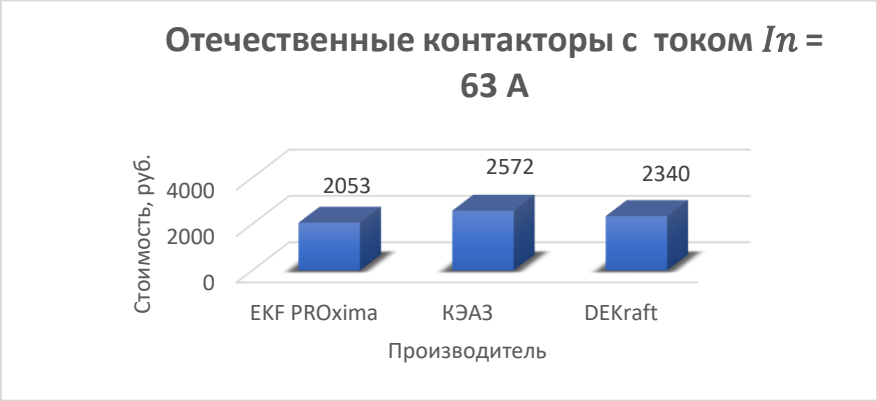


Рисунок 3 – Отечественные контакторы

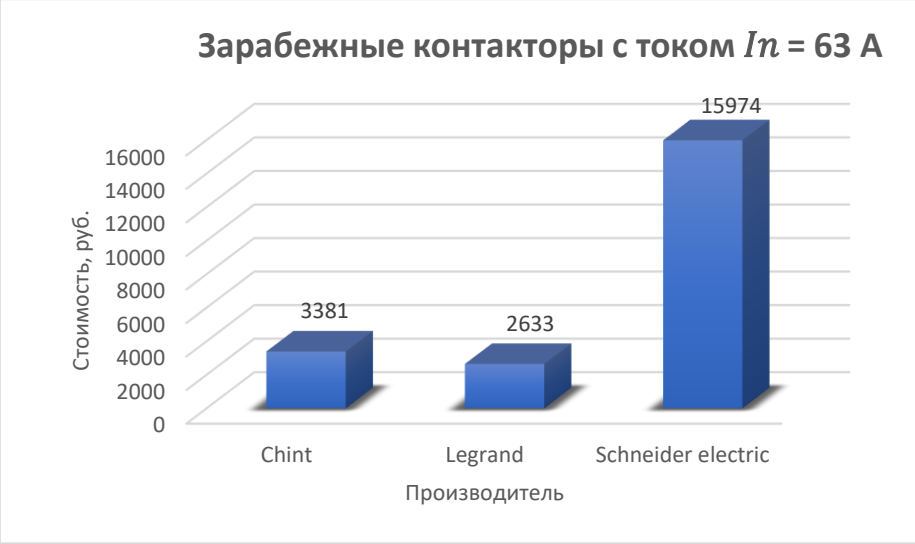


Рисунок 4 – Контакторы зарубежных заводов-изготовителей

Для станков-качалок в нефтегазодобывающей промышленности могут использоваться, например, электродвигатели серии АИР. В цепях управления при этом могут быть установлены контакторы рассматриваемых фирм заводов-изготовителей: EKF Proxima, КЭАЗ, Schneider electric, Legrand.

В результате исследования технических характеристик низковольтных коммутационных аппаратов установлено, что автоматические выключатели, имеющие наибольшую стоимость, наряду с этим обладают лучшей электрической изностойкостью. Например, выключатель ABB марки S201M имеет электрическую износостойкость 10000 циклов, тогда как выключатель CHINT марки DZ47-60 ограничивается 4000 циклов. Стоимость S201M на 8,8 % выше стоимости DZ47-60. Та же тенденция наблюдается и при сравнении контакторов заводов-изготовителей LEGRAND и CHINT.

Так же рассмотрим соотношение цены и статистики наработки на отказ у отдельных заводов-изготовителей. Так, автоматические выключатели, магнитные пускатели, контакторы, рубильники и предохранители EKF Proxima в среднем имеют срок службы 10 лет, низковольтные электрические аппараты IEK – 15 лет. Стоимость продукции EKF Proxima при этом ниже.

Таким образом, мы видим, что разница в цене вполне оправдана. При большей стоимости, аппарат имеет соответствующее качество, более высокие характеристики работоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грачева Е. И., Садыков Р. Р., Хуснутдинов Р. Р., Абдуллазянов Р. Э. Исследование параметров надежности низковольтных коммутационных аппаратов по эксплуатационным данным промышленных предприятий // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2019. №1-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-parametrov-nadezhnosti-nizkovoltnyh-kommutatsionnyh-apparatov-po-ekspluatatsionnym-dannym-promyshlennyh-predpriyatii (дата обращения: 03.10.2020).
2. Грачёва Е.И. Анализ параметрической надёжности электрических контактов: монография. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. – 144 с.
3. Шагидуллина Анастасия Владиславовна, Грачева Елена Ивановна Сравнительное исследование эксплуатационных характеристик низковольтных аппартов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. №1-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnoe-issledovanie-ekspluatatsionnyh-harakteristik-nizkovoltnyh-appartov (дата обращения: 03.10.2020).

NEFT VƏ QAZ İSTEHSALI SANAYƏSİNİN ELEKTRİK KOMPLEKSLƏRİ ÜÇÜN ALÇAQ GƏRGİNLİKLİ KOMUTASİYA APARATLARIN TƏDQİQİ

Muxanova P.P.

Federal Peşə Təhsili Dövlət Büdcə Təhsil Təşkilatı Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya

muhanova-polina@mail.ru

Açar sözlər: kəsici, kontaktor, neft və qaz kompleksi, elektrik mühərrikləri, maqnit başlanğıc

Texnologiyanın inkişafının hazırkı mərhələsində, elektronika sahəsindəki böyük nailiyyətlərə və təmassız keçid avadanlığının sürətli inkişafına baxmayaraq, elektrikli aşağı gərginlikli keçid idarəetmə cihazları - avtomatik açarları, maqnit başlanğıcları, kontaktorlar, elektrik açarları, qoruyucular və s. Tədqiqatın məqsədi yerli və xarici neft və qaz sənayesində istifadə olunan elektrik açarları və kontaktor istehsalçılarını nəzərdən keçirmək, nominal cərəyan, elektrik dayanıqlığı və dəyəri baxımından müqayisə etməkdir.

RESEARCH OF LOW-VOLTAGE SWITCHING DEVICES FOR ELECTRICAL COMPLEXES OF THE OIL AND GAS PRODUCTION INDUSTRY

Mukhanova P.P.
Federal state budgetary educational institution of higher education
«Kazan state power engineering university»

Keywords: circuit breaker, contactor, oil and gas complex, electric motors, magnetic switch

Summary. At the present stage of development of technology, electrical low-voltage switching control devices - circuit breakers, magnetic starters, contactors, knife switches, fuses, etc. - are being further developed, despite the great achievements in the field of electronics and the rapid development of contactless switching equipment. The purpose of the research is to consider domestic and foreign manufacturers of circuit breakers and contactors used in the oil and gas industry, to compare them in terms of rated current, switching durability and cost.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВИНТОРУЛЕВЫХ КОЛОНОК

Шапкин В.А.
"ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР "РУСЭЛПРОМ", г. Санкт-Петербург, Росссия.
slavrikk@yandex.ru

Ключевые слова: электрическая винторулевая колонка, электродвигатель, вентиляция, система охлаждения, тепловой расчет.

Приведены достоинства российских аналогов. Выполнен сравнительный анализ подобного типа устройств с западными аналогами, выявлены конструктивные недостатки российских патентов, предложены методы и подходы к их улучшению. Произведен тепловой расчет статорной обмотки предложенного двигателя. Разработана новая схема вентиляция статорной не охлаждающейся зоны.

1. Введение

1.1 Актуальность

В последние десятилетия в качестве судовых движителей все шире применяются электрические винторулевые колонки. Причиной их широкого применения является ряд

существенных преимуществ таких электродвижителей перед традиционными движительными комплексами.

В документах, утвержденных Департаментом судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга, отмечается, что сегодня в России строительству кораблей и судов, оснащенных отечественными движительными рулевыми колонками с электродвигателем, размещенным в поворотной гондоле, препятствуют две проблемы. Отсутствие отечественной технологии производства электродвижителей и отсутствие комплексного решения в части проектирования и изготовления оборудования системы электродвижения с рулевой колонкой, удовлетворяющего требованиям ВМФ.

Значимость исследований в области электрических колонок важна для развития судостроения. Научный и конструкторский вклад в разработку получения линейки электрических винторулевых колонок позволит российским судам использовать и применять эти наработки и отказаться от западных аналогов.

Применение такой колонки крайне обширно — ее можно ставить на ледоколах, на танкерах, даже на плавучих платформах. Научные и инженерные исследования винторулевых колонок важны для развития судостроения в РФ, а разработка линейки электрических винторулевых колонок позволит российским судам более успешно конкурировать на мировом рынке. [2]

В России был предложен патент, который описывает конструкцию электрической винторулевой колонки - безредукторная движительно-рулевая система с электродвигателем в погружной гондоле вне корпуса судна. Колонка соединяет в себе функции движителя и рулевого устройства активного типа, имеет погружной движительный модуль с электродвигателем, расположенным внутри корпуса модуля. Колонка управляется частотным преобразователем и напрямую связана с винтом фиксированного шага. К преимуществам винторулевых колонок с электродвижением относят малошумность, маневренность, удобство применения и расположения двигателя. В данном электродвижителе двигатель находиться внутри — по аналогии с известными колонками от фирмы ABB. Такая колонка обеспечит судну отличные маневренные свойства — вплоть до способности разворачиваться на месте.

Винторулевые системы — альтернатива традиционным валолиниям (все валы между двигателем или редуктором и гребным винтом), а частота их применения в мировом судостроении быстро увеличивается ввиду множества их экономических и технических преимуществ.

1.2 Сравнительный анализ

Наиболее близким иностранным аналогом электрической винторулевой колонки являются устройства типа ABB "Azipod" (Рис.1), предназначенные для перемещения судов и изменения направления их движения. Электродвигатель привода винта имеет замкнутую систему воздушного охлаждения, в которой воздух поступает внутрь гондолы, охлаждает электродвигатель, затем проходит в блок охлаждения, где через водо-воздушный теплообменник отдает тепло охлаждающей воде, и вновь подается вентиляторами в гондолу.

Недостатками таких устройств являются значительные массогабаритные показатели, с одной стороны, ввиду больших размеров электродвигателя привода гребного винта из-за применения воздушного охлаждения, и, с другой стороны, из-за наличия блока охлаждения воздуха, занимающего свободное пространство в трюме корабля. Большие габариты

электродвигателя гребного винта, особенно большой наружный диаметр статора по отношению к диаметру гребного винта, существенно снижает эффективность электродвижительной рулевой колонки. Эти недостатки приводят не только к увеличению материальных затрат на изготовление, увеличению площади, занимаемой системами электродвижительной рулевой колонки, но и к снижению коэффициента полезного действия рулевой колонки в целом [4].

Рис. 1 ABB «Azipod».

В связи с этим имеется ряд предложений для применения воздушного охлаждения ротора непосредственно в движительном модуле: вентилятор и воздухоохладитель в данной контракции не выносятся в трюм корабля, тем самым освобождая место для дополнительного оборудования. Такое конструктивное исполнение описано в патенте. [3]

Охлаждение статора, в свою очередь, производится за счет окружающей морской воды, который закреплен горячей посадкой непосредственно в корпус гондолы, тем самым обеспечивая отвод тепла через гондолу во внешнюю среду. Такой конструктивная особенность уменьшает диаметр гондолы и повышает манёвренность электродвижителя, уменьшает массу и габаритные размеры в целом.

2. Проблемы проектирования

2.1 Недостатки

Анализируя западные аналоги, предложенный патент [4], с применением комбинированной водовоздушной системой охлаждения статора, будет обладать рядом преимуществ, в частности связанные с охлаждением электродвижителя. ABB «Azipod» обладают полностью воздушным охлаждением, в связи с этим у данного типа рулевых колонок имеется зазор между внутренним диаметром гондолы и внешним диаметром статора. Это увеличивает внешний диаметр гондолы и уменьшает манёвренные характеристики.

Несмотря на существенные преимущества предложенных конструкций в плане охлаждения, данное конструктивное решение имеет ряд конструктивных недостатков, которые потенциально могут повлиять на электромагнитные и тепловые характеристики:

1. Как показывает практика, на все западные аналоги устанавливаются синхронные двигатели, как один из надежных типов двигателей. В связи с этим предполагается использовать щеточно-контактный аппарат, который вызывает дополнительную опасность в плане надежности электромагнитной системы статора.

2. Следующий крайне важный недостаток, что при охлаждении статорной обмотки маслом не происходит охлаждение пилона. (Рис.2, выделен красной линией). По сравнению с колонками ABB, где ярмо статора охлаждается непосредственно воздухом, такое расположение статора обеспечивает уменьшение габаритов гондолы и увеличению маневренности. В связи с этим является актуальный вопрос по изменению способа охлаждения пилона на более простой и практичный.

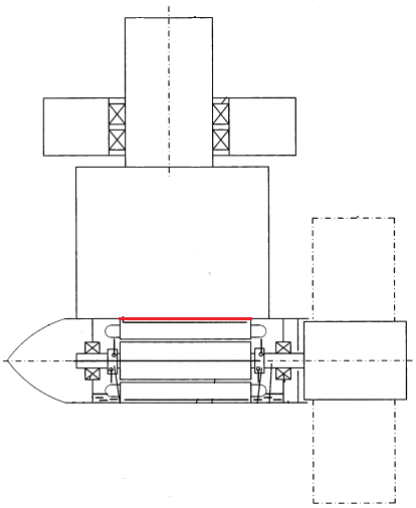


Рис.2 Электрическая венторулевая колонка.

2.2 Решение проблемы

В вопросе изменения электродвигателя было принято решения перейти на асинхронный движитель, так как он так же является надежным и удобным в управления с помощью преобразователей частоты. Главным преимуществом в нем это отсутствие щеточно-контактного узла и потенциально делает колонку необслуживаемой, что является определенно преимуществом.

Были проведены электромагнитные и тепловые расчеты обмотки статора. Была смоделирована статорная зона вместе с корпусом гондолой, с учетом воды за бортом в 30 °C (Рис.3). Температура обмотки не превысило 155 °C, что соответствует классу изоляции F, которая на данный момент используется в опытном образце [1] [5].

В связи с большой длиной и сложностью конструкции валолинии, были предвидены трудности, связанные с заводкой ротора в статор. Для решения этой проблемы в асинхронном двигателе был увеличен зазор до 5 мм. Показатели КПД и потерь при этом серьезно не изменились. (Рис.4). [6] [7]

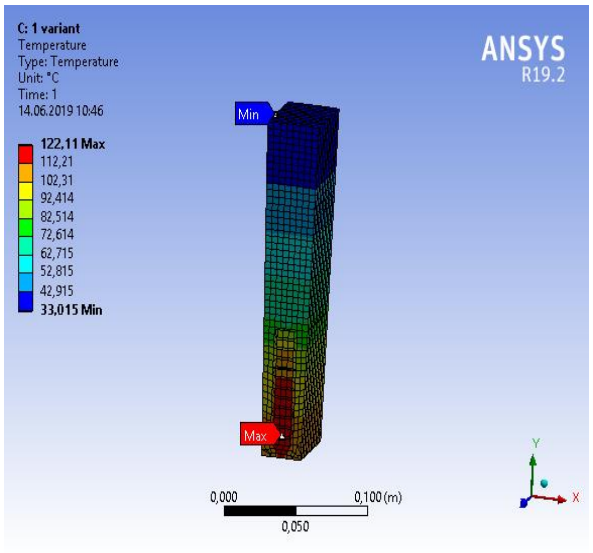


Рис.3 Моделирование статорной обмотки асинхронного двигателя

Name	Value	Units
Stator Ohmic Loss	66.8678	kW
Rotor Ohmic Loss	32.1859	kW
Iron-Core Loss	10.1692	kW
Frictional and Windage Loss	0	kW
Stray Loss	40	kW
Total Loss	149.223	kW
Output Power	3997.24	kW
Input Power	4146.47	kW
Efficiency	96.4012	%
Power Factor	0.83312	
Rated Torque	168764	NewtonMeter
Rated Speed	226.179	rpm
Rated Slip	0.0079877	

Рис.4 Показатели мощности асинхронного двигателя

В связи с нагревом ярма статора в верхнем сечении, требуется охлаждать пилон, чтобы общая температура в движительном модуле не превышала допустимых значений. Для его охлаждения и так же охлаждения сектора статора, была разработана двухконтурная вентиляционная схема, которая обеспечит прохождению потоков воздуха через неохлаждённый статорный сектор и пилон.

Принцип работы такой схемы приведен на Рис. 5. Вентиляторы нагнетают поток воздуха, который проходит через воздухоохладитель 1. Далее воздух попадает в движительный модуль, который разделен на зоны горячего 2 и холодного потока воздуха 3. Попадая в гондолу, холодный поток проходит через статор 4 и с помощью вентиляторов втягивается в горячую зону движительного модуля, тем самым охлаждая статор и пилон. Для получения объемного и массивного потока, в охлаждающих каналах статора были добавлены направляющие распорки (Рис.6), направляющие по ярму статора оставшийся воздух в пилон. Затем поток воздуха попадает в горячую зону движительного модуля, проходя через пилон, тем самым охлаждая тот участок, который изначально охлаждался насосами.

Двухконтурная схема считается более надежной, так как не требует установки дополнительного оборудования для охлаждения. Потоки воздуха, проходящие через воздушные каналы статора за счет направляющих распорок так же будет отводить дополнительное тепло из ярма, тем самым уменьшит температуру обмотки статора до минимума.

К преимуществу данный схемы можно отнести:

- уменьшение в перспективе габаритов корпуса движительного модуля, в связи с отсутствием потребности проводить техническое обслуживание охлаждающего оборудования;
- удобство эксплуатации и монтажа при производстве;
- уменьшение веса, тем самым повышения манёвренных характеристик.

- уменьшение цены колонки.

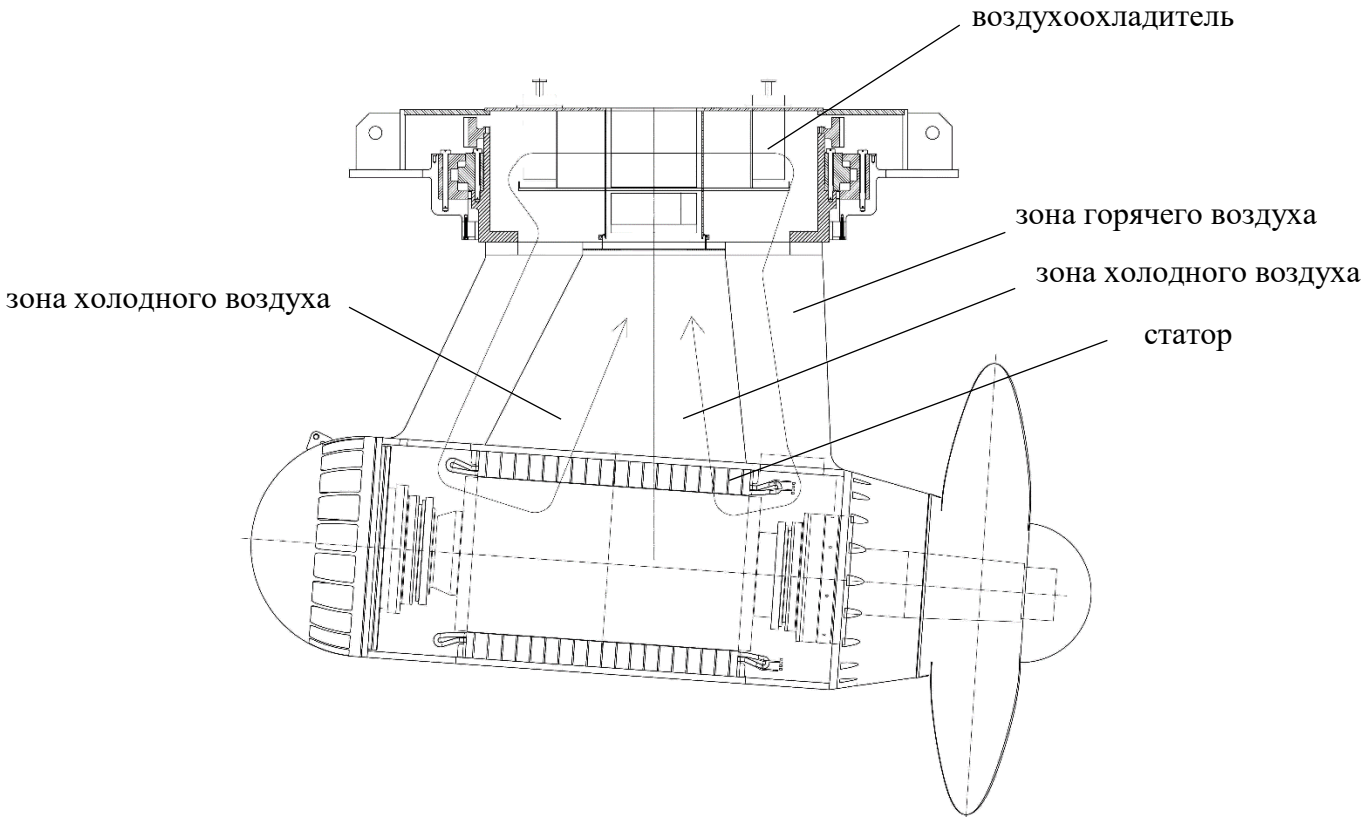


Рис. 5. Вентиляционная схема

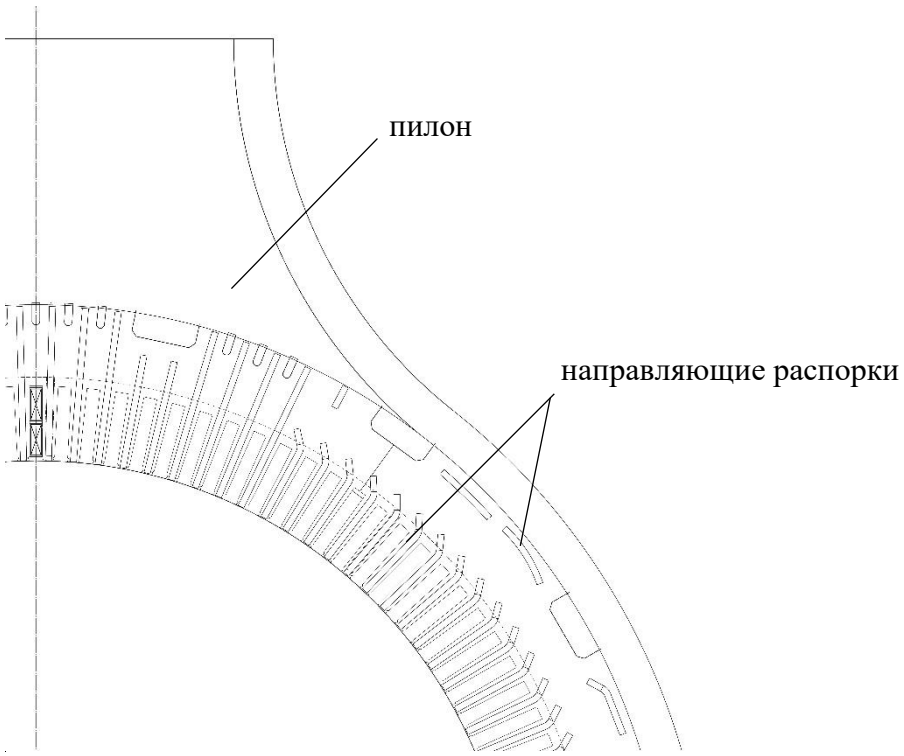


Рис.6 Сечение статора и пилона

3. Заключение

В данной статье были рассмотрены особенности патентов электрической винторулевой колонки, в сравнении с западными аналогами, произведен сравнительный анализ и конструктивных различий, выявлены достоинства и недостатки, рассмотрены конструкционные проблемы российского аналога.

Произведен анализ недостатков выбора типа электродвигателя и системы охлаждения, предложены конструктивные решения по их устранению, также предложена двухконтурная вентиляционная схема для охлаждения пилона и сектора статорной зоны, и обоснованы достоинства данной схемы охлаждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Н.А., Коровкин Н.В., Фролов О.В., Чудный В.С. Исследование методов оптимизации режимов работы энергосистем. Электротехника. 2013. № 2. С. 21-28.

2. Орехово В.А., Лузгин А.С. Перспективы применения винторулевых колонок на судах морского и речного флота, 19-й Международный научно-промышленный форум "великие реки" Нижний Новгород, 16-19 мая 2017 г. С. 88-89.

3. Винто-рулевая колонка судна пат. 2699510 МПК B63H 20/00 (2006.01)

4. Электродвижительная рулевая колонка пат. 165453 МПК B63H 5/125 (2006.01)

5. Adalev A.S., Hayakawa M., Korovkin N.V. Identification of electric circuits: problems and methods of solution accuracy enhancement. Proceedings - IEEE International Symposium on Circuits and Systems. "Proceedings - IEEE International Symposium on Circuits and Systems 2005, ISCAS 2005" 2005. С. 980-983.

6. Korovkin N.V., Potienko A.A. The use of a genetic algorithm for solving electric engineering problems. Электричество. 2002. № 11. С. 2-15.

7. O. Badran, H. Sarhan, B. Alomour Thermal performance analysis of induction motor, 2012, International Journal of Heat and Technology 30(1): P/ 75-88

IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF THE ELECTRIC ROTARY STEERING WHEELS

Shapkin V.A.

"*ENGINEERING CENTER" RUSELPROM", Sankt-Peterburq, Russia*

Key words: azipod, electric motor, cooling system, ventilation, heat calculation

Summary. An overview of the patents of the electric movement rudder column is presented. The advantages of local-made patents machines are given. A comparative analysis of this type of device with Western counterparts is carried out, the design flaws of the Russian-made patents are revealed, methods and approaches to their improvement are proposed. The thermal calculation of the stator winding of the proposed motor is made. A new ventilation scheme for the stator non-cooling zone has been developed.

ELEKTRIKI VINTLI-SÜKANLI KOLONKANIN KONSTRUKSIYASININ YAXŞILAŞDIRILMASI

Şapkin V.A.
İNJINIRINQ MƏRKƏZI RUSELPROM, Sankt-Peterburq, Rusiya

Açar sözlər: elektrik sükanı, elektrik motoru, havalandırma, soyutma sistemi, istilik hesablanması.

Xülasə. Elektrik hərəkəti sükanı sütununun patentlərinə bir baxış təqdim olunur. Yerli istehsal patent maşınlarının üstünlükləri verilmişdir. Bu tip cihazların Qərb həmkarları ilə müqayisəli təhlili aparılır, Rusiya istehsalı olan patentlərin dizayn qüsurları aşkar edilir, onların təkmilləşdirilməsinə dair metodlar və yanaşmalar təklif olunur. Təklif olunan motorun stator sargısının istilik hesablanması aparılır. Statorun soyudulmayan zonası üçün yeni bir havalandırma sxemi hazırlanmışdır.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЛИНЕЙНЫМ ПОГРУЖНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Яшин А.Н., Хакимьянов М.И.
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа, Россия
anton.yashin.2012@mail.ru, hakimyanovmi@gmail.com

Ключевые слова. добыча нефти, плунжерный насос, линейный погружной двигатель, система управления, коэффициент полезного действия.

К настоящему времени значительную часть эксплуатируемого скважинного фонда РФ составляют низкодебитные скважины с высоковязкой продукцией и большой глубиной залегания пластов [1]. Для эксплуатации таких скважин нефтяники сейчас пытаются использовать плунжерные насосы с линейным погружным электроприводом (ЛПЭД) – электродвигателем, подвижный элемент которого совершает не вращающиеся, а возвратно поступательные движения.

Одним из основных требований, предъявляемых к ЛПЭД, является необходимое тяговое усилие [2]. Тяговое усилие складывается из полезной составляющей, идущей на поднятие столба жидкости и потерь во всех элементах: потерь на трение в подшипниках линейного электродвигателя; гидравлических потерь на трение в плунжере насоса; потерь на трение плунжера в цилиндре; потерь в нагнетательном клапане; гидродинамических потерь на трение в колонне НКТ; потерь на создание давления в линии на устье скважины.

Усилие на преодоление веса столба жидкости зависит от потребного давления и площади плунжера [3]:

$$F_{ст.} = p_{нас.} \cdot S_{пл.} = \rho \cdot g \cdot L \cdot \frac{\pi D^2}{4}, \qquad (1)$$

где $p_{нас.}$ – потребное давление насоса, Па;
$S_{пл.}$ – площадь плунжера, м2;
ρ – плотность жидкости, кг/м3;
g – ускорение свободного падения, м/с2;
D – диаметр плунжера, м;
L – глубина установки насоса, м.

Усилие, расходуемое на преодоление веса столба жидкости, как видно из (1), не зависит от вязкости продукции и скорости движения плунжера насоса. Однако эти факторы влияют на дополнительные потери, которые могут составлять 5…20% в зависимости от свойств флюида, установленного оборудования и условий эксплуатации скважины.

Следует отметить, что одна из проблем использования ЛПЭД заключается в низких значениях КПД электродвигателя при низких скоростях движения слайдера [4]. На рисунке 1приводится зависимость общего КПД насосной установки с ЛПЭД от частоты качаний и диаметра плунжера. Видно, что КПД насосных установок с ЛПЭД снижается с понижением частоты качаний и уменьшением диаметра плунжера. Так при снижении частоты качаний до значения 1 мин$^{-1}$ и типоразмере насоса 32 мм общий КПД установки составит всего 4%. Для насоса 44 мм при частоте качаний 8 мин$^{-1}$ КПД установки составляет около 22%.

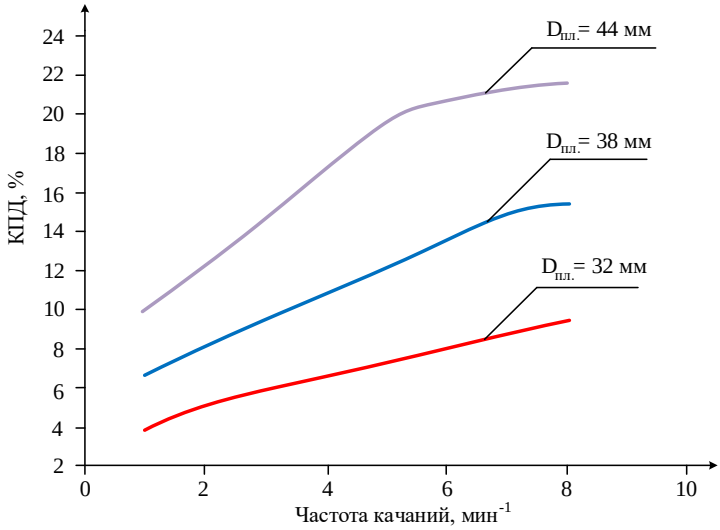


Рисунок 1 - Зависимость общего КПД насосной установки с ЛПЭД от частоты качаний и диаметра плунжера

На рисунке 2 приведены графики рабочих характеристик секции ЛПЭД, полученные аналитическими расчетами в работе [5]. Максимум КПД ЛПЭД наступает при загрузке, равной 20…25% от номинальной, так как при низкой частоте питающего напряжения потери в меди начинают превышать потери в стали двигателя уже при такой загрузке.

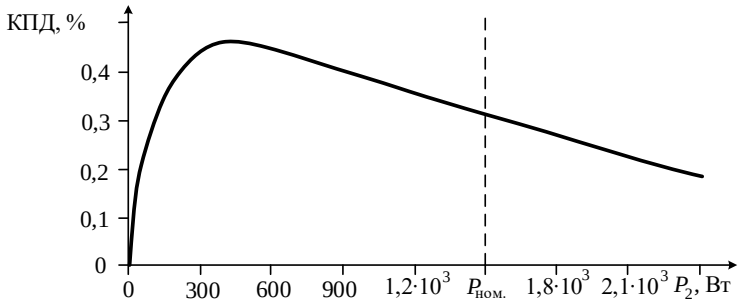


Рисунок 2 – Графики рабочих характеристик секции ЛПЭД при частоте питающего напряжения f=7 Гц

Это ставит разработчиков насосных установок перед проблемой при выборе частоты питающего напряжения и линейной скорости движения слайдера в номинальном режиме. С одной стороны, для повышения КПД ЛПЭД требуется повышать частоту напряжения и линейную скорость движения, но с другой стороны, для обеспечения требуемого значения тягового усилия на более высокой скорости требуется развивать большую мощность.

Заключение.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Плунжерные насосные установки с приводом от ЛПЭД являются эффективным и перспективным средством эксплуатации глубоких малодебитных скважин с нормальной и высоковязкой продукцией.

2. Линейные погружные электродвигатели при малых скоростях движения слайдера имеют низкий КПД, что снижает общий КПД насосных установок до 20…25%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонова, И.В. Прогноз региональной структуры добычи нефти в России / И.В. Филимонова // Евразийская горная промышленность.– 2013.– № 1.– С. 25-30.

2. Чирков, Д.А. Сравнение методов расчета электромагнитных процессов на примере цилиндрического линейного вентильного двигателя / Д.А. Чирков, А.Т. Ключников, А.Д. Коротаев, Э.О. Тимашев // Вестник ПНИПУ.– 2018.– № 28.– С. 76-91.

3. Крец В.Г., Шадрин А.В. Основы нефтегазового дела. Учебное пособие.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.– 200 с.

4. Хакимьянов, М.И. Контроль энергопотребления штанговых насосов / М.И. Хакимьянов, И.М. Шафиков, Ф.Ф. Хусаинов // 2015 Международная Сибирская конференция по контролю и связи (СИБКОН).– 2015.– С. 1-4.

5. Яшин, А.Н. Анализ характеристик линейных погружных электроприводов / А.Н. Яшин, М.И. Хакимьянов // XI Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование» посвященная 45-летию образования Алматинского университета энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева. Материалы конференции 16-18 октября.– 2020.– С.100-102.

BASIC REQUIREMENTS FOR LINEAR SUBMERSIBLE ELECTRIC DRIVES FOR OPERATING OIL WELLS

Yashin A.N., Khakimyanov M.I.

Ufa State Oil Technical University, Ufa, Russia

anton.yashin.2012@mail.ru, hakimyanovmi@gmail.com

Keywor: oil production, plunger pump, linear submersible motor, control system, efficiency.

The article discusses the characteristics of linear submersible motors. The justification of the requirements for LSM is presented. The dependence of the efficiency of a pumping unit with LSM on the frequency of swings and the diameter of the plunger is shown. The dependences of the efficiency on the power and the swing frequency are plotted.

NEFT QUYULARININ İSTİSMARI ÜÇÜN XƏTTİ BATIRILAN ELEKTRİK İNTİQALLARINA QARŞI QOYULAN ƏSAS TƏLƏBLƏR

Yaşin A.N., Xakimyanov M.İ.

Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya

anton.yashin.2012@mail.ru, hakimyanovmi@gmail.com

Açar sözlər: neft hasilatı, piston pompası, xətti daldırma mühərriki, nəzarət sistemi, faydalı təsir əmsalı.

Məqalədə mühərrikdən çıxan lineer daldırma pistonlu nasosların tətbiqinin təhlili verilmişdir. LPED tələblərinin əsaslandırılması təqdim olunur. Nasos qurğusunun LPED-dən sallanma tezliyi və plunjerin diametrindən asılılığı göstərilmişdir. Səmərəlilik gücündən və yayılma tezliyindən asılılıqlar qurulmuşdur.

VI BÖLMƏ
AVTOMATLAŞDIRMA, CİHAZLAR VƏ NƏZARƏT METODLARI
VI СЕКЦИЯ
АВТОМАТИЗАЦИЯ, ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ
VI SECTION
AUTOMATION, DEVICES AND CONTROL METHODS

MİLLİ AVİASİYA AKADEMİYASINDA İŞLƏNİB HAZIRLANMIŞ KA-14 LİDAR-ı VASİTƏSİLƏ MÜXTƏLİF ZONALARDA HASİL EDİLƏN XAM NEFT NÜMUNƏLƏRİNİN FLÜORESSENSİYA SPEKTLƏRİ ƏSASINDA VERİLƏNLƏR BAZASININ YARADILMASI

Paşayev A.M., Allahverdiyev K.R. , Musayev A.Ə., Bağırov Y.M., Sadıxov İ.Z. *
Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı, Azərbaycan
ilham-sadixov@mail.ru

Açar sözlər: LİDAR, məsafədən zondlama, flüoressensiya, lazer, neftin flüoressensiyası, neft çirklənmələri

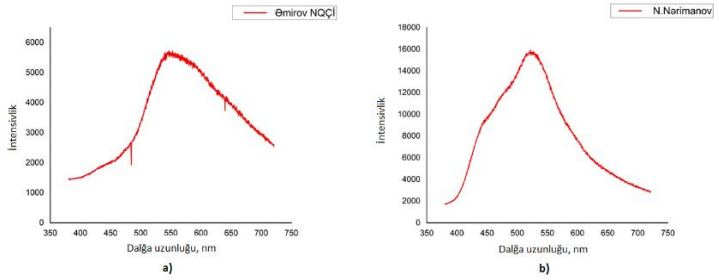
GİRİŞ

Neft – bu gün sivilizasiyanı onsuz təsəvvür edə bilməyəcəyimiz qədər qiymətli xammaldır. Lakin çox tez – tez neft və neft məhsullarının hasil olunması, daşınması, saxlanılması və emalı onu ətraf mühitə böyük ölçüdə zərər verən çirkləndirmə mənbəyinə çevirir. Bu baxımdan neft sızıntılarının tez və operativ aşkarlanması məsafədən zondlamanın aktual məsələlərindən biridir. LİDAR texnikasının bu sahədə tətbiq edilməsi günün saatlarından asılı olmayaraq və yetəri qədər geniş atmosfer şərtlərində bu tip monitorinqlərin aparılması üçün çox əlverişlidir [1].

METODOLOGİYA

Milli Aviasiya Akademiyasında yaradılmış KA-14 LİDAR sistemi neftin lazer şüalanması ilə həyəcanlandırıldıqda flüoressensiya edə bilmək qabiliyyətinə əsaslanmışdır. Lidarın əsas xüsusiyyətləri, ilkin sınaq nəticələri və nəticələrin təhlili daha öncə nəşr edilən elmi məqalələrdə öz əksini tapmışdır [2,3].

Aparılan analizlər göstərmişdir ki, müxtəlif zonalarda hasil edilən xam neftlərin flüoressensiya spektrlərini bəzi xüsusiyyətlərinə görə fərqləndirmək mümkündür (şəkil 1 a,b).



Şəkil 1. a) Əmirov NQÇİ **b)** *Nərimanov NQÇİ* xam xam neftin flüoressent spektrləri. Ölçmələr MAA-da hazırlanmış KA-14 LİDAR vasitəsilə aparılmışdır. Spektr λ = 355 nm dalğa uzunluğuna malik CRF-200 lazer şüası ilə həyəcanlandırılmışdır (T = 300 K).

FL spektrlərinin vizual müqayisəsi göstərir ki, *Nərimanov NQÇİ*- si şirkətindən götürülmüş xam neftin FL spektrləri təxminən 525 nm spektral maksimumla və radiasiya spektrinin qısa dalğalar diapazonunda iki "çiyinlə" 440 - 470 nm və 475-490 nm xarakterizə olunur (Şəkil 1a). *Əmirov* NQÇİ-dən alınan xam neft FL spektrləri kifayət qədər asimmetrik və təxminən 560 nm spektral maksimum ilə xarakterizə olunur və qısa dalğa intervalında iki zəif "çiyin" ilə təxminən 430-460 nm və 470-490 nm xarakterizə olunur (Şəkil 1b).

NƏTİCƏ

Aparılan analizlər göstərir ki, müxtəlif NQÇİ-dən götürülmüş xam neft nümunələri 355 nm-də işləyən ultrabənövşəyi lazer işığı ilə həyəcanlandırıldığı zaman fərqli spektrlər müşahidə olunur. Bu isə Azərbaycan Respublikasının müxtəlif NQÇİ- dən əldə olunmuş xam neftlərin FL spektrləri bankının yaradılmasının aşkarlanan neft çirklənmələrinin və sızıntılarının mənşəinin müəyyən olunması baxımından əhəmiyyətini göstərir. Tərəfimizdən qeyd edilən spektrlər bankının yaradılması işlərinin növbəti ilin ortalarında yekunlaşdırılması nəzərdə tutulur.

ƏDƏBİYYAT

[1] Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 270 с, 2007

[2] A.M. Pashayev, A.A. Musayev, N.A. Veliyev, B.G. Tagiyev, Y.M. Baghirov, K.R. Allahverdiyev, I.Z. Sadikhov. DISTINCTIVE FEATURES OF EMISSION SPECTRA OF CRUDE OILS OF THE ABSHERON PENINSULA, International Conference on Modern Trends in Physics, Baku State University (May 2019)

[3] Arif M. Pashayev, Bahadur G. Tagiyev, Nazim A. Veliyev, Aydin A. Musayev, Yashar M. Baghirov, Kerim R. Allahverdiyev, Ilham Z. Sadikhov, "A database of fluorescence spectra of crude oil of the Absheron peninsula registered by KA-14 LIDAR developed at the National Aviation Academy of Azerbaijan," Proc. SPIE 11322, XIV International Conference on Pulsed Lasers and Laser Applications, 1132202 (December 2019); https://doi.org/10.1117/12.2542945

QAZIMA BORULARIN YIV BIRLƏŞMƏLƏRININ GƏRILMƏSININ ÖLÇÜLMƏSINƏ AVTOMATIK NƏZARƏT

Abdullayev Q.S.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumgayıt, Azərbaycanan

e. mail: abdullayev. qs @ bk.ru

Açar sözlər: qazıma borusu; müfta; nippel; gərimmə; mis tozu.

Məqalə, qazma borularının yivli birləşməsinin gərilməsinin ölçülməsinə avtomatik nəzarəti məsələsinə həsr edilmişdir. Yiv açarkən qazma borularının yivli birləşməsinin möhkəmliyini müəyyənləşdirir.

Qazıma boruların (QB) istismarı zamanı yiv birləşmələrin kip olmaması səbəbindən onların birləşmə hissələrindən neft və neft məhsulları sızır. Bunun əsas səbəbləri aşagıdakılardır: borunun yayılması zamanı ovallıq; yiv birləşmələrin gərilməsinin düzgün seçilməməsi; yivlərin

parameterlərin düzgün ölçülməməsi; yiv kəskilərin (yiv daraqların) yeyiməsi və müsaidədən qıraga çıxması ; Ölçülməsi əl ilə aparılması və s.

QB yiv açmaq üçün sahə açağıdakı qurğulardan ibarətdir: QB yerləşdirilməsi üçün stol, QB yiv açnaq üçün iki bir –birin əksinə yerləşdirilmış dəzgah, qaldırıcı intiqallı roliklər, Borularda yivlərin gərilməsinə nəzarət etmək üçün stol. Bu sahədə 4 nəfər işçi işləyir.

Texnoloqiyalara müvafik olaraq sahədə sifariş üzrə yivli borular tələb olunanda qayaq prossesi dayandırılır və ya paraler olaraq yivli QB istehsalına başlanır. Əməliyytların ardıcılığı aşağıdakı kimi yerinə yetirilir: Ücları qalınlaşmış (daxil və ya xaricə) borulara yiv açmaq üçün QB kranla dəzgahın maili stoluna verilir. Burada hər iki tərəfdən QB yiv (daxildən və xaricdən) açılır, nəzarət stolunda nəzarət kalibrləri vasitəsi ilə gərilmələr yoxlanılır və gərimələrə görə çeşidlənir. Əgər QB yivli mufta birləşmələri ilə tələb olunursa onda boruya yiv dəzgahda yiv açılır onların yivin gərilmələri əl ilə kalibirlərlə yoxlayıb çeşidləndirirlər.

İşin məqsədi**:** Qazma boruların yivlərin birləşmələrinin gərilməsinin ölçülməsinə avtomatik nəzarəti aparmaqla onların keyfiyyət göstəriciləri yüksəltmək.

Bu **əməliyyatların** çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki**:** qıfılların (mufta və nippillərin) çeşidlənməməsi; qıfıl və borunun oxların tuşoxluğunun yoxlanılmaması; tilişkələrin daxildən çıxarılması zamanı tenperatorun aşağı düşməsi və buda tilişkənin çıxarılmasını çətinləşdirir, bunun üçün böyük qüvvə tələb edildiyi üçün borştanqın diametrinin artırılması lazım gəlir və borunun diametri az oldiğundan bu mümkun deyil; ona görədə kiçik diametrli QB –da (Ф60-73мм), bor ştanqların diametrini artırmaq olmur. Buda tilişkaların çıxarılmasını çətinləşdirir. Ona görədə QB daxilindəki tilişkalar kəskilər vasitəsi ilə yonulur, burada tilişkələrin soymasından sonra tavlanır və kəsmə zamanı kəskiləri sındırır. Sonradan QB xaricindəki qaynaq tikişləri yonulur ki buda tavlandığı üçün kəskiləri sındırır. QB xarici səthin təmiz yonulması başqa dəzgahda apardığı üçün boruda bazalaşma dəyişir , oxa nəzərən simetrilik itir və kəskilərin sınmasına gətirir çıxarır, buda məhsuldarlığı aşağı salır, çox zaman belə QB –ın istismarı zamanı dibalans yaranır .QB qaynaq tikişlərin əyilməyə sınağı apardıqda bir neçə çatışmazlıqlar betdana çıxır [1,2,3]: bunlar qaynaq tikişində mikro çatların alınması; QB gövdələri ilə qaynaq tikişi arasındakı gərginliklər və əyilmə zamanı qalıq , daxil konsentrasiya gərginlikləri; Bu çtışmamazlıqların nəticəsində istismar zamanı müxtəlif qəzaların alınmasına səbəb olur. Bunlar QB eninə sınıqları, spiral şəkilli sınıqları və uzuna istiqamətdə daşılmalar yaradır.

QB gövdələrinin eninə sınığı yorulma xarakterin olmasına görə və konsentrasiya gərginliyi nəticəsində, QB da müxtəlif zədələmələrin almasına gətiririr çıxarır, bunların hamısı borunun oxuna perpendikulyar istiqamətdə yönəlir. Bunlara aiddir: QB da damğalamanın aparılması, uzuna xətlərin alınması, yayma qüsurları və s. Eninə sınıqlar adətən qaynaq tikişlərin sahəsində, qaynaq zamanı yaranan istilitin təsiri (adətən bunlara boruların govdələrində rast gəlmək olur, buda qalınlaşdırma zamanı yaranan gərginliklərin təsirindən gövdə ilə qalınlaşan hissənin keçidində alınır).

Spiral şəkilli sınmalar QB vintvarı şəkildə dağılmasının müşahidə rtdirir. Spiral şəkilli sınmalar çox zaman yorulma xarakteri olan, eninə çatlardan QB fırlanma istiqamətində yaranır.

QB uzuna istiqamətdə dağılması, qayda üzrə, yaymadan alınan qüsurlardan (qabığ, cızığlar və s.) və ya çoxlu miqdarda daxili gərginliklərin , yayma və termiki emal zamanı texnoloji rejimlərin pozulması nəticəsindən alınır.

Bundan başqa əməliyatlar zamanı meydana çıxan çatışmamazlıqlardır- QB texnoluji avadanlıqların yüklənməsi və boşaldılması, qıfılların nəql etdirilməsi (mufta və nippel) və dayağın yerləşdirməsi, QB digər tip ölçülərinə keçməsi, nəql edici roliklərin sazlanması, bəzi roliklərin işə salınması və dayandırılması (QB verilən surətdən asılı olaraq), sanqadakı altıqların dəyişdirilməsi, tilişkələri

çıxarmaq üçün digər tip ölçülü bor ştanqlara keçid, digər ölçülü kalibirlərə keçmək və QB istehsalı üçün bütün köməkçi qurğuların sazlamasında meydana çıxan çatışmamazlıqları göstərmək olar.

Nəticə. Təklif olunur ki, göstərilən çatışmamazlıları aradan qaldırmaq üçün, QB yivli hssəsini penzo vericilər yerləşdirməklə alınan informasiyalar FK – də qeyd olunur. FK – da avtomatik olaraq borular gərilməsinə görə (normal,boş və gərilməli) olaraq nömrələnir ona uygun olaraq müftələrdə nömrələnir. Yivli boruları müftalara bağlayan zaman , gərilməsi az olan yivli boru, gərilməsi çox olan müfta ilə bağlanır. Bu da QB kipliyini çoxaldır və onların keyfiyyət göstəricilərini yüksəldir.

Ədəbiyyat

1.Дж.Ф.Mamedов,Г.С.Абдуллаев,Ш.Т.Мамедова и.др. Автоматизированный выбор и проектирование элементов системы управления гибкого автоматизированного производства. // Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 15 № 1. 2019 г. Ст.107-111

2.Абдуллаев Г.С. Сулейманова Н.М. Axın xəttində qazma boruların parametrlərinin avtomatik təyini./ / Azərbaycan Texniki Universiteti .Elmi əsərlər.№1.2017 səh 17-19

3.Абдуллаев Г.С.Применение интеллектуалъных датчиков в гибком автоматизированном производства, бурилных труб./ / Elmixəbərlər.SDU.Sumqayıt, 2013,№3,cild 13,səh.61-65.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ НАТЯГА РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Абдуллаев Г.С.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Abdullayev. qs@ bk. ru

Ключевые слова: бурильная труба; муфта; ниппель ; натяг ; медный порошок.

Статья посвящена вопросу автоматического контроля измерения натяга резьбового соединение бурильных труб . Определяется натяг резьбового соединение бурильных труб при нарезании резьбы.

HARDWARE CHECK OF THE MEASUREMENT THE NIPPLE THREADING JOIN DRILLING PIPES

Abdullaev G.S.

Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Abdullayev. qs@ bk. ru

Keywords: drilling pipes; the end seven; the nipple; toggling; copper powder.

The Hardware check of the measurement toggling threading join drilling pipes . It Is Determined toggling threading join drilling pipes was considered In article under нарезаний thread.

.

SİLİNDİRİK İÇLİKLİ TUTUM ÇEVİRİCİSİNİN HƏSSASLIĞINA TƏSİR GÖSTƏRƏN FAKTORLARIN ANALİZİ

Ağayeva F. Ş.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
agayeva.feride71@mail.ru

Açar sözlər: verici, kondensator, həssaslıq, tezlik, tutum.

Məqalədə tutum vericinin həssaslığına amillərin təsiri təhlil olunur. Tutum çevricinin digər çevricilərlə müqayisədə bəzi üstünlükləri nəzərdən keçirilir. Tutum vericiləri xarakterizə edən əsas parametrlər araşdırılır. Çevricilərin tətbiq sahəsi göstərilir.

Tutum vericiləri – parametrik tipli çevirici olub ölçülən parametrin dəyişilməsi, tutum müqavimətinin dəyişilməsi ilə müəyyən olunur. Bu vericilər qeyri-elektrik parametrlərin (maye səviyyəsi, mexaniki güc, təzyiq, rütubət və s.) qiymətlərinin dəyişməsini elektrik tutumunun qiymətinin dəyişməsinə çevirir. Tutum vericilərinin konstruksiyaları yastı-paralel və ya silindrik elektrik kondensatorlardan ibarətdir. Tutum vericiləri daha çox maye, dənəvər halında olan maddələrin səviyyəsinin ölçülməsində, mexaniki yerdəyişmələrin dəqiq ölçülməsində tətbiq edirlər [1-7].

Aparılan araşdırmalardan məlum olur ki, tutum vericiləri digər təsir prinsipli vericilərlə müqayisədə aşağıdakı üstünlüklərə malikdirlər:

- istehsalının sadəliyi, ucuz materiallardan istifadə;
- kiçik qabaritli və çəkisinin az olması;
- enerji tələbatının aşağı olması;
- yüksək həssaslıq;
- kontaktların olmaması;
- uzun istismar müddəti;
- tutum vericisinin hərəkətli hissəsinin yerdəyişməsi üçün olduqca az gücün sərf olunması;
- vericinin formasının müxtəlif məsələlərə və konstruksiyalara uyğunlaşdırılmasının sadəliyi və s.

Göründüyü kimi tutum vericiləri öz sadəliyi ilə diqqətəlayiqdir, bu da möhkəm və etibarlı konstruksiyalar yaratmağa imkan verir. Bu növ vericilərdə həssas element qismində kondensatorun parametrləri yalnız onun həndəsi xüsusiyyətlərdən asılı olur və materiallar düzgün seçildiyi təqdirdə istifadə olunan materialların xüsusiyyətlərindən asılı olmur. Buna görə də, kondensatorun köynəkləri üçün metal markasını və onlar üçün izolyasiyanı düzgün seçməklə, köynəklərin səthlərinin sahələrini və aralarındakı məsafənin dəyişilməsi ilə temperaturun təsirini xeyli azaltmaq mümkün olur. Vericini, ətraf mühitin toz, korroziya, rütubət, ionlaşdırıcı radiasiya kimi amillərindən qorumaq vacibdir, çünki bunlar köynəklər arasında izolyasiyanı sıradan çıxarırlar.

Məlumdur ki, kondensatorun lövhələri yastı və müstəvi şəklində olduqda onun elektrik tutumu aşağıdakı düsturla təyin edilir:

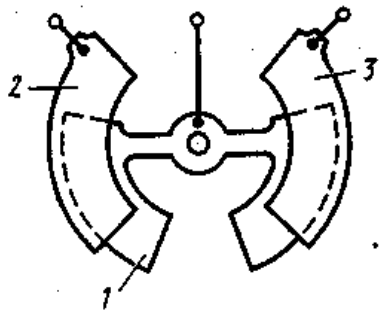
$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{\delta}, \qquad (1.1)$$

burada, ε_0 – boşluğun dielektrik nüfuzluğu; ε – lövhələr arasındakı mühitin dielektrik nüfuzluğudur; S – kondensatorun lövhələrinin sahəsi; δ – kondensatorun elektrodlarıyla lövhələrin arasındakı məsafə.

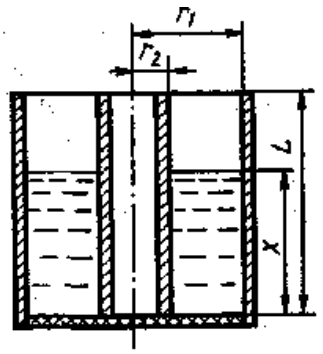
(1.1) düsturundan görünür ki, dəyişən kondensatorun tutumunun dəyişikliyi δ lövhələrin arasında məsafə və ε dielektrik keçiriciliyin ölçüsü S lövhələrinin sahəsinin dəyişikliyi vaxtı və ya sadalanan ölçülərin eyni zamanda olan dəyişikliyi vaxtı ola bilər. Dəyişən həcmli kondensatorların bu xüsusiyyətləri tutum vericilərin və çeviricilərin əsasını qoymuşdur.

Buradan aydın olur ki, tutum vericilərin və çeviricilərin konstruksiyası hər şeydən əvvəl ölçülən kəmiyyətin növü və onun tutum və ya çeviricinin tutumuna təsir üsulu ilə müəyyən edilir [1-7] .

Şəkil 1.1 və 1.2-də, cərəyan keçirməyən mayenin və ya dənəvər cismlərin səviyyəsinin ölçülməsi üçün tətbiq edilən silindrik köynəkləri olan tutum vericisi göstərilib. Bir köynək qismində metal çən və ya daxili radiusu r_1 təşkil edən rezervuar çıxış edə bilər, ikinci köynək metal mil və ya xarici radiusu r_2 təşkil edən silindr şəklində yerinə yetirilib.



Şəkil 1.1. Silindrik köynəkləri olan tutum səviyyə vericisi



Şəkil 1.2. Yüksək həssaslığa malik olan differensial tutum verisici

Əgər rezervuar dielektrik nüfuzluluq ilə x səviyyəsinə qədər doldurulubsa, o zaman vericinin tutumunu, iki paralel birləşdirilmiş kondensatorların tutumu kimi təsvir etmək olar:

$$C = C_x + C_{L-x} \tag{1.2}$$

burada ,

C_x - rezervuarın maye ilə doldurulmuş aşağı hissəsinin tutumudur;

C_{L-x}- rezervuarın hava ilə doldurulmuş yuxarı hissəsinin tutumudur.

Belə bir vericinin həssaslığının artması, səviyyəsi ölçülən materialın dielektrik nüfuzluğunun artmasından asılıdır.

Silindrik köynəkləri olan kondensatorun tutumu üçün ümumi düstur:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{l}{2\ln(r_1/r_2)} \tag{1.3}$$

burada L– köynəklərin uzunluğudur.

Vericinin aşağı hissəsinin tutumu üçün

$$C_x = \varepsilon_0 \varepsilon_i \frac{x}{2ln(r_1/r_2)} \tag{1.4}$$

Vericinin yuxarı hissəsinin tutumu üçün

$$C_{L-x} = \varepsilon_0 \frac{L-x}{2ln(r_1/r_2)} \quad (1.5)$$

(1.4) və (1.5)-i (1.3)-də nəzərə alsaq, əldə edərik:

$$C = \frac{\varepsilon_0}{2ln(r_1/r_2)}[L + (\varepsilon_i - 1)x] \quad (1.6)$$

burada L – vericinin köynəklərının hündürlüyüdür, yəni rezervuarın maksimal doldurulma səviyyəsidir.

Vericinin hissiyyatını müəyyən etmək üçün, (1.6)-nı səviyyə üzrə differensiasiya edirik

$$S_d = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_i - 1)}{2ln(r_1/r_2)} \quad (1.7)$$

(1.7) tənliyindən: vericinin həssaslığı, ölçü diapazonu boyunca sabitdir.

Kimyəvi cəhətdən aqressiv olan mayelərin səviyyəsi yoxlanarkən, xarici və daxili köynəklər qoruyucu örtüklə örtülür. Səviyyənin tutum vericilərin köməyi ilə ölçülməsi kosmik və aviasiya texnikasında, kimya, neft kimyası və digər sənaye sahələrində istifadə olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Kazımov N.M., Yusifov Ə.A., Xəlilov S.A., Ağayev U.X. Tutum vericiləri// Sensor sistemlərinin əsasları. Sumqayıt 2011. s.26-28.
2. Мазин В.Д. Метрология и теплотехнические измерения: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010. -124 с.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т. 1 - 3. Пер. с англ. - 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Мир, 1993.
4. Ранджан В. Датчики бесконтактного распознавания// Электронные компоненты, №11, 2008.
5. Расчёт активных фильтров: учеб. пособие / А.В. Фролов, В.В. Лановенко, В.А. Чекалов и др. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2011. – 131 с.
6. Брихта М. Преобразователи емкости - код на основе сигмадельта-модулятора//http://www.compitech.ru./ (müraciət tarixi:18.06.2019)
7. Конспект лекций: принцип действия емкостных преобразователей. URL:http://allsummary.ru/249-princip-deystviya-emkostnyh-pip.html.(müraciət tarixi: 20.09.2019)

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ЯКОРЕМ

Агаева Ф.Ш.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: датчик, конденсатор, чувствительность, частота, емкость.

В статье анализировано влияние факторов на чувствительность емкостного датчика. Рассмотрены некоторые преимущества емкостных датчиков в сравнении с другими датчиками. Исследованы основные параметры характеризующие емкостные датчики. Показана область применения датчиков.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE SENSITIVITY OF A CAPACITIVE SENSOR WITH A CYLINDRICAL ANCHOR

Agayeva F. Sch.
Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: sensor, capasitor, sensitivity, frequency, capacity

Summary. The article analyzes the influence of factors on the sensitivity of a capacitive sensor. Some advantages of capacitive sensors in comparison with other sensors are considered. The basic parameters characterizing capacitive sensors were investigated. The area of application of the sensors is shown.

AVTOMATLAŞDIRMADA VERİCİLƏRİN TƏTBİQİ HAQQINDA

Dadaşova R.B., Abdullayeva Ü.R. , Camalədinova Ü.H.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt ş., Azərbaycan
3-ulker.musayev93@mail.ru

Açar sözlər: Avtomatlaşdırma, sistem, verici, siqnal, teledinamoqram, parametr.

Xülasə. Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmasında alınan informasiyanın ölçülməsi və ötürülməsi məqsədi ilə fiziki kəmiyyətlər vericilərinin tətbiqi məsələsinin həllinin labüdlüyü əsaslandırılmışdır. Neft sənayesində tətbiq olunan, qeyri-elektriki kəmiyyətləri elektriki kəmiyyətə çevirməyə imkan verən, maqnit keçiriciləri bütöv konustruksiya poladından hazırlanmış qüvvə vericisinin çıxış siqnalına əsasən müəyyən edilmişdir ki, onun Dövlət Standartının tələblərinə uyğun olan metroloji xarakteristikalarını almaq üçün vericinin energetik göstəricilərlə əlaqəsinə baxmaq zərurəti yaranır. Bu məqsədlə vericinin bəsləyici mənbədən tələb etdiyi tam gücün və güc əmsalının analitik ifadələrindən istifadə etməyin zəruriliyi əsaslandırılmışdır.

Müasir elmi-texniki tərəqqinin əsas istiqamətlərindən biri texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması və telemexanikləşdirilməsindən ibarətdir. Bu istiqamətdə yaradılmış Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi (TPAİS)-nin tətbiqi neft sənayesində texnoloji proseslərə, qurğulara nəzarət və idarə edilməsindən bütövlükdə müəssisə və sahələr miqyasında riyazi üsullar, texniki ötürmə vasitələri və göstəricilərin işlənməsinə keçid üçün zəmin yaratmışdır. Müxtəlif sənaye sahələrinin hər birində qurğuların əsas göstəriciləri, texnoloji prosesin vəziyyəti və gedişi haqqında səhih məlumat olmadan həmin proseslərin idarə edilməsi mümkün deyil [3].

Yuxarıda göstərilənlərin neft sənayesinin dərinlik-nasoslu qurğularının işləməsi prosesində tətbiq edilməsi üçün fiziki kəmiyyətlər vericilərindən istifadə edilir [1]. Belə çevricilər vasitəsi ilə qeyri-elektriki kəmiyyətlər elektrik siqnallarına çevrilir.

(TPAİS)-in dərinlik-nasoslu quyuların teledinamometrləmə sistemində ilk informasiyanın qəbul etmək üçün vericilər tətbiq olunur [2]. Bucaq yerdəyişmələrli verici vasitəsi ilə dərinlik-

nasoslu neft qurğusunun mancanaq dəzgahının yuxarı qolunun dönmə bucağı, qüvvə vericisi vasitəsilə ilə isə neft qurğusunun nasosunun cilallanmış çubuğuna düşən qüvvələr ölçülür. Nəticədə həmin vericilərdən alınan çıxış siqnallarına görə qurulan teledinamoqrama əsasən neft qurğusunun iş rejimi müəyyən edilir. Teledinamoqram neft quyusunun nasosunun cilallanmış çubuğuna təsir edən qüvvənin balansirin yuxarı qolunun dönmə bucağından asılılığını göstərən qapalı fiqurdur. Təcrübədən alınmış dinamoqramın etalon qəbul edilən nümunəvi diaqramla müqaisəsindən neft qurğusunun iş rejimi müəyyən edilir.

Beləliklə, real halda neft sənayesində tətbiq edilən həmin vericilərin yüklü işləmə rejimlərinə və onların energetik göstəricilərlə əlaqəsi məsələlərinə baxılması zərurəti yaranır [4]. Qüvvə vericisinə baxaq.

Dərinlik- nasoslu neft quyusunun cilalanmış çubuğuna düşən qüvvəni ölçməyə imkan verən bütöv konustruksiya poladından hazırlanmış diferensial tipli induktiv vericinin quruluşu və iş prinsipi [2] də verilmişdir. Vericinin ölçü dolağına işlədici qoşulduqda onun iş rejimi dəyişir. Aydındır ki, bunun səbəbi vericinin ölçü dolağının maqnit hərəkət qüvvəsinin maqnitsizləşdirici təsirinin yaranmasıdır. Bu zaman yüklü işləmə halında işləyən vericinin çıxış siqnalının analitik ifadəsindən istifadə etməklə nəzəri və təcrübi üsul ilə alınmış metroloji xarakteristikaları yüksək qeyri-stabilliyə malik olur. Bununla əlaqədar olaraq vericinin Dövlət Standartının tələblərinə cavab verən metroloji xarakteristikalarını almağa nail olmaq üçün onun energetik cəhətdən tədqiqinə baxılması məsələsi müxtəlif növ yük müqavimətlərində vericinin çıxışında alınan siqnalın maksimum gücünün təyin edilməsindən ibarətdir.

Vericinin dolağı ferromaqnit nüvə üzərində sarındığına, maqnit selinin yolunda hava məsafəsi olduğuna görə maqnit induksiyası və maqnit sahə gərginliyi harmonik qanun üzrə dəyişir. Bunu nəzərə almaqla çıxışındakı yükün aktiv müqavimətdən ibarət olduğu vericinin bəsləyici mənbədən tələb etdiyi tam gücün, iqtisadi cəhətdən böyük əhəmiyyətə malik olan $\cos\varphi$, $\mathrm{tg}\,\varphi$-nin alınmış ifadələrindən istifadə edilməsi məqsədə uyğundur.

Məlumdur ki, $S = P + jQ$ – ifadəsi tam gücün kompleks şəklində tənliyidir. Burada P və Q uyğun olaraq aktiv və reaktiv güclərdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, P və Q bir sıra parametrlərdən, məsələn, bəsləyici gərginliyin tezliyindən, induktiv sarğacın omik və induktiv müqavimətlərindən, vericinin induktiv sarğacının birinci və ikinci tərəf dolaqlarının aktiv müqavimətlərindən asılıdır. Aktiv P və reaktiv Q güclərinin yuxarıda sadalanan parametrlərin hər birindən asılılıqlarının təyin edilməsi həlli vacib olan məsələ kimi ayrıca elmi –tədqiqat işidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Агейкин Д. И., Костина Е. Н., Кузнецова Н. Н. Датчики контроля и регулирования . М., Машиностроение. 1965, 628с.
2. Алиев Т.М. Гринберг М.М., Egуш В.Я., Мамедов Ф.И., Меликов Ч.М., Федющенко Ю. В., Новые системы телединамометрирования Глубинно - насосных скважин. М., ВНИИОЭНГ, 1967, 180с
3. Əliyev R.Ə. Avtomatik idarəetmə , Bakı, Maarif, 1992, 622 s.
4. Kazimzadə R.Z. Elektrik dövrələrinin nəzəriyyəsi. Bakı, ADNA, 2000, 180s.

О ПРИМЕНЕНИИ ДАТЧИКОВ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Дадашова Р.Б., Абдуллаева У.Р. , Джамаледдинова У.Г.
Сумгаитский государственный университет , Сумгаит., Азербайджан

Ключевые слова: автоматизация, система, датчик, сигнал, телединамограмма, параметр.

Обосновано решение вопроса необходимости применения датчиков физических величин при автоматическом управлении технологическими процессами в целях измерения и передачи полученной первичной информации на основе выходного сигнала датчика усилий, применяемого в нефтяной промышленности, магнитопроводы которого изготовлены из сплошной конструкционной стали, позволяющая преобразовывать неэлектрические величины в электрические сигналы. Установлено, что для определения их метрологических характеристик, отвечающих всем требованиям Государственной Стандартизации, необходимо использовать энергетические соотношения датчика. С этой целью принято считать целесообразным применять формулу полной мощности, потребляемой датчиком, от источника питания, а также формулой коэффициента мощности, имеющего большое значение для повышения технико-экономических показателей.

ABOUT APPLICATION OF SENSORS IN AUTOMATION

Dadaschova R.B., Abdullaayeva U.R., Jamaleddinova U.H.
Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: automation, system, transmitter, signal, teledinamogram, parameter

Summary. In order to measure and transmit the information obtained in the automation of technological processes, the necessity of solving the problem of application of physical quantity transmitters is substantiated. Based on the output signal of a power transmitter made of solid steel, which allows to convert non-electrical quantities used in the oil industry into electrical quantities, it is necessary to look at the transmitter's relationship with energy indicators to obtain its metrological characteristics in accordance with state standards. For this purpose, the need to use analytical expressions of the total power and power factor required by the transmitter from the power supply is justified.

KATALİTİK REFORMİNQ PROSESİNİN KONTROLLERLİ İDARƏETMƏ SİSTEMİNİN İŞLƏNİLMƏSİ

Dəmirova C. R., Kamilov R. İ.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan
cavida.damirova@asoiu.edu.az *rufat.kamilov.i@asoiu.edu.az*

Açar sözlər: katalitik reforminq, texnoloji proses, avtomatik idarəetmə sistemi, beznin oktan ədədi, optimal idarəetmə.

Xülasə. Məruzədə benzin fraksiyasının xammal kimi istifadə olunduğu katalitik reforminq prosesinin idarəetmə obyekti kimi analizi aparılmış, onun optimal idarə edilməsi məqsədilə tətbiq olunacaq avtomatik idarəetmə sisteminin modernizasiyası üçün yeni təkliflər şərh olunmuşdur.

Neft-kimya sənayesinin əsas istiqamətlərindən biri hesab olunan katalitik reforminq texnoloji prosesi yüksək oktan ədədli mühərrik yanacaqlarının və həmçinin aren karbohidrogenlərinin istehsalını yerinə yetirməkdədir.. Prosesin realizə olunduğu qurğu əsas hissələr kimi daxili katalizator təbəqəli 3 ardıcıl formada birləşdirilmiş reaktor və 3 qızdırıcı soba, köməkçi hissələr kimi isə separator, hava ilə soyutma kalonu və adsorber kalonu ilə layihələndirilir. Katalizatorların əsas təsir edici komponent kimi çıxış etdiyi bu proses də digər sənaye prosesləri kimi çoxlu sayda nəzarət və ya idarə olunan parametrlərlə-reaktor bloklarındakı təzyiq, yanacaq qazının sərfi, qızdırıcı sobaların çıxışında xammalın temperaturu, katalizatorların aktivliyi və s.ilə xarakterizə olunur. Reaksiyanın katalizatorları qismində platin əsaslı PR- 81 tətbiq olunur. Mühərrik yanacağı istehsalı əksər dünya ölkələrinin iqtisadiyyatının inkişafı üçün prioritet sahələrdən biri hesab olunduğundan onun məhsuldarlığının artırılması istiqamətində mütəmadi olaraq innnovativ həllərin təklifinə ehtiyac duyulur.[1]

Prosesin gedişatının sonunda əldə olunnan hazır məhsulun keyfiyyət göstəriciləri qurğuya tətbiq olunmuş idarəetmə sisteminin funksional strukturundan çox böyük dərəcədə asılıdr. Məhz bu səbəbdən məsələ öz aktuallığını saxlamaqdadır. İstənilən bir texnoloji prosesin optimal idaretmə sisteminin realizasiyası üçün əsas mərhələlərdən biri kimi onun riyazi modelinin işlənilməsi dayanır. Ümumilikdə, idarəetmə modeli uyğun giriş, çıxış, həyəcanlandırıcı və bu kimi digər təsirlərlə xarakterizə olunur.

Mövcud prosesin inkşafına öz töhfəsini vermiş elm xadimlərindən biri kimi A.M.Cambekovu göstərə bilərik. O katalizatorların mıəhdud zamanda istifadəsi şərti daxilində katalitik reforminqin texniki-iqtisadi göstəricilərinin maksimallaşdırılmasını təmin edə biləcək optimal idarəetmə sisteminin realizasiyası istiqamətində işlər görmüşdür [2].

Müəllif [3] tədqiqat işində reforminq prosesinin texnoloji parametrlərin avtomatlaşdırılmış tənzimləmə sisteminin tətbiqi ilə məhsuldarlığının artırılması və əsas texniki-iqtisadi göstəriciləri nəzərə alan optimal idarəetmənin təşkilinə nail olmuşdur.

Tədqiqat müddətində reaktorlar blokunun çıxışındakı xammalın temperaturunun hazır məhsulun tərkibində olan aren karbohidrogenlərinin faiz nisbətinin dəyişməsinə təsir məsələsi araşdırılır. Təklif olunan yeni idarə etmə metodu reaktorların çıxışındakı temperaturun optimal paylanaraq nəticədə məhsulda alınan aren karbohidogenlərinin keyfiyyət göstəricilərinin yüksəldilməsinə əsaslanır [4].

Benzin istehsalı yönümlü katalitiq reforminq prosesi üçün müxtəllif illər ərzində layihələndirilmiş avtomatik idarəetmə sistemlərinin təhlilindən belə nəticəyə gəlmək olar ki, bəzi hallarda idarəetmə sistemi zaman keçdikcə öz adaptivliyini qoruyub saxlaya bilmir və nəticədə əldə olunan məhsulun- benzinin oktan ədədi və həmçinin onun çıxışdakı miqdarında düşkünlüklər müşahidə olunur. Bu da məhsuldarlığın enməsinə səbəb olur. Üzləşdiyimiz problem isə bir mənalı olaraq prosesi xarakterizə edən parametrlər haqda düzgün və fasiləsiz informasiyanın əldə oluna bilməməsi, prosesin aparıcı komponenti hesab edilən reaktor blokundakı katalizator təbəqəsinə məxsus aktivliyin zaman keçdikcə dəyişməsinin idarəetmə sistemi tərəfindən nəzaraət altında saxlama imkanının olmaması, texniki-proqram kompleksinin təminatında olan çatışmazlıqlardan irəli gəlir.

İşin məqsədi kimi katalitik reforminq prosesinin çıxış məhsulu olan benzinin oktan ədədinin yüksəldilməsinə istiqamətlənmiş real vaxt rejimində avtomatik idarəetmə sisteminin realizasiyası qəbul edilmişdir. Problemin həllinə yönəldilmiş metodlar kimi aşağıdakılar təklif olunur:

1) Texnoloji proses struktur və funksional cəhətdən təsvir edilir və onun gedişat alqoritmi tərtib olunur.
2) Texniki-proqram kompleksinin əsasını təşkil edən vasitələr kimi 'Emerson' firması tərəfindən layihələndirilən 'Rosemount' markalı avtomatika həlləri seçilir və 'Simatic WinCC' paketi ilə onun vizualizasiyası yerinə yetirilir.
3) Əldə olunmuş informasiya bazasında problemin həlli yönümlü riyazi model işlənilir və bu model əsaslı optimal idarəetmə alqoritmi qurulur.

ƏDƏBİYYAT

1. https://neftegaz.ru/tech-library/tekhnologii/141803-kataliticheskiy-riforming/

2. Джамбеков А.М. Управление процессом каталитического риформинга на основе экспертной информации // Новые материалы и технологии:состояние вопроса и перспективы развития : сб.материалов Всерос. молодежн. Науч. конф. Саратов, 2014. С. 382–387.

3. Иванчина, Э. Д. Повышение технико-экономической эффективности каталитического риформинга с использованием компьютерной моделирующей системы // Изв. Том. политехн. университета. Инжиниринг георесурсов. – 2011. – Т. 319, № 3. – С. 105 – 109.

4. Левчук И.Л. Управление процессом каталитического риформинга путем оптимального распределения температур на входах реакторов // Технологический аудит и резервы производства. 2015. Т. 2. № 4 (22). С. 56–60.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РЕФОРМИРОВАНИЯ

Дамирова Д.Р. , Камилов Р.И.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку Азербайджан,

Ключевые слова: каталитический риформинг, технологический процесс, система автоматического управления , октановое число бензина, оптимальное управление.

В тезисе анализируется процесс каталитического риформинга, в котором бензиновая фракция используется в качестве сырья, и комментируются новые предложения по модернизации системы автоматического управления, которые будут использоваться для оптимального управления.

DEVELOPMENT OF CATALYTIC REFORMING PROCESS CONTROLLED MANAGEMENT SYSTEM

Damirova Dj.R., Kamilov İ.R.

Azerbaijan State Oil and İndustry University, Baku, Azerbaijan

Keywords: catalytic reforming, technological process, automatic control system, octane number of the gasoline, optimal control

Summary. The report analyzes the process of catalytic reforming, in which the gasoline fraction is used as a raw material, and comments on new proposals for the modernization of the automatic control system, which will be used for optimal control.

ROBOTOTEXNİKİ KOMPLEKSLƏRDƏ İSTİFADƏ OLUNAN BÜTÖV NÜVƏLİ ELEKTROMAQNİT TİPLİ BUCAQ YERDƏYİŞMƏ VERİCİSİNİN TƏDQİQİNƏ DAİR

Əhmədova T.Ə.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

Açar sözlər: robototexniki kompleks, bucaq yerdəyişmə vericisi, avtogenerator

Robototexniki komplekslərin informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemlərində bucaq yerdəyişmə vericilərindən geniş istifadə olunur. Buna əsaslanaraq məqalədə daha etibarlı nüvəsi adi konstruktiv poladdan olan elektromaqnit tipli bucaq yerdəyişmə vericisinin tədqiqiqnə baxılır.

Cihazqayırma və maşınqayırma sənaye sahələrində istifadə olunan robototexniki komplekslərin informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemlərində bucaq yerdəyişmə vericilərindən geniş istifadə olunur. Belə vericilərin işləmə prinsipi dövrədə aktiv müqavimətin, indukyivliyin, tutumun dəyişməsinə əsaslana bilər. Aparılan hərtərəfli tədqiqatlar əsasında müəyyən edilmişdir ki, induktiv və ya qarşılıqlı induktivliyin dəyişməsi prinsipində işləyən bucaq dönmə vericiləri yüksək, güclü informasiya siqnalına malik olurlar. Buna görə də RTK-da bucaq dönmə vericilərindən istifadə etmək əlverişli olur. Mövcud induktiv bucaq dönmə vericilərinin nüvəsi şixtələnmiş eletrotexniki vərəq şəkilli poladdan hazırlanmışdır və onların hazırlanma texnologiyası çətin olur. Bununla əlaqədar olaraq, belə vericilərin iqtisadi göstəriciləri aşağı düşür. Bucaq dönmə vericisinin iqtisadi göstəricilərini yüksəltmək üçün onların nüvələrini maşınqayırma sənayesində geniş yayılmış adi konstruktiv poladdan hazırlamaq lazım gəlir. Belə halda nüvənin oxunun konstruksiyasını sadə texnologiya ilə hazırlamaq mümkün olur.

Robototexniki komplekslərdə istifadə olunan sənaye robotlarının qolunun bucaq dönməsi müxtəlif olur. Onların tətbiq sahəsindən asılı olaraq qolun bucaq dönməsi 60^0, 90^0, 120^0, 180^0, 240^0 və s. ola bilər. Cihazqayırmada istifadə olunan bucaq dönmə vericiləri 90^0, 120^0, 180^0 bucaq altında öz qollarını döndərmə xüsusiyyətlərinə malik olurlar. Bununla əlaqədar olaraq buxarlandırıcıların hazırlanmasında istifadə olunan kolokolçikin açılmasında istifadə olunan SR-in qolunun bucaq dönməsi 90^0 və 180^0 ola bilər. Bundan başqa buxarlandırıcıların kanallarının genişləndirilməsində hidravlik preslərdən istifadə olunur. Belə preslərin axın xəttində yerləşdirilməsindən asılı olaraq onları yükləyən və boşaldan SR-in qolunun dönmə bucağı 90^0 yaxud 180^0 ola bilər. Əgər hidravlik pres axın xəttinə paralel yerləşirsə, onda yüklənmə və boşaldılma 90^0 bucaq altında yerinə yetirilir. Burada istifadə olunan hidravlik preslər $+30^0$ və -30 bucaq altında yerləşdirilir. Belə halda SR-in qolunun maksimum dönmə bucağının istiqaməti hidravlik presin qabaq müstəvisinə perpendkulyar olur. Bu perpendkulyarlıq SR-ə nəzərən həm sağda, həm də solda yerinə yetirilir. Nəzərdə tutulan proqram əsasında SR sağdakı və ya soldakı hidravlik presi yükləyir və ya boşaldır. Belə halda iki hidravlik presə bir SR xidmət göstərir. Bununla əlaqədar olaraq bucaq dönməni ölçən üçpilləli 90^0, 120^0 və 180^0 vericini hazırlamaq lazım gəlir. Belə vericini yaratmaq üçün bir-birinə kooksial olan iki

silindrik nüvə hazırlanır. Hər iki silindr nazik divarlı olub, aralarında çox kiçik δ məsafəsi mövcuddur. Hazırlanmış silindrlərin açılışı şəkil 1-də verilmişdir [1].

Xarici silindrin daxili diametrinin uzunluğu πD, onun daxilində yerləşən üç 1,3,4-yarımsilindrin hər birinin uzunluğu (onların daxili diametrləri üzrə) ($\frac{\pi D}{2}$ -δ)-ya bərabər alınır. Vericinin hərəkət edən yarımsilindri-5 β bucağı qədər döndükdə 2 təsirlənmə dolağının üstünü örtür. Vericinin 2 təsirlənmə dolağı LC-avtogeneratorun RK-na qoşulur. Nəticədə induktiv əks rabitəyə malik olan avtogenerator alınır. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi vericinin induktiv sarğacının nüvəsi en kəsiyə görə III şəkillidir. En kəsik şəkil 2-də göstərilən kimidir.

Göstərilən maqnit sisteminin diferensial tənliyi ümumi şəkildə

$$\frac{\partial^2 \dot{H}_{y=0}}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 \dot{H}_{y=0}}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 \dot{H}_{y=0}}{\partial z^2}=k^2\dot{H}_{y=0} \qquad (1)$$

kimi yazılır. Qəbul olunmuş dekart koordinat sistemində simmetriya oxu 3-4 və $3^{/}$-$4^{/}$ aralığının orta hissəsinə düşür. Burada z oxu istiqamətində maqnit qüvvə xətləri bir-birinə paraleldir, yəni $\dot{H}_{y=0}$ z koordinatından asılı deyil. $YO(-X), YOX$ yarımmüstəvisində $\dot{H}_{y=0}$ maqnit sahə gərginliyi Y dəyişənindən asılı deyil.

Beləliklə,

$$\frac{\partial^2 \dot{H}_{y=0}}{\partial y^2}=\frac{\partial^2 \dot{H}_{y=0}}{\partial z^2}=0$$

olur. Sonuncu bərabərliyi (1)-də nəzərə alsaq,

$$\frac{\partial^2 \dot{H}_{y=0}}{\partial x^2}=k^2\dot{H}_{z=0}$$

alınar.

Burada $k=\sqrt{j\omega\gamma\mu\mu_0}$. Bu tənliyin həlli

$$\dot{H}_{z=0}=A_1e^{kx}+A_2e^{-kX} \qquad (2)$$

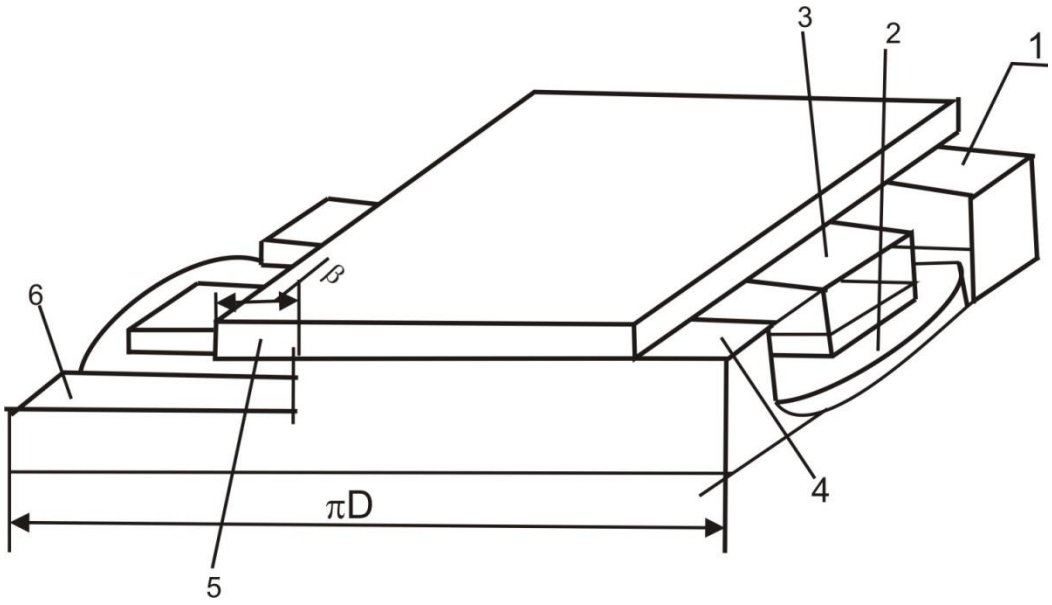
olur. Burada $x=+\frac{a}{2}$ və $x=-\frac{a}{2}$ xətlərinə uyğun gələn $\dot{H}_{34}=\dot{H}_{3^{/}4^{/}}$ olur. Bu yazılışdan aydın olur ki, $A_1=A_2=A$.

Bunları (2)-də nəzərə alsaq,

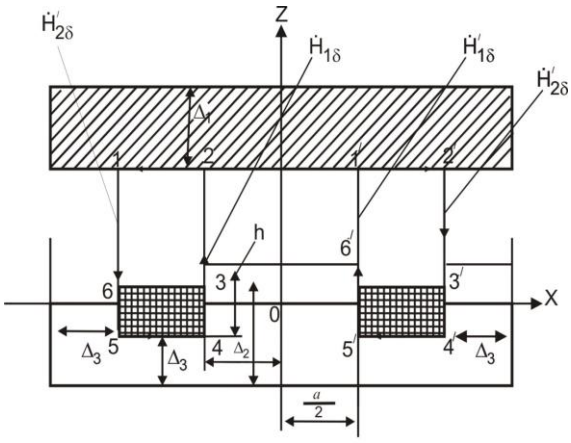
$$\dot{H}_{z=0}=\frac{\dot{H}_{34}chnx}{chn\frac{a}{2}}$$

olar. Beləliklə, simmetriya müstəvisini kəsən, maqnit qüvvə xətlərini kəsən maqnit seli

$$\dot{\Phi}_{z=0}=2\mu\mu_0\cdot\frac{\dot{H}_{3^{/}4^{/}}}{chk\frac{a}{2}}\int_0^{\frac{a}{2}}zchkxdx=$$
$$=2\mu\mu_0\frac{\dot{H}_{3^{/}4^{/}}Z}{kchk\frac{a}{2}}shk\frac{a}{2}=\frac{2\mu\mu_0\dot{H}_{3^{/}4^{/}}Z}{k}thk\frac{a}{2} \qquad (3)$$



Şəkil 1. Vericinin konstruktiv açılışı



Şəkil 2. Vericinin maqnit sisteminin en kəsiyi

Burada Z- vericinin təsirlənmə dolağının hərəkət edən hissə tərəfindən örtülmə uzunluğudur, $\mu -$ nüvənin nisbi maqnit nüfuz əmsalıdır, $\dot{H}_{34}$ və $\dot{H}_{3'4'}$ -yuvanın daxili səthinin oxuna paralel olan hissəsinə uyğun gələn maqnit sahə gərginliyidir.

Yuxarıda göstərilən 1-2 və $1'$-$2'$ xətlərinin orta hissəsinə uyğun gələn maqnit sahəsinin tənlikləri ikitərtibli olub, onların həlli

$$\dot{H}_x = \dot{H}_{12} e^{-kz} \text{ və } \dot{H}_x = \dot{H}_{1'2'} e^{-kz}$$

x=0 düz xəttinə uyğun olan müstəvini kəsən maqnit seli

$$\dot{\Phi}_{x=0} = \frac{\mu\mu_0 \dot{H}_{12}}{k}\left(1 - e^{-k\Delta_1}\right)\cdot 2 = \frac{\mu\mu_0 \dot{H}_{1'2'}}{k}\left(1 - e^{-k\Delta_1}\right)\cdot 2$$

kimi ifadə olunur. Burada $\dot{H}_{12} = \dot{H}_{1'2'} = \dot{H}_{y=0}$ alınır.

Beləliklə

$$\dot{\Phi}_{z=0} = 2\dot{\Phi}_{x=0}.$$

Bu ifadədən

$$\dot{H}_{12} = \frac{\dot{H}_{34} + thk\frac{a}{2}}{1 - e^{-k\Delta_1}} \tag{4}$$

alınır. Vericinin rəqs konturu yüksək tezliyə hesablandığı üçün aşağıdakı hallar yerinə yetirilir:

$$\begin{aligned} 1 &= thk\frac{a}{2} \\ 1 &>> e^{-k\Delta_1} \end{aligned} \tag{5}$$

(5) ifadəsini (4) –də nəzərə alsaq,

$$\dot{H}_{12} = \dot{H}_{34} + 1$$

olar.

İndi isə 1234561 və $1^/ 2^/ 3^/ 4^/ 5^/ 6^/ 1^/$ qapalı konturlarına tam cərəyan qanununu tətbiq etsək, aşağıdakı ifadələri yaza bilərik

$$-\left(\dot{H}_{12} + \dot{H}_{2\delta}\right)b + \left(\dot{H}_{1\delta} + \dot{H}_{2\delta}\right)\delta + \left(\dot{H}_{34} + \dot{H}_{2\delta}\right)h = \dot{I}W \tag{6}$$

$$\left(\dot{H}_{1'2'} + \dot{H}_{4'5'}\right)b + \left(\dot{H}_{1\delta} + \dot{H}_{2\delta}\right)\delta + \left(\dot{H}^{/}_{3'4'} + \dot{H}^{/}_{3'4'}\right)h = \dot{I}W \tag{7}$$

Şəkil 2-də göstərilən maqnit siistemi Z oxuna nəzərən simmetrik olduğu üçün

$$\dot{H}_{12} = \dot{H}^{/}_{1'2'};\ \dot{H}_{34} = \dot{H}^{/}_{3'4'};\dot{H}_{45} = \dot{H}^{/}_{4'5'};\ \dot{H}_{56} = \dot{H}^{/}_{5'6'}$$

$$\dot{H}_{1\delta} = \dot{H}^{/}_{1\delta};\ \dot{H}_{2\delta} = \dot{H}^{/}_{2\delta};\ \ \dot{H}_{12} = \dot{H}_{56};\dot{H}_{1'2'} = \dot{H}_{4'5'}$$

bərabərlikləri alınır. Maqnit selinin arasıkəsilməzlik prinsipinə görə

$$\dot{H}_{12} = \dot{H}_{56}\frac{1 - e^{-k\Delta_3}}{1 - e^{-k\Delta_1}};\ \dot{H}_{1'2'} = \frac{\dot{H}_{3'4'}(1 - e^{-k\Delta_3})}{1 - e^{-k\Delta_1}} \tag{8}$$

alınır. Həmin qanunu elementar en kəsiyə tətbiq etmiş olsaq,

$$\dot{H}_{1\delta} = \mu\dot{H}_{34} \quad \text{və}\ \dot{H}_{1\delta} = \mu\dot{H}_{3'4'} \tag{9}$$

alarıq. Eyni qayda ilə

$$\dot{H}_{2\delta} = \mu\dot{H}_{36} \quad \text{və}\ \dot{H}^{/}_{36} = \mu\dot{H}_{3'6'} \tag{10}$$

olur. (4), (8), (9), (10) ifadələrini (6) və (7)-də nəzərə alaq və nəzərdə tutsaq ki, $\Delta_1 = \Delta_3 = \Delta$; onda

$$2\dot{H}_{12}b + 2\dot{H}_{1'2'}\mu\delta + 2\dot{H}_{1'2'}\cdot h = \dot{I}W,$$

$$\dot{H}_{12} = \frac{\dot{I}W}{2\left[b + h + \mu\delta\right]} = \dot{H}_{1'2'} = \dot{H}_{56} = \dot{H}_{5'6'}$$

alarıq. Beləliklə, vericinin təsirlənmə dolağını kəsən maqnit seli

$$\dot{\Phi}_{z=0} = \mu\mu_0\frac{\dot{I}Wz}{2k\left(b + h + \mu\delta\right)}$$

alınır.

Yaradılmış vericinin təsirlənmə dolağının induktivliyi

$$L_1 = \frac{W_1\dot{\Phi}_{x=0}}{\dot{I}} = \frac{\mu\mu_0 W_1^2 z}{2k\left(b + h + \mu\delta\right)}$$

olur.

Avtogeneratorun rəqs konturunun tezliyi

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{r_2 + r_\delta}{r_e}} \quad \text{və} \; \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{1a} C_2}} \tag{11}$$

ifadəsi ilə təyin olunur. Alınmış (11) ifadəsindəki L_1 induktivliyinin reaktiv təşkiledicisi L_{1a} iştirak edir və bu kəmiyyət

$$L_{1a} = \frac{\mu\mu_0 W_1^2 z}{2k_m (b + h + \mu\delta)}$$

kimi yazılır. İnduktivliyin bu ifadəsini (4.170)-də nəzərə alıb, bir qədər çevirmə apardıqdan sonra

$$\omega = \sqrt[3]{\frac{2\gamma\left(b + h + \mu\delta\right)^2}{C_2^2 \mu\mu_0 W_1^2 z^2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{r_2 + r_b}{r_e}}$$

alarıq. Alınmış sonuncu ifadədən görünür ki, vericinin həndəsi ölçülərini bilməklə avtogeneratorun ω tezliyini seçmək mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov F.İ., Hüseynov R.A., Məmmədova Ş.T. İkiölçülü induktiv verici // Azərbaycan Respublikası, Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Agentliyi. Bakı: 2009

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СО СПЛОШНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ ПРИМЕНЯЕМОГО В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Ахмедова Т.А.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: робототехнический комплекс, датчик угловых перемещений, автогенератор.

Датчики угловых перемещений широко используются в информационно-измерительных системах и системах управления робототехнических комплексов. Исходя из этого, в статье рассматривается исследование датчика угловых перемещений электромагнитного типа с более надежным сердечником из обычной конструкционной стали.

RESEARCH OF ELECTROMAGNETIC ANGULAR DISPLACEMENT SENSOR WITH CONTINUOUS MAGNETIC CONDUCTOR USED IN ROBOTIC COMPLEXES

Akhmedova T.A.

Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: robotic complex, angular displacement sensor, auto-generator.

Angle encoders are widely used in information-measuring systems and control systems of robotic complexes. Based on this, the article discusses the study of an electromagnetic-type angular displacement sensor with a more reliable core made of conventional structural steel.

ELEKTRİK ENERJİSİNİN KEYFİYYƏTİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI MƏQSƏDİLƏ GƏRGİNLİYİN TƏNZİMİ

Əliyev A.Q., Əsgərov C.S., Həmidov M.H.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənye Universiteti, Bakı ş.,Azərbaycan
cavidmselimxan@mail.ru

Açar sözlər: Gərginliyin tənzimlənməsi, qeyri-standart gərginliklər, bəsləyici şəbəkələr, paylayıcı məntəqələr, neft mədən elektrik avadanlıqlar, keyfiyyətin yüksəldilməsi.

Gərginliyin tənzimlənməsi , neft-mədən sənayesində xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Neft-mədən sənayesində (xüsusilə də nasoslarda) əksər hallarda qeyri-standart gərginliklərdən istifadə olunması məsələni aktuallaşdırır. Odur ki, məqalədə bəsləyici şəbəkələrdə paylayıcı məntəqələrdə və eləcə də neft mənbədə gərginliyin tənzimlənməsi məsələləri araşdırılmış və nəticədə neft- mədən elektrik avadanlıqlarının enerji keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün təkliflər verilmişdir

Elektrik tələbatçıların müxtəlif xarakterli olmasının nəzərə alaraq onların bəslədiyi gərginliyin tənzimlənməsi və keyfiyyətinə xüsusi fikir verilməlidir. Elektrik enerji istehsal fəaliyyətinin məhsulu kimi keyfiyyət göstəriciləri ilə müəyyən olunur. Elektrik enerjisinin sənayenin bütün sahələri və əhali üçün vacibliyi nəzərə alaraq onun keyfiyyət və tənzimlənmə göstəriciləri (EEKG), dövlət standartları ilə təyin olunmalıdır.

Hazırda bir çox elektrik yükləri, güc elektron qrupları, gərginlik tənzimləyiciləri tezliyi idarə olunan elektrik intiqralı, tristorlarla idarə olunan yüklər, idarə olunan düzləndiricilər, elektron ballastlı flüoressensiya işıqlanma, qövs sobaları, induksion sobaları, qaynaq aparatları, doymamış elektromaqnitli elektrik aparatları və s.qeyri-xəttidir. Neft – mədən sənayesində, o cümlədən, qazma-buruq qurğularında və praktiki olaraq bütün istehlakçılarda getdikcə artan tətbiqini nəzərə alaraq qeyri-sinusoidal rejimli elektrik şəbəkələrində energetik proseslərin adekvat qiymətləndirilməsi məsələsi getdikcə daha böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Neft – qaz mədənlərində xüsusilə də neft çıxarmada, istifadə olunan nasoslar qidalandıran elektrik mühərriklərin gərginlikləri müxtəlif pilləli olduqlarından, həmin intiqal mexanizlərinin tənzimləməyə lüzum yaranır. Bu məsələlər konkret tələbatçıların onları enerji ilə təchiz edən şəbəkələrdə gərginliyin standartlarda olmasını tələb edir. Hazırda elektrik təchizatına gərginliyin tənzimlənməsi texniki problem kimi nəzərdən keçirməklə yanaşı iqtisadi şərtlər çərçivəsində də nəzərə alınması tələb edir.

Qeyd etməliyik ki, gərginliyin tənzimlənməsi ilə yanaşı, onun keyfiyyətinə də fikir verilməlidir. Belə ki, elektrik enerjisinin məhsul kimi digər sənaye məhsullarından fərqi ondan ibarətdir ki,konkret tələbatçı onun keyfiyyətini pisləşdirə bilər. Bu zaman o nəinki özü keyfiyyəti pisləşmiş enerji istehlak edir, digər tələbatçıları da buna məcbur edir.

Çoxlu sayda tədqiqatların aparılmasına baxmayaraq elektrik enerjisinin keyfiyyəti və onun tənzimlənməsi məsələləri yenə də öz aktuallığında qalır.

Gərginlik tənzimlənməsi şəbəkənin müxtəlif məntəqələrində gərginlik rejimi əvvəlcədən verilmiş qiymətə münasib məqsədə uyğun şəkildə dəyişdirilməsindən ibarətdir. Odur ki, gərginliyin avtomatik tənzimlənməsi daha məqsədə uyğun hesab edilir.

Gərginliyin tənzimlənməsi real şəbəkələrin və onlara qoşulmuş işlədicilərin daha səmərəli birgə işini təmin edən şərtlərə əsasən qurulmalıdır. Gərginliyin tənzimlənməsi mərkəzləşdirilmiş yaxud yerlərdə həyata keçirilə bilər. Tədqiq etdiyimiz neft mədənlərində yerli tənzimlənmənin məqsədə uyğunluğunu aşkar çıxarmağa çalışırıq .

Elektrik tələbatçıların səmərəli və məhsuldar işini təmin olunması probleminin aktuallığını nəinki elmi, həm də iqtisadi cəhətdən izah olunmasına imkan verir. Çünki elektrik enerjisinin keyfiyyətinin eləcədə tənzimlənmənin pisləşməsi elektrik enerjisi ilə təchiz olunan sənaye müəssisələrində məhsuldarlığa külli miqdarda ziyan vurur, enerji sərfini artırmaqla əlavə problemlər yaradır.

Bu məqsədlə mövcud elektrik stansiyalarını müasirləşdirmək və yeni elektrik stansiyalarının inşası lazım gəlir.

Məsələni həll etmək mümkün olmadıqda daha aktiv radikal üsullara əl atılır. Avtomatik tezlik boşaldıcılardan yəni elektrik tələbatçılarının bir hissəsinin şəbəkədən açılmasını təmin etmək etmək lazımdır. Bu mümkün olmadıqda ehtiyat mənbələrdə istifadə olunur. Tezliyin artması yükün qəfil artması ilə əmələ gəlir. Bu təsadüfi hallarda baş verir.

ΔGərginlik dəyişməsində yaranan ziyanları aradan qaldırmaq üçün aşağıdakı tədbirləri işlənməsi labüddür:

$$\Delta U=5\% \text{ və } \Delta U_{son\ hədd}=\pm 10\%$$

Bu tələbləri iki üsulla yerinə yetirmək olar.Gərginlik itkilərini aşağı salmaqla və gərginliyi tənzimləməklə

$$\Delta U=(P*R+Q*X)/U_{qm(tr.y,st)}$$

Gərginlik itkilərinin azaldılması aşağıdakı kimi təmin edilir:

Gərginlik itkilərinin şərtlərinə görə elektrik ötürücü xəttlərin naqillərinin en kəsiyinin düzgün seçilməsi ilə;

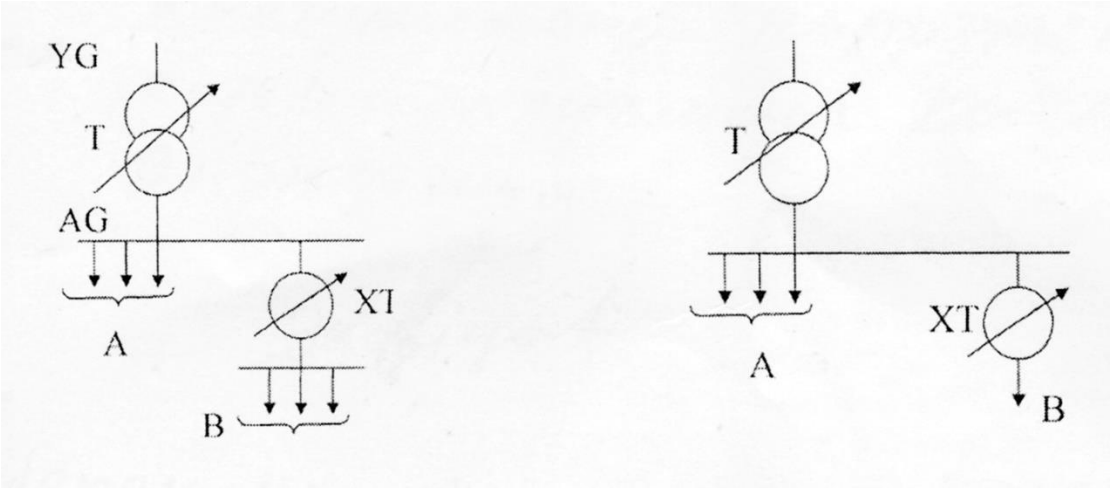
Xəttlərdə uzununa reaktiv güc kompensasiyası ilə;

Reaktiv güc kompensasiyasında kondensator qruplarından və sinxron kompensatorlardan istifadə etməklə;

QOST-13109-97-yə görə bu hal normallaşdırılmır.Lakin 30san-dən artıq davam etməsi məlahət deyil.Əslində bu halın davamiyyəti 30 san-dən artıq olmur.

Gərginliyin tənzimlənməsi üçün qida mərkəzindən gərginliyin tənzimlənməsi (U_{qm}) yüklənmə kəmiyyətindən asılı olaraq trasformasiya əmsalının avtomatik tənzimlənməsi qurğusu ilə təchiz edilmiş transformatorlar vasitəsiıə təmin edilir.Tənzimlənmə diapozonu 16% diskretlık 1.75% olur. Gərginlik aralıq yarımstansiyalaarnda transformatorlarla ($U_{tr.yst.}$)-da təzimlənə bilər.Gərginliyin standartlara uyğun sərhəddə olmasına enerji təşkilatları cavavbdehlik daşıyır.

Diferensial tənzimləmənin prinsipial sxemi səkil 1də göstərilmişdir.



Səkil 1.

Gərginlik rəqsinin azaldılması üçün daha mükəmməl xarakteristikalı avadanlığın istifadəsi güclü elektrotəchizatlı sistemə qoşulmaqla əldə etmək olar.

Gərginliyin qeyri-simmetrikliyinin azaldılması üçün isə yüklərin fazlar arasında bərabər paylanması simmetrikləşdirici qrupların istifadəsi lazım gəlir

ƏDƏBİYYAT

1.Аберон.М.Л. “Оптимизация регулирования напряжение”, Москва-1975

2.Руднецкий. “Измерение нестабильности электрических напряжений

3.John Bird “Electrical circuit theory” Oxford -2003

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Алиев А.Г., Аскеров Дж.С., Гамидов М.Г.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

cavidmselimxan@mail.ru

Ключевые слова: Регулирование напряжения, нестандартные напряжения, питающие сети, распределительные точки, нефтепромысловое электрооборудование, повышение качества.

Регулирование напряженности имеет особое значение в нефтяной промышленности. Использование нестандартных напряжений в нефтяной промышленности (особенно в насосах) часто вызывает проблему. В связи с этим в статье рассматриваются вопросы регулирования напряжения в питающих сетях, пунктах распределения, а также на источнике нефти и, как следствие, предлагаются предложения по повышению энергетического качества нефтепромыслового электрооборудования.

REGULATION OF VOLTAGE TO IMPROVE THE QUALITY OF ELECTRIC POWER

Aliyev A.G., Asgərov C.S. , Hamidov M.H.
Azerbaycan State University of Oil and Indusrtry, Baku, Azerbaijan
cavidmselimxan@mail.ru

Key words: Voltage regulation, non-standard voltages, supply networks, distribution points, oilfield

Tension regulation is of particular importance in the oil industry. The use of non-standard voltages in the oil industry (especially pumps) often raises the issue. Therefore, the article examines the issues of voltage regulation in supply networks, distribution points, as well as at the oil source, and as a result, offers suggestions for improving the energy quality of oilfield electrical equipment.

YENİ NƏSİL 3D PRİTER

[1]Həsənov M. H., [2]Hacıyeva K.R.
[1]Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı şəhəri, Azərbaycan Respublikası
mhasanovnew@gmail.com
[2]Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt şəhəri, Azərbaycan Respublikası
konul.haciyeva.1974@mail.ru

Açar sözlər: 3D printer, kristavina, plastik sap əridicisi, sensor

Məqalədə qurguların ücölcülü sintezində təbəqəli yıgılma texnologiyaların müqayisəli analizi əsasında yeni nəsil 3D printerin yeni modeli verilmişdir. Təklif olunan yeni nəsil 3D printerin iş prinsipi analiz edilərək konkret sxemləri verilmiş və iş prinsipi izah edilmiş, prinsipcə yeni konstruksiyası təklif olunmuşdur.

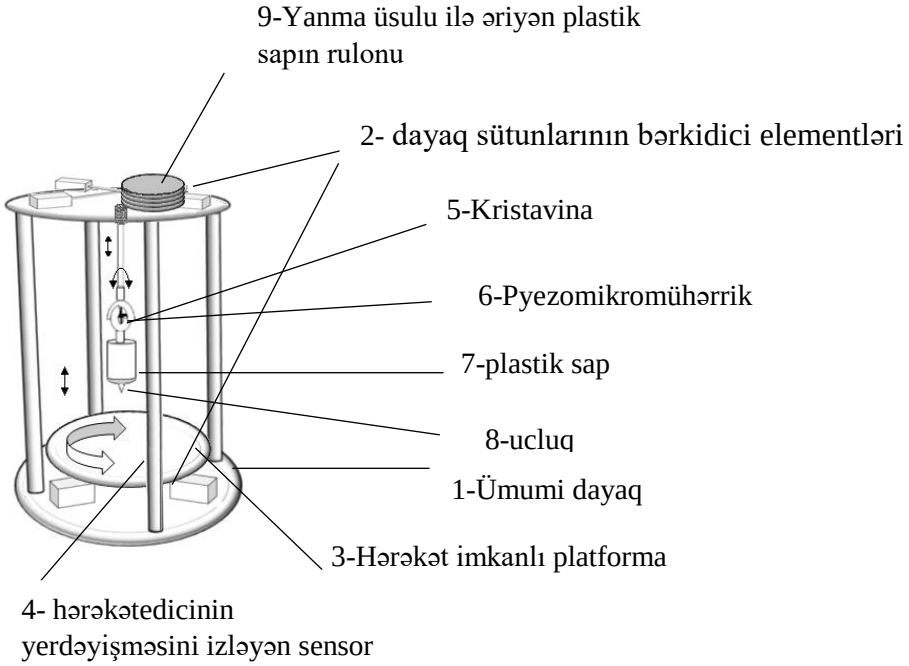
Hal-hazırda qurguların ücölcülü sintezində təbəqəli yıgılma texnologiyalarından-additiv texnologiyalardan geniş istifadə olunmaqdadı [1] və bu sinifə aid olan, ən surətlə tədqiq və tətbiq olunan texnologiyalardan biri də 3D printerlərdir. Aparılan analizlər göstərir ki, mövcud **3D** printerlər mürəkkəb konstruksiyaya malik olub, birincisi, dayaq üzərində aşagıdan və yuxarıdan dayaga baglanmış cap başlıgının aşagı və yuxarı hərəkəti ücün istiqamətləndirici vertikal dayaqlarla təmin olunmuşdur. Nəticədə qurguların hazırlanması və yıgılması mürəkkəbləşdiyindən əlavə əmək və zaman sərf olunur[2,3,4].

İkincisi, mövcud 3D printerlər yüksək texniki istismar parametrlərinə malik deyil, belə ki, razyom birləşdiricilərdən istifadə etməklə, verikal və horizontal istiqamətləndiricilər vasitəsilə cap başlıgının hərəkətinin dəqiqliyi işci və bələdçi elementlərinin aşınması səbəbindən meydana gələn səhvlər və qeyri-dəqiqliyin müəyyənləşdirilməsidir ki, bunun sayəsində qurgunun aşınma dövrü X, Y və Z oxu istiqamətində hərəkətinin monitorinqini tələb edir. Aşınma varsa, masa üfüqi bir vəziyyətdə deyil, məhsulun formalaşması zamanı da dəyişə biləcək qeyri-müəyyən bir vəziyyətə (həm həcmdə, həm də istiqamətdə) meylli olacaqdır. Başqa sözlə, aşınmanın olması məhsulun formalaşması zamanı masanın dayagının da titrəməsinə səbəb olur. Beləliklə, cap başlıgı X oxu boyunca hərəkət edərkən hətta fəzada kicik meyl etməsi, dayagın Y və Z oxları boyunca yerləşməsindən asılı olmayaraq, cap zamanı dayagın cap səthi və masa arasındakı məsafənin monoton olaraq dəyişməsinə səbəb olur. Üstəlik, bu dəyişikliyin dərəcəsi cap elementinin formasının nə qədər əyilmiş olmasına asılı təsir

göstərirk və yuxarıda göstərilən əks təsirlər nəticəsində istehsal olunan cap elementinin görünüşü istehsal dəqiqliyinin itirilməsinə səbəb olur [2,3,4].

İşin məqsədi 3D printerlərin parametrlərinin, qurulma prinsiplərinin analizi əsasında keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılması ücün yeni nəsil 3D printerin konstruksiyasının yaradılmasıdır.

Bununla əlaqədar tərəfimizdən yeni nəsil 3D printer hazırlanmışdır (Şək. 1). Şək. 1-də hazırlanmış 3D printerin 3D dizayn modelinin mexaniki konstruktiv quruluş sxemi göstərilmişdir.



Şək. 1. 3D printerin 3D dizayn modelinin mexaniki konstruktiv sxemi

Şək. 1-dən göründüyü kimi 3D printer 1- ümumi dayaq, 2–dayaq sütunlarının bərkidici elementləri, 3–hərəkət imkanlı platforma, 4–hərəkətedicinin yerdəyişməsini izləyən sensor , 5 – Kristavina, 6-Mikromühərrik,7- plastik sap əridicisi, 8- ucluq, 9-Yanma üsulu ilə əriyən plastik sapın rulonu, qurğunun proqram təminatını və işləməsini təmin edən avtomatik idarəetmə sisteminin elektron platasından və digər köməkçi hissələrdən ibarətdir.

3D printerin işləmə pinsipi yeni tərtib olunmuş mikrokontroller və android proqramlarinin idarəetmə və nəzarət sxemi vasitəsi ilə həyata kecirilir (şəkil-də göstərilməyib). Yeni printer 4 ədəd pyezomikromühərrikli kristavina, Y oxu üzrə hərəkət etmək imkanına malik platforma və plastic sap əridicisi, 3D printerə inteqrasiya edilmiş sensorlar və elektron nəzarət və ölçmə sistemi vasitəsilə təmin olunmuşdur.

Plastik sap əridicisi uclugu ilə birlikdə kristavinada yerləşdirilmiş ayrı ayrılıqda hərəkət etmək imkanlı pyezomikromühərriklər vasitəsilə hərəkət imkanlı platforma üzərində hər tərəfə hərəkət imkanlarıyla bərabər 360^0 fırlanma imkanına malik oldugu ücün platforma üzərində istənilən istiqamətdə hərkət edə bilir və proqram üsulu ilə sintez olunan qurgunun dizaynına uygun plastik sap əriyərək ucluq vasitəsilə sintez olunan elementin fiqurasını yaradır. İstehsal zamanı qurgunun keyfiyyətinə təbəqələr üzrə nəzarət edən sensorlar vasitəsilə nəzarət edilir.

Yeni nəsil 3D printerin prototipinin digər 3D printerlərlə müqayisədə aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- plastik sap əridicisi uclugu ilə birlikdə krestavinada yerləşdirilmiş ayrı-ayrı hərəkət etmək imkanlı pyezomikromühərriklər vasitəsilə hərəkət imkanlı platforma üzərində hər tərəfə hərəkət imkanlarla bərabər 360^0 fırlanma imkanına malik oldugu ücün, printerin kompakt yığılması, bununla ölçülərinin, sərf olunan material miqdarının və yekun qurğunun maliyyə dəyərinin aşağı olmasına;
- Yekun qurğuda Y oxu üzrə aşagı –yuxarı dayaqlar istiqamətində hərəkət imkanı yüksək dəqiqlikli pyezomikromühərriklər vasitəsilə idarə olunmasıyla sintez olunan qurgunun hazırlanma müddətinin dəfələrlə azalmasına ;
- Təqdim olunan 3D printerə inteqrasiya edilmiş sensorlar və elektron nəzarət və ölçmə sistemi vasitəsilə istehsal olunan qurguların yüksək keyfiyyətlə istehsalı ücün 3 Dprinterin işinə daimi nəzarətin mümkünlüyü və yaranmış problemlərin effektiv diaqnostikası aparılması imkanın əldə olunması.

NƏTİCƏ

Məqalədə müasir additiv texnologiyalarına aid 3D printerlərin analizi nəticəsində, yeni nəsil 3D printerin ilk modeli təqdim olunmuşdur. Yeni nəsil 3D printer idarə olunması üçün proqram təminatı ilə təmin olunmuşdur. Təklif olun 3D printer müasir qurguların ücölcülü sintezində təbəqəli yıgılma sistemlərində tətbiqi nəzərə tutulmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1.https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8
2.Теплинский Георгий Георгиевич (RU). 3 D printer. Patent RU 2 698 353. 2019.04.10
3. Исупов В.В. и др., 2014; RU 181398 U1, "Центр инновационных технологий", 12.07.2018
4.Patent US 9108360 (B2), COMB JAMES W et al., 2015; US 2016/0167309 (A1), PANOWIN TECHNOLOGIES CO LTD.

3D ПРИНТЕР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Гасанов М.Г., Гаджиева К.Р.
[1]*Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан*
[2]*Сумгаитский государственный университет, Баку, Азербайджан*
konul.haciyeva1974@mail.ru, mhasanovnew@gmail.com

Ключевые слова: 3D принтер, крестовина, расплавитель пластиковых ниток, датчик.

В статье представлена новая модель 3D-принтера нового поколения на основе сравнительного анализа технологий послойной сборки при трехмерном синтезе устройств. Проанализирован принцип работы предлагаемого 3D-принтера нового поколения, приведены конкретные схемы и объяснен принцип работы, в принципе предложена новая конструкция.

NEW GENERATION 3D PRINTER

[1]Hasanov M.H., [2]Hajiyeva K.R.
[1]Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan
mhasanovnew@gmail.com
[2]Sumgait State University,Azerbaijan
konul.haciyeva1974@mail.ru

Key words: 3D printer, crosspiece, plastic thread melter, sensor.

The article presents a new model of a new generation 3D printer based on a comparative analysis of layer-by-layer assembly technologies for three-dimensional synthesis of devices. The principle of operation of the proposed new generation 3D printer is analyzed, specific schemes are given and the principle of operation is explained, in principle, a new design is proposed.

ELEKTRİK ŞƏBƏKƏSİNDƏ HARMONİKALARI ÖLÇMƏ QURĞUSU

İsayeva T.M., Həsənov C.M.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti Bakı şəhəri, Azərbaycan
e-mail: taranaisaeva@rambler.ru

Açar sözlər: harmonika, təhrif gücü, ölçmə qurğusu, analizator

Elektrik şəbəkələrinə qeyri-xətti yüklər qoşulduğuna görə cərəyan və gərginliyin yüksək harmonikaların səviyyəsinin artdığı hallarda əlavə enerji itkiləri yaranması, müxtəlif elektron qurğuların və avtomatik idarəetmə sistemlərinin işində xətaların baş verməsi səbəbləri araşdırılmış, qeyri-xəttiliyin enerjinin keyfiyyət göstəricilərinə - güc və harmonika əmsalları, gərginlik və cərəyanın, aktiv, reaktiv və ümumi gücün qiymət dəyişmələrinə nəzarət üçün müvafiq ölçmələrin aparılması və zəruri hesablamaların yerinə yetirilməsi üçün qurğunun iş prinsipi seçilmiş, hər bir parametrin ölçülməsi üsulları tədqiq və təhlil olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, hal-hazırda sənaye tərəfindən istehsal olunan yüksək dəqiqliyə və cəld işləməyə malik analoq-rəqəm çeviricilərindən istifadə edərək istənilən konfiqurasiyalı, tələb olunan dəqiqliyi təmin edən ölçmə qurğusu yaratmaq mümkündür. Lakin tədqiqat işində qoyulan məsələni, yəni harmonikaların gücünü ölçmək üçün onların əsas siqnaldan tam ayrılmasını, amplitudunu, tezliyini, gərginlik və cərəyanını ölçərək, tələb olunan parametrləri dolayı yolla təyin olunması üçün yeni üsullar tətbiq olunmalıdır. Qeyd olunmuşdur ki, harmonikaların yaratdığı təhrif güclərinin ölçülməsi zamanı əsas problemlərdən biri ayrı-ayrılıqda həmin harmonikaların təyin olunmasıdır. Bu zaman siqnalın spektral xarakteristikalarının təyin olunması qoyulmuş məsələnin həllini müəyyən qədər də asanlaşdıra bilər. Buna görə də ölçmə qurğusunun siqnal analizatoru və spektral xarakteristika analizatoru əsasında qurulması məqsədəuyğundur.

Giriş

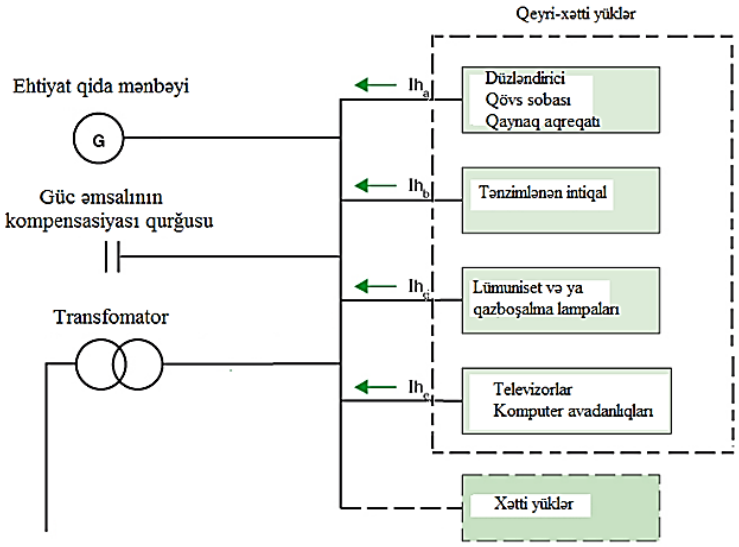
Şəbəkələrdə qeyri-xətti yüklərin geniş istifadə olunması və onların qoyuluş gücünün artması cərəyan və gərginliyin yüksək harmonikaların səviyyəsinin artmasına gətirib çıxarır. Bu zaman bəzi hadisələr baş verir: enerjinin əlavə itkiləri yaranır, sabit cərəyan maşınlarının kommutasiya şərtləri pisləşir, avtomatik idarəetmə sistemlərinin işinin keyfiyyəti pisləşir və s. Şəbəkədə gərginlik və cərəyanın ali harmonik təşkiledicilərinin yaranmasından rele mühafizəsinin və avtomatikanın yanlış

işləməsi baş verir [1]. Statik kondensator batareyaları cərəyana görə artıq yüklənmə nəticəsində ya açılır, ya da qısa müddət ərzində sıradan çıxır.

Enerji keyfiyyətində güc faktoru, harmonikalar, gərginlik və cərəyanın qiymət dəyişmələri mühüm rol oynayır. Birbaşa enerji keyfiyyətinə təsir edən bu cür faktorlar məhsulun və istehsalın keyfiyyətinə də öz təsirini göstərir.

1. Qeyri-xətti yüklərin təsnifatı

Enerjinin keyfiyyətinə nəzarət məsələsi son zamanlar daha da aktual olmuşdur. Buna səbəb yarımkeçirici cihazlar üzərində qurulmuş qurğu və sistemlərin keyfiyyət göstəriciləri yüksək olan enerji mənbəyindən qidalandırılması tələbidir [2]. Məlumdur ki, elektrik enerjisinin keyfiyyətinə nəzarət etmək üçün gərginlik, cərəyan, aktiv, reaktiv və ümumi gücdən başqa, yarımkeçiricilər qoşulmuş şəbəkədə yaranan harmonikaların gücü və ümumi təhrif gücünün ölçülməsi məsələlərini həll etmək lazımdır.



Şəkil 1. Enerjinin keyfiyyətinin təhrif mənbələri.

Harmonikaları təsirlərini azaltmanın aşağıdakı müxtəlif yolları vardır:

1) əmələ gəlmiş harmonika cərəyanlarını azaldılması;
2) süzgəcləmə;
3) xüsusi hal – kommutatorlar;
4) gücün qiymətinin azaldılması;

2. Harmonikaların ölçülməsi problemləri

Hal-hazırda yüksək dəqiqliyə və cəld işləməyə malik analoq-rəqəm çeviriciləri sənaye tərəfindən istehsal olunur. Bunlardan istifadə edərək istənilən konfiqurasiyalı, tələb olunan dəqiqliyi təmin edən ölçmə qurğusu yaratmaq mümkündür. Lakin tədqiqat işində qoyulan məsələni, yəni harmonikaların gücünü ölçmək üçün onların tam ayrılmasını, amplitudunu, tezliyini, gərginlik və cərəyanını ölçərək, tələb olunan parametrlərin dolayı yolla təyin olunmasına nail olmaq olar.

Əlbəttə, bu zaman Furye sırasının xüsusiyyətlərindən, sürətli Furye çevirməsindən və bütün müasir ölçmə qurğularının rəqəmsal olması məqsədəuyğunluğunu nəzərə alaraq diskret Furye çevirməsindən istifadə etmək lazımdır [3]. Bu zərurət istənilən kəsilməz funksiyanın, baxılan halda sinusoidal funksiyanın Furye sırasına ayrılmasının spesifik, özünəməxsus xarakteristikaları ilə

əlaqədardır. Bu o deməkdir ki, harmonikaların yaratdığı təhrif güclərinin ölçülməsi zamanı əsas problemlərdən biri həmin harmonikaların təyin olunmasıdır. Digər tərəfdən siqnalın spektral xarakteristikalarının təyin olunması da qoyulmuş məsələnin həllini bir qədər də asanlaşdıra bilər. Buna görə də işlənilməsi tələb olunan ölçmə qurğusunun işlənilmə variantlarından biri onun siqnal analizatoru və spektral xarakteristika analizatoru əsasında qurulmasıdır. Siqnal analizatoru kimi müasir siqnal prosessorlarından istifadə etmək məqsədəuyğun hesab edilə bilər.

Çevirici qurğularda kommutasiya prosesinin faza idarə olunması cərəyan və gərginlik vektorlarının sürüşmə bucağının dəyişməsinə və nəticədə ali harmonik təşkiledicilər (AHT) spektrinin dəyişməsinə gətirə bilər. Bu zaman ali harmonik təşkiledicilərin səviyyəsi orta hesabla 8-9%, bəzi hallarda isə 20 % -ə çata bilər. Güclü elektrik intiqallarında AHT-nin faizlə miqdarı: 5-ci və 7-ci üçün 5%, 11-ci üçün 9%, 13-cü üçün 7.7%, 23 və 25-ci üçün 4%-dir.

Bu araşdırma nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, siqnalların rəqəmsal emalı nəzəriyyəsi baxılan aspektdə həmin məsələnin daha geniş miqyasda və daha əsaslandırılmış şəkildə həll edilməsini təmin edir.

NƏTİCƏ

Elektrik şəbəkəsində harmonikaların yaranmasının əsas səbəbləri qeyri-xətti yüklərin – tərkibində yarımkeçiricilər, induktiv və tutum müqavimətləri (reaktiv) müqavimətlər olan işlədicilərin şəbəkəyə qoşulmasıdır.

Harmonikaların əsas parametrlərinin ölçülməsi əsasında onların gücünün və elektrik enerjisinin digər başqa göstəricilərinin, o cümlədən təhrif gücünü güc əmsalının, ümumi təhrif əmsalının təyin edilməsi üçün zəruri olan qurğunun layihələndirilməsi, onun ölçmə alqoritmi və əlavə blok və modullarının iş prinsipinin seçilməsi və işlənilməsi üçün qeyd olunan bütün müasir istiqamətlər və mövcud ölçmə üsulları araşdırılmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

1.Бурман А.П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учебное пособие. – М.: Издательский дом. МЭИ, 2012. - 336 с.

2.Xiao-Ping, Z. Flexible AC Transmission Systems: Modelling and Control Z. Xiao-Ping, C. Rehtanz, P. Bikash. –Berlin: Springer, 2006. – 383 p.

3.Sahoo, A. Power Flow including FACTS devices / A. Sahoo, S. Dash, T.Thyagarajan // Journal of applied sciences. – 2010. – №10(15). –p.1563–1571.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГАРМОНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Исаева Т.М., Гасанов С.М.

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

e-mail: taranaisaeva@rambler.ru

Ключевые слова: гармоника, мощность искажений, измерительное устройство, анализатор спектра.

Исследованы причины дополнительных потерь энергии при повышении уровня высших гармоник тока и напряжения из-за подключения к электрическим сетям нелинейных нагрузок, причины сбоев и отказов в работе различных электронных устройств и систем автоматического управления. Выбран принцип работы устройства для проведения соответствующих измерений и выполнения необходимых расчетов для контроля изменения значений активной, реактивной и полной мощности, изучены и проанализированы методы измерения каждого параметра. Показано, что в настоящее время можно создать измерительный прибор любой конфигурации, обеспечивающий требуемую точность, с использованием высокоточных и быстродействующих аналого-цифровых преобразователей, выпускаемых в настоящее время промышленностью. Однако для измерения мощности гармоник необходимо решить задачу их полного отделения от основного сигнала, применять новые методы для косвенного определения требуемых параметров путем измерения амплитуды, частоты, напряжения и тока. Отмечено, что одной из основных проблем при измерении мощности искажений, создаваемых гармониками, является определение этих гармоник по отдельности. В данном случае определение спектральных характеристик сигнала может в некоторой степени облегчить решение проблемы. Поэтому разработка измерительного устройства на основе анализатора сигналов и анализатора спектральных характеристик является целесообразным.

DEVİCE FOR MEASURING HARMONICS IN ELECTRICAL NETWORK

Isayeva T.M., Hasanov S.M.
Azerbaijan State Oil and Industry University
e-mail: taranaisaeva@rambler.ru

Key words: harmonic, power distortion, measuring device, spectrum analyzer

The reasons for additional energy losses with an increase in the level of higher harmonics of current and voltage due to the connection of nonlinear loads to electrical networks, the causes of failures and failures in the operation of various electronic devices and automatic control systems are investigated. The principle of operation of the device for carrying out appropriate measurements and method performing the necessary calculations to control changes in the values of active, reactive and apparent power was chosen, methods for measuring each parameter were studied and analyzed. It is shown that currently it has possibility to create a measuring device of any configuration, providing the required accuracy, using high-precision and high-speed analog-to-digital converters produced by the industry. However, to measure the power of harmonics, it is necessary to solve the problem of their complete filtration from the main signal to apply new methods to indirectly determine the required parameters by measuring amplitude, frequency, voltage and current. In this case, the determination of the spectral characteristics of the signal can to some extent facilitate the solution of the problem. Therefore, the development of a measuring device based on a signal analyzer and an analyzer of spectral characteristics is expedient.

AXINLI ELEKTROLİZ PROSESİNDƏ NATRİUM HİPOXLORİTLİ MƏHLULUN KEYFİYYƏTİNƏ OPTİK NƏZARƏT

Mənsurov Q. M., Quliyeva Lİ.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumgayıt, Azərbaycan
dr.ing.mansurov@mail.ru

Axınlı elektroliz, natrium hipoxlorit, optik nəzarət, optik verici, optik küvet

Müxtəlif qatılığa malik natrium hipoxlorit məhlulunun alınması üçün istifadə olunan elektrolizer qurğusunda məhsulun keyfiyyətinə nəzarət olunması üçün iki kanallı optik vericinin istifadə olunması təklif olunur. Fotometrik vericinin optik kanalında istifadə olunan prizmalar vasitəsi ilə optik küvetin pəncərələrinin çirklənməsinə görə invariantlıq təmin edilir ki, bu da ölçmələrdə yüksək dəqiqlik əldə etməyə imkan verir. Fotometrik vericinin referent kamerası elektrolizerin giriş borusuna, işçi kamerası isə çıxış borusuna quraşdırılır. Fotometrik vericinin referent və işçi kanallarının siqnallar fərqi məhsulun keyfiyyət göstəricisi kimi istifadə olunur.

Məlumdur ki, natrium hipoxloritli məhlulun dezinfeksiya edici və ağardıcı keyfiyyəti zaman keçdikcə azalır. Saxlanılma müddəti məhdud olduğu üçün konservasiyası və daşınması səmərəli deyil. Bu səbəbdən, məhlulun deyil, qurğunun özünün məişət qurğusu tələblərinə cavab verən portativ variantda işlənməsi və bazara təklif olunması daha əlverişlidir. Belə qurğunun istismarı bilavasitə istehlakçı tərəfindən aparılır və alınan məhlul təyinatı üzrə yerində istifadə oluna bilər.

Natrium hipoxloritli məhlulun alınması üçün məişət qurğusu tələblərinə cavab verən və istifadəsi təklif olunan qurğu işlənmişdir [1]. Tələb olunan konsentrasiyaya malik natrium hipoxlorit məhlulu çoxlu sayda parametrlərdən asılıdır və məhlulun keyfiyyətinə nəzarət tələb olunur [4,5]. Əksər hallarda belə nəzarət üçün laboratoriya şəraitində istifadə olunan ph-metr istifadə olunur ki, bu da əlavə vaxt itkisinə səbəb olur və məhsulun konsentrasiyaya görə çeşidlənməsi tələb olunur. Elektroliz nəzəriyyəsinə əsasən məhlulda olan natrium xloridin ən çoxu 15% qədəri natrium hipoxloritin alınması üçün istifadə olunur. Bu səbəbdən, ilkin məhlulda 15 q/l miqdardan az olmayan natrium xlorid istifadə olunur. Zəif konsentrasiyalı məhlul üçün stasionar rejimdən istifadə əlverişli deyil. Bu səbəbdən, axınlı elektroliz qurğusundan istifadə olunması və keyfiyyətə nəzarətin bilavasitə axın xəttində aparılması daha əlverişli hesab olunur.

Qeyd olunan məqsədə nail olmaq üçün stasionar şəraitdə istifadə olunan "Hiponat" elektroliz qurğusunun konstruksiyasında müəyyən dəyişiriklər aparılmış, keyfiyyətə nəzarət üçün optik üsuldan istifadə olunmuşdur [3]. Optik üsul ikikanallı fotometr vasitəsilə reallaşdırılır. İkikanallı fotometrlə axınlı elektrolizerin giriş və çıxışında məhlulun optik sıxlıqlarının müqayisəli təhlili aparılır, təhlilin nəticəsi olaraq çıxış məhlul ya təkrar elektrolizə, ya da istifadəyə yönəldilir.

Məhlulun keyfiyyətinə optik nəzarətin təmin olunması aşağıda qeyd olunan kimyəvi proseslərlə əsaslandırılır. Natrium xlorid məhlulunun elektrolizi zamanı natrium hipoxloritli məhlul alınır və hidrogen qaz halında ayrılır:

$$NaCl + H_2O = NaClO + H_2 \uparrow$$

Qabarcıq şəklində elektrodlararası məsafədən yuxarı qalxan hidrogen qazı natrium xloridli məhlulu da özü ilə qaldırır, nəticədə qabın dib hissəsində məhlul natrium hipoxloritlə zənginləşir.

Suda həll olunan natrium hipoxlorit ionlara parçalanır:

$$NaClO \rightarrow Na^+ + OCl^- .$$

Hipoxlorit ionu hidrolizə uğrayır və zəif turşu olan xlorovat turşusu əmələ gətirir:

$OCl^{-} + H_2O \leftrightarrow HOCl + OH^{-}$.

Natrium hipoxloritin məhlulunun ağardıcılıq və dezinfeksiyaedici xassələri məhlulda $HOCl$ turşusunun olması ilə izah olunur.

Natrium hipoxloritin sulu məhlulu dayanıqlı deyil. Təcrübələr göstərir ki, otaq temperaturunda gün ərzində 0.085% miqdarda parçalanır. İşığın təsiri və məhlulda metal ionlarının olması parçalanma prosesini daha da sürətləndirir. Qələvi mühitdə daha dayanıqlıdır, $ph > 11$. Bu səbəbdən, natrium hipoxloritli məhlulun keyfiyyətinə nəzarət onun ph göstəricisi əsasında aparılır. Bu üsul expres deyil və axınlı elektroliz prosesi üçün vaxt itkisinə səbəb olur.

Natrium hipoxlorit məhlulunun keyfiyyətinə nəzarəti fotometrik üsulla məhlulda $HOCl$ turşusunun miqdarına görə də aparmaq olar.

Xlorovat molekulunun xassələrini təyin edən əsas parametrləri bunlardır [7]:

$< HOCl = 102^0 29' \pm 27'$; $r_{H-O} = 0{,}965 \pm 0{,}005 A^0$; $r_{O-Cl} = 1{,}689 \pm 0{,}003 A^0$.

Bu verilənlər əsasında, xlorovat maddəsinin spektrində müşahidə olunan udma zolaqları üçün dalğa ədədləri belədir: $\nu_1 = 3609 sm^{-1}$; $\nu_2 = 725 sm^{-1}$; $\nu_3 = 1239 sm^{-1}$.

Qeyd olunan dalğa ədədləri əsasında fotometrik nəzarət təklif olunur. Bu məqsədlə, ikikanallı fotometrik vericidən istifadə olunur [6]. Fotometrik vericidə ölçmə dəqiqliyinə təsir göstərən əsas faktorlardan biri maye axını ilə təmasda olan pəncərələrin istismar müddətində çirklənməsi və bu səbəbdən ikikanallı verici üçün optik bazaların müxtəlif olmasıdır. Hər iki kanalda optik bazaların eyniliyini təmin etmək üçün optik küvetin konstruksiyasında xüsusi formalı şüşə prizmalardan istifadə olunur. Fotometrik vericinin optik kanalında istifadə olunan prizmalar vasitəsi ilə optik küvetin pəncərələrinin çirklənməsinə görə invariantlıq təmin edilmişdir və ölçmələrdə yüksək dəqiqlik əldə olunmuşdur.

Fotometrik vericidə istifadə olunan optik prizmalar vasitəsi ilə hər iki kanalda optik bazaların bərabərliyi təmin olunur və bazalar fərqi hesabına yaranan sistematik xəta aradan qaldırılır.

Fotometrik vericinin referent kamerası giriş borusuna, işçi kamerası isə çıxış borusuna quraşdırılır. Fotometrik vericinin referent və işçi kanallarının siqnallar fərqi məhsulun keyfiyyət göstəricisi kriterisi kimi götürülür. Fotometrik vericinin struktur-parametrik analizi və mikrokontrollerlə əlaqələndirilməsi məsələsi məlum metodika əsasında parılmışdırr [2].

ƏDƏBİYYAT

1. Hətəmov M.M., Mənsurov Q.M., Bayramov A.S. Natrium hipoxloritin alınması üçün avtomatlaşdırılmış “Hiponat” elektroliz qurğusu. SDU-nun “Elmi xəbərlər” jurnalı. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. Sumqayıt, 2018, Cild 18, №3, s.49-52
2. Mansurov Q.M., Quliyev R.Y. Mikroprosessorlu optoelektron qurğunun struktur- parametrik analizi. «Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri» jurnalı, Bakı-2004, cild 6, №1, s.218-220
3. Mənsurov Q.M., Quliyeva L.İ. Natrium hipoxloritin alınması üçün axınlı “Hiponat” elektrolizer qurğusu. İnformasiya sistemləri və texnologiyalar: Nailiyyətlər və perspektivlər. II Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları, Sumqayıt: SDU-nun nəşri, 2020, s. 302-306
4. Богословский С.Ю., Болдырев В.С., Кузнецов Н.Н., Астапов К.Р. Оптимизация процесса электролитического получения гипохлорита натрия для обеззараживания воды. Журнал «Фундаментальные исследования», 2017, № 11 (част , с. 30-34

5. Кибирев Д.И., Поживилко К.С., Никифоров Г.И. Способ обработки воды гипохлоритом натрия и проточный электролизер для получения гипохлорита натрия // https://patents.google.com/patent/RU2100483C1/ru
6. Мансуров Г.М., Гусейнов Т.К., Рувинов Э.С.,Сутовский С.М. Кювета для двухлучевого фотометра. Журн. «Оптико-механич.пром-сть», Л.-1989, №8, с.53-54
7. Молекулярные постоянные неорганических соединений: Справочник / Под ред. Краснова К.С.-Л.: Химия, 1979, с.128-129

ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАСТВОРА ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОТОКОВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА

Мансуров Г.М, Кулиева Л.Н.
Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: электролиз потока, гипохлорит натрия, оптический контроль, оптический передатчик, оптическая ванна

Для контроля качества продукта в электролизере, используемого для получения раствора гипохлорита натрия различной концентрации, предлагается использовать двухканальный оптический датчик. Используемые в оптическом канале фотометрического датчика призмы обеспечивают инвариантность за счет загрязнения окон оптической кюветы, что позволяет получить высокую точность измерений.Опорная камера фотометрического датчика установлена во входном патрубке электролизера, а рабочая камера - в выходном патрубке. Разница между сигналами опорного и рабочими каналами фотометрических датчика используются как показатель качества продукции.

FLOW ELECTROLYSIS, SODIUM HYPOCHLORITE, OPTICAL CONTROL, OPTICAL TRANSMITTER, OPTICAL TUB

Mansurov G.M., Gulieva L.N.
Sumqayıt State University, Sumgaqyit, Azerbaijan

Flow electrolysis, sodium hypochlorite, optical control, optical transmitter, optical tub

To control the quality of the product in the electrolyzer used to obtain sodium hypochlorite solution of various concentrations, it is proposed to use a two-channel optical sensor.The prisms used in the optical channel of the photometric sensor provide invariance due to contamination of the windows of the optical cell, which makes it possible to obtain high measurement accuracy.The reference chamber of the photometric sensor is installed in the inlet of the electrolyzer, and the working chamber is in the outlet. The difference between the signals of the reference and working channels of the photometric sensor is used as an indicator of product quality.

İKİ PARAMETRLİ İNDUKTİV VERİCİNİN ELEKTROMAQNİT SAHƏSİNİN NƏZƏRİ TƏDQİQİ

Səttarov V.Q.,Quliyev Z.A.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqay;t, Azerbaijan

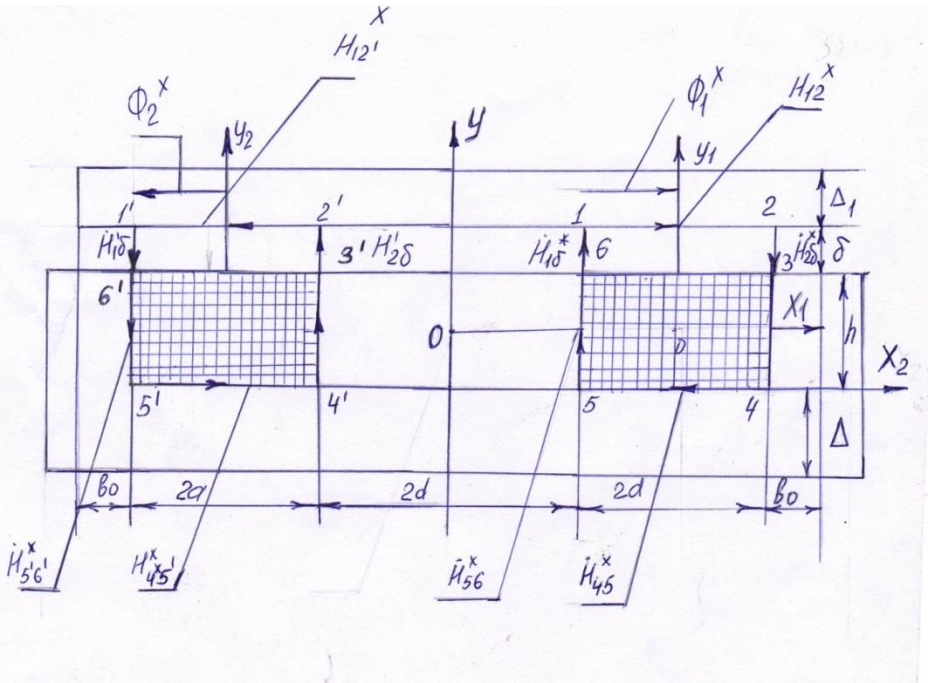
Açar sözlər: Birölçülü verici, ikiölçülü verici, elektromaqnit sahəsi, maqnit seli, xətti və bucaq yerdəyişməsi, maqnit nüfuzluğu.

Əsas məsələlərdən biri, müxtəlif sənaye sahələrində istifadə olunan birölçülü ötürücülərin iqtisadi səmərəliliyini artırmaq üçün iki ötürücüyü əvəzləyən iki ölçülü ötürücülərin istifadəsidir. Bunun üçün təcili bir vəzifə fiziki kəmiyyətlərin iki ölçülü çeviricilərini yaratmaqdır.

Sənayenin müxtəlif sahələrində istifadə olunan birölçülü vericilərin iqtisadi cəhətdən səmərəliliyini artırmaq məqsədilə iki vericini əvəz edən ikiölçülü vericidən istifadə olunması əsas məsələlərdən biridir [3]. Bu məqsədlə ikiölçülü fiziki kəmiyyətlər vericilərinin yaradılması aktual məsələ kimi qarşıda durur.

Vericinin yüksək metroloji xarakteristikaya malik olması üçün onun konstruktiv quruluşu, həndəsi ölçüləri və dolaqların yerləşdirilməsi əsas şərtlərdən biridir. Bu məqsədlə xətti və bucaq yerdəyişmələri ölçməyə imkan verən belə vericinin yuxarıda sadalanan şərtləri özündə əks etdirən çıxış siqnalının riyazi modelini müəyyənləşdirmək lazımdır. Bunun üçün, ilk növbədə, iki parametrli vericinin dolaqlar sisteminin maqnit sellərinin analitik ifadələri alınmalıdır.

Yaradılmış vericinin daxilindəki yarımsilindrin açılışı düzbucaqlı şəklindədir [1]. Vericinin işləmə prosesində yuvalarda yerləşdirilmiş təsirlənmə dolağının ətrafında elektromaqnit sahəsi yaranır. Həmin sahə müstəviyə paraleldir və onun maqnit selləri dolaqların ətrafında şəkil 1-də göstərildiyi kimi paylanmışdır.



Şəkil 1. Vericinin xətti yerdəyişmə üçün elektromaqnit sahəsinin təsviri.

Şəkil 1- dən göründüyü kimi yuva çıxıntılarının orta qalınlığı maqnitkeçiricinin elektromaqnit sahəsinin nüfuzetmə dərinliyinin qiymətinə görə seçilir. Yuvanın orta çıxıntısı ikitərəfli

elektromaqnit sahəsində yerləşdiyi üçün onun qalınlığını təqribən (5-6) mm qəbul etmək olar. Real konstruksiyada orta çıxıntının h hündürlüyü sahəsində maqnit selinin səpələnməsi praktiki olaraq yoxdur, buna uyğun olaraq h hündürlüyü üzrə maqnit qüvvə xətləri bir-birinə paralel qəbul olunur və bu hissədə elektromaqnit sahəsi ancaq y oxuna paralel olan H_y - təşkiledicisinə malik olur. Şəkildə təsvir olunan elektromaqnit sahəsi vericinin xətti yerdəyişmələr ölçü dövrəsinə aiddir.

Şəkil 1- dən göründüyü kimi verici dörd identik yuvaya malikdir. Onların elektromaqnit sahələri eyni olub, müstəviyə paraleldir. Orta çıxıntılarının eni kiçik və sahəsinin müstəviyə paralel olduğunu nəzərə alsaq, tədqiqat üçün dekart - koordinat sistemini seçmək əlverişli olur. Bu halda maqnit sisteminin müxtəlif sahələrindəki maqnit sahə gərginlikləri $\dot{H}_y$ və $\dot{H}_x$ təşkiledicilirinə malik olacaqdır.

Yuvaların dərinliyi və eni müqayisə ediləcək dərəcədə kiçik götürüldüyündən orta çıxıntıda elektromaqnit sahəsi ikinci dərəcəli xətti diferensial tənliklərlə ifadə olunur: [22].

$$\nabla^2 \dot{H}_y = j\omega\gamma\mu\mu_0 \dot{H}_y ,$$

$$\nabla^2 \dot{H}_x = j\omega\gamma\mu\mu_0 \dot{H}_x .$$

İfadədəki x-xətti yerdəyişmələr ölçü dövrəsinin işarələndirilməsi, y-isə dəyişən koordinatdır. Tənliklərin həlli aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$\dot{H}_y = A_1 e^{kx} + A_2 e^{-kx} . \qquad (1)$$

Burada A_1, A_2 - təyin olunacaq inteqral sabitləridir; $k = \sqrt{j\gamma\omega\mu\mu_0}$, ω- bucaq tezliyi, γ- maqnit keçiricisinin materialının xüsusu keçiriciliyi, μ- nisbi maqnit nüfuz əmsalı, μ_0-havanın mütləq maqnit nüfuzluğudur.

Yuvanın orta çıxıntısının qalınlığı 2d qəbul edilir və koordinat başlanğıcı həmin çıxıntının ortasında götürülür.

Əgər $x = \pm d$ olarsa, (1) tənliyi belə yazılar.

$$A_1 e^{kd} + A_2 e^{-kd} = A_1 e^{-kd} = A_1 e^{-kd} + A_2 e^{kd} .$$

Yuxarıdakı bərabərlik $A_1 = A_2 = A$ olduqda təmin edilir. Bu halda (1) tənliyi aşağıdakı şəkildə alınır:

$$H_y^x = 2Ach(kx) . \qquad (2)$$

$x = \pm d$ olduqda $\dot{H}_y^x = \dot{H}_{56}^x = \dot{H}_{34}^x$ şərtinə görə

$$A = \frac{\dot{H}_{56}^x}{ch(kd)} \qquad (3)$$

alınır. (3) tənliyini (2)-də nəzərə almaqla xətti yerdəyişmə üçün sahə gərginliyi $\dot{H}_y^x$ aşagıdakı ifadə ilə hesablanır.

$$\dot{H}_y^x = 2\dot{H}_{56}^x \cdot \frac{ch(kx)}{ch(kd)} \qquad (4)$$

olar.

Orta çıxıntının en kəsiyindən qapanan maqnit seli (4) ifadəsini nəzərə almaqla xətti yerdəyişmə üçün maqnit seli aşağıdakı ifadədən tapılır :

$$\Phi_y^x = 2\mu\mu_0 \int_0^{в} \dot{H}_{56}^x \frac{\mathrm{ch(kx)}}{\mathrm{ch(kd)}} a_o dx \ .$$

İnteqralı açdıqdan sonra aşagıdakı düstur alınır:

$$\Phi_y^x = \frac{2\mu\mu_0 \dot{H}_{56}^x \cdot a_0}{k} \cdot th(kd). \qquad (5)$$

Yuxarıdakı (5) ifadəsində təyin edilən Φ_y^x maqnit seli şəkil 1-dən göründüyü kimi Φ_1^x və Φ_2^x maqnit sellərinə budaqlanır. Həmin maqnit sellərini tapmaq üçün dekart-koordinat sistemini (şəkil 1) hərəkət edən maqnit keçiricisinin xarici səthində yerləşmiş olan O-O_1-sisteminə keçək.
Göstərilən səthdə də maqnit sahəsi adi ikinci dərəcəli diferensial tənliklərlə yazılır. Həmin tənliklərin həlli aşagıdakı kimi olur:

$$\dot{H}_{x_1}^x = B_1 e^{ky_1} + B_2 e^{-ky_1} \ . \qquad (6)$$

İkiölçülü vericinin hərəkət edən maqnitkeçiricinin dərinliyində sahə söndüyü üçün $B_1 = 0$ olacaqdır. Bu halda maqnit sahə gərginliyi üçün alınır:
$H_{x_1}^x = B_2 e^{-ky_1}$.

Əgər $y_1 = 0$; $x_1 = 0$ olarsa [1] $B_2 = \dot{H}_{12}^x$ olar. Beləliklə, $\dot{H}_{x_1}^x = \dot{H}_{12}^x e^{-ky_1}$ alınır.

Səthdə yaranan maqnit seli $\dot{\Phi}_1^x$ aşağıdakı kimi ifadə olunar:

$$\dot{\Phi}_1^x = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x \int_0^{\Delta} e^{-ky} a_0 dy \ . \qquad (7)$$

İnteqralı açdıqda

$$\dot{\Phi}_1^x = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x a_0 (1 - e^{-k\Delta_1}) \cdot \frac{1}{k} \ . \qquad (8)$$

Uyğun olaraq Φ_2^x tapılır.

$$\dot{\Phi}_2^x = \mu\mu_0 H_{12}^x \frac{a_0}{k} (1 - e^{-k\Delta_1}) \qquad (9)$$

Bir oturacağı $X_1 = 0$ müstəvisində ikincisi isə hava boşluğunda olan elementar boru üçün maqnit selinin arasıkəsilməməzliyi prinsipindən, sahə gərginliyinin divergensiyasından istifadə etməklə bir sıra çevrilmələrdən sonra hava aralığında qapanan maqnit seli aşağıdakı ifadədən tapılır

$$\dot{\Phi}_{y_1\delta} = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x \cdot \frac{a}{k} \cdot arctg\left[2m_0(b_0 - a + x)\right]$$

Burada $m_0 = \dfrac{sh(ky_1)}{b_0}$ olur.

Uyğun olaraq dolağın sol tərəfindəki maqnit seli tapılır.

$$\dot{\Phi}_{y_2\delta}^x = \mu\mu_0 \dot{H}_{12}^x arctg\left[2m_0(b_0 - a - x)\right]$$

Burada x=0 halı üçün müxtəlif arqumentli iki argtangensin cəmi formulundan istifadə etməklə [2] ikiölçülü vericinin xətti yerdəyişmələr ölçü dövrəsinin dolaqlar sistemini kəsən maqnit selinin ümumi ifadəsi tapılır:

$$\dot{\Phi}_y^x = \mu\mu_0 \cdot \frac{a_0}{\kappa} \dot{H}_{12}^x arctg \frac{4m_0(b_0 - a)}{1 - 4m_0^2((b_0 - a)^2 - x^2)} \ .$$

Maqnit sahəsinin nəzəri tədqiqatından alınan maqnit selinin ifadəsi ikiölçülü induktiv vericinin xətti yerdəyişmə üçün çıxış elektrik hərəkət qüvvəsinin analitik ifadəsini almaga imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov F.İ., Səttarov V.Q., Əsədova R.Ş. Xətti və bucaq yerdəyişməli induktiv verici. Bakı, Azərbaycan Respublikası Dövlət Elm və Texnika Komitəsi. Patent. P 990049. 2001
2. Məmmədov Ş.H. Avadanlıqlarda imtinaların fizikası, Bakı, 2012
3. Мамедов Ф.И., Саттаров В.К, Теоретическое исследование многомерного индуктивного преобразователя перемещений. – Изв. вузов, Нефть и газ, 1984, № 10, с. 23-27.

ЭЛЕКТРОМАГНИТ ДВУХПАРАМЕТРНОЙ ИНДУКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТИ

Саттаров В.Г., Гулиев З.А.

Сумгаитский Государственный Университет (Сумгаит, Азербайджан)

Ключевые слова: одномерный передатчик, двухмерный передатчик, электромагнитное поле, магнитный поток, линейное и угловое смещение, магнитная проницаемость.

Одним из ключевых вопросов является использование двумерных передатчиков, которые заменяют два передатчика, с целью повышения экономической эффективности одномерных передатчиков, используемых в различных отраслях промышленности. Для этого актуальной задачей является создание двумерных преобразователей физических величин.

ELECTROMAGNET OF TWO PARAMETER INDUCTIVE TRANSMISSION THEORETICAL STUDY OF THE FIELD

Sattarov V.G., Guliyev Z.A.

Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan

Key words*:* one-dimensional transmitter, two-dimensional transmitter, electromagnetic field, magnetic flux, linear and angular displacement, magnetic permeability.

One of the key issues is the use of two-dimensional transmitters, which replace two transmitters, in order to increase the economic efficiency of one-dimensional transmitters used in various industries. For this, an urgent task is to create two-dimensional converters of physical quantities.

ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ

Гаджиева Р.Д., Алиев Б.Г.

Западно-Каспийский Университет, Баку, Азербайджан.

rena_gajieva@yahoo.com

balaxan.aliyev783@gmail.com

Ключевые слова: твердотельные компьютерные модели, зубчатая передача, гиперболоидное колесо, кривая Безье, концентрические сетки, сплайновая кривя.

В статье исследуется новый способ формирования твердотельных компьютерных моделей зубьев колес гиперболоидных зубчатых колес. Метод основан на том, что в каждом поперечном сечении фактического профиля колеса подставляется кривая Безье третьей степени.

Постановка проблемы. В настоящее время разработка ответственных деталей и узлов машин и механизмов практически не мыслима без создания их твердотельных компьютерных моделей. 3D модели зубчатых широко используются для разработки конструкторской документации, для анализа с помощью существуюших CAE-систем, при автоматизированной разработке управляющих программ для станков с ЧПУ, при изготовлении путем постепенного наращивания (добавления) материала, т.е. технологий послойного формирования трехмерных объектов по их компьютерным образам (Rapid Prototyping and Manufacturing), при использовании в качестве эталона для контроля объектов изделий с помощью координатно-измерительных машин.

Повышение производительности и точности методов компьютерного моделирования имеет большое значение при создании новых конструкций зубчатых передач.

Анализ основных исследований и публикаций. Разработке и использованию компьютерных моделей зубчатых передач уделяется большое внимание как у нас в стране, так и за рубежом. Так, в работе [1] приведен анализ существующих CAD/CAM/CAE-систем для зубчатых зацеплений и формообразования поверхностей. В монографии [2] выполнен анализ использования 3D моделей в объектно-ориентированных системах CAD/CAM, изложены основы теории и методика трехмерного геометрического моделирования инструментов взаимосвязи моделированием процессов формообразования и съема припуска при резании материалов.

В последнее время большое вниманне уделяется исследованию гиперболоидных передач. Следует отметить работы [3-6], посвященные этой проблеме. Вопросам компьютерного моделирования таких передач посвящены работы [7,8].

Однако при моделировании и исследовании гиперболоидных колес возникают определенные сложности. Так, профиль зуба гиперболоидного имеет различную форму; возникают различные вопросы при формообразовании как производящей поверхности так и поверхности зуба; не всегда дифференциальные методы являются эффективными при разработке компьютерных моделей. Поэтому необходимо использовать новые методы твердотельного компьютерного моделирования гиперболоидных передач.

Формулировка цели статьи (постановка задачи). Целью работы является разработка и анализ новых методов твердотельного компьютерного моделирования, позволяющих повысить производительность и точность моделирования гиперболоидных передач.

При изготовлении гиперболоидного зубчатого колеса профиль поверхности производящего колеса часто является результатом сгибания первичной производящей поверхности. Однако не всегда сгибающее семейство производящих поверхностей совпадает с реальной поверхностью, полученной на станке. Это может происходить либо из-за наличия ребер возврата, либо из-за самопересечения сгибающей, либо еще по каким-то причинам. Поэтому, на ряду с дифференциальными методами получения сгибающей, целесообразно использовать и недифференциальные методы. Проф. Шевелева Г.И. в своей монографии [9] вводит понятие обволакивающей: «Обволакивающее семейство тел—это граница множества точек, каждая из которых принадлежит хотя бы одному телу семейства».

На рис.1 показано, как образуются сгибающие и обволакивающие семейства окружностей. Также показана кривая, проходящая через линию вершин обрабатываемой поверхности. В идеальном случае, после приработки, полученный профиль должен находиться между сгибающей и линией вершин. В реальности добавляется целый ряд факторов, который оказывает влияние на конечный результат. Тем не менее, в любом случае можно определить поле допуска, внутри которого должна располагаться искомая кривая.

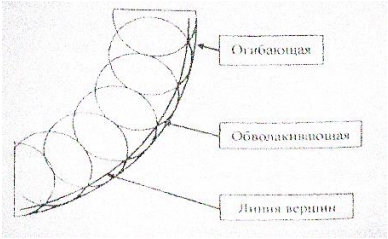


Рис. 1. Определение предельных отклонений

Так, например, согласно ГОСТ 9324-80 для фрезы червячной чистового однозаходного класса точности ААА и модуля от 1 мм до 2 мм, нарезающей цилиндрические зубчатые колеса с эвольвентным профилем, допуск на профиль зуба, т.е. расстояние по нормали между двумя номинальными профилями, ограничивающими действительный профиль, измеренное по заданному сечению в пределах рабочего участка зуба f_{fo} не должно превышать 3 мкм.

Для того чтобы дифференциальными методами можно было анализировать результаты синтеза, кривая, находящаяся внутри поля допуска, должна быть гладкой, дважды дифференцируемой.

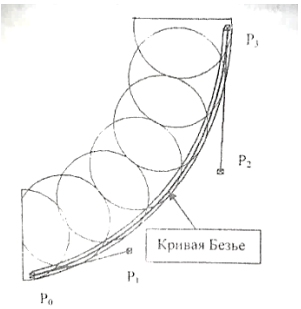


Рис.2. Построение сплайновой кривой

Не маловажным фактором может выступать возможность интерактивного управления формой кривой, с последующим визуальным анализом показателей, характеризующих возможность ее использования.

Полученные результаты работы могут быть использованы при анализе создаваемых гиперболоидных передач с помощью существующих CAE- и систем, при использовании моделей в качестве эталона для контроля изделий с помощью координатно-измерительных машин, а также при изготовлении зубчатых колес прогрессивными методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабичев Д.Т.* Развитие теории зацеплений и формообразования поверхностей на основе новых геометро-кинематических представлений: Дис. …д-ра тех. Наук: 05 02 18: Тюмень, 2005- 421 с.

2. 3D моделирование инструментов, формообразования и съема припуска при обработке резанием / *А И Крабченко, Е. Б.,Кондусова., А. В. Кривошея., Н. С Равская. П Р Робин* - Харьков НТУ «ХПИ», 2001 - 304 с.

3. *Грібаное В.А.* Теорія гнербологлних зубчастих передач. Монографія. – Луганськ. Вид-во СНУ ім. В.М.Даля – 2003 - 272 с.

4. *Кириченко І.О.* Створения гіперболоідных передач з лінійним контактом зубців на базі *спеціальных* ріжучих інстументов контактом зубців на базі спеціальних ріжучих інструментів: Автореф. дис. … докт. техн. Наук, - Луганськ, 2004. – 36 с.

5. *Голубенко А.Л., Вітренко В.А., Кириченко И.А., Досталь А.Е.* Цилиндро-гиперболоидные передачи, составленные из цилиндрических и гиперболоидных зубчатых колес // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2000. - №11 (33). – с.14 - 14

6. Davrd R Doner Current Design and Manutacture of Generalized Hyperboloidal Gear Pairs Intern Conf On *Motion* and Power Transimisson MPT. 2001 Fukuoka, Japan. November 16-17, 2001

7. *Грибанов В.М., Клипаков Н.В., Досталь А.Е.* Компьютерное моделирование зубчатых колес // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2001 - №2 (36). – с.

FEATURES OF SOLID STATE COMPUTER SIMULATION OF HYPERBOLOID TRANSMISSIONS

Gadjieva R.D., Aliev B.G.

West Caspian University, Baku, Azerbaycan.

rena_gajieva@yahoo.com

balaxan.aliyev783@gmail.com

Key words: solid computer models, gear, hyperboloid wheel, Bezier curve, concentric meshes, spline curve.

The article investigates a new method of formation of solid - state computer aided models of hyperbolar gears teeth wheels. The method is based on the fact that in every cross - section of a wheel actual profile is substituted by Bezier curve of the third power. Currently, the development of critical parts and assemblies of machines and mechanisms is practically inconceivable without the creation of their solid-state computer models.

HİPERBOLOİD ÖTÜRMƏLƏRİN BƏRK CİSMLİ KOMPYUTER MODELLƏŞDİRİLMƏSİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Gadjieva R.D., Aliev B.G.
West Caspian University, Baku, Azerbaycan.
rena_gajieva@yahoo.com
balaxan.aliyev783@gmail.com

Açar sözlər: bərk cism kompüter modelləri, dişli ötürmə, hiperboloid çarx, Bezier əyrisi, konsentrik torlar, spline əyrisi

Məqalədə hiperboloid dişlilərin təkərlərinin dişlərinin bərk hallı kompüter modellərinin formalaşdırılmasında yeni bir metod araşdırılır. Metod, həqiqi təkər profilinin hər kəsiyində üçüncü dərəcə Bezier əyrisinin əvəz edilməsinə əsaslanır.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ФОРМ РЕЗОНАТОРОВ ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНЫХ ПЛОТНОМЕРОВ ЖИДКОСТИ

Гадирова Т.Т.
Азербайджанское высшее военное училище имени Гейдара Алиева,
г.Баку, Азербайджанская республика
e-mail: turan_huseynova@mail.ru

Ключевые слова: синтез формы резонатора, вибрационно-частотный плотномер, метод эвристических приемов

В статье проводится сравнительный анализ известных на сегодняшний день методов синтеза форм резонаторов вибрационно-частотных плотномеров жидкости: синтез с использованием линейной модели резонатора, синтез с использованием электромеханических аналогий и метод эвристических приемов. Обосновывается перспективность метода эвристических приемов.

Проведенный анализ источников информации, посвященных вопросам разработки трубчатых резонаторов для вибрационно-частотных плотномеров жидкости показал, что в них хоть и в явном виде не указываются методы синтеза, условно можно выделить три следующих метода: синтез с использованием линейной модели резонатора [1]. синтез с использованием электромеханических аналогий [2] и метод эвристических приемов [3].

Реализация первого из указанных методов подразумевает переход от колебательной системы с распределенными параметрами к колебательной системе с сосредоточенными массами, жесткостями и механическими сопротивлениями. Впервые данный метод был использован при разработке дифференциального вибрационного плотномера проточного типа [1], для выбора способа соединения общих ножек резонаторов дифференциального вибрационного плотномера жидкости проточного типа, с целью снижения потерь механической энергии при колебаниях. Алгоритм реализации данного метода описан в работе [4]:

1. выбор исходной структурной схемы резонатора;

2. разработка его эквивалентной схемы в виде модели с сосредоточенными параметрами;
3. анализ источников диссипации механической энергии и поиск способов ее снижения;
4. разработка эквивалентной схемы резонатора с повышенной добротностью;
5. воспроизведение структурной схемы резонатора с повышенной добротностью с распределенными параметрами

Следует отметить, что с использованием данного метода были синтезированы резонаторы, нашедшие применение в серийных плотномерах типа ППВ1, отличительной особенностью конструкции которых является совмещение центра масс и опоры в одной узловой точке [5].

Второй метод базируется на единстве уравнений электрических и механических систем, исследование явлений в механической системе может быть заменено исследованием процессов в электрической цепи. Такая замена целесообразна, т.к. аппарат анализа электрических цепей развит наиболее обширно.

Механические системы с сосредоточенными параметрами разделяются на системы с линейным и угловым (крутильным) перемещением, которые описываются подобными уравнениями.

Если кинетическая и потенциальная энергии механической системы эквивалентны энергии магнитного и электрического поля соответственно, то моделирование параметров данной системы осуществляется по I системе электромеханических аналогий, если наоборот – по II системе электромеханических аналогий.

Согласно данного метода синтез резонатора производится по следующему алгоритму:

1. выбор резонатора, служащего основой при поиске новой формы;
2. разработка линейной модели с сосредоточенными параметрами выбранного резонатора;
3. разработка электрического аналога механической модели резонатора;
4. анализ электрического аналога и его усовершенствование с целью обеспечения условия минимизации величины электрического аналога потерь колебательной энергии;
5. разработка линейной механической модели резонатора повышенной добротности согласно усовершенствованной электрической схемы аналога;
6. воспроизведение формы нового резонатора по линейной механической модели.

Для облегчения анализа электрического анализа можно воспользоваться симуляционными программами, например Electronics Workbench [6].

Основным недостатком 1-го и 2-го методов является то, что для их использования необходима замена реальной механической системы его моделью с сосредоточенными параметрами. Такое упрощение не отражает все процессы, происходящие в реальной механической системе.

Потенциальные возможности методов можно считать исчерпанными, т.к. они не нашли применения в дальнейшем.

Традиционным методом разработки новых резонаторов вибрационно-частотных плотномеров является эвристический синтез, заключающийся в отыскании приемлемых

решений на основе накопленного опыта, приближенных расчетов, личной интуиции и творческих способностей разработчиков. Хотя многие формы резонаторов вибрационно-частотных плотномеров и были получены в результате эвристического синтеза, в работах посвященным этим измерительным средствам сам процесс синтеза почти не рассматривается. Можно отметить лишь одну работу, где была предпринята попытка использования метода эвристических приемов при поиске формы резонатора для вибрационно-амплитудного плотномера жидкости [7]. Здесь был использован алгоритм метода эвристических приемов.

Согласно данного метода процесс решения задач с состоит из 5 последовательных этапов:

1. Постановка задачи технического творчества.
2. Выбор подходящих приемов на основе анализа недостатков и дефектов прототипа и противоречий его развития.
3. Преобразование прототипа с помощью выбранных приемов и формирование нескольких новых технических решений.
4. Анализ новых технических решений относительно осуществимости и степени эффективности использования.
5. Работу этапов 2 – 4 выполняют, выбирая другие прототипы.

Метод эвристических приемов основывается на межотраслевом фонде эвристических приемов. При этом для отдельных задач межотраслевой фонд приемов является не совсем приемлемым. В связи с этим рекомендуется работать над созданием индивидуального фонда эвристических приемов. Однако, в указанной выше работе данный фонд не был разработан.

Как следует из проведенного анализа наиболее перспективным методом синтеза трубчатого резонатора повышенной добротности является метод эвристических приемов. Однако для использования этого метода необходимо предварительно создать индивидуальный фонд эвристических приемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тараненко Ю.К. Дифференциальный плотномер жидкости проточного типа: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13. - Моск. ин-т. химического машиностроения, Москва, 1983 - 192 с.
2. Мурашов А.Г. Исследование и разработка вибрационного плотномера погружного типа: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13. - Моск. ин-т. химического машиностроения, Москва, 1980 - 192 с.
3. Гусейнов Т. К. Вибрационно-амплитудный датчик плотности // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Матер. IV Национальной науч.-практ. конф. (Казань,6–7 декабя 2018 г.): в 2 т. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – Т. 1. – С.115-121
4. Жуков Ю.П. Вибрационные плотномеры .- М.: Энергоатомиздат, 1991 .- С.26-27
5. Приборы технологического контроля в молочной промышленности : справочник / Л. П. Брусиловский, А. Я. Вайнберг. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Агропромиздат, 1990. - 287 с.

6. Валишин А.Г., Порошина С.О. Методика расчета вибрационных характеристик цилиндровых втулок ДВС/ В кн.: Наука и технологии. Том 1. Труды XXVI Российской школы. – М.: РАН, 2006. С.240-247.
7. Абдулова Н.А. Исследование и разработка вибрационного амплитудного плотномера: дис. ... PhD: 3337.01 . – Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, 2018 .- 123 с.

MAYE VİBRASİYA-TEZLİK SXLIQÖLÇƏNLƏRİN REZONATORLARININ FORMALARININ SİNTEZİ ÜSULLARININ MÜQAYİSƏLİ ANALİZİ

Qədirova T.T.
Heydər Əliyev adına Azərbaycan Ali Hərbi Məktəbi, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: rezonatorun formasının sintezi, vibrasiya-tezlik sıxlıqölçəni, evristik fəndlər üsulu

Məqalədə hal-hazırda vibrasiya-tezlik sıxlıqölçönlərin rezonatorların formalarının sintezi zamanı istifadə olunan üsulların: rezonatorun xətti modelindən istifadə edərək sintez, elektromexaniki analogiyalardan istifadə edərək sintez və evristik fəndlər üsulu, müqayisəli analizi aparılır. Evristik fəndlər üsulun perspektiv olması əsaslandırılır.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR SYNTHESIS OF THE FORMS OF RESONATORS OF VIBRATION-FREQUENCY DENSITY METERS

Gadirova T.T.
Azerbaijan Military Academy named after Heydar Aliyev

Key words: Key words: synthesis of the resonator shape, vibration-frequency density meter, method of heuristic techniques

The article provides a comparative analysis of the currently known methods for the synthesis of resonator forms of vibration-frequency densitometers of a liquid: synthesis using a linear resonator model, synthesis using electromechanical analogies and the method of heuristic techniques. The prospects of the method of heuristic methods are substantiated.

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Гельдыева Р. А.
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
Казань, Российская Федерация
razilyaurum25@gmail.com

Ключевые слова: Anylogic, программное обеспечение, разработка моделей, инструмент, элементы.

В данной работе приводится анализ использования имитационного моделирования в целях построения моделей, описывающих те или иные процессы производства, экспериментальные исследования и т.п. Примером исследования выбрано программное обеспечение AnyLogic, представляющий возможность создания динамических моделей для тестирования решений.

В жизни часто отсутствует возможность представления реальной ситуации, выполнения анализа событий, возможность наблюдения за динамикой изменений, представления модели поведения и др. Отсутствие таких возможностей объясняется нехваткой денежных средств, сложностью воспроизводства событийного процесса, рисками проверки теории и т.п. Поэтому является актуальным использование и внедрение такого программного обеспечения, которое позволит сымитировать или представить в виртуальном пространстве объект исследования и представит полный анализ динамики его работы и анимации в 2D или 3D-формате.

Имитационное моделирование - новшество которое уже давно стали применять в различных отраслях жизни, развивается оно достаточно стремительно, если раньше этим могли пользоваться только крупные фирмы, обладающие финансовыми ресурсами, сейчас же этим может воспользоваться любой пользователь ПК. Перспектива моделирования заключается в том, что данная технология позволяет создавать и модифицировать модели без вреда реальности, а также эксплуатировать и получать анализ конечного результата работы. На данный момент существует множество программных обеспечений с различными предназначениями. Наиболее популярными для системы Windows, Mac, Linux являются: Simino, FlexSim,, SIMUL8,WITNESS, AnyLogic. Каждая из этих программ имеет свою специфику, некоторые из них могут совмещаться в себе несколько несколько видов имитационного моделирования, некоторые специализируются только на определенных системах (здравоохранения, производства, складирования и тд.) [1,2].

Исследование преимуществ имитационного моделирования рассмотрим на примере программы AnyLogic. В представленной работе использовались дискретно-событийное и агентское моделирование. Под агентами подразумеваются различные элементы самой системы (это могут быть люди, банки, регионы, машины, роботы и т.д) в проделанной работе агентами были люди, агент может иметь память, поведение и так далее (рис. 1).

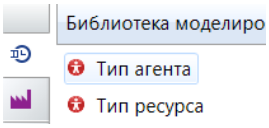


Рис. 1. Внешний вид агентов в программе Anylogic

Можно задавать события внутри агента. У каждого из них есть свойства, которые регулируются, например в нашей очереди люди должны подходить к банкоматам через определенный промежуток времени. События в работе происходят в хронологической последовательности, есть возможность ускорить или замедлить процесс с помощью единицы модельного времени. Плюсом является то, что не нужно писать сложные математические уравнения. Для того чтобы создать ситуацию пользователь должен воспользоваться специальной библиотекой (дорожная, моделирование потоков, железнодорожная пешеходная, моделирования процессов, производственных систем), она содержит в себе элементы для решения различных задач. Каждая операция в системе происходит в определенной последовательности, есть возможность детально проследить за работай модели, в случае неудачи пользователь может внести изменения, чего в реальной жизни быть не может. В проделанной работе определяется сколько человек пойдет к банковским служащим, сколько к банкоматам. Агенты (люди) являются заявками, а банкоматы ресурсами, то как движется очередь будет описываться непрерывной системно-динамической программой. Отсюда

следует, что смешение разных подходов дает возможность описать процесс таким какой он есть в реальной жизни, а не просто подгонять под математический аппарат. Кроме того, всегда есть возможность запустить вашу модель не только через ПК, но и через телефон, хорошее преимущество иметь доступ из любой точки. Есть возможность создавать комбинации из известных методов моделирования, например в проделанной работе использовались агентное и дискретно-событийное моделирование. Можно смешивать все три вида доступные в AnyLogic (дискретно-событийное, агентское и системную динамику). В процессе работы пользователь может проверять каждый свой шаг, то есть вероятность ошибки или неудачи уменьшается, кроме этого имитационное моделирование делает анализ проделанной работы. AnyLogic обладает хорошей графикой, которая дает визуальное представление о проделанной работе (рис. 2).

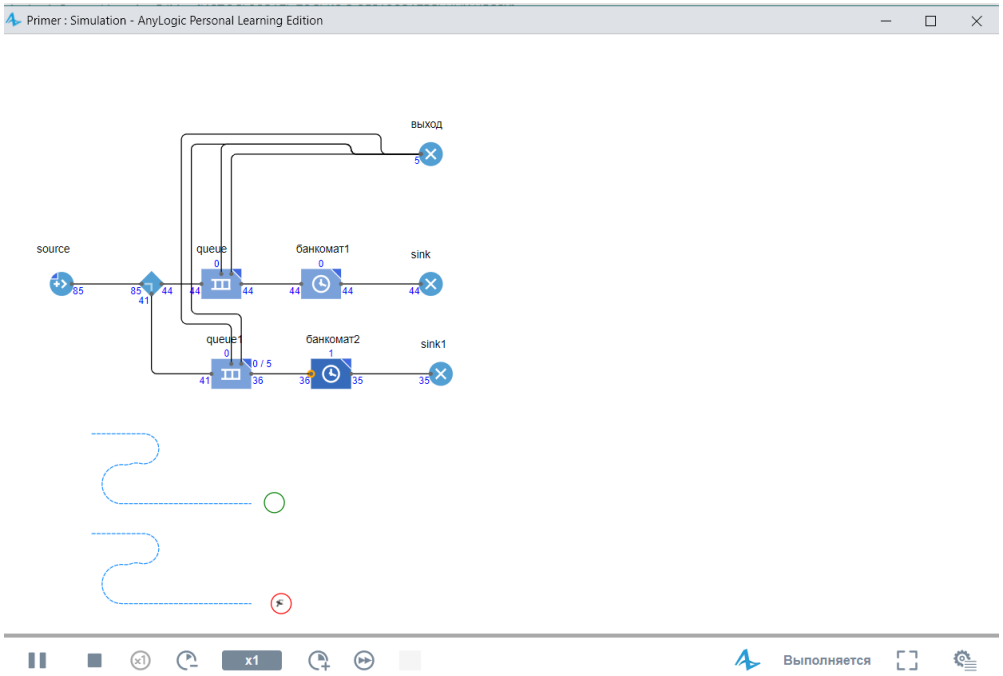


Рис. 2. Графический запуск модели

Есть динамические графические элементы, по необходимости можно сделать их зависимыми от переменных и параметров модели [3,4]. Интерфейс программы достаточно легкий, если у вас уже есть шаблоны, то можно использовать их в работе с новой моделью, но для понимания требует интенсивного изучения. Если внимательно изучить программу, то можно найти примеры различных работ в самых разных областях жизнедеятельности. Такое программное обеспечение является хорошим инструментом для изучения новых объектов и их поведения в любой заданной ситуации.

Делая вывод о проделанной работе, можно выявить несколько преимуществ имитационного моделирования в целом. Это хорошая площадка для изучения новых инструментов, моделей массового обслуживания, а также систем с дискретно событийным характером. Возможность модернизировать модель в системе. Определять требования к оборудованию. Проводить опыты которые могут длится несколько лет, в программном обеспечении могут быть проделаны за пару минут, это значительно упрощает многие процессы и экономит время. Бюджет остается целым, многие события невозможно осуществить из-за их дороговизны. Некоторые задачи невозможно воплотить в жизнь в силу их нелепости или же по этическим

соображениям. Осуществление анализа больших систем, возможность управлять ситуацией без особых усилий. Пользователь может получать сведения о состояниях процесса в разные моменты времени, что позволяет вовремя выявить ошибку. Мы получаем максимально приближенны знания об объекте, не производя его измерения.

Имитационное моделирование дает нам возможность имитировать задачи непосильные для реальности, стоит задуматься о том, чтобы ввести это в нашу повседневную жизнь. Очень часто мы прибегаем к примерам, пытаемся объяснить с помощью речи, пространственного мышления, делаем рисунки, в записной книжке, для того чтобы спроецировать, объяснить поведение модели, ситуации, решить задачу, но ведь все это можно сделать с помощью программного обеспечения, сейчас его более чем достаточно для разных ситуаций. Хороший визуал, легкий интерфейс упростят нам жизнь и помогут решить множество задач с выгодой и пользой.

ЛИТЕРАТУРА

1. AnyLogic Personal Learning Edition: программное обеспечение [для образовательных целей] / разработчик The AnyLogic Company. – Санкт-Петербург: 2017.

2. Иванова В.Р. Анализ основных элементов интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью // В.Р. Иванова, В.В. Новокрещенов, О.Д. Семенова // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники», 2019. С. 12 – 17.

3. Иванова В.Р. Инновационная технология для эффективной эксплуатации устройств мониторинга электротехнических комплексов и систем/ В.Р. Иванова, Р.Р. Даутов // Сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции «Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов», 2019. С. 195-199.

4. Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов-Петербург, 2006. — 400 с.

ABOUT THE ADVANTAGES OF SIMULATION

Geldiyeva R.A.

Kazan state power engineering university, Kazan, Russia

Key words: AnyLogic, software, model development, tool, elements.

Summary. This paper analyzes the use of simulation modeling in order to build models describing certain production processes, experimental research, etc. An example of the study is the AnyLogic software, which provides the ability to create dynamic models for testing solutions.

İMİTASİYA MODELƏŞDİRİLMƏSİNİN ÜSTÜNLÜKLƏRİ HAQDA

GeldIyeva R.A.
Kazan dövlət energetika universiteti, Kazan, Rusiya

Açar sözlər: AnyLogic, proqram təminatı, model hazırlanması, alət, elementlər.

İşdə istehsalatın bu və ya digər prosesləri, təcrübi tədqiqatların və s. təsvir edən modellərin qurulması məqsədi ilə imitasiya modelləşdirilməsindən istifadələrin analizinə baxılır. Tədqiqatln nümünəsi kimi nəticələrin testləşdirilməsi üçün dinamiki modellərin yaradılması üçün imkan yaradan AnyLogic proqram təminatına baxılır.

АНАЛИЗ ПРОТОЧНЫХ ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНЫХ ПЛОТНОМЕРОВ ЖИДКОСТИ

Гусейнов Р.М.,
Кирьят Ям , א.ל. Elektric, Израиль

Ключевые слова: проточные, вибрационно-частотные, плотномеры, жидкость, расходомер-плотномер, вилочный плотномер

В работе рассматриваются основные типы современных промышленных плотномеров жидкости на примере измерительных устройств корпорации Emerson. В результате проведенного сравнительного анализа трех типов вибрационно-частотных плотномеров жидкости определяется перспективность плотномеров с трубчатыми резонаторами.

В настоящее время на рынке промышленных плотномеров жидкости доминируют вибрационно-частотные измерители плотности, одними из которых являются плотномеры корпорации Emerson. Рассмотрим наиболее известные модели этих плотномеров.

Принцип действия плотномера модели 7835 с трубчатым резонатором основан на зависимости близкой к собственной частоте автоколебаний закрепленной на концах трубки, по которому течет измеряемая жидкость от плотности последней [1]. Рабочим режимом плотномера являются колебания на 3-й гармонике, которые создаются электромагнитным возбудителем и двумя электромагнитными приемниками колебаний. При этом возбудитель колебаний располагается под центром трубки, а приемники – в местах пучности 3-й гармоники. Общий вид плотномера показан на рис.1. Погрешность измерения при специальной калибровке ± 0,1 кг/м^3.

Рис. 1 Плотномер модели 7835

В качестве плотномеров могут быть использованы и кориолисовые расходомеры-плотномеры модели Micro motion. Чувствительным элементом прибора служат U образные трубки, которые приводятся в противофазные колебания посредством электромагнитного преобразователя. Параметры колебаний измеряются двумя электромагнитными датчиками, установленными на каждой из трубок. Для определения массового расхода измеряется фазовый сдвиг, возникающий в результате действия кориолисовой силы, а для определения плотности – частоту колебаний как и в предыдущем случае. На рис.2 представлен общий вид расходомера-плотномера серии ELITE, обладающая наилучшими метрологическими показателями, погрешность измерения плотности ± 0,2 кг/м^3.

Рис. 2 Общий вид расходомера-плотномера серии ELITE

Чувствительным элементом третьего типа плотномера является погружаемая в измеряемую жидкость резонирующая вилка, наподобие камертона [3] . Собственная частота вилки зависит от плотности окружающей ее среды. На рис.3 показан общий вид вилочного плотномера модели FDM. Вилочные плотномеры предназначены для погружного измерения плотности, однако допускают установку на трубопроводы. Погрешность измерения ± 0,5 кг/м3.

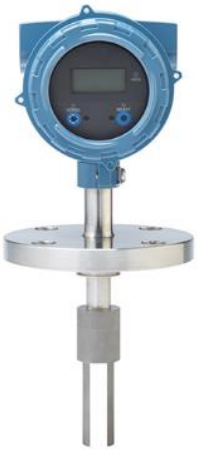


Рис. 3 Общий вид вилочного плотномера модели FDM

Из проведенного анализа следует, что наименьшую погрешность измерения плотности обеспечивают традиционные вибрационно-частотные плотномеры жидкости с трубчатыми резонаторами . Использование других типов плотномеров целесообразно только по своему основному назначению – измерение массового расхода и измерение плотности в емкостях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL:https://www.vsp-co.org/assets/emerson_7835%2C45%2C47_7826%2C282.pdf (дата обращения: 23.09.2020)
2. URL:https://www.c-o-k.ru/images/library/cok/693/69322.pdf
3. https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-micro-motion-ru-64592.pdf (дата обращения: 23.09.2020).

AXIN VİBRASİYA-TEZLİK SIXLIQÖLÇƏNLƏRİN ANALİZİ

Hüseynov R.M.,
Кирьят Ям , א.ל. Elektrik, İsrail

Açar sözlər: axın, vibrasiya-tezlik, sıxlıqölçənlər, maye, sərviyyət ölçən – sıxlıqölçən, çəngəlli sıxlıqölçən.

Xülasə. Məqalədə Emerson kompaniyasının ölçü cihazlarının timsalında muasir sənaye sıxlıqölçənlərə baxılır. Üç növ vibrasiya-tezlık maye sıxlıqölçənlərin müqayisəli analizi nəticəsində boruvari rezonatorlu sıxlıqölçənlərin perspektivliyi müəyyən edilir.

ANALYSIS OF FLOW VIBRATION-FREQUENCY LIQUID DENSITY METERS

Huseynov R.M.,
Kiryat Yam, ל. Elektric, İsrael,

Key words: flow-through, vibration-frequency, density meters, liquid, flow-density meter, fork density meter

Summary. The paper discusses the main types of modern industrial liquid density meters using the example of measuring devices from Emerson Corporation. As a result of the comparative analysis of three types of vibration-frequency density meters of a liquid, the prospects of densitometers with tubular resonators are determined.

ТРУБЧАТЫЕ РЕЗОНАТОРЫ ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНЫХ ПЛОТНОМЕРОВ ЖИДКОСТИ

Гусейнов Т.К.
Сумгаитский государственный университет, г. Баку, Азербайджан
huseynovturgay@mail.ru

Ключевые слова: вибрационно-частотный плотномер, жидкость, трубчатые резонаторы, классификация.

Резюме. В работе проводится классификация трубчатых резонаторов вибрационно-частотных плотномеров жидкости. Проводится сравнительный анализ резонаторов промышленных плотномеров с точки зрения их добротности. Обосновывается необходимость использования

конструктивных приемов для повышения добротности однотрубных прямоточных резонаторов.

В виду широкой распространенности вибрационно-частотных плотномеров жидкости их изучение представляется актуальной. Принцип действия этих приборов основывается на зависимости частоты собственных колебаний чувствительного элемента (трубчатого резонатора) с измеряемой жидкостью от плотности последней. Основным параметром, определяющим точность измерения плотномера, является добротность трубчатого резонатора, характеризующий потери механической энергии в колебательной системе за период колебаний. Проанализируем с этой точки зрения известные на сегодняшний день трубчатые резонаторы, классификацию которых представлена на рис. Трубчатые резонаторы вибрационно-частотных плотномеров можно условно разделить на две большие группы: однотрубные и двухтрубные или камертонные.

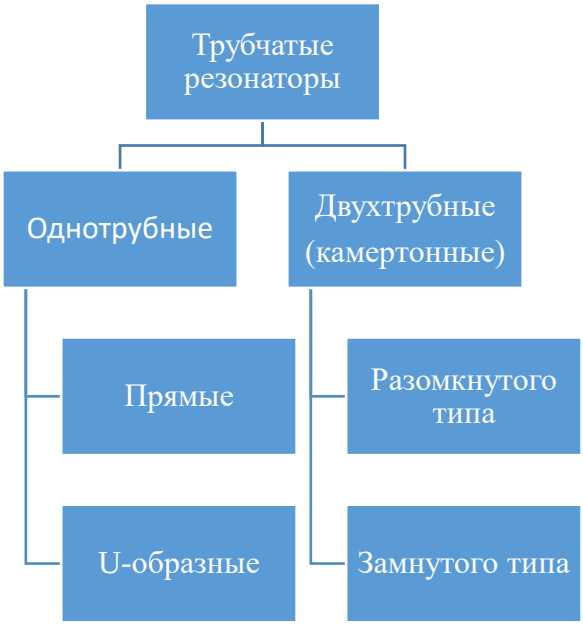


Рис. Классификация трубчатых резонаторов

Простейшими резонаторами вибрационно-частотных плотномеров являются резонаторы в виде прямой или U-образной трубки, рабочим режимом которых служат колебания на первой основной гармонике. Данные резонаторы обладают низкой добротностью, поэтому стараются применять дополнительные приемы по увеличению их добротности, одним из которых является увеличение длины резонатора с одновременным переходом на более высокие рабочие гармоники [1]. В серийных образцах промышленных плотномеров наибольшее распространение нашли резонаторы в виде прямой трубы, совершающим изгибные колебания на 3-й гармонике, а лабораторных плотномеров – в виде U-образной трубки [2].

Более высокой добротностью обладают двухтрубные иди камертонные резонаторы, которые подразделяются на разомкнутые или замкнутые [3].

Из-за существенного недостатка присущей всем резонаторам этого типа, так называемой позиционной ошибки, которая определяется зависимостью частоты резонатора, а, следовательно, градуировочной характеристики, от его положения в пространстве, что вызывает необходимость градуировки плотномера после его установки на объекте, они не нашли применения в серийных образцах вибрационно-частотных плотномеров жидкости. Указанного недостатка лишены резонаторы замкнутого типа. Существует большое многообразие форм и конструкций резонаторов замкнутого типа, однако в серийных образцах нашли применение в основном 2 типа резонаторов. Первый тип резонатора – резонатор модели NT1762 фирмы Solartron (Великобритания), представляет собой две параллельные трубки, жестко скрепленные на концах опорами [4]. Резонатор крепится к корпусу с помощью пружинных амортизаторов, а измеряемая среда подается в трубки и выводится из них через две пары сильфонов. Второй тип резонатора отличается от первого типа отсутствием каких либо упругих элементов. Данный тип резонатора впервые был использован в плотномерах модели DM-8 фирмы Yokogawa (Япония) [5]. Резонатор представляет собой две параллельные трубки одни концы которых припаяны к корпусу достаточно большой массы, а вторые концы к полой перемычке.

Обобщая имеющиеся сведения о трубчатых резонаторах вибрационно-частотных плотномеров жидкости, следует отметить что наибольшей добротностью обладают двухтрубные резонаторы камертонного типа, в которых параллельно расположенные трубки совершают противофазные колебания, в результате чего взаимокомпенсируются поперечные реакции в опорах резонатора. Использование однотрубных резонаторов приводит к необходимости поиска приемов повышения добротности, т.к. при прочих равных условиях по этому показателю они уступают двухтрубным. Однако однотрубные резонаторы просты и удобны в эксплуатации.

ЛИТРАТУРА

1. Жуков Ю.П. Вибрационные плотномеры. М.: Энергоатомиздат, 1991, 144 с.
2. Измерители плотности жидкостей вибрационные «ВИП-2М» И «ВИП-2МР» : рук. по эксплуатации ТКЛШ 2.843.001 РЭ. – СПб. : ООО «Термекс», 2009. – 32 с. 2.
3. Жуков Ю.П., Кулаков М.В. Вибрационные плотномеры жидкостей // Измерения, контроль, автоматизация. 1981. № 2. С. 20-26.
4. Пат. 1158790 Англия, МКИ G 01n 9/00. Improvements in fluid density meters / D.K. Wakefield, 1969
5. Пат. 49-7031 Япония, МКИ G 01N 9/00. Вибрационный плотномер / К. Ватабэ. 1974.

VİBRASİYA-TEZLİK SIXLIQÖLÇƏNLƏRİN BORUVARİ REZONANATORLARI

Hüseynov T.K.,

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Açar sözlər: vibrasiya-tezlik sıxlıqölçən, maye, boruvari rezonatorlar, təsnifat

Xülasə. Məqalədə vibrasiya-tezlik maye sıxlıqölçənlərin təsnifatı verilir. Sənaye sıxlıqölçənlərin rezonatorlarının keyfiyyət əmsalı nöqteyi nəzərindən müqayisəli analizi aparılır. Birborulu düz

axınlı rezonatorların keyfiyyət əmsalının artırılması üçün konstruktiv fəndlərdən istifadə olunması əsaslandırılır.

TUBULAR RESONATORS OF VIBRATION-FREQUENCY DENSITY METERS FOR LIQUID

Huseynov T.K.,
Sumgayıt State University, Sumgayıt, Azerbaijan

Key words: vibration-frequency density meter, liquid, tubular resonators, classification

Summary. The article gives a classification of vibration-frequency liquid density meters. Comparative analysis of resonators of industrial density meters is carried out from the point of view of quality. The use of constructive tricks to increase the quality coefficient of single-pipe direct-flow resonators is justified.

. ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Загидуллина Г.Ф., Губаева О.Г,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань, Россия
gulnara.zaghidullina@mail.ru, mr.gubaev@mail.ru

Ключевые слова: кабельные линии, диагностика, остаточный ресурс, электрические сети, старение изоляции.

Во время эксплуатации воздействует целая группа факторов, которые влияют на изоляцию: климатические, вибрация, тепловые, электрические, механические, коррозия. Когда эти факторы действуют в комплексе, то происходит процесс старения изоляции, с накоплением необратимых изменений, ухудшение диэлектрических и эксплуатационных свойств кабеля, и именно они определяют требования к стандартам ТС. Существует множество методов диагностики остаточного ресурса кабельных линий, но у каждого метода есть свои плюсы и минусы. Сейчас ведется разработка новых методов и усовершенствование существующих.

В процессе эксплуатации кабельные линии (КЛ) подвергаются комплексному влиянию теплового и электрического полей, механическому старению и деформации под воздействием вибрации, увлажнению изоляции, электродинамических усилий и механических нагрузок, химическому износу под влиянием агрессивных веществ. [1] Старение изоляции силовых кабелей под длительным воздействием эксплуатационных факторов, может привести к пробою кабелей при достижении предельных значений характеристик изоляции, что в свою очередь ведет к снижению надежности всей энергосистемы.

В связи с этим необходимо изучать физико-химические процессы, которые проходят в изоляции кабелей при их эксплуатации, оценивать влияние воздействия вышеперечисленных факторов на ресурс изоляции кабелей, а также разрабатывать методы повышения надёжности эксплуатации КЛ.

Рассмотрим более действенные, из множества внедряемых, методы диагностики КЛ:

- измерения и анализа параметров возвратного напряжения, используемых для широко распространенных кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией (БПИ), и изотермического тока

релаксации, а также для находящихся в эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ);

- измерения и оценки параметров частичных разрядов (ЧР) и определения мест их накопления для прогнозирования будущего повреждения в кабельной линии (КЛ), вызванного их наличием, и предотвращения аварийного отключения.

Исходя из результатов диагностики кабельных линий можно точно определить степень старения изоляции, места наличия дефектов и увлажненность, выраженных концентрацией частичных разрядов, их интенсивность и уровень.

Основываясь на статистике, экспериментально полученных нормируемых данных при эксплуатации КЛ, можно рассчитать теоретические зависимости. Но в целом прогнозирование на длительный период (более 5 лет) нельзя рассматривать как достоверное. [2]

На основании изложенного можно сделать вывод, что автоматизация процесса обработки эксплуатационных характеристик КЛ, поможет упростить оценку остаточного ресурса КЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1 Сергеев Н.С., Попова О.В., Диагностика состояния кабельных линий напряжением 6-10 кВ. Электроцех №9 2019. 2019;9

2 СИЛОВЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ СО СПЭ-ИЗОЛЯЦИЕЙ Локализация проблемных мест и прогнозирование остаточного ресурса. //Новости электротехники. № 1(103) 2017) http://www.news.elteh.ru/arh/2017/104/10.php

DIAGNOSTICS OF CABLE LINES

Zagidullina G. F., Gubaeva O.G.

Kazan State Energy University, Kazan, Rusiia

Keywords: cable lines, diagnostics, residual life, electrical networks, insulation aging.

During operation, a whole group of factors that affect insulation is affected: climate, vibration, thermal, electrical, mechanical, and corrosion. When these factors work together, the insulation aging process occurs, with the accumulation of irreversible changes, deterioration of the dielectric and operational properties of the cable, and they determine the requirements for TC standards. there are many methods for diagnosing the remaining life of cable lines, but each method has its pros and cons. New methods are being developed and existing ones are being improved.

KABEL XƏTLƏRİN DİAQNOSTİKASI

Zagidullina G.F., Gubaeva O.H.

Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya

Açar sözlər: kabel xətləri, diaqnostika, qalıq resurs, elektrik şəbəkələri, yaşlanma izolyasiya.

İstismar zamanı izolyasiyaya təsir edən bir sıra amillər təsir edir: iqlim, vibrasiya, istilik, elektrik, mexaniki, korroziya. Bu amillər kompleks hərəkət zaman, bir yaşlanma təcrid prosesi var, dönməz dəyişikliklər toplanması ilə, kabel dielektrik və əməliyyat xassələrinin pisləşməsi, və onlar GC

standartlarına tələblərinə müəyyən edir. Kabel xətlərinin qalıq resursunun diaqnostikası üçün bir çox üsul var, lakin hər bir üsul öz müsbət və mənfi cəhətlərinə malikdir. Hazırda yeni metodların işlənməsi və mövcud metodların təkmilləşdirilməsi aparılır.

УСТРОЙСТВО ВЫРАБАТЫВАНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННОГО КОДА ДЛЯ МИНИАТЮРНОГО АВАРИЙНОГО РАДИОМАЯКА

Искендеров И.А., Рамазанов Р.Ф.
Национальная Академия Авиации, Баку, Азербайджан
islam.nus@mail.ru
ramazanov.ramil.official@gmail.com

Ключевые слова: авиакатастрофы; пассажиры; аварийные радиомаяки; индивидуальные радиомаяки; идентификационный код; модуль; счетчик-делитель

В данной работе проводится анализ возможностей организации более оперативного поиска и спасения пассажиров во время авиакатастроф и рассматриваются особенности, функциональные возможности и перспективы авиационных аварийных радиомаяков, являющихся одним из основных средств предназначенных для проведения аварийно-поисковых и спасательных работ. При этом предлагается структура миниатюрного индивидуального радиомаяка и функционально-принципиальная схема устройства для вырабатывания идентификационного кода для такого радиомаяка, с целью обеспечения оперативного поиска каждого пассажира во время случившейся авиакатастрофы.

«Всех никогда нельзя спасти. Значит, надо спасать, кого можно.»
Генри Лайон Олди

Введение. Одной из главных причин гибели многих людей в авиакатастрофах, было то, что слишком поздно находили место крушения, в то время как пассажиры которые еще некоторое время оставались живы, могли бы спасены. Поэтому столкнувшись с данной проблемой, авиационными специалистами было создано новое радиотехническое устройство под названием Аварийный Радиомаяк (АРМ).

Современные воздушные суда оснащаются АРМ и радиостанциями работающими на частотах 121,5МГц, 243МГц и 406,025МГц, что позволяет провести поиск самолета производившегося аварийную посадку, с помощью радиопеленгаторов как метрового диапазона, так спутникового диапазона.

Однако в некоторых случаях на летательных аппаратах (ЛА) летающих на низких высотах устанавливают только АРМ, работающие на частотах 121,5 и 406,025 МГц. В виду того, что режим работы АРМ на частоте 406 МГц позволяет с помощью международной аварийно-спасательной спутниковой системы «Cospas-Sarsat» обнаружить, определить местоположение и опознать ЛА по его идентификационному коду, излучаемому от АРМ, в некоторых ЛА не устанавливают специальную аварийную станцию.

Наличие аварийной радиостанции позволяет экипажу по эфиру дать свои координаты, что ускоряет процесс поиска. Дополнив ELT приемником рассчитанным на фиксированную частоту 121,5МГц и гарнитурой можно организовать связь в пределах прямой видимости, что позволит наземным службам провести оперативные аварийно-спасательные меры в кратчайшее время.

В ходе проведения работ по исследованию функциональных возможностей авиационных аварийных радиомаяков, были рассмотрены средства авиационной аварийной связи, и в частности, система аварийного радиомаяка типа ELT (Emergency Locator Transmitter), назначение и принцип работы аварийных радиомаяков, режимы работы бортового оборудования, радиомаяк ELT, бортовая аппаратура ELT. Было установлено, что навигация, создаваемая и совершенствуемая на основе перспективных наземных радиомаяков ELT, будет основой ближней радионавигации по крайней мере еще ближайшие 10-15 лет.

Однако оперативный поиск и нахождение каждого пассажира имеет важное значение. Поэтому в качестве одного из актуальных вопросов для гражданской авиации можно рассматривать разработку и применение индивидуального радиомаяка, предусматриваемого для каждого пассажира воздушного судна.

В данной работе рассматриваются схемы устройства идентификации для индивидуального радиомаяка, рассчитанного на КВ (ДМВ) любительскую частоту, которая может обеспечивать поиск каждого пассажира в разрешенном частотном диапазоне и по его индивидуальному идентификационному коду.

1. Построение модуля идентификации на базе Arduino.

Как известно, унифицированные модули Arduino имеют широкие возможности построения на их базе функциональных устройств, разного применения. В работе рассматривается вариант построения модуля идентификации на базе Arduino UNO

Модуль подключается 2 проводами. К контактам VCC и GND подключают, соответствующим образом «+» и «-» напряжения источника питания.

Ниже представлен программный код для подачи сигнала, а также для передачи информации в порт компьютера.

```
intoutputPin = 11; // Объявляем переменную outputPin и присваиваем ей значение контакта
Stringval;          // Объявляем переменную для хранения введенного символа
voidsetup() {
Serial.begin(9600);  // установка порта на скорость 9600 бит/сек
pinMode(outputPin, OUTPUT); //Устанавливаем 13 контакт в режим ввода
}
voidloop() {
if (Serial.available()) {   //Если есть принятый символ,
val = Serial.read();       //то читаем его и сохраняем в val
if( val == "1111") {        //Если принят символ '1111',
digitalWrite(outputPin, HIGH); // то включаем светодиод
  }
if (val == "0111") {        //Если принят символ '0111',
digitalWrite(outputPin, LOW); // то выключаем светодиод
  }
}
}
```

Подключением светодиодов на соответствующие выходы модуля проводилась имитация кодовых комбинации. А также подключая через USB-порт к компьютеру проводилась отработка кодовых комбинаций как 4-х разрядных, так и

2. Построение устройства идентификации с применением счетчика-делителя марки 4017BD. Для построения схемы устройства идентификации используется задающий генератор вырабатывающий прямоугольные импульсы с требуемой частотой. Такой генератор можно строить на транзисторах, на операционном усилителе или же на логических элементах. Но в данной схеме для реализации на MultiSim14 был использован функциональный генератор, в котором частоту и длительность можно менять в широком диапазоне (рис.1).

Задающий генератор несущей высокой частоты построен на логических элементах «НЕ» (микросхема 7404N) с применением на выходе колебательного резонансного контура рассчитанного на рабочую частоту. Благодаря использованию RLC колебательной цепи на выходе формируются синусоидальные колебания, которые далее могут подводиться к антенне для излучения в эфир в виде радиоволн.

С применением микросхемы счетчика-делителя марки 4017BD с двоично-десятичным дешифратором на выходе, можно формировать 2^{10} двоичных кодовых комбинаций. Особенность данной микросхемы заключается в том, что при каждом тактовом импульсе, поступающем от генератора прямоугольных импульсов, на соответствующем выходе микросхемы появится тактовый импульс, а при этом на остальных всех 9-и выходах будут «0». Другими словами за один цикл (за время действия 10 входных импульсов) на каждом выходе микросхемы будет появляться «1» и цикл через каждые 10 импульсов будут повторяться.

Для реализации нужного кода необходимо соответствующие выходы микросхемы с помощью перемычек соединить с входом задающего генератора (ЗГ) с несущей частотой.

При соединении перемычек с целью развязки выходов микросхемы от выходных устройств можно использовать диоды или же резисторы.

Например, как показано на рис. 2 , частном случае 1-й и 2-й выходы микросхемы через резисторы подключены на вход ЗГ, что обеспечивает управление ЗГ десятиразрядной двоичной кодовой комбинацией 0000000011, т.е. с таким идентификационным кодом.

Если, например использовать выходы 3,7,8, то тогда будет идентификационный код 0010001100.

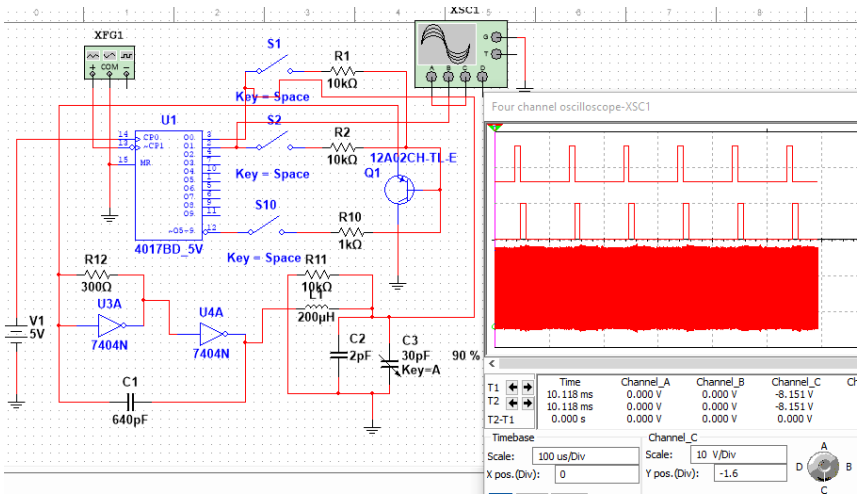


Рис.1. Схема устройства идентификации с применением микросхемы 4017BD

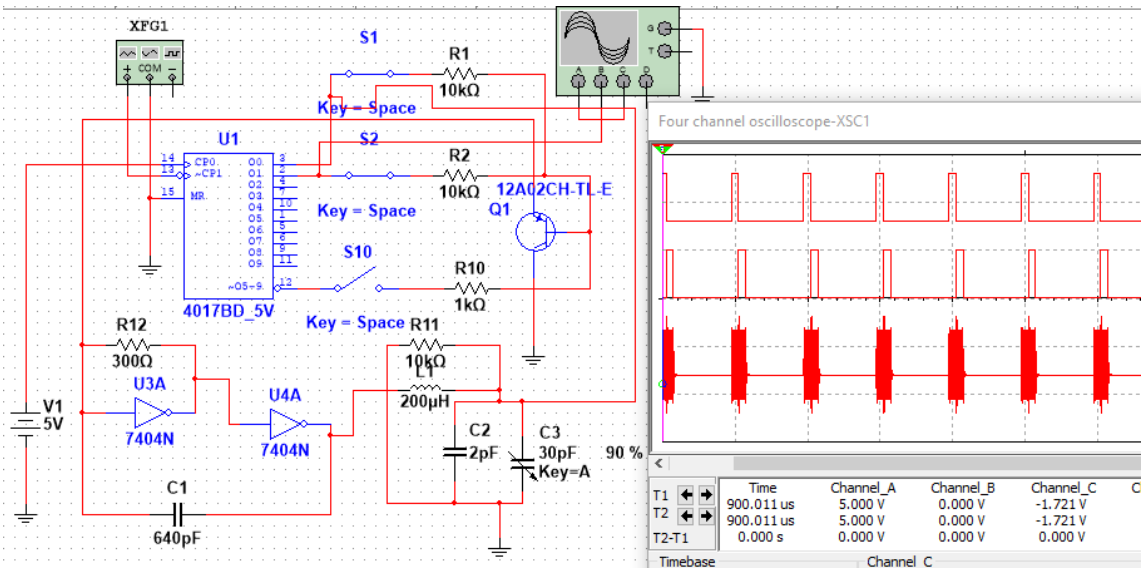


Рис. 2. Схема и временная диаграмма устройства идентификации для аварийного радиомаяка с фиксированным кодом 0000000011, выполненного на Multisim

MİNİATÜR QƏZA RADİOMAYAKI ÜÇÜN İDENTİFİKASİYA KODUNU HASİL EDƏN QURĞU

İsgəndərov İ.Ə., Ramazanov R.F.
Milli Aviasiya Akademiyası, *Bakı,Azerbaijan*
islam.nus@mail.ru
ramazanov.ramil.official@gmail.com

Açar sözlər: aviaqəzalar; sərnişinlər; qəza radiomayakları; fərdi radiomayaklar; identifikasiya kodu; modul; bölücü sayğac.

Məqalədə, aviaqəzaların baş verdiyi zaman sərnişinlərin operativ axtarışının və xilas edilməsinin təşkili imkanlarının təhlili aparılır və qəza-axtarış və xilasetmə işlərinin aparılması üçün nəzərdə tutulmuş əsas vasitələrdən biri olan aviasiya qəza radiomayaklarının xüsusiyyətləri, funksional imkanları və perspektivləri baxılır. Eyni zamanda, baş vermiş aviasiya qəzası zamanı hər bir sərnişinin operativ axtarışını təmin etmək məqsədi ilə miniatür fərdi radiomayakın strukturu və belə radiomayak üçün identifikasiya kodunun hasil edilməsi üçün qurğunun funksional-prinsipial sxemi təklif olunur.

DEVICE FOR GENERATION IDENTIFICATION CODE FOR MINIATURE EMERGENCY RADIO BEACON

İsgandarov İ.A., Ramazanov R.F.
National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan
islam.nus@mail.ru
ramazanov.ramil.official@gmail.com

Key words: plane crashes; passengers; emergency radio beacons; individual radio beacons; identification code; module; counter divider

This paper analyzes the possibilities of organizing a more efficient search and rescue of passengers during air crashes and considers the features, functionality and prospects of aviation emergency radio beacons, which are one of the main tools intended for emergency search and rescue operations. At the same time, the structure of

a miniature individual radio beacon and a functional-schematic diagram of a device for generating an identifier for such a radio beacon are proposed, in order to ensure a prompt search for each passenger during an aircraft crash.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПРИНЕМЯЕМЫХ В НЕФТЯННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кулиева А.И., Джамалханова И.С.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

quliyeva.aide.57@mail.ru

Ключевые слова: преобразователь, станок-качалка, погрешность, глубинный насос, балансир, деформация.

В тезисах рассмотрен вопрос определения динамической погрешности преобразователей физических величин. Дано измерение погрешности зависимости типов станка-качалки нефтяной скважины. Обоснована необходимость исследования преобразователей для получения достоверной информации о режима работы нефтяной скважин.

На кафедре Электротехника и энергетика Сумгаитского Государственного Университета разрабатываются преобразователи для оформления первичным параметром информационно-измерительной системы (ИИС) автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) [1].

При этом исследован преобразователь малых линейных перемещении закрепленный на верхней полке балансира станка качалки для измерения усилий на полированном штоке глубинного насоса нефтяных скважин. Для получения достоверной информации о режима работы глубинной установки необходимо определит динамические погрешности преобразователя. Для исследовании преобразователе с целью нахождения величины динамический погрешности необходимо использовать аналитическое выражения выходного параметра исследуемого преобразователя, которое имеет следующее уравнение [2]

$$\Delta x = K\left[1-\cos(2\gamma+2\alpha)\right] \qquad (1)$$

где $k=\dfrac{P^2l^2x^3}{12E^2J^2}\left(6-5\dfrac{x}{l}+\dfrac{x^2}{l^2}\right)$, α-угол поворота балансира, γ-угол между нижним положением балансира и вертикальной оси проходящей через его ось вращения, l- длина половины балансира станка качалки, x- половина длины измерительного штока, E-модуль юнга, J- момент инерции.

По выше указанной формуле (1) видно что величина Δx при постоянной k и γ имеется в зависимости от α. При эксплуатации преобразователя во время работы глубинно насосной установки погрешность периодически повторяется при измерении угла поворота балансира α .Амплитуда полученной погрешности зависит также от угла между нижним положением балансира и вертикальной оси проходящей через его ось вращения γ. Указанное параметры получаются различными от типа станка качалки.

Изменение динамической погрешности деформации балансира станка качалки от величины α определяются по формуле:

$$\beta_g = \left(\frac{\Delta x}{\Delta x_0} - 1 \right)\% \qquad (2)$$

где Δx_0 - деформация балансира при $\alpha = \frac{\alpha_m}{2}$; α_m - максимальное значение угла поворота балансира или деформация балансира при его горизонтальном положении.

При любого типа станка качалки получается $(\gamma + \frac{\alpha_m}{2}) = \frac{\pi}{2}$, и при этом $(2\gamma + 2\alpha_m) = 180^0$. Учитывая значения Δx и Δx_0 из формулы (1) а также из (2), после некоторых преобразований будем иметь:

$$\beta_g = -\frac{1}{2}\left[1 + \cos(2\gamma + 2\alpha)\right] \qquad (3)$$

В результате исследование установлено что динамическая погрешность уменьшается при использовании дополнительного устройства.

Таким образом определена динамическая погрешность первичных преобразователей для измерения механических усилий возникающих в полированном штоке глубинного насоса нефтяных скважин.

Уменьшением погрешности первичных элементов информационно измерительных систем АСУТП уменьшается соответственно всей системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агейкин Д.И., Костина Б.Н., Кузнецова Н.Н. Датчики контроля и регулирования. М.: Машиностроения, 1965
2. Дадашева Р.Б., Мамедов Ф.И. Определение и коррекции погрешности от типа станка-качалки при измерения усилий в полированном штоке глубинного насоса. М. Автоматизация и современные технологии. 1999. 5-9 с.

TO THE QUESTION OF DETERMINING ERRORS IN THE FORMATORS OF PHYSICAL VALUES TAKEN IN THE OIL INDUSTRY

Gulieva A.I, Djamalxanova I.S.

Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

quliyeva.aide.57@mail.ru

Key words: converter, pumping unit, error, submersible pump, balancer, deformation.

Summary.In the abstract is researched the question of determining the dynamic error of converters of physical quantities. The measurement of the error is given dependence from types of the pumping unit over an oil well. The necessity of research of converters based on to obtain reliable information about the operating mode of oil well.

NEFT SƏNAYESİNDƏ KEÇİRİLMİŞ FİZİKİ DƏYƏRLƏRİN BİLDİRİCİLƏRİNDƏ XATALARIN TƏYİN EDİLMƏSİNİN DAİR

Quliyeva A.I., Camalxanova İ.S.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

Açar sözlər: çevirici, mancanaq dəzgahı, xəta, dərinlik nasosu, balansir, deformasiya.

Xülasə. Tezisdə fiziki kəmiyyətlərin çeviricilərinin dinamiki xətasının müəyyənləşdirilməsi məsələsinə baxılır. Neft quyusunun mancanaq dəzgahının tiplərindən asılılığının xətası ölçülmüşdür. Neft quyularının iş rejimi haqqında etibarlı məlumat əldə etmək üçün çeviricilərin öyrənilməsi zəruriliyinə baxılmışdır.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСКЛАДКИ СМЕСИ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕКАЧКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Прахова М. Ю., Краснов А.Н.
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия
ufa-znanie@mail.ru, prakhovamarina@yandex.ru

Ключевые слова: последовательная перекачка, прямое контактирование, раскладка смеси, плотность, запас качества.

Резюме. Последовательная перекачка методом прямого контактирования является основным способ транспорта небольших партий нефтепродуктов по магистральным трубопроводам. В процессе перекачки неизбежно происходит образование смеси следующих друг за другом продуктов. Для уменьшения потерь из-за смесеобразования нефтепродукты перекачивают в определенной последовательности, а в резервуарных парках распределяют в смесевые резервуары и затем добавляют в товарный продукт при наличии у него запаса качества. Предлагается автоматизировать процесс раскладки смеси.

Светлые нефтепродукты, как правило, транспортируются по магистральным трубопроводам методом последовательной перекачки (с прямым контактированием), т.е. транспортируемые продукты закачивают в трубопровод последовательно, один за другим.

Сущность последовательной перекачки прямым контактированием состоит в том, что разносортные нефтепродукты, объединенные в отдельные партии по нескольку тысяч или десятков тысяч тонн каждая, закачивают в трубопровод последовательно, одна за другой, и транспортируют так до самого потребителя. При этом каждая партия вытесняет предыдущую и в свою очередь вытесняется последующей. На конечном пункте партии разносортных нефтепродуктов принимают в отдельные резервуары.

Последовательная перекачка нефтепродуктов осуществляется циклами. Циклом при последовательной перекачке называют промежуток времени, в течение которого через данное сечение трубопровода (ТП) пройдет весь ряд последовательно перекачиваемых нефтепродуктов. Каждый цикл состоит из нескольких партий нефтепродуктов, выстроенных в определенной последовательности. При этом порядок следования выбирается таким, чтобы каждый нефтепродукт контактировал с двумя другими, наиболее близкими к нему по своим свойствам, т.к. в процессе перекачки неизбежно происходит смешивание контактирующих

продуктов [1].

В трубопровод, по которому перекачивается нефтепродукт А, в некоторый момент времени начинают закачивать другой продукт Б. Нефтепродукт Б, вклиниваясь в продукт А, постепенно вытесняет его из трубы и через некоторое время целиком заполнит ТП.

На нефтеперекачивающих станциях (НПС) ПАО «Транснефть» при последовательной перекачке бензинов и дизельных топлив, как правило, в одну группу партий объединяют различные сорта бензинов, а в другую – различные сорта дизельных топлив, причем внутри каждой группы также соблюдают строго определенную последовательность нефтепродуктов. Это необходимо для того, чтобы как можно больше снизить вероятность ухудшения качества транспортируемых топлив за счет смешивания друг с другом.

Основным недостатком технологии последовательной перекачки методом прямого контактирования является образование смеси в зоне контакта нефтепродуктов, свойства которой не позволяют использовать её в качестве какого-либо из перекачиваемых топлив.

На практике этот вопрос решается подмешиванием части либо всей смеси в перекачиваемые нефтепродукты в объемах, не нарушающих товарных свойств последних. Такой процесс получил название «Раскладка смеси». Для организации раскладки смеси необходимо знать её объем, допустимую концентрацию нефтепродуктов и ряд других параметров.

Смесь нефтепродуктов неоднородна по своему составу. Концентрация каждого нефтепродукта изменяется в ней от 99 до 1 %. График изменения концентрации вытесняющего нефтепродукта в смеси перед раскладкой в пункте приема показан на рис. 1. Вблизи левой границы смеси в большей степени представляет собой нефтепродукт Б, а нефтепродукт А содержится в ней только в виде примеси. Вблизи правой части границы смеси последняя является почти чистым нефтепродуктом А, а нефтепродукт Б содержится в ней в виде небольшой примеси. И только центральная часть смеси является истинной частью смеси [1]. Таким образом, важен не столько объем смеси, сколько количество нефтепродукта, содержащегося в ней в качестве примеси.

Движение партий нефтепродукта в трубопроводе контролируют при помощи так называемого «цветного графика». Цветной график представляет собой специальный комплекс диаграмм, на которых различными цветами отмечается положение партий нефтепродуктов в трубопроводе с некоторым шагом времени. Перемещение партий рассчитывают по калибровочным таблицам на основе данных о закачках и отборах нефтепродуктов.

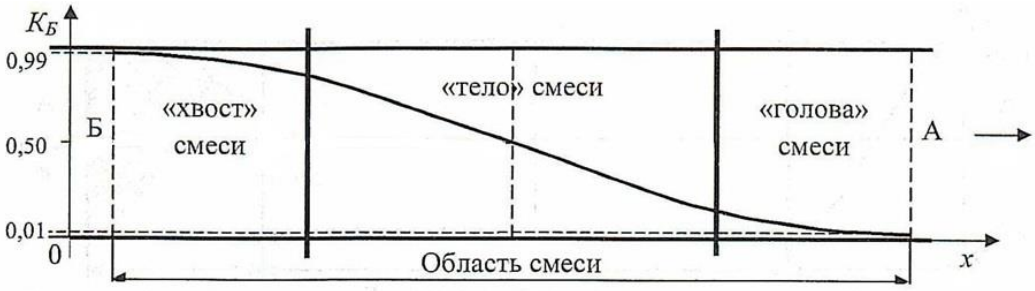


Рис. 1. График распределения концентрации вытесняющего нефтепродукта в смеси

Рассмотрим в качестве примера последовательную перекачку партий бензина и дизельного топлива на некоторой условной НПС. Резервуарный парк этой станции имеет группу резервуаров для чистого бензина и чистого дизельного топлива, а также несколько резервуаров для смеси, например, три резервуара: № 1 для смеси с преобладанием бензина, №

2 для смеси с преобладанием дизельного топлива и № 3 – для некондиционной смеси.

«Голову» смеси, в которой концентрация бензина не ниже 85 %, сразу направляют в резервуары с бензином. «Хвост» смеси, в котором концентрация дизельного топлива также не ниже 85 %, сходу направляют в резервуары с дизельным топливом.

«Тело» смеси, нетоварный продукт, раскладывается на три части:

– первая часть с концентрацией бензина от 85 до 65 % направляется в резервуар № 1;

– вторая часть с концентрацией бензина и дизельного топлива от 65 до 50 % направляется в резервуар № 2;

- третья часть с концентрацией дизельного топлива от 85 до 65 % направляется в резервуар № 3.

По мере поступления чистых нефтепродуктов, в соответствии с имеющимися у них запасами качества, первую и третью части смеси добавляют в резервуары с качественными нефтепродуктами. Вторая часть (некондиционная смесь) направляется на ближайший нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) для дальнейшей переработки.

Определенное количество смеси добавляется в резервуары с чистыми нефтепродуктами. Это количество зависит от двух факторов: концентрации нефтепродуктов в смеси и показателей качества чистого нефтепродукта. Величина этих показателей нормируется. Если чистый нефтепродукт по основным показателям не строго соответствует требованиям, то считается, что он имеет запас качества и может допустить примесь другого нефтепродукта в определенных объемах без ухудшения его товарных свойств. Основным показателем качества при контакте бензин-бензин является детонационная стойкость (октановое число), при контакте бензина и дизельного топлива – температура конца кипения, при контакте дизельного топлива с дизельным топливом – содержание серы, при контакте дизельного топлива с бензином – температура вспышки [2]. Например, если для конкретного бензина температура конца кипения ниже нормативной (требуемой для обеспечения товарных свойств), то считается, что такой бензин имеет запас качества по данному показателю. Тогда к нему можно добавить примесь более тяжелого нефтепродукта (что повысит температуру конца кипения) в объеме, при котором концентрация примеси не превысит допустимую.

Для расчета предельно допустимой концентрации $\theta_д$ примеси одного нефтепродукта в другом используются специальные формулы [1].

Фактические характеристики нефтепродуктов, вырабатываемых на НПЗ, являются случайными величинами. Поэтому расчетные значения $\theta_д$ для каждой конкретной партии нефтепродуктов являются различными и определяются по результатам лабораторных анализов.

В тех случаях, когда запас качества «чистых» нефтепродуктов незначителен или отсутствует, вся смесь принимается в отдельный резервуар. Впоследствии, если имеется возможность, смесь переводится в нефтепродукт более низкого сорта или подвергается «исправлению», а затем реализуется. Методика «исправления» смеси заключается в доведении ее основных показателей до показателей какого-либо известного нефтепродукта, отвечающего основным требованиям государственного стандарта.

Основным способом «исправления» качества нефтепродуктов, частично утерянного при последовательной перекачке, является их смешение с нефтепродуктом того же типа, но имеющим запас качества [3].

Недостатком существующего способа раскладки смеси по резервуарам является недостаточная оперативность, т.к. эта операция осуществляется практически вручную с

помощью уже упоминавшегося «цветного графика».

Для автоматизации процесса раскладки необходим мониторинг значений концентрации примеси одного продукта в другом в режиме реального времени. Концентрация влияет на некоторые физико-химические свойства нефтепродуктов, например, такие как плотность, вязкость и др.

При этом многие свойства нефтепродуктов при смешении подчиняются закону аддитивности (пропорционального сложения). К ним относится плотность, октановое число, содержание механических примесей и воды, йодное число, теплота сгорания, зольность, кислотность, содержание фактических смол и ряд других. Такие показатели качества $X_{см}$, получаемые при смешении нефтепродукта А с нефтепродуктом Б, могут быть рассчитаны по формуле [1]:

$$X_{см} = X_А * K_А + X_Б * K_Б, \quad (1)$$

где $X_А, X_Б$ – показатель качества «чистого» нефтепродукта А и Б соответственно;

$K_А, K_Б$ – объемные концентрации в смеси чистых нефтепродуктов А и Б соответственно (объем примеси, отнесенный к объему смеси $V_п/V_{см}$), при этом

$K_Б + K_А = 1$.

Кинематическая вязкость, температура вспышки и ряд других показателей качества нефтепродуктов закону аддитивности не подчиняются, и оценить их можно по определенным зависимостям.

Отсюда следует, что оптимальным свойством, мониторинг которого позволит определять концентрацию примеси в режиме реального времени, является плотность.

При известных плотностях смеси и чистых нефтепродуктов, образующих смесь, концентрация примеси:

$$K_п = \frac{\rho_{см} - \rho_ч}{\rho_п - \rho_ч}, \quad (2)$$

где $\rho_{см}$, $\rho_ч$, $\rho_п$ – плотность смеси, «чистого» нефтепродукта и примеси соответственно, кг/м^3.

Объем примеси в смеси при этом равен:

$$V_п = K_п * V_{см}. \quad (3)$$

Тогда при смешении смеси и «чистого», имеющего запас качества, нефтепродукта в объеме $V_ч$ концентрация примеси в новой смеси должна удовлетворять условию [1]:

$$\frac{K_п * V_{см}}{V_ч + V_{см}} \le \theta_п, \quad (4)$$

где $\theta_п$ – предельно допустимая концентрация примеси в новой смеси.

Для «исправления» смеси при заданном объеме «чистого» нефтепродукта неравенство (4) решается относительно допустимого объема подкачиваемой некондиционной смеси:

$$V_{см} \le V_ч \frac{\theta_п}{K_п - \theta_п}, \quad (5)$$

а при известном объеме некондиционной смеси – относительно необходимого объема нефтепродукта с запасом качества:

$$V_ч \ge V_{см}\left(\frac{K_п}{\theta_п} - 1\right). \quad (6)$$

Измерение плотности можно проводить любым плотномером, например, вибрационным плотномером «ПлотМ».

Таким образом, измерение значений плотности продукта на входе НПС в реальном масштабе времени позволяет автоматизировать процесс раскладки, который фактически будет сведен к несложному алгоритму (рис.2): расчет концентрации примеси в продукте по его плотности → выбор резервуара с товарным продуктом или смесевого → оценка запаса качества в товарном резервуаре → расчет объема смеси, которую можно в него добавить → открытие/закрытие запорной арматуры и включение/отключение насосов внутристанционной перекачки для закачки рассчитанного объема.

Рис.2. Алгоритм автоматизации процесса раскладки смеси по резервуарам

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршак, А.А. Расчет магистрального нефтепродуктопровода. – Уфа: ДизайнПолиграф – Сервис, 2008. – 80 с.

2. Прахова, М. Ю., Краснов, А.Н., Хорошавина, Е.А., Емец, С.В. Системы автоматизации в нефтяной промышленности. – М: Инфра-Инженерия, 2019. 304 с.

3. Oil and Refined Products, Petroleum 101 / J. Richard Moore // NCSL. 7—22—2011.

NEFT MƏMULATLARIN ARDICIL NƏQL EDİLMƏSİ ZAMANI QARIŞIĞIN PAYLANMASININ AVTOMATLAŞDIRILMASI

Praxova M.Y., Krasnov A.N.

Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya

Açar sözlər: ardıcıl nasos, birbaşa əlaqə, qarışıq düzeni, sıxlıq, keyfiyyət həddi.

Birbaşa əlaqə üsulu ilə ardıcıl nasos magistral boru kəmərləri ilə kiçik miqdarda neft məhsullarının nəqlinin əsas metodudur. Pompalama prosesində bir-birinin ardınca məhsul qarışığının əmələ gəlməsi

qaçılmaz olur. Qarışıq əmələ gəlməsindən qaynaqlanan itkiləri azaltmaq üçün neft məhsulları müəyyən bir ardıcıllıqla pompalanır və çən təsərrüfatlarında qarışıq çənlərə paylanır və keyfiyyət ehtiyatı olduğu təqdirdə ticarət məhsula əlavə olunur. Qarışığın döşənməsi prosesinin avtomatlaşdırılması təklif olunur.

AUTOMATION OF MIXTURE UNLOADING FOR SEQUENTIAL OIL PRODUCTS TRANSFER

Prakhova M.Y., Krasnov A.N.

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Key words: sequential pumping, direct contact, mixture layout, density, quality margin

Sequential pumping by direct contact method is the main method of transporting small batches of oil products through main pipelines. In the process of pumping, the formation of a mixture of successive products inevitably occurs. To reduce losses due to mixture formation, oil products are pumped in a certain sequence, and in tank farms they are distributed into mixed tanks and then added to a commercial product if it has a quality reserve. It is proposed to automate the process of laying out the mixture.

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВИБРАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В СТЕНКАХ СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Чанчина В.Е. , Гапоненко С.О. , Кондратьев А.Е.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

veronika.zaharova.95@mail.ru; sogaponenko@yandex.ru; aekondr@mail.ru

Ключевые слова: надёжность, трубопровод, модальный анализ, собственные колебания.

Известно много способов технической диагностики магистральных, энергетических и технологических трубопроводов, одним из которых является метод колебаний. В объекте контроля возбуждаются вибрационные колебания и производится анализ их параметров в некотором удалении от точки возбуждения. Наиболее информативными являются обственные колебания, частота которых зависит от параметров объекта контроля. Одним из важных факторов внешнего воздействия на трубопровод может оказаться влияние различного грунта при бесканальной укладке: происходит изменение параметров собственных колебаний, что зачастую просто искажает результаты вибрационного контроля.

С целью повышения достоверности вибрационного контроля в работе предложен модальный анализ собственных колебаний стальных трубопроводов, на основе которого проведено исследование колебаний в программном комплексе ANSYS.

Параметры для расчёта

Для расчета было выбрано 2 стальные трубы с характеристиками: 180x4; 244,5x5,5. Параметры соответствуют требованиям ГОСТа 10704-91 [3].

По условиям моделирования трубопровод закреплен с двух сторон на расстоянии 0,22L, где L – длина трубопровода.

Расчетный трубопровод укладывается в траншею с наклонными стенками, заложение откоса 0,5 на плоское основание на глубине 2,5 м. Удельный вес грунта 16,7 кН/м3 и модуль деформации грунта 7 МПа.

Принципы математического моделирования воздействия внешней нагрузки на трубопроводы

Для построения математической модели произведено определение степени воздействия грунта на трубопровод вследствие вертикального и бокового давления грунта на стальной трубопровод [4,10].

На основании полученных данных определяется давление, кН/м2, оказываемое грунтом на трубопровод (1):

$$q = \frac{Q_{ЭКВ}}{D_H} \tag{1}$$

где $Q_{экв}$ - расчетная линейная приведенная эквивалентная нагрузка, кН/м.

Расчетная часть

Расчеты производились в универсальной программной системе конечно-элементного анализа ANSYS, которая является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов[1, 2, 5, 7, 9].

В качестве исходных данных принимались параметры стальных трубопроводов и двух типов грунтов, в частности, были выбраны две наиболее распространенные на территории России категории грунтов, представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Категории рассматриваемого грунта

Категория грунта	Наименование грунта	q, кН/м^3	
		180x4	244,5x5,5
Г-I	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	49,1409217	49,0901131
Г-VI	Глины тяжелые	59,0038113	58,9845425

Результаты расчетов частот собственных колебаний различных трубопроводов, без учета влияния грунта и с его учетом, представлены в таблице 2. В них показаны собственные частоты ν[Гц] (моды с 1 по 100) различных типоразмеров трубопроводов без воздействия грунта (графа«-») и под воздействием грунтов типа Г-I и Г-VI.

Таблица 2 - Полученные результаты собственных частот трубопровода

Мода	Трубопровод метровый					
	180x4			244,5x5,5		
	-	Г-I	Г-VI	-	Г-I	Г-VI
1	5	6	7	8	9	10
Частота, Гц						
1	145,88	145,85	145,85	106,14	106,11	106,11

2	394,1	393,93	393,9	301,58	301,42	301,39
…						
63	6444,5	6444,5	6444,5	5395,1	5394,9	5394,9
64	6468,5	6468,2	6468,2	5441,6	5441,4	5441,4
…						
99	8768,9	8768,9	8768,9	7191,7	7191,5	7191,5
100	8793,6	8793,6	8793,6	7232,9	7232,7	7232,7

Анализ полученных результатов показал, что частоты собственных колебаний свободных трубопроводов (без воздействия грунта) и заглубленных (с воздействием грунта) изменяются в сторону уменьшения значения частоты, при этом более плотный грунт оказывает большее влияние [6, 8].

Заключение

В работе был произведен модальный анализ собственных колебаний стальных трубопроводов, как без учета давления грунта, так и с учетом вертикального и бокового давления различных грунтов. Расчеты проводились в программном комплексе ANSYS.

В результате аналитических исследований влияния грунтов различного вида на изменение собственной частоты трубопроводов 2 типов, было определено, что грунт оказывает влияние на изменение частот собственных колебаний, при этом наименьшее значение частот достигается при укладке коммуникации в грунт типа Г-VI (глины тяжелые), что объясняется его вязкостью и пластичностью.

Список литературы

1. В.А. Бруяка, В. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А.Глазунова, И. Адеянов Инженерный анализ в ANSYS Workbench [Инженерный анализ в ANSYS Workbench]. Самара: СГТУ, 2010. 271. с.

2. В.В. Гриб [и др.]; под общ.ред. В.В. Гриба. Диагностические модели изменения технического состояния механических систем // Московский автомобильно-дорожный ин-т (Гос. технический ун-т). - Москва: МАДИ(ГТУ), 2007.

3. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. - Москва: Стандартинформ, 2007, 16

4. П.Д. Викулин Гидравлика и аэродинамика систем водоснабжения и водоотведения [Текст] : учебник для обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 "Строительство", 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств", 27.03.04 "Управление в технологических системах", 20.03.01 "Техносферная безопасность" (№ 06 от 29.08.2017 г.) / П. Д. Викулин, В. Б. Викулина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. - Москва: Изд-во МИСИ-МГТУ, 2018. - 386, [8] с.; ISBN 978-5-7264-1873-5: 150 экз.

5. Руководство по программе Ansys / CFX, версия 13.0 - 2010.

6. С.О. Гапоненко. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореферат дис. кандидата технических наук / Казан.гос. энергет. ун-т. Казань, 2017. – 22 с.

7. С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, №7-8, 2014, 123-129.

8. С.О. Гапоненко, А.А. Ибадов, А.Е. Кондратьев, А.Ф. Нигматулина. Математическое моделирование колебаний упругой оболочки при внешнем воздействии на примере трубопровода // Материалы IX Международной молодежной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи - 2018». В 3-х томах, Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 265-268.

9. С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета, №2(47), 2015, стр. 9-13.

10. Э.Х. Одельский, Гидравлический расчет трубопроводов разного назначения / Э.Х. Одельский. - М.: ЁЁ Медиа, 2013. - 476 с.

POLAD BORUNUN DIVARLARINDA ALÇAQ TEZLIKLI VIBRASIYA DIAQNOSTIK TITRƏMƏLƏRIN MODAL ANALIZI

Çançina V.Y. , Gaponenko S.O., Kondratyev A.Y.

Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan.Rusiya

Açar sözlər: etibarlılıq, boru kəməri, modal analiz, təbii titrəmələr.

Magistral, enerji və texnoloji boru kəmərlərinin texniki diaqnostikası üçün bir çox metod vardır ki, bunlardan biri də salınım metodudur. Titrəmə vibrasiyaları idarəetmə obyektində həyəcanlanır və parametrləri həyəcan nöqtəsindən bir qədər məsafədə təhlil olunur. Ən məlumatverici, tezliyi idarə olunan obyektin parametrlərindən asılı olan təbii salınımlardır.Boru kəməri üzərində xarici təsirlərin vacib amillərindən biri də kanalsız döşəmə zamanı müxtəlif torpaqların təsiri ola bilər: təbii titrəmələrin parametrləri dəyişir və bu da tez-tez vibrasiya nəzarətinin nəticələrini təhrif edir.Titrəməyə nəzarətin etibarlılığını artırmaq üçün polad boru kəmərlərinin təbii titrəmələrinin modal analizi təklif olunur ki, bunun əsasında ANSYS proqram paketindəki titrəmələrin tədqiqi aparılır.

MODAL ANALYSIS OF LOW-FREQUENCY VIBRATION-DIAGNOSTIC VIBRATIONS IN THE WALLS OF A STEEL PIPELINE

Chanchina V.Y., Gaponenko S.O., Kondratyev A.Y.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Rusia

Key words: reliability, pipeline, modal analysis, natural vibrations.

There are many methods of technical diagnostics of main, power and technological pipelines, one of which is the oscillation method. Vibrational vibrations are excited in the control object and their parameters are analyzed at some distance from the excitation point. The most informative are natural oscillations, the frequency of which depends on the parameters of the controlled object. One of the important factors of external influence on the pipeline may be the influence of various soils during channelless laying: there is a change in the parameters of natural vibrations, which often simply distorts the results of vibration control. In order to increase the reliability of vibration control, a modal

analysis of natural vibrations of steel pipelines is proposed, on the basis of which a study of vibrations in the ANSYS software package is carried out.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНЕРЦИАЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е.

Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

shakurova.rz@gmail.com

Ключевые слова: низкочастотные колебания, инерциальный резонатор, диагностика, спектр колебаний, обработка сигнала

В статье рассматриваются вопросы, связанные с технической диагностикой промысловых трубопроводов. Представлен способ возбуждения низкочастотных информационных колебаний в стенке трубопровода с помощью сил инерции. Приведена структурная схема разработанного устройства, реализующего предложенную методику. Для апробации методики экспериментальные исследования проводились на стеклопластиковой трубе размером 400x72x4 мм, а собственные частоты колебаний исследуемой трубы рассчитывались в программном пакете ANSYS. Приведены результаты экспериментальных исследований.

В целях обеспечения надежной и бесперебойной эксплуатации трубопроводов регулярно проводят оценку их технического состояния. Периодические проверки позволяют своевременно обнаружить и устранить неисправности, дефекты или коррозию, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации. Главными причинами высоких требований к надёжности и безопасной эксплуатации трубопроводов являются человеческие жертвы и большой финансовый и экологический ущерб в случае аварий, вызванных прорывом трубопровода, а также прекращение производственного процесса на продолжительный срок [1].

Оценка технического состояния трубопроводов подразумевает обследование трубопровода на наличие различного рода внутренних и наружных дефектов [2]. Для этого применяют методы ультразвуковой диагностики, теледиагностики и т.д. Однако данные методы имеют определенные недостатки. Одни позволяют производить диагностику только металлических трубопроводов, другие обладают слабой избирательностью, особенно при наличии большого количества различных коммуникаций, третьи сложны в реализации. Поэтому на практике для проведения полноценного обследования применяют сразу несколько наиболее подходящих методов, но такой подход усложняет процесс диагностирования и увеличивает его сроки и стоимость [3].

Для решения данной проблемы была разработана универсальная методика и устройство для поиска различных дефектов трубопроводов. Суть методики состоит в возбуждении диагностических низкочастотных вибрационных колебаний в стенке трубопровода с помощью инерциального резонатора с последующей регистрацией колебаний с помощью чувствительного элемента и анализом полученных спектров в разработанной в среде LabVIEW [4] программе «Condition monitoring system».

Избирательность контроля повышается из-за того, что возбуждается резонансная частота объекта контроля, что позволяет определять наличие дефектов более упрощенным

способом. Благодаря этому возможно диагностировать как металлические, так и неметаллические трубопроводы с высокой достоверностью.

Возбуждение колебаний осуществляется с помощью информационно-измерительного комплекса, схема которого представлена на рисунке 1.

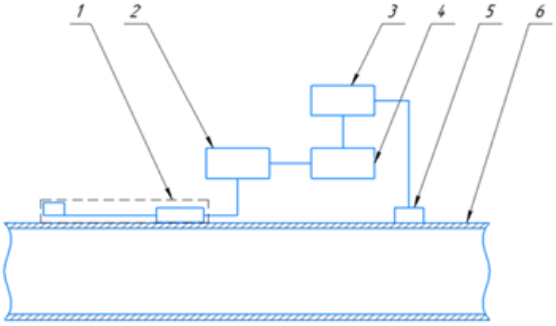


Рисунок 1 – Информационно-измерительный комплекс: 1 – инерциальный резонатор; 2 – регулятор частоты вращения; 3 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 4 – персональный компьютер; 5 – чувствительный элемент; 6 – трубопровод.

Основным элементом данного комплекса является инерциальный резонатор [5], позволяющий генерировать в стенке исследуемого объекта диагностические низкочастотные вибрационные колебания [6]. Информационно-измерительный комплекс работает следующим образом. На стенку трубопровода 6 устанавливают инерциальный резонатор 1 и чувствительный элемент 5. Из персонального компьютера 4 подаётся сигнал на регулятор частоты вращения 2, который приводит в действие инерциальный резонатор 1, состоящий из электропривода и закреплённого на его валу эксцентрика, при вращении которого возникают инерционные силы, реализующие вибрационное воздействие на стенки трубопровода 6. Чувствительный элемент 5 измеряет параметры колебаний стенок трубопровода, сигнал от него направляется через аналого-цифровой преобразователь 3 в персональный компьютер 4 для регистрации возбуждаемых инерциальным резонатором колебаний стенок трубопровода и дальнейшего анализа их параметров [7,8].

Для контроля вибрационного воздействия на исследуемый трубопровод, а также для сбора, хранения и обработки сигналов, поступающих с пьезоэлектрического датчика, в среде LabVIEW была разработана программа для ЭВМ «Condition monitoring system». На рисунке 2 представлена панель программы «Генерация», в которой можно контролировать и регулировать частоту вращения инерциального резонатора. На рисунке 3 представлена панель программы «Регистрация», в которой происходит регистрация сигналов с пьезоэлектрического датчика и преобразование этих сигналов в спектр колебаний.

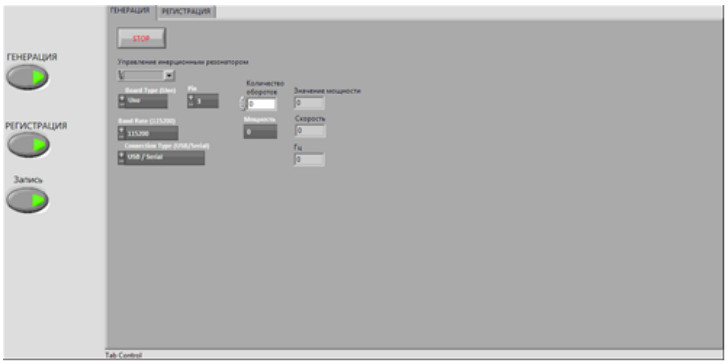


Рисунок 2 – Панель «Генерация».

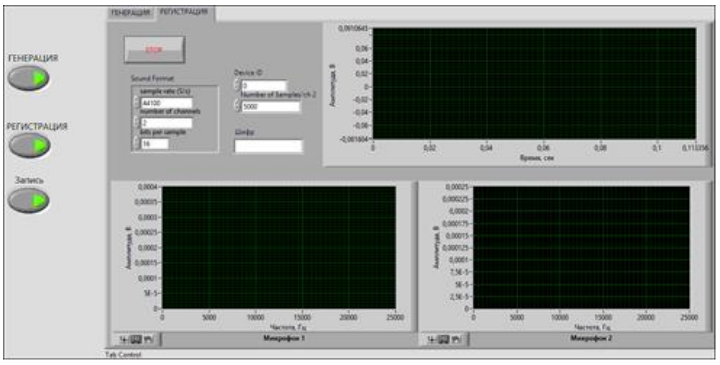


Рисунок 3 – Панель «Регистрация».

Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования проводились на стеклопластиковой бездефектной трубе. У исследуемого трубопровода размерами 400x72x4 имеются разные собственные частоты колебаний, найденные аналитически в программном комплексе ANSYS [9] с помощью модального анализа. Для проведения экспериментальных исследований была выбрана наиболее явная частота, равная 864 Гц, при которой наблюдалась максимальная амплитуда сигнала.

Для возбуждения колебаний использовался инерциальный резонатор. Для регистрации колебаний использовался пьезоэлектрический датчик, сигнал от которого поступал в персональный компьютер через аналого-цифровой преобразователь. Анализ и обработка колебаний производились в программе «Condition monitoring system» [10].

На рисунке 4 представлена фотография экспериментальной установки.

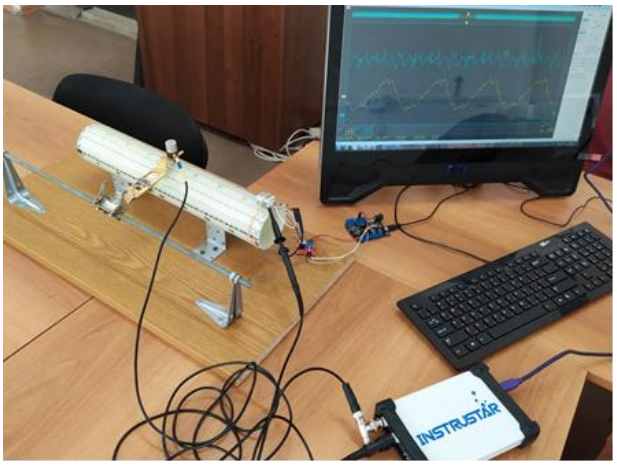


Рисунок 4 – Экспериментальная установка с трубой из стеклопластика.

Были проведены многократные экспериментальные измерения с изменением точек возбуждения и точек съема колебаний, в разных точках трубопровода, при соблюдении правила: расстояние между инерциальным резонатором и пьезодатчиком было одинаковым и равнялось длине волны генерируемого сигнала.

В процессе экспериментальных исследований генерировался опорный сигнал в 860 Гц, далее с помощью пьезоэлектрического датчика, расположенного на расстоянии, равном 1 длине волны, регистрировался выходной сигнал.

На рисунке 5 изображен спектр опорного сигнала колебаний стеклопластиковой трубы 400x72x4.

На спектре по оси ОХ показана частота сигнала в герцах (Гц), по оси ОУ амплитуда сигнала в вольтах (В).

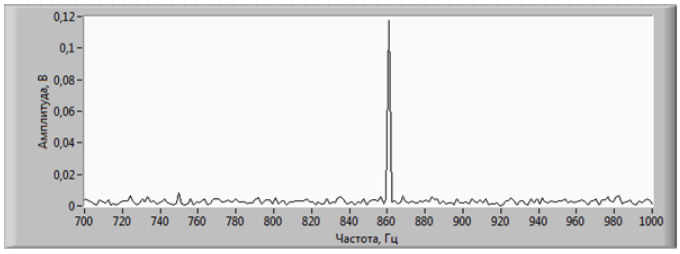


Рисунок 5 – Спектр опорного сигнала колебаний стеклопластиковой трубы.

На рисунке 6 изображен спектр выходного сигнала колебаний стеклопластиковой трубы, регистрируемого пьезодатчиком.

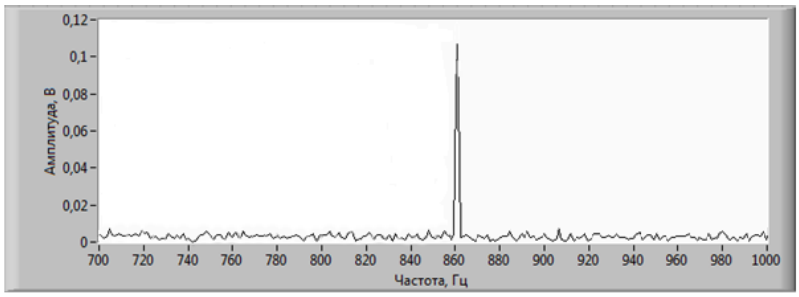


Рисунок 6 – Спектр выходного сигнала колебаний стеклопластиковой трубы.

Из спектров видно, что частоты опорного и выходного сигналов одинаковы, но при этом происходит диссипация колебательной энергии за счёт прохождения через стенку бездефектного трубопровода. Известно, что любое нарушение структуры материала (несплошность, трещина и пр.), характеризуемое как дефект, приводит к увеличению степени рассеивания колебательной энергии, соответственно выходной сигнал, регистрируемый пьезодатчиком, будет заметно слабее опорного, генерируемого инерциальным резонатором. По степени ослабления сигнала можно судить не только о наличии дефекта, но также и о его размерах.

Заключение

В работе была представлен метод инерциального возбуждения низкочастотных диагностических колебаний в стенке исследуемого трубопровода. Также представлен информационно-измерительный комплекс, разработанный для поиска наружных и внутренних дефектов в трубопроводе. Представлены результаты экспериментальных исследований на трубопроводе из стеклопластика размерами 400x72x4, которые показали, что амплитуда сигнала на бездефектном трубопроводе меняется незначительно. Происходит процесс нормального рассеивания колебательной энергии за счет её прохождения через твердое тело, однако, учитывая, что любой дефект является изменением структуры материала, соответственно коэффициент рассеивания колебательной энергии в месте дефекта будет больше, что приведет к ослаблению сигнала, регистрируемого пьезоэлектрическим датчиком.

Таким образом, по степени ослабления сигнала можно судить о наличии дефекта и о его размерах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гапоненко, С.О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореферат дис. кандидата технических наук / Казан. гос. энергет. ун-т. Казань, 2017. – 22 с.

2. Гапоненко С.О., Шакурова Р.З. Повышение эффективности энергетических систем и систем транспортировки энергоносителя с использованием методов математического моделирования // Материалы XXIV международной молодежной научной конференции «ТУПОЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ (школа молодых ученых)». – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2019.

3. Гапоненко С.О., Шакурова Р.З. Совершенствование методики контроля технического состояния оборудования энергетических систем и комплексов // Материалы XXIV международной молодежной научной конференции «ТУПОЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ (школа молодых ученых)». – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2019.

4. Кудрин А.В. Использование программной среды LabVIEW для автоматизации проведения физических экспериментов. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014.

5. Способ инерциального возбуждения механических колебаний в упругой оболочке // Патент России № 2705515 от 07.11.2019. / Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Шакурова Р.З.

6. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О. Повышение надёжности работы энергетических систем путем определения технического состояния трубопроводов // Материалы XIV Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения». – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019.

7. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О. Разработка надёжного и энергоэффективного способа диагностики технического состояния энергетического оборудования. // Материалы XIV Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых» - Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2019.

8. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О. Устройство для диагностики энергетического оборудования // Материалы V Всероссийской студенческой конференции «Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России». - Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2019.

9. ANSYS. Практическое руководство : учебное пособие / А. П. Евдокимов; Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области Технологический университет. – Королёв : МГОТУ, 2017. – 141 с.

10. Condition monitoring system // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019618374 от 01.07.2019. / Гапоненко С.О., Шакурова Р.З., Кондратьев А.Е., Тазитдинов Р.Р.

BORULARIN TEXNİKİ VƏZİYYƏTİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ ÜÇÜN ALÇAQ TEZLİKLİ DİAQNOSTİK TİTRƏMƏLƏRİN İNERSİAL TƏSİRLƏNMƏSİ ÜSULUNDAN İSTİFADƏ

Şakurova R.Z., Gaponenko S.O., Kondratyev A. Y.
shakurova.rz@gmail.com

Açar sözlər: aşağı tezlikli titrəmələr, atalet rezonator, diaqnostika, vibrasiya spektri, siqnal emalı

Məqalədə sahə boru kəmərlərinin texniki diaqnostikası ilə bağlı məsələlər müzakirə olunur. Boru kəməri divarında aşağı tezlikli informativ rəqslərin ətalət qüvvələri vasitəsi ilə həyəcanlandırılması texnikası təqdim olunur. Təklif olunan texnikanı həyata keçirən inkişaf etmiş cihazın blok diaqramı təqdim olunur. Texnikanı sınamaq üçün 400x72x4 mm ölçüləri olan bir fiberglas boruda eksperimental tədqiqatlar aparıldı; tədqiq olunan borunun təbii titrəmə tezlikləri ANSYS proqram paketində hesablandı. Eksperimental tədqiqatların nəticələri təqdim olunur.

APPLICATION OF THE METHOD OF INERTIAL EXCITATION OF LOW-FREQUENCY DIAGNOSTIC VIBRATIONS FOR ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF PIPELINES

Shakurova R.Z., Gaponenko S.O., Kondratev A. Y.
shakurova.rz@gmail.com

Key words: low-frequency vibrations, inertial resonator, diagnostics, vibration spectrum, signal processing

Summary. The article discusses issues related to technical diagnostics of field pipelines. The technique of excitation of low-frequency informative oscillations in the pipeline wall by means of inertial forces is presented. The block diagram of the developed device implementing the proposed technique is presented. To test the technique, experimental studies were carried out on a fiberglass pipe with dimensions of 400x72x4 mm, and the natural vibration frequencies of the pipe under study were calculated in the ANSYS software package. The results of experimental studies are presented.

МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЯДА ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

[1]Халитов Ф.Г., [2]Халитов К.Ф.
Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия
[*]Казанский федеральный университет, Казань, Россия
khalitovfar@mail.ru

Ключевые слова: дипольный момент, констант квадрупольного взаимодействия, основное и возбужденное состояния

На основе анализа экспериментальных данных, получаемых методами фотоэлектронной, микроволновой, ик- и якр - спектроскопии, предложена модель, позволяющая комплексно использовать соответствующие методы аналитического контроля для рядов веществ, содержащих элементы n, p, as, sb, bi.

Проведены корреляции и установлены зависимости между спектральными, структурными и электрическими характеристиками молекул на базе экспериментальных исследований методами фотоэлектронной (ФЭ), микроволновой (МВ), ИК- и ЯКР - спектроскопии для рассматриваемых рядов веществ [1-5].

Описана методика исследования закономерностей, между величинами физических характеристик, извлекаемых из структурных и спектральных методов, с одной стороны и электронными и структурными параметрами для рядов молекул $ЭX_3$ (Э=N, P, As, Sb; X= F, Cl, Br, I, OR, CH_3, C_6H_5) - с другой. Установлены количественные соотношения между характеристиками исследуемых веществ, определяемые различными аналитическими методами. Показано, что предложенная модель, повышающая информационную надежность контроля при использовании методов ФЭ-, МВ-, ИК-, ЯКР- спектроскопии, позволяет получить количественную информацию о величинах дипольных моментов исследуемых веществ в основном и возбужденном состояниях, интенсивностей полос в ИК-спектрах поглощения, констант квадрупольного взаимодействия.

Полученные данные использованы при изучении влияния природы заместителей в производных элементов N, P, As, Sb, Bi на величины энергий различных межмолекулярных взаимодействий.

На основе предложенных параметров разработана модель, объединяющая физические характеристики исследуемых веществ, а также позволяющая комплексно использовать соответствующие методы аналитического контроля для повышения информационной надежности получаемых данных при контроле свойств материалов, содержащих элементы пятой группы периодической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Халитов Ф.Г., Халитов К.Ф. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 95. С. 184- 203. http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/56.pdf .
2. Халитов Ф.Г, Халитов К.Ф. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. №99. С. 137 - 148. http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/18.pdf
3. Khalitov K.F., Novikov V.F., Khalitov F.G. Russian Journal of General Chemistry, 2016, Vol. 86, No. 10, pp. 2288–2294.
4. Халитов К.Ф. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 9 - 10. С. 138 - 144.
5. Халитов К.Ф., Новиков В.Ф. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т.20. № 1 - 2. С. 122 - 127.

ANALYTICAL CONTROL METHOD BASED ON INTEGRATED USE OF A NUMBER OF PHYSICAL METHODS

[1]Khalitov F.G., [2]Khalitov K.F.*

[1]Kazan State Energy University, Kazan, Russia

[2] Kazan Federal University, Kazan, Russia

khalitovfar@mail.ru

Keywords: dipole moment, quadrupole coupling constant, band intensities in IR absorption spectra, ground and excited states.

Based on the analysis of experimental data obtained by the methods of photoelectron, microwave, IR- and NQR- spectroscopy, a model has been proposed that makes it possible to comprehensively use the appropriate analytical control methods for a series of substances containing the elements N, P, As, Sb, Bi

BIR SIRA FIZIKI METODLARIN INTEQRASIYA OLUNMUŞ ISTIFADƏSINƏ ƏSASLANAN ANALITIK NƏZARƏT METODU

[1]Xalitov F.Q, [2]Xalitov K.F.

[1]Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya

Kazan Federal Universiteti, Kazan, Rusiya

Açar sözlər: dipol momenti, dördqatlı birləşmə sabitliyi, İQ udma spektrlərindəki zolaq intensivliyi, zəmin və həyəcanlı hallar.

Fotoelektron, mikrodalğalı, IR və NQR-spektroskopiya metodları ilə əldə edilmiş eksperimental məlumatların təhlilinə əsasən N elementləri olan bir sıra maddələr üçün uyğun analitik nəzarət metodlarından hərtərəfli istifadə edilməsini mümkün edən bir model təklif edilmişdir. P, As, Sb, Bi

VII BÖLMƏ
ENERGETİKADA İQTİSADİYYAT VƏ İDARƏETMƏ
VII СЕКЦИЯ
ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ В ЭНЕРГЕТИКЕ
VII SECTION
ECONOMICS AND MANAGEMENT IN ENERGY

GÜNƏŞ ENERJİSİNDƏN İSTİFADƏ

Aşurova N.D.,Əhmədova R.R., Hüseynova A.E.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Somqayıt, Azərbaycan
nargiz.ashurova.1976@mail.ru

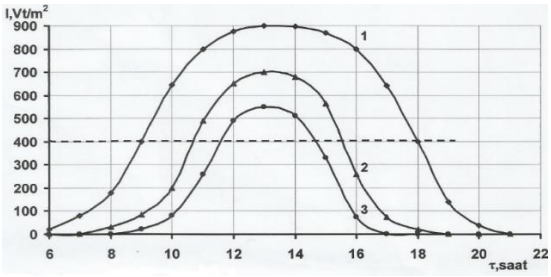
Açar sözlər: günəş enerjisi, elektroenerji, günəş kollektoru, fotoelektrik qurğusu.

Təqdim olunan məqalədə Azərbaycanın günəş enerjisindən istifadə olunmasının perspektivləri göstərilmişdir. Hesablamalar nəticəsində Azərbaycan ərazisi üzrə günəş enerjisinin paylanması atmosfer şəraitindən asılı olaraq öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Naxçıvan MR ərazisində fotoelektrik qurğusunun illik xüsusi elektroenerji hasilatı 246 kVt·saat/m^2, Kür-Abşeron ərazisi üzrə isə 230 kVt·saat/m^2 təşkil edir. Ərazinin hər kvadrat metrinə düşən illik enerji miqdarı 2200-2600 kVt· saat (Naxçıvan) və 1900-2200 kVt·saat (Kür-Abşeron) təşkil edir.

Əldə olunan statistik və təcrübi məlumatların araşdırılması göstərir ki, Azərbaycanın əlverişli ərazilərində günəş enerjisindən istifadə olunması iqtisadi cəhətdən çox səmərəlidir. Azərbaycan ərazisndə günəşli saatların miqdarı 2400÷3200 saatdır. Bir il ərzində hər kvadrat metr yer səthinə düşən günəş enerjisinin miqdarı 1500-2000 kVt·saat/m^2 [1].

Ərazimizdə böyük ehtiyata malik xammal yataqları (silisium) olduğunu da nəzərə alsaq, demək olar ki, yaxın gələcəkdə fotoelementlərin istehsalını da həyata keçirmək mümükündür.

AMEA-nın Fizika İnstitutunda 70-ci illərdən başlayaraq günəş fotoelementlərinin sadə və mürəkkəb yarımkeçiricilər əsasında hazırlanmış texnologiyaları yaradılmış və 30 müəlliflik şəhadətnaməsi alınmışdır. Həmin nəticələr 1975-80-cı illərdə təcrübi sınaqdan keçmişdir (Sumqayıt-Qaradağ qaz kəməri: suyun elektroliz üsulu ilə parçalanmasında, kiçik güclü qəbuledicilərin qidalanmasında) [3].

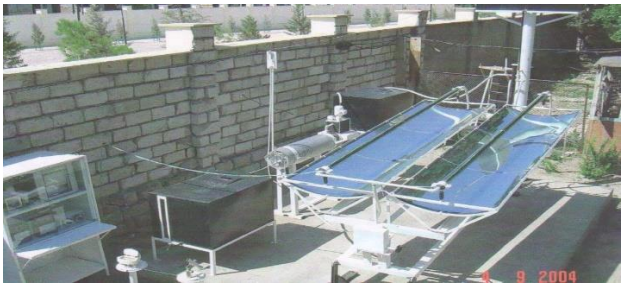


Şəkil. Abşeron yarıadasında müxtəlif mövsümlər üçün günəş şüaları seli sıxlığının orta qiymətinin gün ərzində zamandan asılı olaraq dəyişmə əyriləri, 1-yay mövsümü üçün; 2-yaz və payız mövsümləri üçün; 3-qış mövsümü üçün.

Əldə olunan hesablamalar nəticəsində Azərbaycan ərazisi üzrə günəş enerjisinin paylanması atmosfer şəraitindən asılı olaraq öyrənilmişdir. Həmin nəticələr əsasında iki ərazi- Naxçıvan MR və Kür-Abşeron seçilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Naxçıvan MR ərazisində fotoelektrik qurğusunun illik xüsusi elektroenerji hasilatı 246 kVt·saat/m^2, Kür-Abşeron ərazisi üzrə isə 230 kVt·saat/m^2, günəşli saatların miqdarı isə bir ildə 3200 saat (Naxçıvan) və 2500 saatdır (Kür-Abşeron). Ərazinin hər kvadrat metrinə düşən illik enerji miqdarı 2200-2600 kVt· saat (Naxçıvan) və 1900-2200 kVt·saat (Kür-Abşeron) təşkil edir.

AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunun tədqiqatları nəticəsində günəş enerjisindən istifadə sahəsində bir sıra layihələrin prinsipial sxemləri və numunələri təklif olunur. Buna əyani sübut kimi sözügedən institutun elmi işçisi texnika elmləri namizədi Fuad Məmmədovun hazırladığı günəş kollektoru və digər günəş energetik qurğularını göstərmək olar [2].

Şəkil . Yastı günəş kollektorunun (su qızdırıcı) əyani görünüşü



Şəkil . Parabolosilindirik konsentratorlu günəş energetik qurğusunun əyani görünüşü.

Günəş enerjisindən istifadə sahəsində daha geniş imkanlara malik olan və iqtisadi cəhətdən səmərəli hesab olunan yaşayış və inzibati binaların qızdırılması və isti su təchizatına imkan verən qurğulardır. İnkişaf etmiş xarici ölkələrdə məhz bu texnologiya geniş vüsət tapmışdır. Azərbaycanda da bu texnologiyadan istifadə etməklə kifayət dərəcədə iqtisadi səmərə əldə etmək mümkündür [4].

ƏDƏBİYYAT

1. AMEA Azərbaycan Respublikasında Alternativ enerji mənbələrindən istifadənin inkişafı perspektivləri. Bakı, 2004, №1, səh.43.
2. Abbasov M.A. Əsrimizin qlobal ekoloji problemləri! Bakı: Elm, 2006, 125 s.

3. Əmirov S.Q.,Abdullayeva M.Y. Külək və günəş enerjisindən istifadə ilə təbii ehtiyatlara qənaət. Dərs vəsaiti. Bakı: ADNSU nəşriy., 2016, 142 s.
4. Məmmədov F.F. Azərbaycanda günəş enerjisindən istifadə və müasir günəş energetik qurğuları.- Bakı: Proqres, 2011, 120 s.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Ашурова Н.Д., Ахмедова Р.Р., Гусейнова А.Е.
Сумгаитский государственный Университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: солнечная энергия, электричество, солнечный коллектор, фотоэлектрические устройства.

В представленной статье показаны перспективы использования солнечной энергии в Азербайджане. В результате расчетов было изучено распределение солнечной энергии на территории Азербайджана в зависимости от атмосферных условий. Было определено, что годовая удельная выработка электроэнергии фотоэлектрической электростанцией на территории Нахичеванской АР составляет 246 кВт·ч / м^2, а на территории Кур-Абшерон - 230 кВт·ч / м^2. Годовое количество энергии на квадратный метр площади составляет 2200-2600 кВт·ч (Нахичевань) и 1900-2200 кВт·ч (Кур-Абшерон).

USE OF SOLAR ENERGY

Ashurova N.D., Ahmedova R.R., Huseynova A.E.
Sumgait State University, Sumgayit, Azerbaijan

Keywords: solar energy, electricity, solar collector, photovoltaic device.

The presented article shows the prospects of Azerbaijan's use of solar energy. As a result of the calculations, the distribution of solar energy in the territory of Azerbaijan was studied depending on the atmospheric conditions. It was determined that the annual specific electricity production of the photovoltaic plant in the territory of Nakhchivan AR is 246 kW • h / m2, and in the territory of Kur-Absheron - 230 kW • h / m2. The annual amount of energy per square meter of the area is 2200-2600 kWh (Nakhchivan) and 1900-2200 kWh (Kur-Absheron).

ENERJİ TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİNATI PROBLEMİ VƏ ENERJİ SEKTORUNUN AZƏRBAYCAN İQTİSADİYYATININ İNKİŞAFINA TƏSİRİ

Bədəlov Ə.M. , Fərəczadə R.M.
Lənkəran Dövlət Universiteti, Lənkəran, Azərbaycan
fereczade.r@mail.ru

Açar sözlər: enerji, enerji təhlükəsizliyi, enerji təminatı, enerji səmərəliliyi, enerji asılılığı, enerji resursları, energetika sektoru

Məqalədə enerji təhlükəsizliyinin təminatı probleminə toxunulmuş və enerji sektorunun Azərbaycan iqtisadiyyatına müsbət təsiri əsaslandırılmışdır. Məqalədə göstərilmişdir ki, Azərbaycanın iqtisadi təhlükəsizliyinin əsas elementlərindən olan enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi ilə əlaqədar

görülən tədbirlər ölkənin elektrik enerjisi ixracatçısı kimi də potensialını gücləndirib. Məqalədə enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasının əsas prinsipləri göstərilmiş və enerji resursları ilə təminatlılığın hesablanması qaydası verilmişdir. Məqalədə həmçinin enerji səmərəliliyinin ölkəmizdə enerji artmında optimal varianta çevrilməsi, enerjinin istehsalı, ötürülməsi, paylanması və istehlakında səmərəliliyə nail olunması təhlil edilmişdir.

Müasir iqtisadi şəraidə dünya ölkələrinin iqtisadiyyatında enerji təminatı və onun təhkükəsizliyi xüsusi çəkiyə malikdir. Bu baxımdan ölkəmizdə enerji təminatı və ölkə səviyyəsində enerji təhlükəsizliyinin təminatı siyasətinə baxılması, araşdırılması və təkmilləşdirilməsi aktual məsələlərdən hesab edilir.

Enerji resurslarından səmərəli istifadə sahəsində dövlət fəaliyyətinin məqsədyönlü təşkili və kordinasiyası üçün ümumdövlət, yerli və digər proqramlar işlənib hazırlanır və nəticədə qəbul edilir [1]. Enerji faktoru dünya ölkələrin enerji təhlükəsizliyinin təminatı problemini XXI əsrin əsas qlobal çağırışlarından birinə çevirmişdir. Ölkələrdə enerji təhlükəsizliyi probleminin əsasını enerji təminatına çoxşaxəli yanaşmanı, bu sektorda səmərəli istifadə və idarəçiliyin təmin olunmasını əhatə edir. Bu konstektdən də enerji sektorunda yüksək keyfiyyətli idarəetmənin təmini Azərbaycan dövlətinin strateji hədəfidir.

Son illərdə enerjiyə tələbatın artması, bu tələbatın qarşılanması mövcud imkanlarla çox çətindir və buradakı əsas problem enerji resurslarının dünyada qeyri-bərabər yerləşməsidir. Dünyada məlum neft və təbii qaz resurslarının təqribən 80 faizi Avroasiya regionunda yerləşmişdir. Qərbi Avropa, ABŞ və Çinin 2025-ci ildə 70 faiz neft idxalından asılı olacaqları bildirilir. Fikrimizi əsaslandırıb belə qeyd edə bilərik ki, bu ölkələr Yaxın Şərq, Rusiya və Xəzər regionundan asılı olacaqlar (ölkəmiz Cənubi Qafqaz və Xəzər hövzəsinin elektrik enerjisi ixrac edən əsas dövlətlərindən birinə çevrilmişdir). Odur ki, Çin, Hindistan, İndoneziya kimi ölkələr mühüm neft və təbii qaz boru kəmərləri ilə bağlı layihələrin çəkilməsi üçün əsaslı işlər görürlər. Asiya ölkələri neft istehlakının 85 faizini əsasən Bəsrə körfəzindən əldə edir. Digər tərəfdən artan beynəlxalq siyasi gərginliklər, xüsusilə Yaxın Şərqdə baş verən hadisələr və bu kimi amillər də enerjiyə olan tələbata və onun qiymətinə böyük təsir göstərməkdədir. Bu istiqamətdə ölkəmiz üçün çox böyük əhəmiyyət daşıyan energetika sahəsinin gələcək inkişafı prioritet məsələlərdən hesab edilir.

Azərbaycanın iqtisadi təhlükəsizliyinin ən vacib elementlərindən olan enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi baxımından görülən işlər bu sahədə elektrik enerjisi ixrac edən ölkə kimi də onun imkanlarını gücləndirmişdir. Enerji təhlükəsizliyi ölkə üçün mövcud iqtisadi şərait tələbində vətəndaşın, cəmiyyətin və dövlətin mühüm "enerji maraqlarının" daxili və xarici təhlükələrdən müdafiəsi vəziyyətidir. Ona həmçinin enerji və yanacaq təchizatının stabilliyinin pozulması təhlükələrindən mühafizəsi kimi də baxmaq olar.

Ölkəmizdə enerji siyasətinin əsas vəzifələrindən biri yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi ölkənin Cənubi Qafqaz və Xəzər hövzəsinin elektrik enerjisi ixrac edən əsas dövlətlərindən birinə çevrilməsidir. Hazırda Azərbaycanın elektrik enerjisi sisteminin xarici ölkələrə əsas bağlantıları - Rusiya, Gürcüstan, Türkiyə və İran vasitəsilə həyata keçirilir.

Bu ölkələrlə enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasının əsas prinsipləri aşağıdakılardır:

- strateji obyektlərin enerji ilə etibarlı təmin olunması;
- sərf edilmiş yanacaq ehtiyatlarının yerinin doldurulması;
- yanacağın və enerji növlərinin diversifikasiyası (şaxələndirilməsi);
- ekoloji tələblərin nəzərə alınması;
- enerji ehtiyatlarından səmərəsiz istifadənin qarşısının alınması;

- daxili və xarici bazarlarda enerji ehtiyatlarının səmərəli fəaliyyəti və ixrac potensialını genişləndirmək üçün azad iqtisadi şəraitin yaradılması və s.

Enerji təhlükəsizliyi məsələsi həm əməkdaşlıq etdiyimiz ölkələrlə yanaşı respublikamızın da iqtisadi təhlükəsizliyinin əsas prioritetləri sırasındadır. İqtisadi mahiyyət kəsb etdiyindən, o ölçülə bilinəndir. Enerji təhlükəsizliyinin təhlilində ölkənin enerji resursları ilə təminatlılığı əsas göstərici kimi göstərilir. Enerji resursları ilə təminatlılıq aşağıdakı düstur vasitəsi ilə hesablanır:

$$E_{rt} = E_{is} : E_{ik}$$

Burada: E_{rt}-enerji resursları ilə təminatlılıq əmsalı;

E_{is}-ölkədə enerji istehsalı;

E_{ik}-ölkədə enerji istehlakı.

Əgər ölkədə enerji resursları ilə təminatlılıq əmsalı vahiddən yüksəkdirsə ölkənin enerji təhlükəsizliyi bərqərar olunmuş hesab edilir. Vahiddən kiçik konfiqurasiyalar disbalanslılıq vəziyyətindən xəbər verir. Lakin bu təyinat da ideal hesab edilməməlidir.

Azərbaycanda enerji resursları ilə təminatlılıq əmsalı ümumən vahiddən böyükdür. Bu fakttorla yanaşı istehlak dolğunluğu və perspektivliyini daha optimal təmin etmək üçün respublikada əlavə işlər görməyə ehtiyac vardır. Bu baxımdan qeyd edilməlidir ki, ölkəmiz özünün enerji təhlükəsizliyinin təminatında, iqtisadiyyatının yaşanmasında müvafiq enerji strategiyası işləməli və ardıcıl reallaşdırmalıdır. Milli enerji müstəqilliyini dolğunlaşdırmaq və enerji təhlükəsizliyini daha təminatlı etmək üçün bazar iqtisadiyyatı ölkələrində olduğu kimi, Azərbaycanda da enerji strategiyasının hazırlanması və tətbiqi vacibdir.

Azərbaycanın elektrik enerjisi sahəsinin daha da dayanaqlı və maliyyə müstəqilliyi geniş islahatlar tələb edir. Avropa Yenidənqurma və İnkişaf Bankının texniki dəstəyi ilə "bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəyə tənzimləmə dəstəyi" layihəsinin həyata keçirilməsi istiqamətində respublikamızda əməli işlər həyata keçirilir.

Azərbaycan Respublikası özünün dövlət müstəqilliyini bərpa etdikdən sonra respublikanın təbii ehtiyatlarından xalqın rifahının yaxşılaşdırılması və iqtisadiyyatın yüksəlişi naminə səmərəli istifadə daha böyük əhəmiyyətə malik olmuşdur [2]. "Azərbaycan Respublikasının yanacaq enerji kompleksinin inkişafı (2005-2015-ci illər) üzrə Dövlət Proqramı" və "Azərbaycan Respublikasında elektrik enerjisi təminatının yaxşılaşdırılması ilə bağlı əlavə tədbirlər" haqqında ölkə rəhbərinin sərəncamı ölkənin hər bir yaşayış məntəqəsinin və istehsal obyektlərinin fasiləsiz və etibarlı enerjiyə çıxışı, enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi, yeni enerji mənbələrinin yaradılması istiqamətində dönüş yaradan addımlar olmuşdur.

Azərbaycanın inkişafını, əhali artımını, sənayeləşmə prosesini nəzərə almaqla Azərbaycanın 2030-ci ilədək olan müddət üzrə elektrik enerjisinə tələbatı proqnozlaşdırılıb. Respublikanın elektrik enerjisinə artacaq tələbatının öyrənilməsi zamanı son illər beynəlxalq şirkətlər və ölkə mütəxəssisləri tərəfindən aparılmış tədqiqatlar nəzərə alınmışdır.

Ölkə başçısının 06.12.2016-cı il tarixində 1138 nömrəli Fərmanı ilə təsdiq edilmiş "Azərbaycan Respublikasında kommunal xidmətlərin (elektrik və istilik enerjisi, su və qaz) inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi"ndə 2018-2020-ci illərdə külək enerjisi üzrə 350 MVt, günəş enerjisi üzrə 50 MVt və bioenerji üzrə 20 MVt olmaqla alternativ enerji mənbələri üzrə 420 MVt yeni və müasir generasiya gücünün istifadəyə verilməsi hədəf olaraq qərarlaşdırılmışdır [3].

Beynəlxalq enerji balansında ayrıca bir enerji növü kimi qəbul olunan enerji səmərəliliyinin respublikamızada də enerji artmında optimal varianta çevrilməsi, enerjinin istehsalı, ötürülməsi, paylanması və istehlakında səmərəliliyə nail olmaq bu gün əsas prioritetlərdəndir. Ölkəmizdə 2013-2018-ci illər üzrə enerji səmərəliliyi göstəricilərinə diqqət edək:

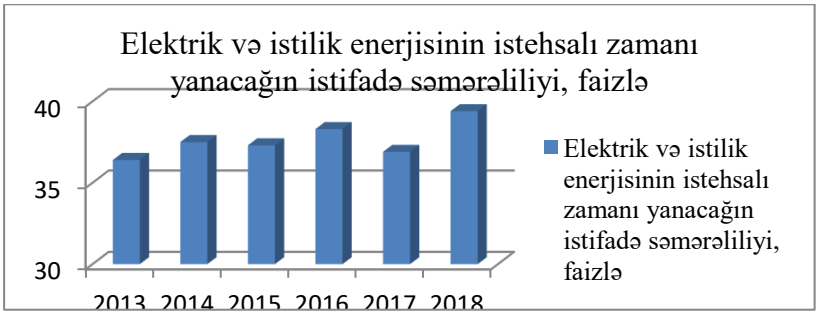
Azərbaycanın enerji səmərəliliyi göstəriciləri

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 kq istehsal olunan enerji məhsulunun ÜDM-də dəyəri (1 manat/kq neft ekvivalenti) (2005-ci ilin qiymətləri ilə)	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9
Yanacaq və enerji xərclərinin ümumi istehsal xərclərində xüsusi çəkisi, faizlə	3,7	5,8	5,8	4,5	4,8	4,5
Elektrik enerjisinin xərclərinin ümumi istehsal xərclərində xüsusi çəkisi, faizlə	0,9	1,3	1,2	0,9	1,0	1,1
Enerji asılılığı, faizlə	-306,7	-295,6	-287,8	-286,1	-260,1	-268,9
Özünü təmin etmə, faizlə	421,7	405,2	392,3	389,6	368,6	373,7
Bərpa olunan enerji mənbələrindən alınan elektrik enerjisinin ümumi elektrik enerjisi istehsalında xüsusi çəkisi, faizlə	7,0	6,0	7,4	8,8	8,1	8,1
Bərpa olunan mənbələrdən enerji təchizatının ümumi enerji təchizatında payı, faizlə	2,0	1,8	1,9	1,8	1,7	1,8
Elektrik və istilik enerjisinin istehsalı zamanı yanacağın istifadə səmərəliliyi, faizlə	36,4	37,5	37,3	38,3	36,9	39,4

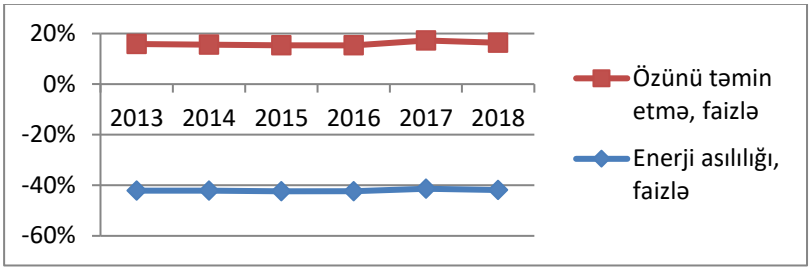
Cədvəl www.stat.gov.az-ın məlumatlarına əsasən tərtib edilmişdir.

Cədvəl məlumatlarına əsasən qeyd edə bilərik ki, ölkəmizdə 1kq istehsal olunan enerji məhsulunun ÜDM-də dəyəri 2015-2018-ci illərdə dəyişməz olaraq qalır. Yanacaq və enerji xərclərinin ümumi istehsal xərclərində xüsusi çəkisi isə 2013-cü ildə 3,7 faiz olmuşdursa, bu göstərici 2014-2015-ci illərdə 5,8 faizə qalxmış, 2016-cı ildə 4,5 faizə ensə də 2017-ci ildə 0,3 faiz armış və 2018-ci ildə təkrar 4,5 faizə olmuşdur. Elektrik enerjisinin xərclərinin ümumi istehsal xərclərində xüsusi çəkisi 2013-cü ildə 0,9 faiz olmuşdursa, bu göstərici 2014-cü ildə 0,4 faiz artaraq 1.3 faiz olmuşdur. 2015-ci idə bu göstərici azalaraq 1,2 faizə, 2016-cı ildə isə 0,9 faizə enmişdir. 2017-2018-ci illərdə isə bu göstərici müvafiq olaraq 0,1 faiz artmışdır. Bərpa olunan enerji mənbələrindən alınan elektrik enerjisinin ümumi elektrik enerjisi istehsalında xüsusi çəkisi 2013 cü ildən 7,0 faizdən 2018-ci ildə 8,1 faizədək artmışdır. Bərpa olunan mənbələrdən enerji təchizatının ümumi enerji təchizatında payı 2013-cü ildəki 2,0 faizdən 1,8 faizə düşmüşdür.

Elektrik və istilik enerjisinin istehsalı zamanı yanacağın istifadə səmərəliliyi 2013-cü ildən 36,4 faiz olduğu halda, bu göstərici 2018-cı ildə 39,4 faiz olmuşdur. Yuxarıdakı cədvəl məlumatlaına əsasən bunu aşağıdakı diaqramda daha aydın görmək olar.



Enerji asılılığı göstəricisi ölkə üzrə 2013-cü ildə -306,7 faizdən dəyişərək 2018-ci ildə -268,9 faiz olmuşdur. Özünü təmin etmə göstəricisi isə 2013-cü ildəki 421,7 faizdən 2018-ci ildə 373,7 faizə qədər artmışdır. Bu göstəricilərin vəziyyətinin dəyişməsini yuxarıdakı cədvəl məlumatlaına əsasən aşağıdakı qrafikdə daha qabarıq görmək olar:



Respublikanın rəsmi statistik məlumatlarında irəli gələrək qeyd edə bilərik ki, 2018-ci ildə ölkədə ümumi istehsal həcmi 66,4 milyon neft ekvivalenti tonu olan enerji məhsullarının 87,5 faizini ilkin enerji məhsulları, 8,8 faizini neft emalı məhsulları, 3,7 faizini elektrik və istilik enerjisi təşkil etmişdir. Bununla yanaşı bütün ilkin enerji məhsullarının 68,7 faizini xam neft (qaz kondensatı da daxil olmaqla), 30,8 faizini təbii qaz, 0,5 faizini isə bərpa olunan enerji mənbələri üzrə istehsal olunmuş enerji məhsulları təşkil etmişdir. Azərbaycan xam neft, təbii qaz və neft məhsulları istehsal edərək ixrac edən ölkədir. 2018-ci ildə ölkədə ixracın həcmi 44,3 milyon tonu təşkil etmiş, bunun 75,89 faizi xam neftin, 20,89 faizi təbii qazın, 2,91 faizi neft məhsullarının, 0,31 faizi isə elektrik enerjisinin payına düşmüşdür. 2017-ci illə müqayisədə cəmii enerji təchizatı 0,52 faiz artmış və 15,6 milyon neft ekvivalent tonu təşkil etmişdir. Cəmi enerji təchizatının 25,4 faizini transformasiya sektorunun prosesləri, 5,4 faizini itkilər, 7,3 faizini energetika sektorunun daxili istehlakı, 61,9 faizini son istehlak və s. təşkil etmişdir. Enerji məqsədli son istehlakın 42,3 faizi ev təsərrüfatlarının, 12,4 faizi sənaye və tikintinin, 31,5 faizi nəqliyyatın, 13,8faizi isə iqtisadiyyatın başqa sahələrinin payına düşmüşdür.

Aparılan təhlilə əsasən qeyd edə bilərik ki, enerji səmərəliliyi ölkəmizdə enerji artmında optimal varianta çevrilmişi, enerjinin istehsalı, ötürülməsi, paylanması və istehlakında səmərəliliyə nail olunmuşdur.

Enerji sektorunun Azərbaycan iqtisadiyyatının inkişafına müsbət təsiri nəticəsində ölkəmizdə valyuta ehtiyatları artır, qeyri-neft sektorunun inkişafı üçün layihələr həyata keçirilir və sosial islahatlar həyata keçirilir. Ölkəmizin enerji sektorunda aparılan genişmiqyaslı islahatlar, enerji sektorunun bir sistem olaraq modernləşməsi, yeni qanunvericilik bazasının yaradılması, alternativ enerji mənmələrindən istifadə istiqamətində səmərəli tədbirlərin həyata keçirilməsi ilə davam etdirilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikasının “Enerji resurslarından istifadə haqqında” Qanunu. Bakı şəhəri, 30 may 1996-cı il № 94-IQ

2. «Azərbaycan Respublikasının yanacaq-enerji kompleksinin inkişafı (2005-2015-ci illər) üzrə Dövlət Proqramı»nın təsdiq edilməsi haqqında Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı . Bakı şəhəri, 14 fevral 2005-ci il № 635

3. Azərbaycan Respublikasında kommunal xidmətlərin (elektrik və istilik enerjisi, su və qaz) inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2016-cı il 6 dekabr tarixli Fərmanı

THE PROBLEM OF ENERGY SECURITY AND THE IMPACT OF THE ENERGY SECTOR ON THE DEVELOPMENT OF AZERBAIJAN'S ECONOMY

Badalov A.M., Farajzade R.M.
Lankaran State University, Lenkoran, Azerbaijan

Keywords: energy, energy security, energy supply, energy efficiency, energy dependence, energy resources, energy sector

The article touches on the problem of ensuring energy security and substantiates the positive impact of the energy sector on the Azerbaijani economy. The article notes that the measures taken to ensure energy security, one of the key elements of Azerbaijan's economic security, have also strengthened the country's potential as an electricity exporter. The article shows the basic principles of ensuring energy security and the procedure for calculating the provision of energy resources. The article also analyzes the transformation of energy efficiency into an optimal option for energy growth in our country, achieving efficiency in energy production, transmission, distribution and consumption.

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Бадалов А.М., Фараджзаде Р.М.
Ленкоранский государственный университет, Ленкорань, Азербайджан

Ключевые слова: энергетика, энергетическая безопасность, энергоснабжение, энергоэффективность, энергетическая зависимость, энергоресурсы, энергетический сектор

В статье затрагивается проблема обеспечения энергетической безопасности и обосновывается положительное влияние энергетического сектора на экономику Азербайджана. В статье отмечается, что меры, принятые для обеспечения энергетической безопасности, одного из ключевых элементов экономической безопасности Азербайджана, также укрепили потенциал страны как экспортера электроэнергии. В статье показаны основные принципы обеспечения энергетической безопасности и порядок расчета обеспеченности энергоресурсами. В статье также анализируется трансформация энергоэффективности в оптимальный вариант роста энергетики в нашей стране, достижение эффективности в производстве, передаче, распределении и потреблении энергии.

AZƏRBAYCANDA ALTERNATİV VƏ BƏRPA OLUNAN ENERJİ MƏNBƏLƏRİNDƏN İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ

Əhmədova R.R., Aşurova N.D., Babayeva T.M.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
ahmedova.rahila@mail.ru

Açar sözlər: alternativ və bərpa olunan enerji mənbələri, günəş enerjisi, külək enerjisi, külək enerji qurğuları, su elektrik stansiyası.

Məqalədə Azərbaycanda alternativ və bərpa olunan enerji mənbələri və onların istifadə perspektivləri məsələsi araşdırılmışdır. Belə ki, ölkə ərazisində alternativ enerji mənbələrinin geniş istifadə sahələri

mövcuddur, o cümlədən su elektrik enerjisindən istifadə şimal və şimal-qərb rayonlarında, külək enerjisindən isə Abşeron yarimadası və Xəzərətrafı zonalarda məqsədəuyğundur. Müəyyən edilmişdir ki, KEQ-dən 40 m hündürlükdə orta hesabla 5,105 mlrd.kvt·s, 80 m hündürlükdə isə 6,22 mlrd.kvt·s. enerji almaq olar.

Aparılan tədqiqatlar və beynəlxalq təcrübə göstərir ki, elm, texnika və texnologiyanın müasir səviyyəsində məlum alternativ enerji mənbələrindən iqtisadi cəhətdən səmərəli şəkildə istifadəyə yararlı, ilk növbədə, külək və kiçik su elektrik stansiyaları hesab oluna bilər. Ölçülər və hesablamalar göstərir ki, yalnız bu mənbələr hesabına hər il 8 mlrd kvt/saata qədər elektrik enerjisi istehsal etmək mümkündür. Günəş enerjisi texnikasının müasir səviyyəsində yaşayış və inzibati binaların qızdırılmasında, kənd təsərrüfatı məhsullarının yetişdirilməsində və qurudulmasında birinci istiqamət kimi istifadə olunur. İkinci istiqamət-günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevirən foto- və termoelektrik batareyalarının tətbiqidir. Bunlar vasitəsi ilə az güclü, məsələn, televizorları, radio qurğuları və s. elektrik işlədicilərini qidalandırmaq mümkündür. Üçüncü istiqamət günəş radiasiyasının istiliyinin stirlinq mühərriklərinin vasitəsi ilə mexaniki enerjiyə çevrilməsidir. Alınan mexaniki enerjidən isə elektrik generatorlarını hərəkətə gətirmək olar [2].

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2004-cü il 21 oktyabr tarixli 462 nömrəli sərəncamı ilə "Azərbaycan Respublikasında Alternativ və Bərpa olunan Enerji mənbələrindən istifadə olunması" üzrə Dövlət Proqramı təsdiq edilmişdir. Dövlət proqramının məqsədi ölkənin təbii potensialından istifadə etməklə bərpa olunan və ekoloji cəhətdən təmiz mənbələrdən enerji istehsalını genişləndirməkdən və karbohidrogen enerji resurlarından daha səmərəliistifadə edilməsini təmin etməkdən ibarətdir.

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının institutlarında (Fizika institutu, Rasional Tədqiqatlar institutu), Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Energetika və Enerji-layihə institutu, Bakı Hidrolayihə institutlarında illər boyu yerinə yetirilən tədqiqatlar bərpa olunan enerji mənbələrinin potensialını və onların səmərəli istifadəsini aşkar ediblər [1].

Kiçik su elektrik enerjisindən istifadə

Azərbaycanın coğrafi şəraitinə uyğun olaraq alternativ enerji mənbələrindən istifadə etmək çox əlverişlidir. Əsasən respublikanın dağ və dağətəyi rayonlarında kəndlərin, rayonların kiçik təsərrüfat obyektlərini, istehsal sahələrini elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün az güclü mikro- SES-lərin inşa edilməsi əhəmiyyətlidir. Belə enerji mənbələri olaraq respublikanın şimal rayonlarında (Quba-Xaçmaz, Qusar) şimal-qərb (Zaqatala, Şəki, Qax, Balakən-Qəbələ) rayonlarında mikro- SES-lərin tikintisi çox əlverişlidir. Mikro- SES-lərin inşası üçün su mənbələrinin təzyiqi, həcmi, onun axma hündürlüyü, ilin fəsillərinə uyğun olaraq su axının azalıb artması axma təzyiqinin dəyişməsi və s. hesablanıb, nəzərə alınmalıdır. Su elektrik stansiyalarının tikintisi sel sularının təmizlənməsi, ekoloji cəhətdən təmiz elektrik enerjisi istehsalı və yeni suvarma sistemlərinin yaradılması kimi dövlət əhəmiyyətli məsələlərin həllində mühüm rol oynayır. Azərbaycan Respublikasında çaylar üzərində su təsərrüfatı obyektlərində onlarla kiçik su elektrik stansiyaları qurmaq olar ki, onlarında istehsal etdiyi elektrik enerjisi ildə 3,2 mlrd.kvt.s təşkil edə bilər. Yaxın perspektivdə 61 kiçik SES-in tikintisi məqsədəuyğun hesab edilir. Bu SES-lər irriqasiya kanalları üzərində, axını tənzimlənmiş çaylarda və tikiləcək su anbarlarının yanında yerləşdirilə bilər. Ölkədə həmçinin vahid enerji sisteminin elektrik xətlərindən və yarım stansiyalardan uzaqda yerləşən obyektlərin, yaşayış məntəqələrinin elektrik enerjisi ilə təchizində mikro- SES-lərdən də istifadə olunması elektrik enerjisi problemləri ilə yanaşı, digər sosial məsələlərində həllinə imkan yarada bilər. Naxçıvan Muxtar Respublikası enerji sisteminin ölkənin əsas enerji sistemi ilə əlaqəsinin olmadığını nəzərə alaraq, orta, kiçik, mikro su

elektrik stansiyalarının ilk növbədə Naxçıvan Muxtar Respublikasında tikilməsi daha məqsədəuyğundur [4].

Külək enerjisindən istifadə

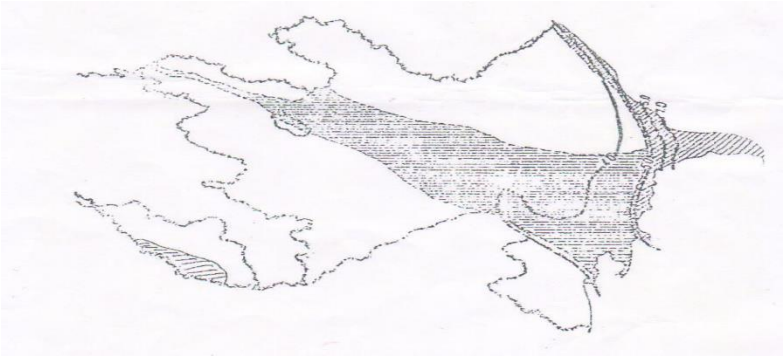
Azərbaycan Respublikasının coğrafi mövqeyi və təbii şəraiti küləyin enerji potensialının kifayət qədər yüksək səviyyədə olduğunu müəyyən edir.

Böyük Qafqaz dağ sistemi Şimaldan və Şimal Şərqdən gələn soyuq hava kütləsinin keçməsinin qarşısının alınmasında təbii sədd (maneə) rolunu oynayır. Bu maneəni yan keçərək, soyuq hava kütləsi Abşeron yarımadasına Xəzəryanı çökəkliyə yönəlir. Üç dağ silsiləsi arasında sıxılmış Kür-Araz çökəkliyi xüsusən Xəzər dənizinə yaxınlıqda, küləyin təsiri altındadır.

Küləyin A zonasında (Abşeron yarımadası) orta illik sürəti 7 *m/s* təşkil etmişdir. Bilavasitə bu zona ilə qonşuluqda küləyin sürəti 6,5 və 4 m/s olan zonalar yerləşir. Bununla belə cənuba uzandığından küləyin orta illik sürəti ≥4m/s olan zonanı məhdudlaşdırır [2].

Külək enerjisi Azərbaycanda qədimdən istifadə olunub. Azərbaycan Respublikasının bir çox rayonlarında çoxlu sayda sadə şəkildə hazırlanmış külək elektrik mühərriklərindən fərdi təsərrüfatlarda suvarma məqsədi ilə istifadə olunmuşdur. Kiçik güclü, sadə konstruksiyalı, külək enerjisindən istifadə əmsalı kiçik olan bu qurğular əhali arasında çox geniş yayılmışdır.

Sonrakı illərdə, Sovet İttifaqının tərkibində olarkən respublikamızda XX əsrin 40-50-ci illərində TB-5, TB-8 tipli alçaq sürətli və D-12, BG-2 tipli iti sürətli külək elektrik mühərrikləri istismar olunmuşdur. Konstruksiyasının mükəmməl olmadığına və texniki çatışmazlıqlar olduğuna görə göstərilən külək elektrik mühərrikləri geniş yayılmamışdır, baxmayaraq ki, bəzi külək elektrik mühərrikləri bir neçə il işləmişlər [3].



Şəkil . Külək enerjisindən potensial istifadə

60-80-cı illərdə Abşeronun Maştağa qəsəbəsində "Vetroen" EİB-nin istehsal etdiyi külək elektrik mühərriklərinin yoxlanılması və sınağı üçün stansiya təşkil olunmuşdur. 70-ci illərin axırında qoyulmuş gücü 4 kvt, pərlərinin diametri 6 m olan ABGY-6 tipli külək elektrik qurğusunun (KEQ) ilk partiyası buraxılmışdır. Göstərilən külək elektrik mühərrikləri, Maştağa qəsəbəsində olan poliqonda sınaqdan keçirilmiş və sifarişlərə müvafiq olaraq, keçmiş Sovet İttifaqının yaxınlıqda yerləşən regionlarına (Cənubi Qafqaz, Qafqaz, Orta Asiya) göndərilmişdir.

Yuxarıda deyilənləri yekunlaşdıraraq təsdiq etmək olar ki, respublikanın Xəzərətrafı zonası güclü külək energetik xarakteristikasına malikdir və keçmiş ittifaqda işlənib hazırlanmış KEQ-lər bu və ya başqa variantda burada sınaqdan keçirilmişdir [1].

Külək potensialı üzrə sonrakı illərdə əsasən külək enerjisindən, elektrik enerjisi istehsalında istifadə olunması və külək elektrostansiyalarının (KEQ) yerləşdirmək üçün əlverişli (perspektiv) yerlərin müəyyən edilməsi vəzifəsini daşıyan tədqiqatlar davam etmişdir.

Bu regionda yerləşən 7 ədəd hidrometeoroloji stansiyadan (HMS) alınmış göstəricilərə əsaslanaraq küləyin sürətinin riyazi gözlənməsi, orta kvadratik meyl etməsi, mümkün intervallarının

və korrelyasiya əmsallarının hesabatları aparılmışdır. Nəzərdən keçirilmiş NMS-dən (flyugerin qoyulduğu hündürlük 13-14 m) "Artyom və Neft daşkarı"nda yerləşən HMS-də küləyin orta mövsümi sürəti qışda ən çoxdur (6,91 m/s və 7,13 m/s) və onların minimal nisbi dispersiyası müvafiq olaraq 0,64 m^2/s^2 və 0,5 m^2/s^2-dır.

1999-cu ildə Yaponiyanın "Tomen" firmasının Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Energetika və Enerjilayihə İnstitutunun əməkdaşları ilə birgə Abşeronda 40 m hündürlükdə Loqqer küləkölçən kompleks vasitəsilə ölçülər və tədqiqatlar aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, bütün Abşeronda küləyin orta illik sürəti 7,7 m/s± 1,0 m/s bərabərdir və buna görə də bu zonada külək energetik qurğularını qurmaq əlverişlidir [2].

Şəkil. Abşeronda külək mühərriki (1MVt)

Aparılan təhlil onu göstərir ki, küləyin ildən ilə kiçik dəyişikliklərə məruz qalan orta illik sürətindən fərqli olaraq, küləyin orta aylıq sürəti çox geniş diapazonda dəyişir ki, bu da öz növbəsində nəinki küləyin intensivliyinin mövsümü dəyişmələrindən, həm də təsadüfi variasiyalardan asılı olduğunu göstərir.

Ümumiyyətlə, Xəzəryanı ərazilər üçün küləyin sürətinin aylıq orta qiyməti, nadir hallar istisna olmaqla çox az dəyişir. Əgər nəzərə alsaq ki, əksər KEQ-lər üçün enerji almaq üçün küləyin sürəti ən azı 6 m/s-dən çox olmalıdır, onda küləyin alınmış orta aylıq xarakteristikalarının göstəriciləri onu göstərir ki, enerjidən effektiv istifadə kəmiyyəti böyükdür, hərçənd bu enerji ilin aylarından asılı olaraq böyük çərçivədə (60-85%) dəyişir [3].

Ölçü kompleksindən alınmış nəticələr üzrə küləyin orta günlük sürəti hesablanmış, onun orta aylıq və illik qiymətləri təyin olunmuşdur. Küləyin orta aylıq qiymətinin hesablanmasının tədqiqi göstərir ki, tədqiq olunan il üzrə orta aylıq qiymətlər ardıcıl olaraq (müntəzəm şəkildə) 6,61 m/s-dən 9,1 m/s-ə qədər artır, orta illik göstəricisi isə 8,09 m/s təşkil edir. Abşeronda küləyin gündəlik dəyişməsi isə bütün il boyu stabil qalır və gündüz maksimumla xarakterizə olunur.O ki, qaldı küləyin zəifləmə rejiminə, bu Abşeron yarımadasında adətən ay ərzində 0,5 sutkadan artıq olmur. Bu da öz növbəsində güclü KEQ-lər vasitəsilə elektrik enerjisi hasil etməyə imkan yaradır.

Bütün yuxarıda deyilənlərdən belə bir nəticəyə gəlmək olur ki, Abşeronda küləyin orta illik sürətinin yüksək olması böyük güclü KEQ-in effektiv tətbiqinə imkan yaradır. Azərbaycanın əsas elektrik təchizatı sistemi ilə paralel işlədikdə bu qurğular nəzərə çarpacaq dərəcədə xeyli miqdarda yanacağa qənaət olunmasına və güclü təminatın yaxşılaşdırılmasına kömək edə bilərlər.

Abşeron ərazisində küləyin rejimlərinin xarakteristikaları bu ərazidə müasir xarici Enercon E-66, NeG Micon NM 1500/64, Tacke TW-15, V66/1,65 MW KEQ istifadə olunması nöqteyi

nəzərdən qiymətləndirilmişdir. Bu göstəricilər əsasında müəyyənləşdirilmişdir ki, il ərzində (aprel 1999-cu –mart 2000-ci il) uyğun KEQ-dən 40 m hündürlükdə orta hesabla 5,105 mlrd.kvt·s, 80 m hündürlükdə isə 6,22 mlrd.kvt·s. enerji almaq olar [4].

Xəzər dənizinin Azərbaycana aid sahilyanı sahəsində təqribən 300 km-lik bir xəttdə küləyin orta illik sürəti 40-50 m hündürlükdə 7 m/s-dən az deyildir. Külək enerji qurğularının sahil xəttindən 1,5 km məsafəyə kimi yerləşdirilməsi şərti ilə gücü 600 kVt-lıq və hündürlüyü H=50 m olan KEQ-i qəbul etsək və nəzərə alsaq ki, ayrı-ayrı KEQ-lər arasındakı məsafə bir-birini örtməmək şərtinə əsaslanaraq 3H-5H-dan az olmamalıdır, onda 1 km^2 əraziyə 15-20 belə qurğu yerləşdirmək olar. 180 km^2 yararlı ərazidə ümumi gücü 1800 MVt olmaqla 3000 belə KEQ quraşdırmaq olar. Əgər Abşeron şəraitində KES gücündən istifadə əmsalını 0,25-0,3 qəbul etsək, onda elektrik enerjisinin hasilatı 4-4,5 mlrd.kVt·s təşkil edər.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov Q.Ş., Xəlilov M.Y. «Ekologiya, ətraf mühit və insan» Bakı: Elm, 2006, 608 s.
2. www.google.az. AZE-Renewable-strategy-az.pdf-adobe reader. Aternativ enerji mənbələrindən istifadə üzrə milli proqram.
3. Azərbaycan Respublikasında Alternativ enerji mənbələrindən istifadənin inkişafı perspektivləri. Bakı, 2004, №1, 43 s.
4. Cəfərov T.D. Bərpa Olunan Enerji Mənbələrinin Energetika Sisteminə inteqrasiyasında Hidroakkumulyasiya Elektrik Stansiyalarının rolu. Bakı: Kövsər, 2013, 95 s.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Ахмедова Р.Р., Ашурова Н.Д., Бабаева Т.М.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: альтернативные и возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, энергия ветра, ветряные электростанции, гидроэнергетика.

В статье рассматривается проблема альтернативных и возобновляемых источников энергии в Азербайджане и перспективы их использования. Таким образом, в стране имеется широкий спектр альтернативных источников энергии, в том числе использование гидроэнергии в северных и северо-западных регионах, а также энергия ветра на Абшеронском полуострове и в Каспийском регионе. Было установлено, что при работе ветряных электростанции в среднем можно получить энергию: 5,105 млрд. кВт·ч на высоте 40 м и 6,22 млрд кВт·ч на высоте 80 м.

PERSPECTIVES OF ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES IN AZERBAIJAN

Ahmedova R.R., Ashurova N.D., Babayeva T.M.

Sumgait State University, Sumgayit, Azerbaycan

Keywords: alternative and renewable energy sources, solar energy, wind energy, wind power plants, hydropower.

The article examines the issue of alternative and renewable energy sources in Azerbaijan and the prospects for their use. Thus, there are a wide range of alternative energy sources in the country, including the use of hydropower in the northern and north-western regions, and wind energy in the Absheron Peninsula and the Caspian region. It was determined that an average of 5.105 billion kWh at 40 m above sea level and 6.22 billion kWh at 80 m above sea level. you can get energy.

AZƏRBAYCANDA GEOTERMAL ENERJİDƏN İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ

Əhmədova R.R., Babayeva T.M., Seyidova G.M., Avdunova A.M.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
ahmedova.rahila@mail.ru

Açar sözlər: alternativ enerji, termal sular, balneoloji xüsusiyyət, mikrobiota.

Məqalədə araşdırılmışdır ki, Azərbaycan Respublikası (AR) ərazisində alternativ enerji (istilik) mənbəyi olan termal və termomineral suların istismar ehtiyatları ümumi respublika üzrə gündə 245 min m^3 təşkil edir. Müəyyən edilmişdir ki, AR-nın termal su mənbələri daha çox Böyük Qafqaz (en yüksəklik 4480 m); Kiçik Qafqaz (yüksəklik 2345-3724 m) və Talış (yüksəklik 2500 m) dağlarının ətəklərində və dərələrində müşahidə olunur. Termal sular öz hərarətinə görə aşağıdakı kateqoriyalara ayrılır: 20-37^{0}C-subtermal, 37-42^{0}C-termal, 42-100^{0}C və 100^{0}C (çox az rast gəlinir)-çox qaynar.

Azərbaycan Respublikası ərazisində alternativ enerji (istilik) mənbəyi olan termal və termomineral sular müxtəlif yaşlı və litoloji tərkibə malik süxurlarda lokal sahələrdə intişar tapmışlar. Onların temperaturu, debiti (sərfi), kimyəvi və qaz tərkibi, proqnoz ehtiyatları, balneoloji və s. xüsusiyyətləri Böyük və Kiçik Qafqazın, həmçinin Talış dağ qırışıqlıq bölgələrində onların təbii çıxışları-bulaqlarda, Samur-Dəvəçi dağətəyi düzənlikdə, Abşeronda, Gəncə-Qarabağ-Mil, Cənub-Şərqi Şirvan və Lənkəran düzənliklərində isə müxtəlif dərinliklərə qazılmış quyularda axtarış-kəşfiyyat, bəzi hallarda onlardan balneoloji məqsədlər üçün istifadə zamanı öyrənilmişdir. Bu suların hərarəti ərazilər üzrə böyük diapazonda dəyişdiklərindən alternativ istilik mənbəyi kimi onlardan istifadə hər yerdə eyni dərəcədə effektiv deyil. Lakin, Azərbaycanın bir çox bölgələrində elektrik enerjisi, karbohidrogenlər, oduncaq və digər istilik mənbələri çatışmadığından termal sulardan istifadə-istismar ehtiyatları daima bərpa olan bir mənbə kimi meşələrin və meyvə ağaclarının qırılmasının qarşısını alar, karbohidrogenlərə qənaət etməyə şərait yaradar, həmçinin çox yerlərdə yer səthinə öz yüksək təzyiqi və temperaturu ilə çıxdığından iqtisadi baxımdan tez bir zamanda sərf edilən sərmayələri ödəyər.

Termal suların proqnoz istismar ehtiyatları ümumi respublika üzrə gündə 245 min m^3 təşkil edir. Bu sulardan təzyiq və temperaturdan (75-97^{0}C) asılı olaraq birbaşa istilik şəbəkələrində qızdırıcı su kimi, 50-75^{0}C temperatur arasında bir qədər qızdırılaraq su və buxar halında istifadəsi də rentabellidir [1].

Şəkil. Azərbaycan respublikasında termal suların suluhorizontlar komplekslə və sahələrin istifadəyə perspektiv bölgələrin sxemi.

Azərbaycan Respublikası ərazisində termal sular öz hərarətinə görə aşağıdakı kateqoriyalar daxilində intişar tapmışlar: 20-37^{0}C-subtermal, 37-42^{0}C-termal, 42-100^{0}C və 100^{0}C (çox az rast gəlinir)-çox qaynar [3].

1. Termal suların hasilatı üçün praktiki əhəmiyyətli, perspektivli sahələr.

2. Termal suların hasilatı üçün praktiki əhəmiyyətli, perspektivli sahələr.

3. Perspektivsiz sahələr.

4 – 7. Sulu horizontların istismarının yararlı sahələrinin sərhədləri:

4. Abşeron mərtəbəsinin,

5. Ağcaqıl mərtəbəsinin,

6. Maykop dəstəsinin,

7. Təbaşir sisteminin sərhədləri.

Regionlar üzrə termal mənbələrin istifadəsi mümkünlüyü üzrə aparılan tədqiqatlar bunları göstərir:

1. Termal sular avtonom istilik mənbələri kimi Xudat, Xaçmaz, Dəvəçi, Siyəzən, Gəncə, Goranboy, Yevlax, Bərdə, Ağcabədi, Zərdab, Beyləqan, Masallı, Lənkəran, Astara şəhərlərində və onların əhatəsində bir çox qəsəbə və kəndlərdə istifadə etmək olar.
2. Böyük Qafqazın dağlıq, o cümlədən Altıağac-Xızı bölgələrində lokal (kəndlərdə) sahələrdə termal sulardan istifadə avtonom halda mümkündür.
3. Abşeron yarımadasında bu sulardan sanatoriyalarda istifadə edilir. Lakin həmin ərazilərdə digər məqsədlər üçün də yeni quyularda istifadə etmək olar.
4. Termal sulardan istifadə zamanı onların tərkibində olan yod, brom, bor oksidi və digər qiymətli elementlərin alınması bir daha nəzərdən keçirilməli və müvafiq texnologiya işlənməlidir.
5. Yüksək minerallaşmaya və aqressivliyə malik termal sulardan istifadəsinə xüsusi texnologiyası işlənib irəli sürülməlidir (Samur-Dəvəçi xüsusən).
6. Hər hansı şəhər, qəsəbə, obyekt üçün istifadə zamanı onlara olan tələbat və sulu horizontun məhsuldarlığı (sərfi) nəzərə alınmalıdır. Bu əsasda yeni araşdırmalar, tədqiqatlar və texniki-iqtisadi hesablamaların həyata keçirilməsi məqsədə uyğundur [3].

Azərbaycan respublikasında termal suların tədqiqi

Termal sulara dünyanın bütün ərazilərində rast gəlinir və onlar bir-birindən coğrafi və ekoloji göstəricilərinə görə kəskin fərqlənirlər.

MDB məkanının bir çox respublikalarıın ərazisində də termal sular mövcuddur və onlann əksəriyyəti mikrobioloji cəhətdən tədqiq olunsa da, respublikamızın termal suları bizim tədqiqatlara qədər öyrənilməmiş qalırdı.

Azərbaycan Respublikasının bir çox ərazilərində termal su mənbələrinə təsadüf olunsa da, lakin bu sularda termofil mikro-orqanizmlərin geniş öyrənilməsinə yalnız 1983-cü ildən sonra başlanmışdır [2]

Məlumdur ki, Azərbaycan Respublikasının dağlıq ərazisi əsasən üç dağ sistemini - Böyük Qafqaz (en yüksəklik 4480 m); Kiçik Qafqaz (yüksəklik 2345-3724 m) və Talış dağlarını (yüksəklik 2500 m) əhatə edir. Bu dağlaın ətəklərində və dərələrində termal su mənbələri daha çox müşahidə olunur. Termal suların demək olar ki, hamısı balneoloji xüsusiyyətlərə malikdirlər. Ona görə də yerli və yaxın rayonların əhalisi onlardan müxtəlif xəstəliklərin müalicəsində çox zaman kor-koranə istifadə edirlər. Şübhəsiz ki, bəzi termal sulardan dövlət səviyyəsində sanatoriya-müalicə tipli müəssisələr yaradılsa da, lakin bəzilərinin suları baxımsızlıqdan axıb çaylara qarışması, istifadə olunmadan itirilməsi faktları da nəzər-diqqəti

cəlb edir. Halbuki, qonşu ölkələrin təcrübələrindən bəhrələnərək belə yeraltı tükənməyən sərvətdən müxtəlif məqsədlər üçün səmərəli istifadə olunması ilə respublikamızın iqtisadiyyatına xeyli gəlir gətirmək olar. Nəzərə alınsa ki, termal sular alternativ eneıji mənbəyi olmaqla yanaşı həm də ayrı-ayrı kimyəvi birləşmələrin və elementlərin alınması üçün, xüsusən də sənaye produsentlərinin xammal mənbəyidir, onda onları lazımınca qiymətləndirmək heç də çətin deyil [3].

Bütün yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq respublikamızın Böyük Qafqaz ərazisində yerləşən və müxtəlif tarixi dövrlərdə formalaşan termal sulann mikrobiosenozunun öyrənilməsi məqsədi ilə tədqiqat işləri aparılmışdır:

Tədqiqat zamanı Böyük Qafqazın 12 sayda termal suları mikrobioloji tədqiq olunmuşdur: [1,2]

7. Xaşı su mənbəyi (Quba r-nu) -t = 37,5°C, pH = 8,1-dir.
8. Xaltan - 1 su mənbəyi (Quba r-nu) -t = 49°C, pH =8,5 –dir.
3. Xaltan -2 su mənbəyi (Quba r-nu)-t = 46,8°C, pH= 8,0-dir.
4.Cimi - 1 su mənbəyi (Quba r-nu)-t= 43°C, pH= 7,7-dir.
5. Cimi - 2 su mənbəyi (Quba r-nu)-t= 35,5°C, pH= 7,8-dir.
6. Oğlanbulaq su mənbəyi (Qax r-nu)-t = 41°C, pH= 8,1-dir.
7. Qızbulaq su mənbəyi (Qax r-nu)-t = 40°C, pH =8,1-dir.
8. Bum su mənbəyi (Oğuz r-nu)-t = 40°C, pH = 7,4-dir.
9. Xalxal su mənbəyi (Oğuz r-nu)-t = 30°C, pH = 7,5 –dir.
10. Qəmərvan su mənbəyi (Qəbələ r-nu)- t = 40,5°C, pH =7,3-dir.
11. Çaqan su mənbəyi (Şamaxı r-nu)-t = 32,5°C, pH= 7, 5-dir.
12. Şıx su mənbəyi (Abşeron yarımadası)- t = 65°C, pH= 9, 0 –dir.

Tədqiq olunan suların fiziki - kimyəvi xassələrinə görə əksəriyyəti orta səviyyəli termal sulara aid olub (30-48°), əsasən zəif qələvi xassəlidir. Tərkibində olan hidrogen - sulfid onların balneoloji xüsusiyyətli olmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Yalnız Şıx su mənbəyı temperaturunun yüksək olması ilə (65°) müstəsnalıq təşkil edir. Demək olar ki, Böyük Qafqazın termal sularının hamısı orta yaşlı yura dövrünün suxurlarında formalaşmışdır [4].

Adları qeyd olunan termal suların mikrobiotası öyrənilərkən məlum oldu ki, hər bir su mənbəyinin özünəməxsus mikrobiotası vardır. Mikrobiotanın istər sayı, istərsə də növ tərkibi su mənbəyinin ekoloji vəziyyəti ilə əlaqədar bir-birindən kəskin fərqlənir.

Orqanogen elementlərin dövranında iştirak edən həm aerob, həm də anaerob bakteriyalar termal sularda geniş yayılmışdır. Azotun və kükürdün dövranında iştirak edənlər və metan əmələ gətirən bakteriyaların bəzi növləri aşkara çıxarıldı [3].

Aktinomisetlərin Böyük Qafqazın su mənbələrində yalnız *Thermoactinomyces diastaticus və Thermomicromonospora vulgaris* növləri müşahidə olunur və onların ən yüksək sayına Cimi - 2, Xalxal və Çaqan termal sularında təsadüf olunmuşdur.

Mikroskopik göbələklərə gəldikdə isə, su mənbələrində *Aspergillus* və *Penicillium* cinsinlərinə aid növlər digər *Chaetomium, Mucor, Humicola* növlərinə nisbətən üstünlük təşkil edir.

Beləliklə, aparılan tədqiqatdan aşağıda göstərilən nəticələrə gəlmək olar:

1. Hər bir termal su mənbəyinin mikrobiotası onun ekoloji vəziyyətindən asılıdır. Temperaturun mühitdə artması mikrobiotanın sadələşməsinə tempe-raturun azalması isə mikrobiotanın zənginləşməsinə şərait yaradır.
3. Termofil mikroorqanizmlər su mühitində bir çox mikrobiologi prosesləri yerinə yetirərərk

bir çox kimyəvi maddələrin destruksiyasında iştirak edir və beləliklə də elementlərin maddələr dövranında böyük rol oynayır [3].

Azərbaycan Respublikası üzrə termal suların proqnoz istismar ehtiyatları:

Cədvəl 1

Termal suların istismar olunduğu sahələr	Proqnoz ehtiyatları M^3/gün	Suyun temperaturu, ^{0}S: Yer səthində dərinlikdə	Qeyd
1.Böyük Qafqazın ön dağ hissələri	2000	30-50 m.y.	əsasən bulaqlar
2.Samur-Dəvəçi dağətəyi düzənliyi	21654	30-67 39-97	Quyularla müxtəlif dərinliklərdə horizontlarda
3.Abşeron yarımadası	20000	20-90 m.y.	-//-
4.Kiçik Qafqazın ön dağ hissəsi	4171	30-74 m.y.	Əsasən bulaqlar
5.Naxçıvan MR	3000	40-53 m.y.	Culfa rayonunun Dandaq sahəsi quyularda
6.Lənkəran düzənliyi	7908	44-64 42-52	Bulaqlar və quyularda
7.Kür çökəkliyi (Gəncə-Bərdə-Ağcabədi-Beyləqan sahləri)	172466	22-71 m.y.	Quyularla müxtəlif dərinliklərdəki horizontlarda
Cəmi bütün sahələr üzrə	245604		

Termal su yataqlarının geoloji materiallarının təhlili göstərir ki, bütünlükdə termal suların istismar ehtiyatları yuxarıda qeyd olunandan dəfələrlə artıqdır. Ekoloji cəhətdən təmiz enerji mənbəyi olan yeraltı termal suların başqa yanacaq növləri (əsasən neft, qaz) ilə bərabər, kompleks şəkildə öyrənilməsi və onun xalqın xidmətinə verilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Hazırda Milli Geoloji Kəşfiyyat Xidməti tərəfindən respublika ərazisində aşkar edilmiş termal sulardan istifadə istiqamətlərinin müəyyən edilməsi məqsədi ilə xüsusi tədqiqatlar aparılır [4].

ƏDƏBİYYAT

1. Aslanov A.D., Axundov B.S., Əhmədova O.M. Mineral və termal sular. Bakı: BDU nəşriyyatı, 1997, 106s.
2. Dinkelbaç L. Kaltçmit M. Avropada Prospekt və Parkların biokütləsinin qazlaşdırılması 9-cu Avropa bioenerji konfransı. Kopenhagen 24-27 iyun, 1996. Perqmon jurnalı vol.2. sə 1382-1387. Spliethoff H. Eneji istehsalı üçün biokütlə qazlaşdırılmasının vəziyyəti. İFRF oksidləşmə (combustion) jurnalı noyabr 2001. səh.1-25.
3. Əhmədova F.R. Böyük və Kiçik Qafqazın bəzi termal sulaında yayılmış bakteriyalar. Monoqrafiya, Bakı, BDU-nun nəşriyyatı, 2003, - 80s.
4. ARDNŞ mədən geofizika idarəsi. www.geogle.az.getermal.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Ахмедова Р.Р., Бабаева Т.М., Сейидова Г.М., Авдунова А.М.
Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан
ahmedova.rahila@mail.ru

Ключевые слова: альтернативная энергетика, термальные воды, бальнеологические особенности, микробиота.

В статье исследуются эксплуатационные запасы термальных и термоминеральных вод, которые являются альтернативным источником энергии (тепла) на территории Азербайджанской Республики (АР) и составляют 245000 м^3 в сутки. Установлено, что источники термальных вод АР встречаются в основном в Большом Кавказе (высота 4480 м), в предгорьях и долинах Малого Кавказа (высота 2345-3724 м) и в Талышских (высота 2500 м) горах. Термальные воды делятся на следующие категории в зависимости от их температуры: 20-37°С - субтермальные, 37-42°С - термальные, 42-100°С и 100°С (очень редко) - очень горячие.

PERSPECTIVES OF GEOTHERMAL ENERGY USE IN AZERBAIJAN

Ahmedova R.R., Babayeva T.M., G.M. Seidova, Avdunova A.M.
Sumgait State University, Sumgayit, Azerbaijan
ahmedova.rahila@mail.ru

Keywords: alternative energy, thermal waters, balneological feature, microbiota.

The article examines that the operational reserves of thermal and thermomineral waters, which are an alternative energy (heat) source in the territory of the Republic of Azerbaijan (AR), is 245,000 m3 per day throughout the country. It was determined that the thermal water sources of the AR are mostly the Greater Caucasus (altitude 4480 m); It is observed in the foothills and valleys of the Lesser Caucasus (altitude 2345-3724 m) and Talysh (altitude 2500 m). Thermal waters are divided into the following categories according to their temperature: 20-37°C-subtermal, 37-42°C-thermal, 42-100°C and 100°C (very rare) -very hot.

ELEKTRİK TƏCHİZATININ MULTİMEDİYA ELEKTRON HESABI

Əsgərov C.S., Həmidov M.H., Əmirova Z.C.
Azərbaycan Dövlət Neft Və Sənye Universiteti, Bakı ş.
cavidmselimxan@mail.ru

Açar sözlər: Elektrik təchizat, maksimal əmsal, sorğu əmsalı, nizamlanmış dioqram, qısa-qapanma cərəyanı, qərarlaşmış rejim, qeyrisinusoidal kəmiyyət.

Xülasə. Sənaye müəssisələrinin elektrik təchizatının layihə işlərini icra edərkən, əsas və mürəkkəb məsələlərin həllini asanlaşdirmaq üçün, hazırlanmış 7məsələnin (proqramın) tərkibi, istismar qaydaları və nümunələr verilmişdir.

Sənaye müəssisələrinin elektrik təchizat sistemlərini layihə edərkən və müəyən hesabatlar yerinə yetirərkən, meydana çıxan məsələlərin həllini, kompüterdə muvafiq proqramlarla aparıla bilərlər. Odurkı, tələb olunan məsələləri, multimediya elektron qaydada (müəlliflərin müəlliflık hüququ şahadətnaməsi №11722, 11723, 11724, 2020-ci il) yazılmış proqramlarla həll etmək mümkündür.Layihədə ən cox lazım olan hesabatlar- məsələlər səklində verilmişdir (hər bir məsələ fərdi proqramla həll edilır):

Məsələ1,Sənaye müəssisəsinin elektrik yüklərinin sorğu əmsalı üsulu ilə təyini.

Məsələ2.Sənaye müəssisəsinin elektrik yüklərinin maksimum əmsalı (nizamlanmış diaqramlar) üsulu ilə təyini.

Məsələ3.Elektrik işlədiciləri qrupunun elektrik yüklərinin nizamlanmış diaqramlar üsulu ilə təyini.

Məsələ4.Sənaye müəssisəsinin elektrik təchizat sistemində qısaqapanma cərəyanlarının (q.q.c.) hesabı.

Məsələ5.Sənaye müəssisəsinin elektrik təchizat sistemində qərarlaşmış rejimin hesabı.

Məsələ6.Elektrik kəmiyyətinin qeyri-sinusoidal əyrisinin harmonik təhlili

Məsələ7.Sənaye müəssisəsinin elektrik tələbatının proqnozlaşdırılması.

Göstərilən məsələləriin həlli üçün giriş informasiyasının hazırlanması nümunələri və istismar nnümunələri verilmişdir.

Elektrik təchizatının, multimediya elektron hesabıda, ***index.html*** istifadə qaydaları:

-ELTECHIZAT” qovluqunu açın: ***-Oxu.docx*** açmalı **PROQRAMDA İSTİFADƏ EDİLƏN ŞRİFTLƏRİ, PAPKA №1 YÜKLƏMƏK və Windows əməliyyat sisteminin parametrlərində mütləq regional tənzimləmələr etmək lazımdır .**

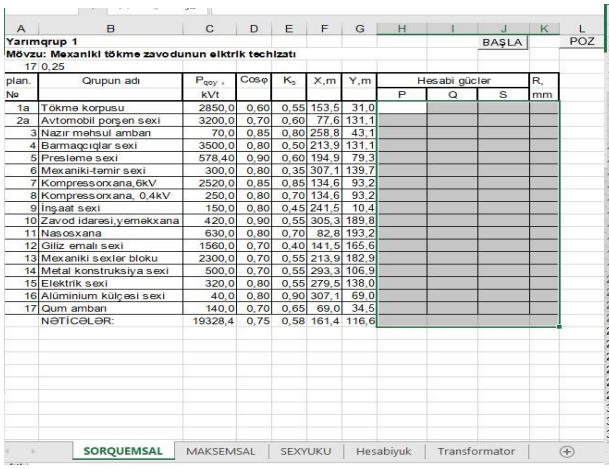
-index.html. açmalı

-Məsələlər açmalı

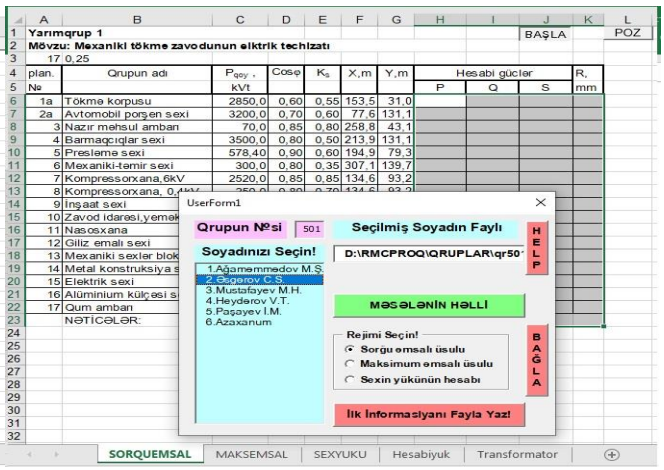
-məsələ1 açmalı

-İstismar nümunələri açmalı

-cari məsələnin proqramı açmalı



-BAŞLA açmalı



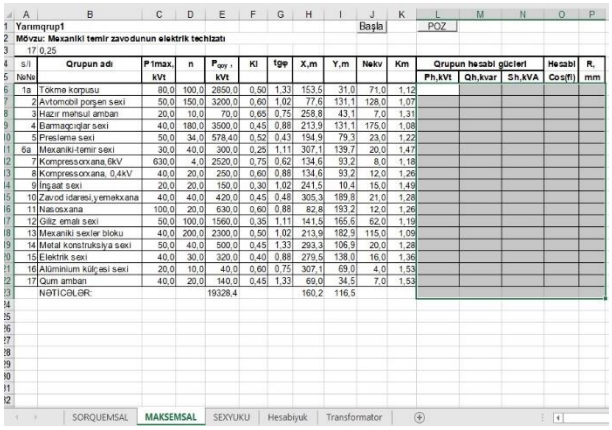
- sorğu əmsalı üsulu ilə hesabatın nəticəsi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Yarımqrup 1									BAŞLA		POZ
2	Mövzu: Mexaniki tökmə zavodunun elektrik techizatı											
3	17	0,25										
4	plan.	Qrupun adı	P_{qay},	Cosφ	K_s	X,m	Y,m	Hesabi güclər			R,	
5	№		kVt					P	Q	S	mm	
6	1a	Tökmə korpusu	2850,0	0,60	0,55	153,5	31,0	1567,5	2090,0	2612,5	45	
7	2a	Avtomobil porşen sexi	3200,0	0,70	0,60	77,6	131,1	1920,0	1958,8	2742,9	49	
8	3	Nazır məhsul ambarı	70,0	0,85	0,80	258,8	43,1	56,0	35,4	66,2	8	
9	4	Barmaqcıqlar sexi	3500,0	0,80	0,50	213,9	131,1	1750,0	1312,5	2187,5	47	
10	5	Presləmə sexi	578,40	0,90	0,60	194,9	79,3	347,0	168,1	385,6	21	
11	6	Mexaniki-təmir sexi	300,0	0,80	0,35	307,1	139,7	105,0	79,0	131,4	12	
12	7	Kompressorxana,6kV	2520,0	0,85	0,85	134,6	93,2	2142,0	1327,5	2520,0	52	
13	8	Kompressorxana, 0,4kV	250,0	0,80	0,70	134,6	93,2	175,0	131,3	218,8	15	
14	9	İnşaat sexi	150,0	0,80	0,45	241,5	10,4	67,5	50,6	84,4	9	
15	10	Zavod idarəsi,yeməkxana	420,0	0,90	0,55	305,3	189,8	231,0	111,9	256,7	17	
16	11	Nasosxana	630,0	0,80	0,70	82,8	193,2	441,0	330,8	551,3	24	
17	12	Giliz emalı sexi	1560,0	0,70	0,40	141,5	165,6	624,0	636,6	891,4	28	
18	13	Mexaniki sexlər bloku	2300,0	0,70	0,55	213,9	182,9	1257,5	1282,9	1796,4	40	
19	14	Metal konstruksiya sexi	500,0	0,70	0,55	293,3	106,9	275,0	280,6	392,9	19	
20	15	Elektrik sexi	320,0	0,80	0,55	279,5	138,0	174,7	131,0	218,3	15	
21	16	Alüminium külçəsi sexi	40,0	0,80	0,90	307,1	69,0	36,0	27,0	45,0	7	
22	17	Qum ambarı	140,0	0,70	0,65	69,0	34,5	91,0	92,8	130,0	11	
23		NƏTİCƏLƏR:	19328,4	0,75	0,58	161,4	116,6	11260,2	10046,6	15090,6		

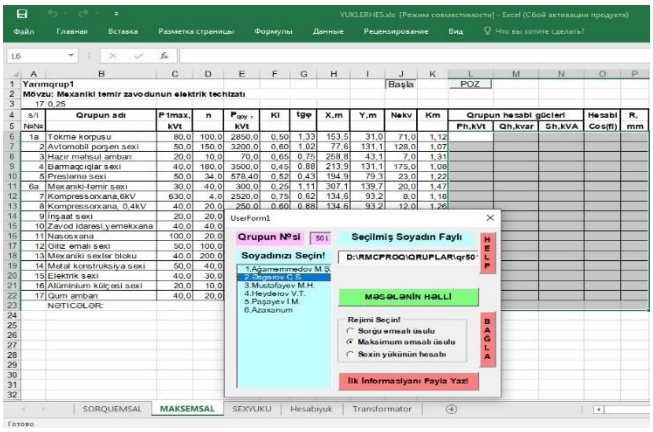
-məsələ2 açmalı

- İstismar nümunələri açmalı

-cari məsələnin proqramı açmalı



-BAŞLA açmalı



- maksimum əmsalı (nizamlanmış diaqramlar) üsulu ilə hesabatın nəticəsi

Yar?mqrup1 | Başla | POZ

Mövzu: Mexaniki temir zavodunun elektrik techizatı

17 0,25

s/i №№	Qrupun adı	P1max, kVt	n	P_{qoy}, kVt	Kl	tgφ	X,m	Y,m	Nekv	Km	Qrupun hesabi gücleri Ph,kVt	Qh,kvar	Sh,kVA	Hesabi Cos(fi)	R, mm
1a	Tökme korpusu	80,0	100,0	2850,0	0,50	1,33	153,5	31,0	71,0	1,12	1599,2	1900,0	2483,4	0,64	45
2	Avtomobil porşen sexi	50,0	150,0	3200,0	0,60	1,02	77,6	131,1	128,0	1,07	2049,0	1958,8	2834,6	0,72	51
3	Hazır məhsul ambarı	20,0	10,0	70,0	0,65	0,75	258,8	43,1	7,0	1,31	59,4	37,5	70,3	0,85	9
4	Barmaqcıqlar sexi	40,0	180,0	3500,0	0,45	0,88	213,9	131,1	175,0	1,08	1707,1	1389,0	2200,8	0,78	47
5	Presləmə sexi	50,0	34,0	578,40	0,52	0,43	194,9	79,3	23,0	1,22	366,8	128,1	388,5	0,94	22
6a	Mexaniki-temir sexi	30,0	40,0	300,0	0,25	1,11	307,1	139,7	20,0	1,47	110,5	83,1	138,3	0,80	12
7	Kompressorxana,6kV	630,0	4,0	2520,0	0,75	0,62	134,6	93,2	8,0	1,18	2223,6	1288,4	2569,9	0,87	53
8	Kompressorxana, 0,4kV	40,0	20,0	250,0	0,60	0,88	134,6	93,2	12,0	1,26	188,7	132,3	230,4	0,82	16
9	İnşaat sexi	20,0	20,0	150,0	0,30	1,02	241,5	10,4	15,0	1,49	66,9	45,9	81,2	0,82	9
10	Zavod idaresi,yeməkxana	40,0	40,0	420,0	0,45	0,48	305,3	189,8	21,0	1,28	241,1	91,5	257,9	0,93	18
11	Nasosxana	100,0	20,0	630,0	0,60	0,88	82,8	193,2	12,0	1,26	475,5	333,4	580,7	0,82	25
12	Giliz emalı sexi	50,0	100,0	1560,0	0,35	1,11	141,5	165,6	62,0	1,19	650,1	605,0	888,0	0,73	29
13	Mexaniki sexlər bloku	40,0	200,0	2300,0	0,50	1,02	213,9	182,9	115,0	1,09	1257,5	1173,2	1719,8	0,73	40
14	Metal konstruksiya sexi	50,0	40,0	500,0	0,45	1,33	293,3	106,9	20,0	1,28	288,8	300,0	416,4	0,69	19
15	Elektrik sexi	40,0	30,0	320,0	0,40	0,88	279,5	138,0	16,0	1,36	174,7	112,9	208,0	0,84	15
16	Alüminium külçəsi sexi	20,0	10,0	40,0	0,60	0,75	307,1	69,0	4,0	1,53	36,6	19,8	41,7	0,88	7
17	Qum ambarı	40,0	20,0	140,0	0,45	1,33	69,0	34,5	7,0	1,53	96,7	92,4	133,7	0,72	11
	NƏTİCƏLƏR:			19328,4			160,2	116,5			11592,1	9691,4	15109,6	0,77	

SORQUEMSAL | MAKSEMSAL | SEXYUKU | Hesabiyuk | Transformator

Sonrakı 3, 4, 5, 6, 7 saylı məsələlərin həlli anoloji qaydada aparılır.

ƏDƏBİYYAT

1.R.Z.Kazımzadə, M.Ş.Ağəməmmədov, C.S.Əsgərov. Visual Basic və MS Excel-dən kus layihəsi buraxılış işlərinin icrası üçün istifadə edilməsi.Dəds vəsaitı.Bakı 2006 il. 325 s.

2.R.Z.Kazımzadə, M.Ş.Ağəməmmədov, C.S.Əsgərov. Sənaye müəssisələrinin elektrik təchizatı.Bakı 2009. 207 s.

3. C.S.Əsgərov. Elektrik təchizatı.Multimediya əsəri. Elektron dərs vəsaitı. Azərbaycan Respublikası Əqli Mulkiyyət Agentliyi. Əsərin qeydiyatı haqqında **şəhadətnamə № 11723.** Bakı 2020 il.

4.M.H.Həmidov .Elektrik təchizatı. Multimediya əsəri. Elektron dərs vəsaitı. Azərbaycan Respublikası Əqli Mulkiyyət Agentliyi. Əsərin qeydiyatı haqqında **şəhadətnamə №11722.** Bakı 2020 il.

5. Z.C.Əmirova. Elektrik təchizatı. Multimediya əsəri. Elektron dərs vəsaitı. Azərbaycan Respublikası Əqli Mulkiyyət Agentliyi. Əsərin qeydiyatı haqqında **şəhadətnamə. №11724.** Bakı 2020 il.

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕТ ЭЛЕКТРОНАБЖЕНИЯ

Аскеров Д.С., Гамидов М.Г., Амирова Д.Д.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: Электроснабжение, максимальный коэффициент, коэффициент запроса, регулируемая диаграмма, ток короткого замыкания, установившееся состояние, несинусоидальная величина.

Для облегчения решения основных и сложных вопросов при выполнении проектных работ по электроснабжению промышленных предприятий приведен состав из 7 разработанных задач (программ), правила, эксплуатации и примеры.

MULTIMEDIAN ELECTRONIC ACCOUNTING

Asgərov D.S., Hamidov M.H., Amirova Z.C.
Azerbaijan State Oil and Industry Universiety, Baku, Azerbaijan
cavidmselimxan@mail.ru

Key words: Power supply, maximum factor, demand factor, adjustable diagram, short-circuit current, steady state, non-sinusoidal value.

In order to facilitate the solution of basic and complex issues when carrying out design work for power supply of industrial enterprises, the composition of 7 developed issues (programs), operating rules and examples are given.

ƏTRAF MÜHİTİN EKOLOGİYA PROBLEMLƏRİNİN HƏLLİ YOLLARI

Gözəlov R.Q., Şirinov R.Ş., Əliyev S.Ə.
"Neftqazavtomat İM" MMC, Sumqayıt, Azərbaycan
ramiz.shirinov@mail.ru

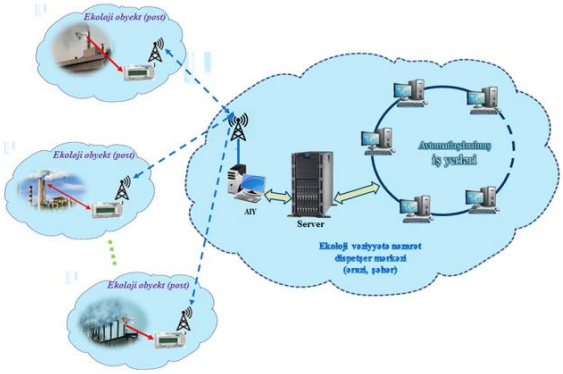
Açar sozlər: ekologiya, monitorinq, nəzarət idarəetmə, sistem, analizator, ölçü, çevirici, effektivlik, mühafizə.

Məqalə ətraf mühitin çirkıəndirilməsinə nəzarət edən mərkəzləşdirilmiş ekoloji monitorinq sistem kompleksinin yaradılmasına həsr edilib. Sistem çox səviyyəli olmaqla lokal səviyyədə məişət obyektlərinin havanın çirkləndirilməsinə səbəb olan əsas parametrlər çox kanallı analizatorlar vasitəsi ilə ölçülür, informasiyalar radiokanalla (GPRS) dispetçer mərkəzi kimi yaradılmış monitorinq sisteminə ötürülür. Bu səviyyədə lokal səviyyədən qəbul edilmiş informasiyalar təyinatına görə bölünür, işlənir, təhlil edilir, sistem monitorunda mnemosxemlərdə vizuallaşdırılır (cədvəl, qrafik, histoqram, dioqram və s.), idarə edilən "informasiya xəzinələri" yaradılır, ekoloji mühitin qiymətləndirilməsi üçün "xəbərdarlıq" və "qəza" siqnalları formalaşdırılır, o cümlədən tələb edilən tədbirlərin görülməsi üçün qərarlar qəbul edilir.

Bu gün qətiyyətlə qeyd etmək olar ki, qlobal mənada planetimizin ekoloji durumu acınacaqlı dərəcədə pisləşir. Odur ki, ekoloji vəziyyəti nəzarətə almaq və vəziyyəti yaxşılığa doğru dəyişmək üçün kompleks təxirəsalınmaz tədbirlərin görülməsi çox vacib və aktual məsələdir.

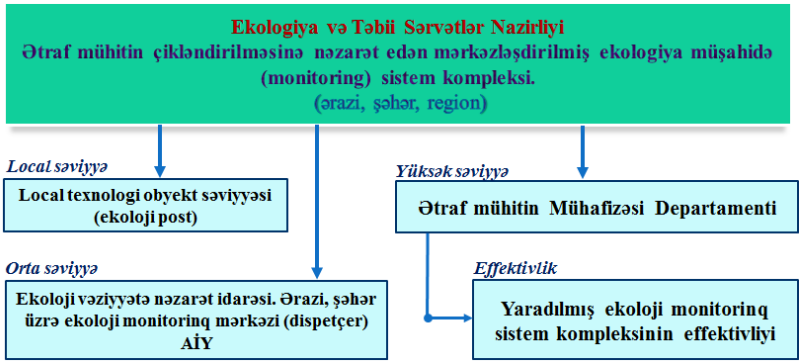
Təqdim edilən məqalə Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin Ətraf mühitin Mühafizəsi Departamentinin tövsiyyəsinə əsasən ekoloji problemlərdən biri olan, böyük şəhərlərdə fəaliyyət göstərən məişət obyektlərinin (o cümlədən şadlıq saraylarının) ətraf mühitin çirkləndirilməsinə nəzarət edən mərkəzləşdirilmiş monitorinq (müşahidə) sistem kompleksinin yaradılmasına həsr edilir. Əslində ətraf mühitin çirklənməsi məsələsi özü-özlüyündə çox geniş mövzunu əhatə edir. Bu sahədə çox saylı dəyərli praktiki və nəzəri işlər mövcuddur. Lakin biz real olaraq ətraf mühitin çirklənməsinə nəzarət edən sistem kompleksinin yaradılmasının praktik həllini gerçəkləşdirən bir

məsələnin həllini nəzərdən keçirəcəyik. Qeyd edək ki, [1] məqalədə ölkəmizin şəhərlərinin və ərazələrinin kompleks ekoloji durumu məsələlərinin həllini mümkün edən çoxsəviyyəli intellektual proqram-texniki sisteminin işi göstərilib. Bu sistem istənilən ekoloji problemlərin həlli üçün (suyun, torpağın, havanın çirklənməsi məsələləri) ekoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış nəzarət və idarəetmə sistemlərinin yaradılmasına yardımçı ola bilər.



Şəkil 1. Ərazi və şəhər üzrə ekologiya vəziyyətinə nəzarət edən avtomatlaşdırılmış monitorinq (müşahidə) sistem kompleksi.

Ətraf mühitin mühafizəsi Departamentinin tövsiyyəsinə əsasən məişət obyektlərinin havanın çirkləndirilməsinə səbəb olan əsas parametrlər CH_4-metan qazı, SO_2-kükürd, CO-dəm qazı, H_2S-hidrogen sulfit və NH_3-ammiyakdır. Qeyd edək ki, bu gün məişət obyektləri tərəfindən bu parametrlərin ətraf mühitin havasının çirkləndirmə dətəcəsinə nəzarət vaxt aşırı olaraq səyyar tipli ölçü qurğuları olan "Анкат-64М3-03 (04)" tipli qazanalizatorları vasitəsi ilə aparılır. Qurğuların yaddaşına yığılan informasiyalar (çirklənmə mənbələrindən yığılmış, zərərli texnogen təsirlər) mövcud ekologiya mərkəzlərindəki müşahidə (monitorinq) sistemlərinə əl ilə daxil edilir sonra bu informasiyalar işlənir, təhlil edilir və lazımi qərarların verilməsi üçün sənədləşdirilir və s. Bu proses çox sayda insan resursları, çox vaxt, nəqliyyat xərcləri tələb etməklə bərabər informasiya qıtlığı, öıçü periodikliyinin tezliyinin çox az olması (gündə bir dəfə) və s. ciddi faktlar vəziyyətə nəzarət edilməsini çox çətinləşdirir. Odur ki, ətraf mühitin çirkləndirilməsi problemlərinin həlli üçün ([1]-də göstərilmiş proqram-texniki kompleksin struktur və prinsiplərindən istifadə etməklə) avtomatlaşdırılmış və mərkəzləşdirilmiş monitorinq (müşahidə) sistem kompleksi təklif edilir (Şəkil 1). Sistem kompleksinin həll etdiyi məsələlər şəkil 2-də göstərilir.



Şəkil 2. Ekologiya monitorinq sistem kompleksinin səviyyələri.

Sistem kompleksinin işinə həm struktura görə, həm də həll edilən məslələrə görə aydınlıq gətirək. Sistem kompleksinin lokal səviyyəsində (istənilən məişət obyekti), yəni ekoloji postda həll edilən məsələlərin əsasını nəzarət ediləcək parametrlərin ən yeni ölçü qurğuları (vericilər) vasitəsi ilə dəqiq ölçülməsi təşkil edir. Ölçü parametrlərinin texnoloji dəyərliyi və qiymətləndirilməsi xüsusi analizatorlar vasitəsi ilə aparılır. Vericilər və analizatorlar stasionar olaraq daimi ekologiya obyektində quraşdırılır, informasiyalar fasiləsiz olaraq öıçülür, dəqiqliyi və tam dəyərliyi təmin edilir. Bu informasiyalar ardıcıl olaraq fayıllar formasında hazırlanır və rabitə əlaqə kanalları vasitəsi ilə (həm simli, həm də simsiz) istənilən səviyyələrdə yaradılmış ekoloji monitorinq (müşahidə) informasiya dispetçer mərkəzinə ötürülür. Bizim halda tələb edilən məlumatların ötürülməsi müəyyən edilmiş qaydalara əsasən GPRS olmaqla məlumatlar toplusu formasında mobil radioəlaqə ilə yerinə yetirilir. Qeyd edək ki, GPRS-lə (ingl. General Paket Radio Service) məlumatlarının ötürülməsi ucuz və effektivlı olmaqla mövcud mobil əlaqə GSM şəbəkəsi vasitəsi ilə yerinə yetirilir (ötürmənin orta sürət tezliyi 20-40 kbit/san, olmaqla, ötürmə protokolu TSP/IP, X25 və s.). Qeyd etdiyimiz kimi, lokal səviyyədə, havanı çirkləndirən parametrlərin ölçülməsi üçün istifadə olunan verici və analizatorların çoxluğu və müxtəlifliyi (ölçü üsullarına görə) imkan verir ki, lokal səviyyədə istifadə edilən qurğular iqtisadı cəhətdən ucuz, sadə və etibarlı olsun. Odur ki, ölçü səviyyəsində seçilmiş analizatorlar çox parametrli olmaqla vericiləri də (sensorları) bir qurğuda yerləşdirilib. Çirklənmə mənbəyi olan tüstü borularından tərkibi təyin ediləcək axın xüsusi kiçik diametrli zondla analizatorun girişinə verilir. Seçilmiş parametrlərin qiymətləri fasiləsiz olaraq təyin edilir (ölçmə tezliyi və təyin edilmə vaxtı 6 parametr üçün 5 saniyədən gec olmayaraq), yadda saxlanılır, analizatorun ekranında rəqəmsal olaraq göstərilir, hədd aşmalar zamanı səs siqnalları verir, o cümıədən müəyyən edilmiş intervalda informasiyalar GPRS modemi vasitəsi ilə radiokanalla ekoloji dispetçer mərkəzlərinə ötürülür (Şəkil 1). Ekoloji parametrlərin təyini üçün Rusiya istehsal olan çoxparametrli "MAQ-6C-2" və ya "Binar 2D", tipli analizatorları (GPRS-radiomodemlər ilə birlikdə) istifadə edilə bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, əgər tələb olsa lokal ekoloji obyekdə əlavə kompüter qoymaq və orada ekoloji monitorinq (müşahidə) sistemi, avtomatlaşdırılmış iş yeri yaratmaq olar.

Ekoloji monitorinq sistem kompleksin ikinci səviyyəsini "orta" səviyyə kimi qəbul edək və bu səviyyədə həll olunan məsələlərə baxaq (şəkil 2). Belə ki, orta səviyyə ekoloji vəziyyətə nəzarət edən idarənin (ərazi, şəhər üzrə və s.) ekoloji monitorinq mərkəzi (dispetçer) ola bilər. Bu səviyyədə dispetçer mərkəzindəki kompüterə (dispetçerin avtomatlaşdırılmış iş yeri) ekoloji proseslərə nəzarət və onların idarə edilməsi üçün yaradılmış xüsusi riyazi proqram təminatı paketi ([1] məqalədə göstərilmiş proqram-texniki kompleksin tərkib hissəsi olan SCADA "ARAZ" proqram paketidir) yüklənir. Bu orta səviyyədə aşağıda göstərilən məsələlər həll edilir.

1. Lokal stasionar məntəqələrdən (postlardan) informasiyaların qəbulu və təyinatına görə bölünməsi;
2. Operativ olaraq ekoloji parametrlərin yerini və vəziyyətlərinin təyin edilməsi:

2.1. Nəzarət edilən parametrlərin normativ qiymətlərindən aşmasının təyini – "xəbərdarlıq" siqnalları;

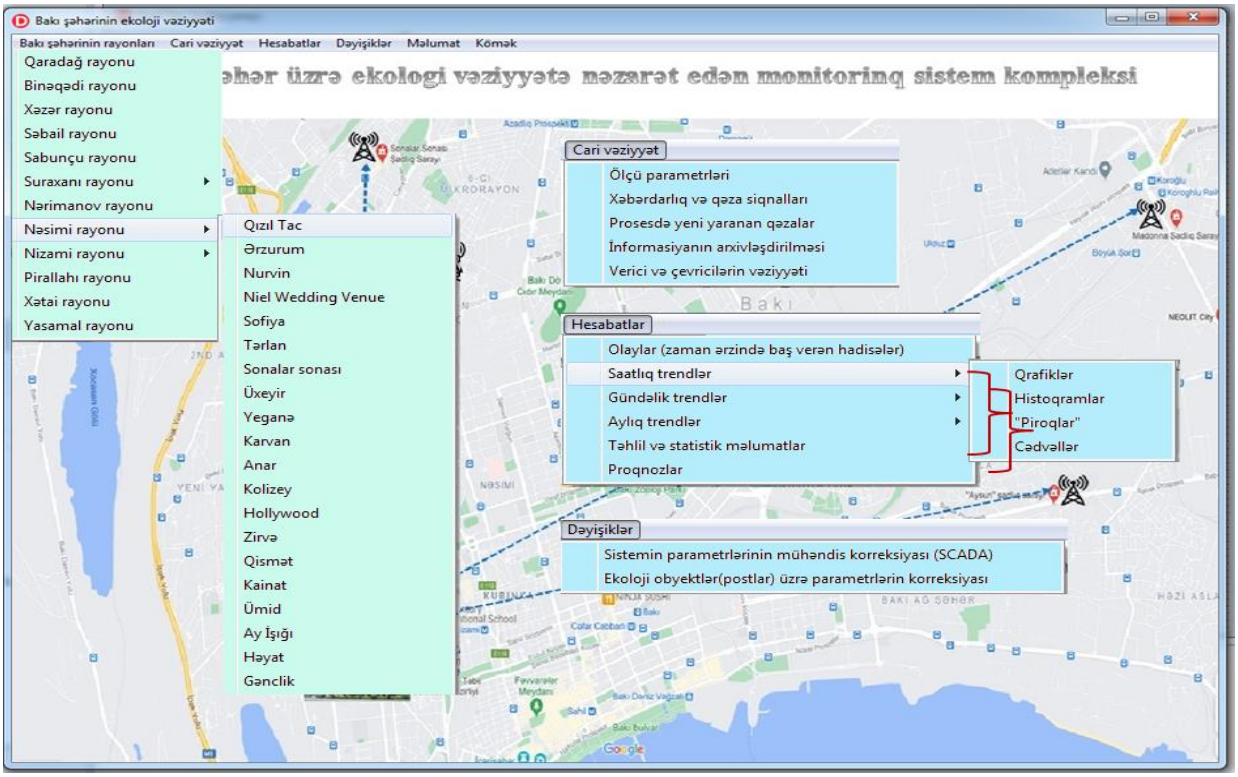
2.2. Nəzarət edilən parametrlərin "xəbərdarlıq" zonalarından çıxması, "qəza" siqnallarının formalaşması;

3. Ekoloji parametrlərin statistik işlənməsi, təhlili, real zaman miqyasında cari qiymətlərin kompüterin monitorundakı mnemosxemlərə və paralel olaraq yaddaşa göndərilməsi;
4. Ekologiya mütəxəssisi tərəfindən tələb edilən informasiyaların nəticələrinin vizuallaşdırılması (cədvəl, qrafik, histoqram, dioqram və s.);
5. Ekoloji parametrlərin idarə olunan "informasiya xəzinələrinin" yaradılması;

6. Mərkəz üzrə informasiyaların şöbə və strukturların avtomatlaşdırılmış iş yerlərinə (AİY) paylanması;
7. Lazımı hesabatların və sənədlərin hazırlanması (tələb edilən formada), çap edilməsi və yüksək sistem səviyyəsinə ötürülməsi (internetlə).

Sistem kompleksinin orta səviyyəsində yaradılmış ekoloji monitorinq dispetçer mərkəzində (ekologiya üzrə mütəxəssisin avtomatlaşdırılmış iş yeri – AİY) tələb edilən məsələlərin həllində yerinə yetirilən əsas işlərə nəzər salmaq üçün AİY-nin monitorundakı şəkilə baxaq (şəkil 3).

Dispetçer mərkəzində mühəndis-texnoloq (ekologiya üzrə mütəxəssis) sistemin iş prosesinə tam nəzarət etməklə onun işinə interaktiv rejimdə qarışa da bilər. Şəkildən göründüyü kimi monitorinq mərkəzində şəhər üzrə ekoloji məişət obyektlərinin (postlarının) seçilməsi, cari vəziyyətə aid kompleks məsələlər, hesabatlara aid kompleks məsələlər, sistemin mühəndis iş strukturuna aid olan "dəyişikliklər", yəni "Sistem parametrlərinin mühəndis korreksiyası (SCADA PT) və "ekoloji obyektlər (postlar) üzrə parametrlərin korreksiyası" məsələləri həll edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, "dəyişikliklər"ə aid olan göstəricilər ancaq sistemin əsas SCADA proqram paketinə aid olduğundan, xüsusi hallarda ekologiya mütəxəssisinin tələbi ilə və ancaq mühəndis-proqramlaşdırıcının köməyi ilə dəyişdirilə bilər.



Şəkil 3. Sistem kompleksində həll edilən məsələlər.

Ekoloji monitorinq sistem kompleksinin üçüncü səviyyəsini "yüksək" səviyyə kimi qeyd edək. Bu səviyyə ətraf mühitin Mühafizəsi Departamenti və Nazirliyin özünə aid ola bilər. Belə ki, sistemin "orta" səviyyəsindən tələb edilən informsiyalar mövcud internet şəbəkəsi vasitəsi ilə "yüksək" səviyyənin mərkəzi dispetçerin monitorinq sisteminə ötürülür və orada daxili "intranet" şəbəkəsinə qoşulmuş tələb edilən şöbə və sektorların bölmələrində yaradılmış avtomatlaşdırılmış iş yerlərinə ötürülür (AİY). "Yüksək" səviyyədə aşağıdakı məsələlər həll edilir:

1. Sistem kompleksinin aşağı və orta səviyyələtindən toplanmış və emal edilmış informasiyaların qəbul edilməsi (yüksək səviyyəyə inteqrasiya olunma);
2. Departamentin dispetçer monitorinq mərkəzi (ekoloğiya üzrə mühəndisin avtomatlaşdırılmış iş yeri – AİY);
3. Departamentin daxili korporativ "intranet" şəbəkəsi, infornasiyaların şöbələrə, sektorlara və əsasən mühitin mühafizəsi üzrə müfəttişlərin AİY-nə ötürülməsi;
4. Ətraf mühitin mühafizəsi üzrə hesabatların təhlili, qiymətləndirilməsi, proqnozlaşlaşdırmanın (müddətli statistik təhlillər əsacında) aparılması;
5. Hesabatlara görə məişət obyeklərinin mühiti çirkləndirməsi dərəcəsi və ziyanın təyini, qərarların qəbul edliməsi, cərimə sanksiyalarının təyin edilməsi və əldə edilmiş nəticələr;

Məqalədə təklif edilən ətraf mühitin çirkləndirilməsinə nəzarət edən ekoloji monitorinq sistem kompleksi tələb edilən problem məsələlərinin həlli ilə yanaşı ekoloji monitorinq sisteminin tətbiqi ilə bir sıra effektiv məqamların həllinə nail olmağa imkan yaradır:

1. Ekoloji obyektlərə (postlara) getmə vaxtlarının və periodikliyinin azaldılması və ya aradan qaldırılması;
2. Ekoloji obyektlərə (postlara) gedən nəqliyyat vasitələrinin sayının azaldılması və yanacağa qənaət edilməsi;
3. İstifadə edilən nəqliyyat sayının azaldılması ilə atmosferə atılan zərərli qazların həcminin azaldılması;
4. Neqativ halların həddi və təsir dairəsinin azaldılması üçün tədbirlərin hazırlanması və obyekt sahiblərinə xəbərdarlıq edilməsi.

Beləliklə, çoxsəviyyəli proqram-texniki kompleksin köməyi ilə yaradılacaq ətraf mühitin çirklənməsinə nəzarət monitorinq sistemini istənilən sənaye obyektlərinin yaratdığı ekoloji problemlərin həlli üçün istifadə etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Р.Ш.Ширинов «Интеллектуальный программно-технический комплекс для решения задач экологической проблемы городов страны»
"Telekomunukasiyada innovativ texnologiyalar" mövzusunda beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, səh. 248-250, 4-6 dekabr 2019-cu il, Az.TU, Bakı, Azərbaycan.

РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Гезалов Р.Г., Ширинов Р.Ш., Алиев С.А.
НПП Нефтегазавтомат, Сумгаит, Азербайджан
ramiz.shirinov@mail.ru

Ключевые слова: экология, мониторинг, управление контролем, система, анализатор, измерение, преобразователь, эффективность, охрана

Статья посвящена созданию централизованной системы экологического мониторинга, контролирующей загрязнение окружающей среды. Система многоуровневая, основные параметры, вызывающие загрязнение воздуха на местном уровне, измеряются многоканальными анализаторами, информация передается по радиоканалу (GPRS) в систему мониторинга, созданную как диспетчерский центр. На этом уровне информация, полученная с локального уровня, разделяется, обрабатывается, анализируется, визуализируется в мнемонике на системном мониторе (таблицы, графики, гистограммы, диаграммы и т. Д.),

Создаются управляемые «информационные сокровища», «предупреждения» и «предупреждения» для оценки состояния окружающей среды. Формируются «аварийные» сигналы, а также принимаются решения о принятии необходимых мер

SOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Gozalov R.G., Schirinov R.Sch., Aliyev S.A.
Nefteqazavtomat, Sumgait, Azerbaijan
ramiz.shirinov@mail.ru

Key words: ecology, monitoring, control management, system, analyzer, measurement, converter, efficiency, security

The article is devoted to the creation of a centralized environmental monitoring system that controls environmental pollution. The system is multi-level, the main parameters causing air pollution at the local level are measured by multi-channel analyzers, the information is transmitted over a radio channel (GPRS) to a monitoring system created as a dispatch center. At this level, information received from the local level is divided, processed, analyzed, visualized in mnemonics on the system monitor (tables, graphs, histograms, charts, etc.), Managed "information treasures", "warnings" and "warnings" are created »To assess the state of the environment. Emergency signals are generated, and decisions are made to take the necessary measures

QEYRİ-XƏTTI OPTIMAL PLANLAŞDIRMA MƏSƏLƏSININ HƏLL ALQORITMI

Mirzəyev G.A., Abdullayeva R.A.
Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan
mirzoyevga@mail.ru, rahila009@yahoo.com

Açar sözlər:proqramlar paketi, təqvim planlaşdırma, qabarıq kvadratik, məqsəd funksiyası.

Məqalədə qeyri-xətti məqsəd funksiyalı optimallaşdırma təqvim planlaşdırma məsələsinin xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla riyazi modelin formalaşdırılması və optimallaşdırmaya qədər həll ediləcək məsələnin ölçüsünün azaldılması alqoritmi verilir, bu da öz növbəsində məsələnin həlli zamanı kompyuter resurslarına qənaət edilməsinə gətirir

Riyazi-iqtisadi məsələlərin meydana gəlməsi və onların hesablama texnikası ilə həll edilməsi yeni çətinliklər ortaya çıxardı. Bu məqsədlə ortaya çıxan çətinliklər təkcə qoyulmuş məsələnin həll edilməsindən başqa, tələb olunan məlumatların toplanması, emal üçün hazırlanması, alınmış nəticələrin məqsədyönlü istifadə edilməsi məsələnin həll edilməsindən heç də az əhəmiyyətli deyil.

Bir səviyyəli planlaşdırma məsələsi istehsalat kompleksləri üçün ümumi halda diskret şəkildə aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$L = \sum_{k=0}^{N-1} f_0[u(k), y(k), z(k)] \to \max(\min) \qquad (1)$$

$$y(k+1) = \varphi[u(k), y(k), z(k)]$$

$$y(0) = \overline{y}(0); \;\; y(N) = \overline{y}(N) \qquad (2)$$

$$\sum_{k=0}^{N-1} f[u(k), y(k), z(k)] \geq B' \qquad (3)$$

$$g[u(k), y(k), z(k)] \geq \overline{B}(k) \qquad (4)$$

$$\underline{u}(k) \leq u(k) \leq \overline{u}(k)\ ; \qquad k = \overline{0, N-1} \qquad (5)$$

$$u(k) \geq 0\ ; \qquad k = \overline{0, N-1} \qquad (6)$$

Burada *u(k)*- axtarılan dəyişənlər vektoru; *z(k)*-idarə edilə bilməyən, amma təsiredici və nəzarətdə saxlanılan vektor dəyişənlər; $f_0; \varphi; f; g$ - dəyişənlərdən asılı vektor-funksiyalar; $\overline{y}(0)\ ; \overline{y}(N) -$ anbarlarda saxlanılan $y(k)$ materialının ehtiyatda olan başlanğıc və son miqdarı; $B'; \overline{B}(k) -$ məmulat və məhsullara qoyulan ümumi və lokal məhdudiyyətlərin miqdarını bildirən vektor – sütunlar; $\underline{u}(k)$; $\overline{u}(k)$ – $u(k)$ dəyişənlərinə qoyulan mümkün aşağı və yuxarı sərhəd şərtlərindəki miqdar ; *N;k*- təqvim planlaşdırma müddətinin bölündüyü intervalların miqdarı və say nömrəsini bildirir. Qeyd edək ki, məsələnin belə qoyuluşu istət ehtiyat resurslarının idarə edilməsini, istərsə də avadanlıqların təmir-tikinti qrafikini də özündə əks etdirdiyi halları nəzərə almaq olar.

(1)– (6) məsələsinin həll edilməsi üçün, böyük məsələləri parçalama üsulu ilə [1] həll etmək olar.

Qraflar nəzəriyyəsində təklif olunan üsul vasitəsilə normativ məlumat əsasında istehsal kompleksinin istər struktur sxemi, istərsə də sxemə daxil olan dəyişənlər arasındakı riyazi asılılığı yazmaq olar. Cari-operativ məlumatlar arasında riyazi asılılıqlara qoyulan məhdudiyyətlər, əlaqəli-operativ məlumatlar əsasında isə anbarlar üçün nəzərdə tutulmuş məlumatlar formalaşdırılır. Nəticələrin formalaşdırılması isə optimal məsələnin nəticələrinin veriləcəyi bölmələrin tələblərinə uyğun olaraq fayllar və ya sənədlər şəklində formalaşdırılır.

Optimallaşdırma məsələsinin formalaşdırılması və nəticələtin əldə edilməsi məsələsi həll edilmiş kimi görünsə də, istər məqsəd funksiyasının xətti, istər sə də qeyri-xətti, kvadratik olduğu halda müəyyən çətinliklər ortaya çıxa bilər. Buna məsələnin həlli vaxtının və yaddaş qurğusuna olan tələbatın artmasını misal göstərmək olar.

Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq üçün meyar funksiyasının xətti və qeyri-xətti olduğu hallar üçün aşağıdakı alqoritm təklif edilir:

1. Verilmiş məlumat əsasında (1)–(6) məsələsinin formalaşdırılması.
2. (5) şərtlərində $\tilde{u}(k) = u(k) - \underline{u}(k)$ əvəzləməsini yerinə yetirməklə məhdudiyyətlərin sayının iki dəfə azaldılması.
3. (2) şərtlərində anbarlarda olan $\overline{y}(0)$ ehtiyat məhsullarını nəzərə almaqla, anbar məhdudiyyətlərinin formalaşdırılması.

(1) xətti-vektor funksiya olduqda[1] və [2]–ni tətbiq etməklə optimallaşdırma məsələsinin həll edilməsi.

Qeyd olunan qaydalar ardıcıllığı optimal təqvim planlaşdırılmasının həll edilməsində az vaxt və az yaddaşdan istifadə etməklə həyata keçirilir.

Ədəbiyyat

1.Т.Г.Рзаев, Г.А.Мирзоев Исследование специфики условий задачи оптимального планирования нефте-химических комплексов-Механизация и автоматизация управления, Киев, 1982.

2.G.A.Mirzəyev, S.R.Cavadova, Qeyri-xətti optimallaşdırma Zoytendeyk üsulunun modifikasiyası, “Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları” Respublika Elmi Konfransının materialları, SDU, 2007, s.117.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ НЕ ЛИНЕЙНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ

Мирзоев Г.А., Абдуллаева Р.А.
Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

Ключевые слова: пакеты программ, календарное планирование, выпукло-квадратичной, целевая функция.

В статье с учетом свойства задачи оптимального календарного планирования при линейной и квадратичной целевой функции, предлагается метод формирирующий математической модели, до оптимизации сокращению размерностью задачи и в последствии число вычислительных процессов, приводит к сокращению требований компьютерным ресурсам.

ALQORITHM SOLUTION OF OPTIMAL CALENDAR PLANINQ PROBLEMS QUADRATIC OBJECTIVE FUNCTIO

Mirzoyev G.A., Abdullaeva R.A.
Sumqayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

Key words: packet programs, calendarical planning, convex-quadratical, objective function.

In the article consideration task properties of optimal calendar planninq for linear and quadratic objective functions, suggested method of shaping mathematical model, up to reducting task dimentions and including number of computation process. And this, in its turn reduces cancellation requirements of computing resources.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА БАКУ

Асланлы Р.А. , Громова О.Н.
Государственный университет управления, Москва, Россия
aslanov_ramil@mail.ru

Ключевые слова: Государственная программа, социально-экономического, динамичное развитие**,** мировой нефти, инвестиционная программа

Резюме. Статья посвящена оценка уровня социального- экономического развития города Баку. Рассматриваются результаты выполнения первой и второй государственных программы социально-экономического развития г. Баку и пригородов, охватывающих 2011-2013 и 2016-2018 годы.

Для любого государства, вне зависимости от уровня его социально-экономического развития, одним из главных показателей успешного существования является социальная стабильность общества. Социальная стабильность достигается в результате гармоничного сосуществования и системного взаимодействия трёх главных секторов общества – власти, бизнеса и общественности. Или, как ещё их называют, трёх секторов экономики – государственного, частного и общественного (третьего сектора). При возникновении критических ситуаций, связанных с влиянием различных внешних факторов на

экономическое развитие стран, в том числе и кризисами, которые периодически сотрясают мировую экономику, государства с различным политическим устройством по-разному реагируют на проявление угроз.

Социально-экономическое развитие регионов в значительной степени зависит от объёма и эффективности использования экономического потенциала их территории, который является основой существования и жизнедеятельности региона.

Город Баку - крупнейший индустриальный центр. Здесь сосредоточены старейшие нефтяные промыслы, знаменитые Нефтяные Камни, уникальный завод глубоководных оснований, мощные крановые суда, современные плавучие буровые установки. Здесь также развиты нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, химическая, легкая, пищевая, машиностроительная отрасли промышленности, производство нефтяного оборудования, стройматериалов, приборостроение, электротехника и радиоэлектроника, судоремонт. В 1901 году в Баку добывалось больше половины мировой нефти. В Азербайджане пробурена первая в мире нефтяная скважина, пущен на воду первый в мире нефтяной танкер, впервые в мире начата добыча нефти в море. В Баку в начале 20 века добывалось 50% всей мировой нефти, а во время. Второй мировой войны Баку снабжал топливом всю советскую армию, обеспечивая до 85% ее потребностей. Нефтяные Камни числятся в списке Книги рекордов Гиннеса, как старейшая морская нефтяная платформа. По количеству грязевых вулканов Азербайджан занимает первое место в мире (имеется около 350 из 800 грязевых вулканов). Геологи НАСА, изучившие природу Марса, сделали вывод о том, что грязевые вулканы Азербайджана схожи по своему строению с возвышенностями красной планеты.

Известная во всем мире Нобелевская премия состоит и из капитала, заработанного Альфредом Нобелем от эксплуатации Бакинской нефти. Расчеты показывают, что сумма эта составляет около 12% фонда Нобелевских премий.

Азербайджан – первая мусульманская страна, которая предоставила женщинам равные политические права с мужчинами.

Зия Буниятов единственный в бывшем Союзе ученый-академик, Герой Советского Союза, который командовал в годы Великой Отечественной войны дисциплинарным батальоном (штрафбатом).

Метро в Баку было запущено в 1967 году, и одна из станций называлась «28 апреля» — в честь дня, когда в Азербайджане была установлена советская власть. После выхода республики из состава СССР станцию «повысили» ровно на месяц. Теперь она называется «28 мая» — в честь государственного праздника Дня Республики.

Первая музыкальная опера на мусульманском Востоке была поставлена именно в Баку - это была опера "Лейли и Меджнун".

Храм огня Атешгях. Храм построен на месте "вечных огней" - горящих выходов естественного газа в поселке Сураханы. Слово "Атешгях" означает "Дом огня", "Место огня". С незапамятных времен здесь было святилище зороастрийцев - огнепоклонников, которые приезжали сюда из разных стран на поклонение священному огню. Сейчас Баку - крупнейший индустриальный центр. Здесь сосредоточены старейшие нефтяные промыслы, знаменитые Нефтяные Камни, уникальный завод глубоководных оснований, мощные крановые суда, современные плавучие буровые установки. Здесь также развиты

нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, химическая, легкая, пищевая, машиностроительная отрасли промышленности, производство нефтяного оборудования, стройматериалов, приборостроение, электротехника и радиоэлектроника, судоремонт.

Баку - крупный железнодорожный узел и порт на Каспийском море. С 1967 года в столице работает метрополитен.

Первая Государственная программа социально-экономического развития Баку и пригородов охватывала 2011–2013 годы. Вторая Государственная программа социально-экономического развития Баку и пригородов охватывала 2014–2016 годы. Исходя из этой программы, в 2014 году было подписано распоряжение об утверждении "Государственной программы социально-экономического развития города Баку и его поселков в 2016-2018 гг." [2]. Согласно распоряжению, Государственная программа утверждена в целях ускорения развития города Баку и его поселков, продолжения работ, по повышению уровня жизни проживающего в них населения [1].

Кабинету министров было поручено реализовать меры по исполнению Государственной программы совместно с соответствующими органами центральной и местной исполнительной власти; при подготовке совместно с министерством экономики и промышленности и министерством финансов Государственной инвестиционной программы на каждый год принимать во внимание мероприятия, предусмотренные в соответствии с Государственной программой по годам; решить другие вопросы, вытекающие из распоряжения.

Министерству экономики и промышленности было поручено совместно с Исполнительной властью города Баку координировать реализацию мероприятий, предусмотренных Государственной программой; раз в год информировать Президента Азербайджана о ходе реализации мероприятий, предусмотренных Госпрограммой [3].

Благодаря данной программе произошло Динамичное развитие 12 районов Баку (Сабаильский, Насиминский, Наримановский, Ясамальский, Хазарский, Бинагадинский, Низаминский, Сабунчинский, Сураханский, Хатаинский, Гарадагский и Пираллахинский).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Имрани З.Т., Мусаева М.Р.* Социально-экономические аспекты концепции устойчивого развития в Азербайджанской Республике // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N2. С.42-49. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-42-49

2. Итогам выполнения Госпрограммы по социально-экономическому развитию Баку URL: https://haqqin.az/news/83182

3. Утверждена Госпрограмма развития Баку и его поселков Url: http://ru.oxu.az/politics/11837

ASSESSMENT OF ECONOMIC DEVELOPMENT OF BAKU CITY

Aslanlı R.A., Gromova N.A.
State University of Management, Moscow, Russia

Key words: State program, socio-economic, dynamic development, world oil, investment program

Summary. The article is devoted to the assessment of the level of socio-economic development of Baku. The results of the first and second state programs of socio-economic development of Baku and its suburbs covering 2011-2013 and 2016-2018 are considered.

BAKI ŞƏHƏRİNİN İQTİSADİ İNKİŞAFININ QIYMƏTLƏNDIRILMƏSI

Aslanlı R.A., Qromova O.N.
Dövlət İdarəetmə Universiteti, Moskva, Rusiya

Açar sözlər: Dövlət proqramı, sosial-iqtisadi, dinamik inkişaf, dünya nefti, investisiya proqramı

Məqalə Bakının sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsinin qiymətləndirilməsinə həsr edilmişdir. 2011-2013 və 2016-2018-ci illəri əhatə edən Bakının və ətraf şəhərlərin sosial-iqtisadi inkişafının birinci və ikinci dövlət proqramlarının nəticələri nəzərdən keçirilir.

МЕТОДЫ И ОБЪЕМЫ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Асланлы К.А.
Российский Государственный Геологоразведочный Университет им.Серго Орджоникидзе
ООО "ГЕОТЕХКОНСАЛТИНГ", Москва, Россия

Ключевые слова: геофизика, разведочное бурение, скважин, сульфидной минерализации, зенитному углу.

Аннотация. В статье рассмотрено геологическое строение и проект разведки на лицензионном участке Елкинское (Новохоперский муниципальный район, Воронежская область) и определению промышленной значимости участка Елкинское (площадь участка составляет 8,6 км^2) и обоснованию целесообразности проведения дальнейших геологоразведочных работ с оценкой запасов по категории C_1 и C_2.

Предлагается рассматривать месторождение Елкинское как крупнообъемный объект с невысокими средними содержаниями меди и никеля, пригодный к отработке подземным способом. Месторождение сульфидных медно-никелевых руд «Елкинское» пространственно и генетически связано с одноименным массивом базит-гипербазитов, относящемуся к мамонскому интрузивному комплексу. Площадь интрузии составляет 9,3 км^2.

Месторождение приурочено к западной части Елкинского норит-диоритового интрузивного массива, располагаясь среди амфиболизированных средне-крупнозернистых норитов. Месторождение представляет собой линзу минерализованных среднезернистых амфиболизированных норитов длиной по простиранию более 1 500 м, по падению более 1000м и мощностью до 100 м, падающую на северо-запад под углом 80-85^0, со склонением

на север-восток 50^0 под углом $70\text{-}75^0$. В «лежачем» и «висячем» боках зоны соответственно на расстоянии 10-50м и 10-30м прослеживается нарушения северо-восточного простирания с падением на северо-запад. В 1979-82гг. на площади работ геохимической партией Московской ГГЭ были проведены геохимические и атмохимические исследования, в результате которых выявлен ряд перспективных аномалий, заслуживающих постановки завёрточных работ.

В 1983г. на участке Елкинской интрузии проводились общие поиски сульфидных никелевых руд. В 1992-94гг. в пределах Елкинского интрузивного массива были проведены поисково-оценочные работы. Прогнозные ресурсы никеля категории P_1 при его среднем содержании 0,98% составили 218 780 т, P_2 – 175 020 т при наличии ресурсов руды P_1 – 31 442 700 т, P_2 – 25 154 160 т. Работы на месторождении были приостановлены.

В качестве рекомендации авторами было предложено проведение глубинного геологического картирования масштаба 1:50 000, что позволило бы достоверно расшифровать внутреннюю структуру, изучить аномалию в южной части участка, которая приурочена к выступу в гравитационном поле, уточнить зону дробления.

Рудная минерализация с содержанием никеля от 0,3% тяготеет к участкам рассланцевания, и чаще всего находится в сростках с тонкими агрегатими амфиболов. Размер зерен, в основном, 0,2-0,5мм.

На стадии поисково-оценочных работ в 2012-2013г.г. было пробурено 23 скважины, в 8 профилях. Глубина скважин изменялась от 385м до 1390м, при среднем значении 860п.м. Бурение скважин велось под углом 65° по азимуту 135°. Учитывая степень изученности и плотность поисковой сети, ресурсы полезных компонентов месторождения «Елкинское» отнесены к категориям C_2 и P_1.

В состав полевых работ входят буровые работы, комплекс ГИС и рациональных методов скважинной геофизики, документация керна скважин, опробование керна скважин.

Разведочное бурение. По результатам поисково-оценочных работ Елкинское месторождение отнесено к 2 группе месторождения, то есть - имеет сложное геологическое строение, представлено средними и мелкими залежами сложной формы, весьма невыдержанные по мощности, с многочисленными ответвлениями, и неравномерным распределением никеля, было установлено, что месторождение представляет собой рудное тело размером 30м-40м×150м-300м, уходящие на большую глубину (более 1200м). При этом свойства руды более изменчиво по простиранию, чем по падению [1].

Таким образом, на стадии разведочных работ принимается следующая методика изучения Елкинского месторождения:

Для достижения запасов категории C_1 верхняя часть рудного тела разведывается по сети: расстояние между профилями скважин – 50м, расстояние между скважинами в профилях 50м, до горизонта -500м; нижняя часть рудного тела разведываются по сети расстояние между профилями скважин – 100м, расстояние между скважинами в профилях 100м, что позволит оценить запасы по категории C_2.

Всего планируется 13 профилей, количество скважин в профиле от 1 до 4, глубиной от 366,0 м. до 1547,0 м., при средней глубины скважин по месторождению 806,1 п.м. В целях сокращение затрат при такой густоте сети разведочных скважин рекомендовано бурение многоствольных скважин, они будут буриться до полного пересечения рудной зоны с повышенным содержанием сульфидной минерализации. Выход керна по рудной зоне не менее 70 %, по вмещающим породам – не менее 60 %, бурение по породам

осадочного чехла будет проводиться без подъема керна, мощность осадочного чехла колеблется от 223,0 м до 226,0 м, средняя по месторождению – 224,6 м.

Исходя из геологических разрезов и проекции рудного тела на вертикальную плоскость, всего планируется бурение 35 скважин.

Скважины будут буриться наклонно под углом 64° по азимуту 135°. Для бурения скважин планируется использование станков СКБ со снарядом КССК-76 с жесткой компоновкой, что позволит удерживать траекторию скважины как по азимуту, так и по зенитному углу.

Целевые задачи каждой конкретной скважины достаточно ясно отражены на графических приложениях и таблице подсечений рудной залежи; проектные параметры скважин, требования к выходу керна, проектируемые геофизические исследования отражены в таблицах.

Таким образом, на Елкинском месторождении предполагается бурение 35 скважин, общим объемом 42 942 п.м.[2]

Методика буровых работ. Бурение скважин будет проводиться буровыми установками СКБ, с применением снаряда КССК. Бурение по породам осадочного чехла выполняется долотом без отбора керна, бурение по кристаллическому фундаменту выполняется с отбором керна комплексом КССК диаметром 76мм.

Конструкция скважины следующая: На глубину 5-15 метров (средняя глубина 10м) бурение выполняется долотом диаметром 151 мм с последующей посадкой кондуктора диаметром 146мм.

До глубины 76 метров бурение выполняется долотом диаметром 132 мм с последующей обсадкой диаметром 127 мм.

До глубины 205-215м (среднее 210м) производится долотом диаметром 93 мм с последующей обсадкой диаметром 89 мм.

Далее и до забоя бурение будет вестись комплексом КССК 76.

Расчет затрат времени на бес керновое и колонковое бурение, в связи с использованием высокотехнологичного оборудования, чем предусмотрено в ССН5, к нормам времени применен поправочный коэффициент 0,85.

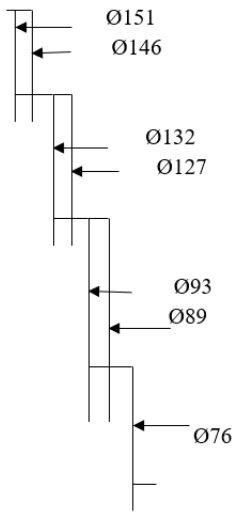


Рис. 1. Конструкция скважины

Бурение многоствольных скважин

Многоствольная скважина — это скважина с ответвлениями, направленно отбуренными от основного ствола и получившими название дополнительных стволов. В многоствольной скважине основным стволом условно можно считать ствол максимальной протяженности, выходящий на дневную поверхность.

Как было сказано выше, в целях сокращение затрат на бурение при густоте сети 50 на 50 м. рекомендовано бурение многоствольных скважин. При методике бурения многозабойных скважин сверху вниз разветвление скважины может осуществляться следующем способом – основной ствол проходится до расчетной точки заложение дополнительного ствола и далее отклонителями искривляется по намеченной траектории дополнительного ствола. При этом предусмотрено применение отклонителей ТЗ-3 и СБС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михин В.П., Шатровский А.Е. Информационный отчет о результатах поисково-оценочных работ в пределах Елкинского рудопроявления никеля и поисках в пределах Елкинского интрузивного массива за 1992-1994 гг. В двух томах. ТГФ ЦР, 1994.
2. Олейников В.В., Копейкина М.В., Копейкин Ю.М. Отчет о результатах общих поисков сульфидных никелевых руд в пределах Елкинского и других массивов норитов Калач-Эртильской зоны за 1983-1986 гг.
3. Олейников В.В. и др. Отчет о результатах поисков никелевых руд в пределах Листопадовского, Новопокровского, Вязовского, Ширяевского, Ясеновского, Озерковского и др. массивов мафит-ультрамафитов в Елань-Эртильской и Озерковско-Ширяевской зонах ВКМ за 1986-1990 гг.

METHODS AND SCOPE OF DESIGNED GEOLOGICAL EXPLORATION WORKS

Aslanlı K.A.
Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze,
LLC "GEOTECHKONSALTING", Moscow, Russia

Key words: geophysics, exploration drilling, wells, sulfide mineralization, zenith.

Summary. The article discusses the geological structure and exploration project at the Elkinskoye license area (Novokhopersky municipal district, Voronezh region) and the determination of the industrial significance of the Elkinskoye site (the area of the site is 8.6 km2) and the rationale for the feasibility of further exploration work with the assessment of reserves in categories C1 and C2.

LAYİHƏLƏNƏN GEOLOJİ KƏŞFIYYAT IŞLƏRININ METODLARI VƏ ƏHATƏ DAIRƏSI

Aslanlı K.A.
Serqo Ordjonikidze adına Rusiya Dövlət Geoloji Kəşfiyyat Universiteti,
"GEOTECHKONSALTING" MMC, Moskva, Rusiya

Açar sözlər: geofizika, kəşfiyyat qazma, quyular, sulfid minerallaşması, zenit

Xülasə. Məqalədə Elkinskoye lisenziya sahəsindəki (Voronej vilayətinin Novokoperski bələdiyyəsi) geoloji quruluşu və kəşfiyyat layihəsi və Elkinskoye sahəsinin (sahənin sahəsi 8.6 km2) sənaye əhəmiyyətinin müəyyənləşdirilməsi və bunun mümkünlüyünün əsaslandırılması müzakirə olunur C1 və C2 kateqoriyasındakı ehtiyatların qiymətləndirilməsi ilə əlavə kəşfiyyat işləri

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ВЫПАРНЫХ УСТАНОВОК ПУТЕМ КОРРЕКТИРОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аюпов Р.Р., Звонарева Ю.Н.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань, Россия

difut@mail.ru

Ключевые слова: энергоэффективность, тепловые потери, энергосбережение, отопительные приборы, выпарная установка, тепловые сети.

Процессы тепломассообмена, теплопередачи, пиролиза играют главную роль на предприятиях нефтехимического сектора являясь основополагающим звеном в создании химической продукции, которая закачивается в скважины для добычи нефти. На сегодняшний день в нефтяной отрасли республики Татарстан поставлена задача по повышению коэффициента извлечения нефти на существующих месторождениях, не прибегая к открытию новых. В связи с этим рассматриваются разные подходы, по повышению нефтеотдачи пластов. Для решения этой задачи я рассмотрел нефтехимическое предприятие ООО “ТаграС-ХимСервис”, которое занимается производством деэмульгаторов нефти, ингибиторов коррозии, метанола, пропилена, кислотных композиций, масел, а также осуществляет их транспортировку для нефтегазодобывающих компаний.

При прохождении производственной практики на предприятии, была изучена технология производства химической продукции, рассмотрена система тепловых сетей цеха. В ходе осмотра мною были обнаружены проблемы, которые ведут к снижению энергоэффективности технологического процесса по выпуску химической продукции, увеличению тепловых потерь и увеличенному потреблению энергоресурсов.

Данный цех имеет на своем балансе паровую котельную, которая обеспечивает технологические нужды промышленных корпусов. Система отопления производственных корпусов и административно-бытовых зданий запитана от стороннего теплоисточника, который находится на балансе теплоснабжающей организации ООО "Тепло-Энергосервис". Горячее водоснабжение в данном цехе децентрализованное, в административно-бытовых комплексах установлены электрические водонагреватели. Основной проблемой в процессе эксплуатации тепловой сети является износ основных фондов, что вызывает низкий коэффициент полезного действия при их работе и нарастающее число отказов, аварий и утечек с высокими тепловыми потерями.

В промышленном корпусе №1 происходит выпаривание раствора для повышения его концентрации с целью получения растворенной твердой фазы в виде сухого остатка. Схема выпарного аппарата, установленная в данном промышленном корпусе приведена на Рис.1 [2].

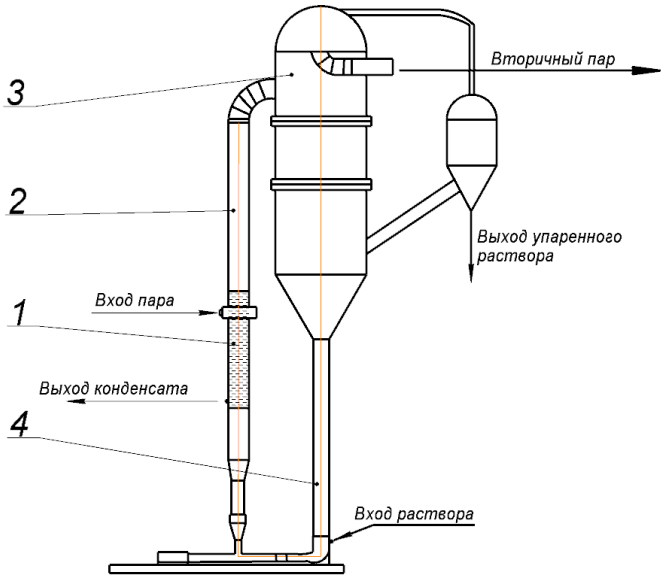


Рис.1 Выпарная установка с естественной циркуляцией

1 - греющая камера; 2 - труба вскипания; 3 - сепаратор; 4 - циркуляционная труба;

В данную установку за счет циркуляционного насоса поступает химический раствор. Исходный раствор циркулируя через греющую камеру 1, нагревается до температуры кипения. Из-за разницы плотностей он проходит через трубу вскипания 2 и поступает в сепаратор 3. В сепараторе давление раствора резко снижается и часть раствора испаряется.

Вторичный пар поступает на следующую ступень выпарного аппарата, а упаренный раствор в аккумулирующую емкость [2].

В данных аппаратах упариваются едкие, щелочные растворы и из-за их выделений происходит зарастание кипятильных трубок. В результате производительность установки снижается, и ее приходиться промывать насыщенным паром или водой. Происходит расход большого количества теплоты на нагрев циркуляционной трубы 4. Уменьшается межпромывочный период и достигает не более 20 часов, вследствие уменьшения производительности на 20-30%. Из-за тепловых потерь в установках затрачиваются дополнительные энергоресурсы.

В связи с этим возрастет себестоимость выпускаемой продукции данного цеха, что негативно отражается на рынке сбыта.

Одним из перспективных вариантов решения данных проблем является внедрение системы теплообменного оборудования и группы циркуляционных насосов для технологического процесса.

За счет установки циркуляционных насосов повыситься интенсивность и производительность работы, количество отложений на трубках существенно уменьшиться, что в свою очередь приведет к увеличению коэффициента теплопередачи и межпромывочному периоду выпарной установки. Данная система также способна работать при небольших разностях температур. При высокой интенсивности установки способны упаривать высоковязкие растворы и растворы с высоким содержанием твердых частиц. За

счет установки теплообменных аппаратов можно обеспечить пропуск по ним горячего конденсата, вышедшего из греющей камеры, или вторичного пара, вышедшего из последней ступени выпарного аппарата, для отопления промышленных корпусов и административно-бытовых зданий. В результате предприятие существенно сэкономит на топливе для паровой котельной и пуско-наладочных работах с выпарными аппаратами.

Основным недостатком таких схем является относительно высокая их стоимость при реконструкции существующих тепловых схем промышленных корпусов с учетом установки контрольно-измерительных приборов и автоматики на отопительных приборах и выпарных установках, а также из-за включения в схему группы циркуляционных, подпиточных и сетевых насосов увеличенное потребление электроэнергии [3].

Целью исследования является подбор оптимального решения для повышения эффективности работы предприятия, путем изменения существующей тепловой схемы и корректировок технологического процесса.

Изменение существующей тепловой схемы, позволит отказаться от затрат на приобретение тепловой энергии на нужды системы отопления. Кроме того, предлагаемые схемные решения позволят повысить качество выпускаемой продукции и снизить ее себестоимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Гримитлин, Т. А. Дацюк, Г. Л. Крупкин, А. С. Стронгин, Е. О. Шилькрот., Отопление и вентиляция производственных помещений 2016 г. — 424 стр.
2. Борисов, Г.С. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 4-е изд., стереотипное. М.: ООО ИД «Альянс», 2008-496с.
3. Выпарные аппараты с принудительной циркуляцией [электронный ресурс]. https://mashprom.ru/competentions/chemical/_aview_b24/ (дата обращения: 12.10.2020).
4. Дытнерский, Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию [текст] / Ю. И. Дытнерский, – М.: Химия, 1983, 270 с.
5. Промышленное применение тепловых насосов [электронный ресурс]. https://www.teplo-heat.ru/tekhnologii (дата обращения: 10.10.2020).
6. Процесс выпаривания. Типы выпарных аппаратов [электронный ресурс]. https://ence-gmbh.ru/tech_evaporation/#evaporator_types (дата обращения: 12.10.2020).

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE THERMAL CIRCUIT OF VAPORATING UNITS BY CORRECTING THE TECHNOLOGICAL PROCESS DUE TO THE INTRODUCTION OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT

Ayupov R.R., Zvonareva Y.N.
Kazan state power engineering university, Kazan, Russia
difut@mail.ru

Keywords: energy efficiency, heat losses, energy saving, heating devices, evaporation plant, heat networks.

The article deals with the problems encountered in industrial heat supply systems, analyzes existing systems of evaporation plants, considers the technological scheme for the production of chemical products, identifies problem areas and identifies ways to solve them.

BUXARLANMA QURĞUSUNUN İSTİLİK SXEMİNİN ENERJİ EFFEKTİVLİYİNİN İSTİLİK MÜBADİLƏSİ AVADANLIĞIN TƏTBİQİ İLƏ TEXNOLOJİ PROSESİN DƏQİQLƏŞDİRİLMƏSİ HESABINA ARTITILMASI

Ayupov R.R., Zvonaryeva Y.N.
Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya
difut@mail.ru

Açar sözlər: enerji səmərəliliyi, istilik itkisi, enerji qənaəti, istilik cihazları, buxar qurğusu, istilik şəbəkələri.

Məqalədə sənaye istehsalatlarının istilik təchizatı sistemlərində rast gəlinən problemlər nəzərdən keçirilmiş, mövcud buxar qurğuları sistemlərinin təhlili aparılmış, kimya məhsullarının istehsalı üçün texnoloji sxem nəzərdən keçirilmiş, problemli yerlər aşkar edilmiş və onların həlli yolları göstərilmişdir.

ПОДВЕДЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ К СОВРЕМЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ И РАСШИРЕНИЕ ЗАНЯТОСТИ.

Гаджибалаев А.Н.
Министерство Оборонной Промышленности Азербайджанской Республики,
Производственное Объединение Джихаз, завод Спутник, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: профессиональное обучение, подготовка профессиональных рабочих, энергетический персонал, уровень образования, групповое обучение.

В результате стремительного развития научно-технического прогресса потребность в высококвалифицированных кадрах значительно возрастает, ведь только высококвалифицированные и специально подготовленные специалисты могут эффективно использовать современные средства производства. Это заставляет уделять особое внимание подготовке специалистов и регулярному повышению квалификации. Основа профессионального обучения - разделение труда. Таким образом, в данной статье показаны методы подготовки профессиональных энергетиков непосредственно для профессиональных колледжей, техникумов и университетов для различных отраслей и областей.

В результате стремительного развития научно-технического прогресса потребность в высококвалифицированных кадрах значительно растет, ведь только высококвалифицированные и специально подготовленные специалисты могут эффективно использовать современные средства производства. Например, для работы на электростанциях, подключенных к цифровым программам, требуется умение работать с программным обеспечением, и, помимо растущего уровня механизации и автоматизации производства, быстро растет спрос на культурные, технические и профессиональные навыки рабочих. Потому что их работа по своему содержанию и характеру становится своего рода инженерной

работой, то есть более творческой. Это заставляет уделять особое внимание обучению профессионалов и регулярному повышению их квалификации. Основа профессионального обучения - разделение труда. Разделение профессионального труда позволяет отличать более сложные операции от простых и проявляется в разделении персонала по профессиональной специализации и тарифным ставкам. Поэтому по мере углубления разделения труда появляются новые профессии и специальности. Профессиональный энергетический персонал для различных промышленных предприятий и областей готовится непосредственно в профессиональных колледжах, техникумах и университетах.

Продолжительность обучения в профессиональных колледжах составляет от одного до трех лет. Обычно в профессиональном колледже профессиональные рабочие помимо производственного обучения имеют технические и теоретические знания. Профессиональные колледжи готовят рабочих среднего звена по однолетним профессиям, а профессиональных рабочих более высокого уровня - по трехлетнему обучению. В зависимости от конкретных условий производства большинство профессиональных рабочих проходят обучение непосредственно на предприятиях.

Повышение уровня образования и подготовки профессиональных рабочих на предприятиях принимает следующие формы:

а) индивидуально - подготовка профессиональных рабочих осуществляется путем обучения каждого студента (вновь принятого сотрудника) инструкторами на рабочем месте. Это могут быть инструкторы, мастера, мастера и высококвалифицированные рабочие. Они помогают рабочим получить практические навыки и приобрести производственные навыки;

б) в бригаде - подготовка профессиональных рабочих осуществляется на работе, организованной в бригаде (например, в буровой бригаде, буровых мастерских и т. д.).

По окончании производственной практики студенты проходят анкетирование (экзамен) в установленном порядке по изучаемым профессиям и специальностям, и в зависимости от результатов присваиваются соответствующие тарифы и ученые степени. Эта форма может длиться до трех месяцев;

в) в группе - проводит производственное обучение в профессиональных группах и проводит учебную работу в учебно-производственных цехах. Групповое обучение персонала состоит из рабочих, выполняющих коллективную индивидуальную работу в бригаде. На более сложных занятиях в виде групп, например, электромонтер, бурильщик и помощник бурильщика, слесарь-монтажник, установщик и т. подготовлены профессиональные рабочие;

г) в форме школ и курсов - профессиональные рабочие готовятся по более сложным профессиям и специальностям с отрывом от производства или без него. Фактически, школы и курсы, организованные без отделения от производства, проводятся в рамках одного предприятия, а курсы и школы, проводимые без отделения от производства, проводятся в меж предприятии. Количество студентов на таких курсах и школах должно быть не менее 10 и не более 30. Говоря об уровне подготовки профессиональных кадров, необходимо учитывать не только рабочих, но и образованных инженеров и специалистов. Подготовка специалистов для предприятий осуществляется в государственных и негосударственных высших и средних специальных школах, коллективах, университетах и академиях.

Принадлежность специалистов к той или иной группе специалистов определяется дипломами, которые они получают после окончания высших и средних профессиональных учебных заведений. Развитие научно-технического прогресса, разделение труда требует

подготовки квалифицированных рабочих (профессиональных рабочих), постоянного совершенствования форм и методов обучения.

Ниже перечислены основные задачи в области обучения в современных условиях:

а) обучение персонала, способного управлять сложными машинами, в результате обеспечения интеграции будущих культурных и технических уровней. В связи с этим необходимо усилить теоретическую подготовку рабочих (служащих) наряду с производственным обучением;

б) подготовка кадров по широкому кругу специальностей, способных обслуживать несколько машин и оборудования;

с) последовательная переподготовка и подготовка в соответствии с техническим прогрессом;

г) улучшить качество профессионально-технического обучения на предприятиях и повысить эффективность их профессионального обучения.

Министерство образования напрямую управляет профессионально-техническими школами, в зависимости от потребностей республики и рынка, определяет направление профессиональной подготовки этих школ, то есть специализацию. При обучении рабочих по профессиям за основу берутся буклеты-тарифные планки-анкеты. Помимо профессий во всех областях, эти буклеты содержат точные названия профессий в машиностроении, нефтяной, текстильной и других областях, количество ученых степеней, содержание и сложность работы и т. д. отражаются.

В период бурного развития экономики Азербайджана потребность в квалифицированных кадрах с высшим образованием растет. В наше время подготовка образованных кадров и их трудоустройство - очень важное условие. Удовлетворение спроса на кадры - это, прежде всего, заинтересованность молодежи в различных профессиях. Когда молодое поколение заинтересуется профессией, им нужно помочь получить высшее образование в различных профессиональных училищах. Это очень поможет в подготовке высококвалифицированных кадров. Роль образования в подборе персонала велика. Необходимо только учитывать, что в условиях стремительного научно-технического прогресса управление техникой поручается только квалифицированному, образованному персоналу. Просто потому, что квалифицированный персонал лучше остальных владеет современным оборудованием. Как я уже говорил в теме, высокий уровень образования рабочих и специалистов не только поможет им хорошо выполнять свою работу. Это даже позволит им построить большую карьеру в будущем. Важно, чтобы сотрудники работали по специальности. Если они будут наняты предприятием в качестве образованного персонала, было бы очень хорошо, если бы предприятие, на котором нанимался работник, нанимало персонал в соответствии с их специализацией. Это тоже было бы шагом в пользу компании. На мой взгляд, прежде чем повышать уровень образования кадров, необходимо иметь высокий уровень образования в период до кадров. Тогда очень важно повысить его образование.

ЛИТЕРАТУРА

1. https://banker.az/kadr-axininin-hesablanma-%C9%99msallari/
2. https://www.facebook.com/AMEA1945/posts/1583501148407680

ENERGETİKADA PEŞƏKAR KADRLARIN TƏHSİL SƏVİYYƏSİNİ MÜASİR TƏLƏBLƏRƏ ÇATDIRMAQ VƏ MƏŞĞULLUĞU GENİŞLƏNDİRMƏK.

Hacıbalaev Ə.N.
Azərbaycan Respublikası Müdafiə Sənayesi Nazirliyi, "Cihaz" İstehsalat Birliyi, Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: peşə təhsili, peşəkar işçilərin hazırlanması, enerji işçiləri, təhsil səviyyəsi, qrup təlimi.

Elmi və texnoloji tərəqqinin sürətli inkişafı nəticəsində yüksək ixtisaslı kadrlara ehtiyac xeyli artır, çünki yalnız yüksək ixtisaslı və xüsusi təlim keçmiş mütəxəssislər müasir istehsal vasitələrindən səmərəli istifadə edə bilərlər. Bu, mütəxəssislərin hazırlanmasına və mütəmadi peşə inkişafına xüsusi diqqət yetirməyə məcbur edir. Peşə hazırlığının əsasını əmək bölgüsü təşkil edir. Beləliklə, bu məqalədə müxtəlif sənaye və sahələr üçün birbaşa peşə kollecləri, texniki məktəblər və universitetlər üçün peşəkar enerji mühəndislərinin hazırlanması metodları göstərilir.

BRINGING THE EDUCATIONAL LEVEL OF PROFESSIONAL PERSONNEL IN ENERGY TO THE MODERN DEMANDS AND EXPANDING EMPLOYMENT.

Hajibalaev A.N.
Ministry of Defense Industry of the Republic of Azerbaijan, Production Association "Jihaz", Baku, Azerbaycan

Key words: vocational training, training of professional workers, energy personnel, educational level, group training.

As a result of the rapid development of scientific and technological progress, the need for highly qualified personnel is increasing significantly, because only highly qualified and specially trained specialists can effectively use modern means of production. This forces us to pay special attention to training specialists and regular professional development. The basis of vocational training is the division of labor. Thus, this article shows the methods of training professional power engineers directly for professional colleges, technical schools and universities for various industries and areas.

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Горячев М.П., Иванов Д.А., Вагапова А.А.
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия
goryachev91@mail.ru, divanale@gmail.com, divanale@gmail.com

Ключевые слова: БПЛА, воздушные линии электропередачи, воздушный осмотр, системы мониторинга, обследование ВЛ.

В современном мире мониторинг энергетических объектов требует новых нетрадиционных методов исследования. В данной статье рассматриваются основные методы обследования объектов энергетики. Одна из самых успешных разработок на сегодняшний день -

использование беспилотных летательных аппаратов. Представлены наиболее распространенные методы государственного управления энергетическими объектами с помощью дронов. Кратко описаны опытные образцы беспилотных летательных аппаратов, разработанные ФГОО «КГЭУ». Дроны, которые находятся в стадии разработки, служат платформой для будущих исследований в области мониторинга состояния энергетических объектов.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных объектов электроэнергетики являются ВЛ электропередачи. В России общая протяжённость эксплуатируемых воздушных линий напряжением 35–1150 кВ составляет около 3 млн.км (2010). Во время эксплуатации линий электропередачи происходит износ элементов ВЛ, рост растительности на трассах ВЛ (в границах охранных зон), которая может приблизиться на недопустимое расстояние к проводам ВЛ и привести к технологическим нарушениям. Для предотвращения повреждений требуются регулярные диагностики элементов, отслеживание роста растительности в охранной зоне в пожароопасный, грозовой период. Пренебрежение данными правилами может привести к аварийной ситуации со значительными расходами [1].

1. Существующие решения в области обследования объектов энергетики

Существуют различные способы контроля состояния объектов энергетики, например, системы мониторинга на стационарных устройствах [2], роботы-инспекторы, оперативно-выездная бригада, беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

Примером системы отслеживания на стационарных устройствах является система CAT-1. На данный момент в мире применяется более 300 систем мониторинга CAT-1 (рис.1). Данный метод предоставляет диагностику натяжения проводов в точках крепления к опорам, мониторинг ледовой обстановки. Главный блок системы устанавливается на опоре ЛЭП и весит более 50 кг. Несмотря на простоту измерений, система обеспечивает обнаружение и вычисления многих полезных параметров ВЛ, например, стрелы провиса, токовой пропускной способности линии. Недостатками системы является малый диапазон температуры применяемых датчиков, необходимость использования тензометрического датчика, закрепленного к траверсе опоры, компоненты системы устанавливаются независимо друг от друга и требуют высококвалифицированный персонал для монтажа системы [3].

Рис.1. Систем мониторинга CAT-1

Примером робота-инспектора может послужить робот LineRanger (рис.2), который был разработан в конце 2019 года компанией Hydro-Quebec. Данное устройство взбирается на ВЛ и ликвидирует неисправности. Изобретение весит порядка 50 кг и крепится на ВЛ напряжением 735 кВ с резиновыми роликами и питанием от аккумулятора. Благодаря дополнительной нагрузке, такой как HD-камера, робот-инспектор может транслировать видео в режиме реального времени, что позволяет оператору визуально проверять элементы ВЛ. В свою очередь на робот установлены датчики, которые позволяют выявить точки коррозии или перегрева. [4]. К недостаткам данного способа контроля состояния ВЛ можно отнести трудоемкость доставки к месту работы и установки робота на ВЛ. Кроме того, ограничивающим фактором непрерывной работы робота-инспектора является ограниченный запас электроэнергии, который может быть восстановлен только после трудоемкого процесса снятия с провода ВЛ.

Рис.2. Робот LineRanger, перемещающийся по проводу ВЛ

Оперативно-выездная бригада-определяет и ликвидирует повреждения на подстанциях распределительных сетей до 0,4 кВ, осуществляет режимные оперативные переключения, производит осмотр оборудования. [5]. На данный момент осмотр линии наземными бригадами с целью выявления места повреждения – достаточно трудоемкое занятие, особенно в сложных погодных условиях или в труднодоступных незаселённых районах.

Возможным способом решения контроля состояния объектов энергетики является беспилотная диагностика. Согласно Правилам использования воздушного пространства Российской федерации, БПЛА определяется как «летательный аппарат, выполняющий полёт без пилота (экипажа) на борту и управляемый в полёте автоматически, оператором с пункта управления или сочетанием указанных способов» [6]. При использовании БПЛА увеличивается скорость мониторинга и снижается стоимость на указанные виды работ по сравнению с наземными методами, особенно в малодоступной местности.

Преимуществами использования БПЛА в сфере электроэнергетики являются:

- Оперативность (мониторинг объектов с высокой скоростью).
- Качество (высокое разрешение получаемых материалов, их гео-привязка)
- Безопасность (применение БПЛА вместо сотрудников уменьшает количество несчастных случаев).
- Экономия (достаточно двух человек, которые при необходимости могут обследовать до 200 км ЛЭП в день с помощью беспилотника). [7]

2. Применение БПЛА для задач контроля состояния объектов энергетики

Эффективная эксплуатация объектов энергетической инфраструктуры напрямую зависит от актуальности и полноты информации о состоянии электростанций, ВЛ и теплотрасс. Применение традиционных методов обследования энергетических сетей, на сегодняшний день, уже не самый дешевый и эффективный способ диагностической информации.

На борт БПЛА можно установить полезную нагрузку: фото- и видеокамеры высокого разрешения, тепловизионные (инфракрасные) камеры. Данная нагрузка необходима для решения следующих задач:

- проектирование будущих маршрутов и коррекция существующих сетей;

- тепловизионный мониторинг силовых элементов высоковольтных линий;

- анализ повреждений и аварий;

- исполнительная съемка ВЛ.

Применение беспилотной тепловизионной съемки предоставляет возможность выявить места повышенного износа. К тому же, тепловизионная съемка линий электропередач точно указывает на места пробоя изоляторов и места коротких замыканий, а также перегрева оборудования.

Современные солнечные батареи надежны, но порой выходят из строя. Инфракрасная съемка позволяет достаточно быстро определить неисправные элементы. Своевременная замена вышедших из строя панелей позволяет обеспечить солнечной электростанции работу с наивысшей эффективностью.

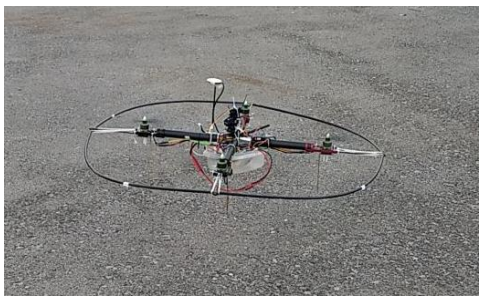
Инфракрасная тепловизионная диагностика относится к одному из важных направлений развития системы технической диагностики и обеспечивает точный контроль теплового состояния оборудования и сооружений без вывода их из эксплуатации [8].

Применение беспилотной фото- и видеосъемки предоставляет возможность диагностировать малодоступные объекты, наблюдать за их состоянием и выявлять неисправности. Кроме того, данный вид съёмки позволяет выполнить мониторинг сооружений не отключая его, и затратить малое количество времени для поиска повреждений.

Результаты обработки данных аэрофотосъемки с БПЛА включают снимки высокого разрешения, по которым может быть выстроена цифровая модель местности. По видеоматериалам можно определять местоположение и высоты опор ВЛ. Также можно составлять топографические и тематические карты. Такая основа пригодится при проектировании новых маршрутов ВЛ и теплотрасс, реконструкции и строительстве новых объектов энергетики [9].

3.Беспилотные летательные аппараты, разрабатываемые в ФГБОУ ВО «КГЭУ»

На текущем этапе командой НИЛ «СТ и ВПС» при ФГБОУ ВО «КГЭУ» создано 2 модели БПЛА: планерного типа (рис.3а) и мультироторного типа (рис.3б).



а) б)

Рис.3. БПЛА, разрабатываемые в ФГБОУ ВО «КГЭУ», планерного типа (а) и мультироторного типа (б)

БПЛА планерного типа обладает следующими конструктивными возможностями:

- продолжительность полёта: 1 час;
- скорость: 40-65 км/ч;
- масса целевой нагрузки: до 2,5 кг;
- тип двигателя: электрический (планируется установка бензинового);
- диапазон рабочих температур: -30°С +40°С;
- максимально допустимая скорость ветра: 10 м/с.

БПЛА мультироторного типа обладает следующими конструктивными возможностями:

- продолжительность полёта: 20 минут;
- скорость: до 60 км/ч;
- масса целевой нагрузки: до 0,5 кг;
- тип двигателя: электрический;
- диапазон рабочих температур: -30°С +40°С;
- максимально допустимая скорость ветра: 10 м/с.

На обоих БПЛА в качестве полезной нагрузки установлена видеокамера Full HD для видеосъемки протяжённых объектов энергетики, в первую очередь воздушных линий электропередачи, с целью их обследования. Данные БПЛА разрабатываются в качестве платформ для дальнейших исследований в области обследования состояния ВЛ.

Заключение

БПЛА является одним из перспективных способов мониторинга объектов энергетики. За последние годы увеличивается спрос на данный способ обследования, так как применение летающих беспилотников имеет значительный ряд преимуществ над другими вышеперечисленными методами.

Дальнейшие исследования могли бы существенно расширить области и характер возможного применения БПЛА для задач обследования состояния ВЛ. Этому может поспособствовать применение различных диагностических модулей в качестве полезных

нагрузок, а также применение БПЛА в совершенно новых ролях (например, платформа для сбора информации с различных устройств мониторинга).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Методические указания по применению беспилотных летательных аппаратов для обследования воздушных линий электропередачи и энергетических объектов // URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.200.10.235-2016.pdf (дата обращения: 29.09.2020).

[2] Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Иванов Д.А., Горячев М.П., Савельев О.Г., Чугунов Ю.С., Торопчин Ю.В. Внедрение системы автоматизированного мониторинга гололедообразования в распределительных сетях ПАО «Татнефть». Нефтяное хозяйство. 2020; 7:53-55.

[3] Ярославский Д.А., Садыков М.Ф. Разработка устройства для системы мониторинга и количественного контроля гололедообразования на ВЛ электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2017. – №3-4. – С. 87-91.

[4] Продукт:LineRanger_(робот_для_ЛЭП). URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:LineRanger_(робот_для_ЛЭП) (дата обращения: 30.09.2020).

[5] Электромонтер оперативно-выездной бригады // URL: http://portal-lenenergo.ru/statenergetik?id=38622 (дата обращения: 30.09.2020).

[6] Постановление Правительства РФ от 11.03.2010 N 138 (ред. от 12.07.2016) "Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации" // URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=201851#0 (дата о.

[7] Преимущества использования БЛА в сфере электроэнергетики // Энергетика и беспилотники. URL: http://robotrends.ru/robopedia/energetika-i-bespilotniki (дата обращения: 5.10.2020).

[8] Тепловизионная съемка с БПЛА // Инфракрасная Тепловизионная съемка с БПЛА от производителя. URL: http://unmanned.ru/service/irvideo.htm (дата обращения: 5.10.2020).

[9] Использование беспилотников в сфере энергетики обследование ЛЭП. URL: https://www.geoscan.aero/ru/application/energetics (дата обращения: 7.10.2020).

PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARI ENERGETİKA OBYEKTLƏRİN YOXLANILMASI ÜSULLARINDAN BİRİ KİMİ

Qoryaçev M.P., İvanov D.A., Vaqapova A.A.

Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya

goryachev91@mail.ru, divanale@gmail.com, divanale@gmail.com

Açar sözlər: PUA-lar, hava elektrik xətləri, hava müayinəsi, nəzarət sistemləri, hava xətlərinin yoxlanılması.

Müasir dünyada enerji obyektlərinin monitorinqi yeni qeyri-ənənəvi tədqiqat metodlarına ehtiyac duyur. Bu məqalədə enerji obyektlərinin yoxlanılmasının əsas metodları müzakirə olunur. Bu gün ən uğurla inkişaf edənlərdən biri də pilotsuz uçuş aparatlarının istifadəsidir. Uçan pilotsuz təyyarələrdən istifadə edən enerji obyektlərinin dövlət idarəçiliyinin ən yaygın üsulları təqdim olunur. Federal Dövlət Büdcə Təhsil Təşkilatı "KSPEU" da hazırlanmış pilotsuz uçan aparatların prototipləri qısaca təsvir edilmişdir. İnkişaf mərhələsində olan uçan pilotsuz təyyarələr, enerji obyektlərinin vəziyyətinin monitorinqi sahəsində gələcək tədqiqatların aparılacağı platforma rolunu oynayır.

UNMANNED AERIAL VEHICLES AS ONE OF THE METHODS OF INSPECTION OF ENERGY OBJECTS

Goryatchev M.P. , İvanov D.A., Vagapova A.A.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
goryachev91@mail.ru, divanale@gmail.com, divanale@gmail.com

Key words: UAV, overhead power lines, aerial inspection, monitoring systems, inspection of overhead lines.

In the modern world, monitoring of energy facilities requires new unconventional research methods. This article discusses the main methods of inspecting energy facilities. One of the most successful developments to date is the use of unmanned aerial vehicles. The most common methods of government management of energy facilities using drones are presented. The prototypes of unmanned aerial vehicles, developed by the KSPEU, are briefly described. The drones, which are under development, serve as a platform for future research in energy monitoring.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ НОВОГО СЕПАРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Зинуров В. Э., Галимова А. Р.
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
Казань, Россия
vadd_93@mail.ru, galimovaar00@mail.ru

Ключевые слова: расчет, экономическая эффективность, целесообразность, внедрение технологии, сепарационное устройство.

Внедрение сепарационного устройства в качестве предварительного фильтра перед фильтрами тонкой очистки позволит увеличить их эксплуатационный срок службы, что обеспечит снижение финансовых затрат предприятия [1-3]. Актуальность темы заключается в том, что расчет экономической целесообразности внедрения сепарационных устройств на предприятие является важным процессом, позволяющим предотвратить излишние финансовые затраты предприятия и обеспечить его устойчивое развитие в целом [4]. Целью работы является обоснование экономической выгодности новых сепарационных устройств на предприятии.

Основополагающим фактором практики реализации инновационной технологии является инвестиционный бюджет, который финансируется предприятием конкретно на эти

цели. Для расчета всех необходимых инвестиционных издержек на внедрение устройства нужно знать общую смету затрат для анализа эффективности вложенных финансовых средств. Сумма затрат, включающая в себя материальные затраты, амортизационные отчисления, накладные и прочие расходы для четырех новых сепарационных устройств составила 93666,7 руб.

К основным важным параметрам экономического расчета нового оборудования относят следующие показатели: капитальные вложения, чистый дисконтированный доход, срок окупаемости проекта, срок полезного использования устройства и индекс доходности (рентабельности). Сравнительный расчет фильтров тонкой очистки и фильтров тонкой очистки с применением сепарационных устройств показал, что общий расход, требуемый на замену фильтров в период полезного использования устройства– 10 лет, составляет разницу в 240000 руб. Экономическая эффективность сепарационного устройства составила 25 %. Стоит отметить, что немаловажную роль имеют факторы и риски, которые могут также повлиять на результативность внедрения сепарационного устройства.

Табл. 2 Зависимость срока окупаемости проекта от величины инвестиционных затрат

Снижение инвестиционных затрат	Инвестиционные затраты, руб.	Срок окупаемости проекта, год
Текущее значение	93666,7	5,1985
в 1,25 раза	74933,36	3,9303
в 1,5 раза	62444,46667	3,1684
в 2 раза	46833,35	2,2873
в 3 раза	31222,23333	1,4741
в 4 раза	23416,675	1,0805

Также в ходе работы была исследована зависимость инвестиционных затрат от срока окупаемости проекта по внедрению новых сепарационных устройств. Выявлено, что при снижении инвестиционных затрат изменяется срок окупаемости проекта. Следует следующая зависимость - чем ниже инвестиционные затраты на реализацию внедрения новых устройств, тем ниже срок окупаемости проекта (см. таблицу 2).

Значимость экономического расчета связана прежде всего с тем, что даже самые прогрессивные технические решения могут оказаться невыгодными для предприятия с учетом его определенных условий функционирования, и, следовательно, проверка экономической целесообразности внедрения того или иного оборудования является важным составляющим процессом.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Ву Линь Нгуен Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 1. С. 3-9.

[2]. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Семенова Ю.О. Экспериментальные исследования очистки загрязненных газовых потоков от мелкодисперсных частиц в прямоугольном сепараторе // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 12. С. 109-112.

[3]. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Петрова Т.С., Дмитриева О.С. Оценка времени работы пылеуловителя со скругленными сепарационными элементами // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24, № 3. С. 606-615.

[4]. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Харьков В.В., Петрова Т.С. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 2. С. 82-85.

ECONOMIC EFFICIENCY OF THE IMPLEMENTATION OF A NEW SEPARATING DEVICE IN THE ENTERPRISE

Zinurov V.E., Galimova A.R.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

vadd_93@mail.ru, galimovaar00@mail.ru

Key words: calculation, economic efficiency, feasibility, technology implementation, separation device.

Summary.Nowadays, many industrial enterprises install dust collectors to clean the air from dust particles that arise during the production process. The thesis proposes a description of the calculation of the economic efficiency of the introduction of a new technology - a separation device to increase the service life of fine filters. The results of the calculation of the main economic indicators, the analysis of factors affecting the efficiency of the device implementation, allow to adequately assess the effectiveness of the investment project implementation. It was revealed that at different values of economic efficiency from the introduction of separation devices, the net discounted income of the investment project changes over the years.

MÜƏSSİDƏ YENİ SEPARASİYA QURĞUSUNUN TƏTBİQİNİN İQTİSADİ EFFEKTİVLİYİ

Zinurov V.E., Galimova A.R.

Kazan Dövlət Energetik Universiteti, Kazan, Rusiya

vadd_93@mail.ru, galimovaar00@mail.ru

Açar sözlər: hesablama, iqtisadi səmərəlilik, məqsədəuyğunluq, texnologiyanın tətbiqi, ayrıştırıcı qurğu

Hal-hazırda bir çox sənaye müəssisəsi havanı istehsal prosesi zamanı yaranan toz hissəciklərindən təmizləmək üçün toz toplayıcılar quraşdırır. Tezlikdə yeni bir texnologiyanın tətbiq edilməsinin iqtisadi səmərəliliyinin hesablanmasının təsviri - incə filtrlərin xidmət müddətini artırmaq üçün ayırma cihazı təklif olunur. Əsas iqtisadi göstəricilərin hesablanması, cihazın tətbiqinin səmərəliliyinə təsir edən amillərin təhlili, investisiya layihəsinin həyata keçirilməsinin effektivliyini adekvat qiymətləndirməyə imkan verir. Ayırma cihazlarının tətbiqindən iqtisadi səmərəliliyin fərqli dəyərlərində, investisiya layihəsinin xalis güzəştli gəlirlərinin illər ərzində dəyişdiyi ortaya çıxdı

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗНОСА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Шарипова Д.Д., Султанова Е.А.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

г. Уфа, Российская Федерация

shripova12@gmail.com; katerina.sultanova@gmail.com

Ключевые слова: система поддержки принятия решений (СППР), оценка износа, нефтеперерабатывающий комплекс, методы оценки, основные фонды, износ сооружений, износ оборудования.

Используя математическую статистику и новые методы прогнозирования ситуации, разработана модель системы поддержки принятия решений при оценке степени износа оборудования и конструкций на предприятии. За исключением некоторых онлайн-систем, было решено разработать систему поддержки принятия решений, основанную на отсутствии комплексного решения для анализа данных на нефтеперерабатывающих заводах. В этой статье описываются методы, позволяющие создать систему поддержки принятия решений на основе существующих теоретических и практических разработок и модернизации процесса оценки износа.

В настоящее время состояние оборудования и сооружений в Российских нефтеперерабатывающих комплексах не подлежит анализу системы по оценке состояния, что приводит к негативным факторам, таким как:

– высокий уровень потерь и простоев оборудования, вызванных неправильным распределением ресурсов [2];

– риски в использовании сооружений и оборудований, с высоким уровнем износа;

– снижение уровня качества оборудования, безопасности в использовании сооружениями и т.д.;

– использование средств, не удовлетворяющих современным требованиям;

– несвоевременное внедрение новых технологий и реконструкции сооружений [5];

– отсутствие оптимизированной системы оценки износа и т.д.

Исходя из вышеприведенных факторов, можно выявить, что создание СППР в сфере нефтепереработки является приоритетным, на данный момент.

Нефтеперерабатывающий комплекс – это сложные предприятия, оснащенные различным оборудованием и сооружениями, используемые для производства позволяющие работать в различных климатических условиях [1].

Системы поддержки принятий решений представляют собой комплекс средств, позволяющих проводить анализ данных, моделировать дальнейшие действия и прогнозировать решений.

Для разработки системы будут использоваться следующее программное обеспечение:

1. ERWin – это графический инструмент, позволяющий моделировать данные при создании логических и физических моделей данных.

2. Microsoft Visio – редактор для создания различных видов диаграмм и блок-схем;

3. Visual Studio – интегрированная среда разработки, основной инструмент разработки приложений для платформы .NET и Windows, в данной среде будет использоваться язык C#.

Диагностика основных фондов требует устойчивого и комплексного подхода к формированию системы, данная проблема решается с помощью анализа и отображения процесса работы СППР в диаграмме IDEF0. Данная диаграмма будет включать в себя элементы, участвующие в работе с будущей системой (рисунок 1).

К функциям данной системы можно отнести: контроль за состоянием оборудования, оценка технического состояния, устранение непредвиденных ситуаций, планирование обновлений и модернизации, интеллектуальный анализ данных и принятие решений. Главнейшим из этапов является – реализация решений, на основе оценки степени износа, к которым приводит непосредственно сама система.

IDEF0 – методология функционального моделирования, которая позволяет формализовать и описать бизнес-процессы. В данной диаграмме присутствует соподчиненность объектов и их логические отношения.

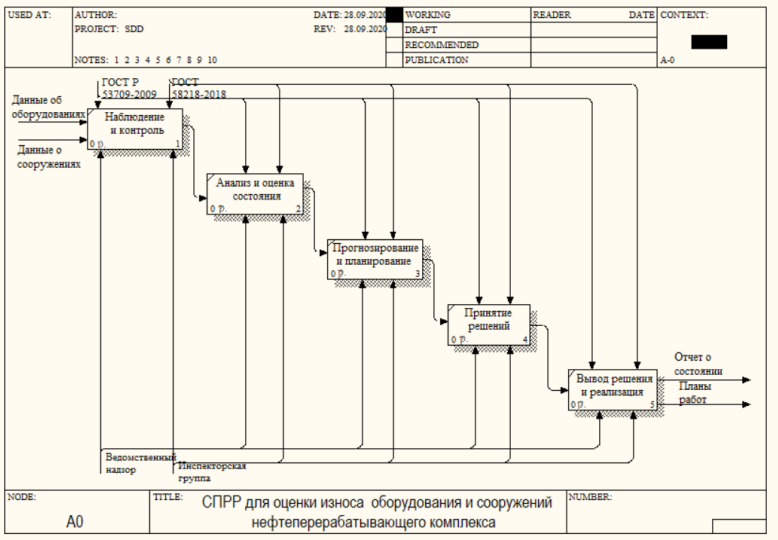


Рисунок 1 – Диаграмма декомпозиции IDEF0 «СППР для оценки степени износа»

Бизнес-процесс создаваемой системы организован следующим образом: в инженерно-технический отдел предприятия поступает заявка на получение информации об основных фондах, в виде отчета. Технический отдел обрабатывает данную заявку и с помощью СППР выводит данные, которые там храниться, система сама рассчитывает степень износа, и на основе всех этих данных формирует отчет и выводит на печать [4]. Далее сотрудник проверяет данные на корректность, в случае если данные корректны – они отправляются в технический надзор. Если данные вывелись некорректно, сотрудник проверяет данные в системе и заново формирует отчет.

Выделение новой зоны на диаграмме позволило значительно упросить процесс формирования отчета для федерального технического надзора. Система формирует отчет на основе введенных данных и данных из БД, тем самым автоматизируя процесс на нефтеперерабатывающем комплексе (рисунок 2).

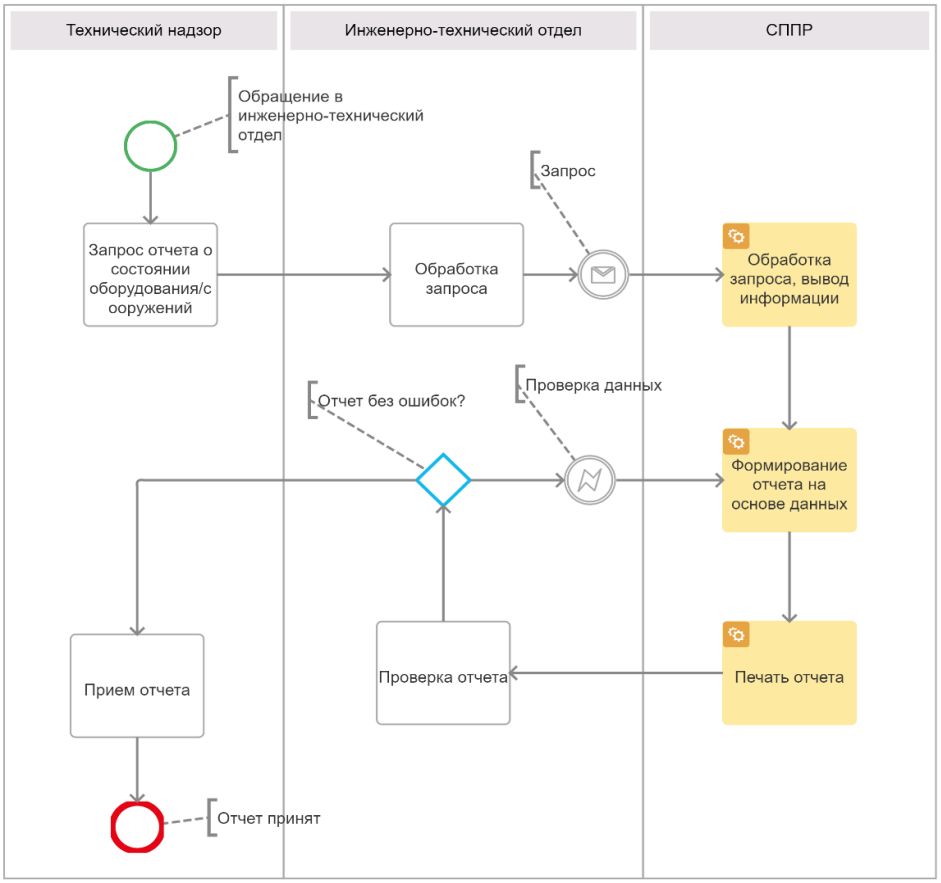


Рисунок 2 – BPMN-диаграмма «СППР для оценки степени износа»

Описанные выше особенности создания СППР позволяют принимать решения о создании данной системы, выявить основных действующих лиц, которые будут участвовать в использовании данной системы, а также возможности системы поддержки принятия решений на нефтеперерабатывающем комплексе.

Выводы

Современная нефтеперерабатывающая промышленность требует тщательного надзора, в связи с постоянными рисками, возникающими в процессе производства. Износ оборудования и сооружений играет важную роль, не только в безопасности людей, но и в экономическом и техническом аспекте предприятия. Исходя из этого целесообразным будет внедрение, использование и дальнейшая модификация разрабатываемой системы по оценке износа элементов нефтяных и нефтеперерабатывающих производств. Используя гибкую методологию проектирования системы, будет возможность вносить поправки в СППР и выпускать модификации на рынок [3]. Это позволяет менять систему в динамических условиях предприятия, что дает возможность вносить изменения и своевременно использовать созданную систему.

Исходя из анализа рынка схожих продуктов, а также исследования интеллектуальных собственностей, было выявлено, что на сегодняшний момент не существует аналогов создаваемой системы, исходя из этого, следует создать данную систему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобрицкий Н. В. Основы нефтяной и газовой промышленности. М.: Книга по Требованию, 2012. С. 202.

2. Дорогов В. Г., Теплова Я. О. Введение в методы и алгоритмы принятия решений; Форум, Инфра-М - Москва, 2012. С. 240.

3. Ермеев А. П. Экспертные модели и методы принятия решений // Теория и методы принятия решений. М.: МЭИ, 2012. С. 110.

4. Казиев В. М. Влияние функционального износа на общий накопленный износ зданий и сооружений // Доклад Технические науки. М.: Ремонт и реконструкция, 2014. С. 6.

5. Шубин В. С., Рюмин Ю. А. Надежность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств. М.: Химия, КолосС, 2006. С. 360.

NEFTEMALI KOMPLEKSLƏRİN ƏSAS VƏSAİTLƏRİNİN KÖHƏLMƏSİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ ÜÇÜN QƏRARLARIN QƏBULU SİSTEMİM MODELİNİN QURULMASI

Şaripova D.D., Sultanova E.A.

Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa , Rusiya

Açar sözlər: qərar dəstək sistemi (DSS), aşınma qiymətləndirmə, neft emalı kompleksi, qiymətləndirmə metodları, əsas fondlar, quruluş aşınması, avadanlıq aşınması.

Xülasə. Riyazi statistika və situasiyanın proqnozlaşdırılması üçün yeni metodlar tətbiq edilərək, bir müəssisədə avadanlıq və konstruksiyaların aşınma dərəcəsi qiymətləndirilərkən qərara dəstək sistemi üçün bir model tərtib edilmişdir. Bəzi onlayn sistemləri istisna olmaqla, neft emalı zavodlarında məlumatların təhlili üçün geniş bir həllin olmamasına əsaslanaraq, bir qərar dəstək sistemi inkişaf etdirilməsinə qərar verildi. Bu məqalədə, mövcud nəzəri və praktik inkişaflara əsaslanan qərar dəstəyi sisteminin yaradılması və aşınmanın qiymətləndirilməsi prosesinin modernləşdirilməsinə imkan verən texnikalar təsvir edilmişdir.

DEVELOPMENT OF A MODEL OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ESTIMATION OF THE FIXED ASSETS OF FIXED REFINING COMPLEXES

Scharipova D.D., Sultanova E.A.

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Keywords: decision support system (DSS), depreciation assessment, oil refining complex, valuation methods, fixed assets.

Summary. Using mathematical statistics and new methods of forecasting the situation, a model of a decision support system has been developed for assessing the degree of wear of equipment and structures at an oil refining complex. This article describes methods for creating a decision support system based on existing theoretical and practical developments and modernizing the process of assessing wear. The system being created will reduce the risks associated with losses and downtime of fixed assets, as well as improve safety at work.

MÜNDƏRİCAT
СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS

PLENAR İCLAS
ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ
PLENARY SESSION

1 *Hasanov A.R., Agayev E.A., Huseynov A.Q., Suleymanov I.I., Huseyn-Zade B.E.* Computer-controlled acousto-optic delay line *(ANAA)* 5

2 *Чичирова Н.Д.* Перспективы развития электрогенерации в российской федерации, *(КГЭУ)* 17

3 *Hüseynov R.A* Elektrik enerjisinin sabit cərəyanla ötürülməsinin mövcud vəziyyəti və perspektivləri *(SDU)*

4 *[1]Зарбалиев М.М., [2]Янушкевич К.И., [1]Агаева У.М., [1]Сардарова Н.С.* Электрические и тепловые свойства сплавов системы *([1]СГУ, [2]НПЦМ)* 22

5 *Adamia Z.A, Kvartskhava I.G, Margiani N. G.,Mumladze G. A., Zhghamadze V.V.* Impact of precursor thickness and pb(bo2)2 doping on superconducting properties of Bi(Pb)-2223 ceramics *(IC GTU)* 28

I BÖLMƏ
ELEKTRON TEXNİKANIN MATERİALLARI VƏ TEXNOLOGİYALARI
I СЕКЦИЯ
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ
I SECTION
MATERIALS AND TECHNOLOGIES OF ELECTRONIC EQUIPMENT

1. *Ağayev B.S.* Elektron tullantıların idarə edilməsi: avropa birliyində mövcud vəziyyət *(AMEA İTİ)* 34

2. *[1]Гамзатов А.Г., [1]Батдалов А.В., [1]Алиев А.М., [2]Йен П.Д.Х.,[3]Тхань Т.Д, [3]Дунг Н.Т., [4]Ю С-Дж., [2]Ким Д-Х.* Влияние магнитного поля на теплоемкость, температурапроводность и теплопроводность манганитов $Pr_{0.7}Sr_xBa_{0.3-x}MnO_3$ *([1]IP DSC RAS, [2]DP ChNU, [3] IMS, [4]SNS UNI ST)* 39

3. *[1]Məmmədova G.N.,[2]Səfərova S.İ.* $TlIn_{1-x}Ga_xSe_2$ kristallarının tenzorezistiv xassələri *(NDU,[2]AzTU)* 45

4. *Qədimova L.İ.* Ge və Si kristallarının optik xassələri və kimyəvi rabitə: ab-initio hesablamalar *(AzTU)* 48

5. *Qəhrəmanova A.S.* $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ ərintilərin termoelektrik xassələri *(AMEA Fİ)* 52

6. *Heybətova B.T, Bağırov R.M.* Mis ionlarının bitki mənşəli melaninlərlə kompleks birləşmə əmələ gətirməsinin tədqiqi *(BDU)* 54

7. *Qurbanov M.M., Qocayev M.M., Dəmirov A.H., Zeynalov H.İ.* $(TlGaSe_2)_{1-x}(Tl\dot{I}nS_2)_x$ (x=0,1; 0,2) bərk məhlullarında kiplik sıxlığı və atomlararası qarşılıqlı əlaqə qüvvəsi *(SDU)* 56

8. *[1]Sərdarova N.S., [1,2]Nurullayev Y.Q.,[2]Rəhimov R. Ş., [2]Davıdova N.F.* İonlaşdırıcı şüaların $TlInSe_2$ bərk məhlul kristalında fononların səpilmə mexanizminə təsiri *([1]SDU,[2]BDU)* 59

9. *[1,2]Абдуллаев Н.А., [1,3]Алигулиева Х.В., [1.4]Алиев, И.Р. [1.2]Амирасланов З.С., [5]Зверев В.Н., [6]Шикин А.М., [1]Мамедов Н.Т., [6,7]Чулков Е.В.* Аномальный эффект холла в новых магнитных топологических изоляторах *([1]НАНА ИФ,[2]БГУ, [3]СГУ, [4]АГУНП, [5]ИФТТ РАН, [6]СПбГУ, [7]МФЦЛ)* 64

10. *Агаева У.М.* О физических свойствах соединения $Tl_2\dot{I}nNdTe_4$ *(СГУ)* 69

11. *[1]Алиев В.М.,[2]Рагимов Д.А.,[3]Алиева Г.А,[1]Таиров Б.А.* Исследование псевдощелевого состояния в $Y_{0,7}Cd_{0,3}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ВТСП материале *([1]ИФНАНА, [2]АМУ, [3]ИНХПНАНА)* 74

12. *Керимова Э.М., Гасанов Н.З., Гасанов А.И., Шарифов Г.М., Магеррамов А.Б.* Пьезорезистивные характеристики монокристаллов $TlGa_{0,995}Sb_{0,005}S_2$ *(ИФ НАНА)* 79

13. [1]*Мусаев М.А.*, [2] *Гусейнов Дж.И.*, [1]*Садиг Х.О.*, [1]*Аббасов И.И.*, [1]*Аскеров Д.Дж.* *Рентгеноструктурный анализ и оптическая микроскопия образца поликристаллического CVD ZnSe ([1]АГУНП, [2]АГПУ)* 84
14. [1]*Рагимов Р.Н.*, [4]*Мамедов И.Х.*, [2]*Барайшук С.М.*, [1]*Араслы Д.Г.*, [1]*Халилова А.А.*, [3]*Янушкевич К.И.*, [2]*Ткаченко Т.М.* Тонкие пленки эвтектических соединений III-Y групп элементов и 3d-металлов и их физико-химический анализ *([1]ИФ НАНА, [2]БГАТУ, [3]НАНБ НПЦМ, [4]НАА)* 88
15. *Умаров С.Х., Ашуров Ж. Дж., Ходжаев У.О., Нарзуллаева З.М., Хожиев Т.С., Намозов И.У.* Легирование монокристаллов $TlInSe_2$ перспективными материалами для электронной техники *(БМУ)* 95

II BÖLMƏ
FUNKSİONAL ELEKTRONİKA VƏ NEQATRONİKA
II СЕКЦИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И НЕГАТРОНИКА
II SECTİON
FUNCTIONAL ELECTRONICS AND NEGATRONICS

1. [1]*Barxalov B.Ş.*, [1]*Əliyev Y.R.*,[1]*Məhərrəmova İ.K.*, [2]*İsmayılov R.M.*,[2]*İsmayılova X.İ.*, [2]*Qasımova L.B.* Termik işlənmənin $Bi_2Te_{2,7}Se_{0,3}$ bərk məhlulunun müxtəlif ölçülü dənəciklərə malik ekstruziya olunmuş nümunələrinin termoelektrik xassələrinə təsiri *([1]AMEA Fİ, [2]SDU)* 100
2. *Əfəndiyeva İ.M., Ağayev M.N., Rəhimova A.R.* Pd_2Si/n- Si Şottki diodlarının dielektrik parametrlərinə işığın təsiri *(BDU)* 104
3. *Həsənova L.H., Abasova A.Z., Məhəmmədov Ə.Z.,Cahangirova S.Ə.* $CuIn_5S_8$ monokristalı əsasında fotostrukturun yaradılması və fiziki xassələri *(BDU)* 109
4. *Orucov A.K., Quliyeva S.Y., Rəhimov R.Ş.* Lazer ionlaşması ilə atmosferə buraxılan zərərli qazların təmizlənməsi *(BDU)* 111
5. *Rəsulova A.R.* Şottki diodlarının təyinatı, tətbiqi və parametrləri *(BDU)* 114
6. *Быткин С.В., Критская Т.В.* Моделирование деградации h_{21e} тестовых *npn* структур, изготовленных на кремнии, легированном германием, в вычислительной среде originpro (*ИУНИ ЗНУ*). 117
7. *Байрамов Д.Д., Абдулова И.Н.* Физические свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$ *(СГУ)* 122
8. *Гусейнов Т.Х., Гарибов Г.И., Сафаров В.Г., Расулов Э.А., Мурадов Э.Ф., Аллахвердиев Ш.А.* Динамическая теория положительного столба электрического разряда в гелии в режиме прямой ионизации *(БГУ)* 126
9. *Джафарова Н.Х. Садыхзаде Г.М.* Некоторые особенности механизмов пробоя в длинной газоразрядной трубке *(БГУ)* 132
10. *Мамедов Р.К., Асланова А.Р., Исамалыева Т.Э., Мусаева Н.М.* Особенности образования потенциального барьера реальных диодов Шоттки *(БГУ)* 135
11. *Мамедова Р.Л., Садыкова С.Р., Шахсыварова К.А., Айвазова З.Н.* Прочностные свойства нанокомпозитов на основе полипропилен / наноглин типа Na+-монтмориллонит *(СГУ)* 140
12. [1,2] *Оруджев Т.Я.*,[1]*Зульфугарова А.В.* Капсульный метод производства светодиода для увеличения эффективности экстракции *([1]ИФ НАНА, [2]ИЦВТ)* 144
13. [1]*Салманов В.М.*, [1]*Гусейнов А.Г.*, [1]*Рагимов С.С.*, [2]*Салманова А.А.*, [1]*Мамедов Р.М.*, [1]*Ахмедова Ф.М.* Влияние лазерного излучения на оптическое поглощение и показатель преломления GaSe *([1]БГУ, [2] АГУНП)* 148
14. *Юсупов Э.Т.* Модель излучающего диода в режиме преобразователя напряжения *(НИИ ССТР)* 153
15. *Abbasova C., Safarov V.* Dislocation structure of epitaxial layersof AlGaN/GaN/α-Al_2O_3 heterostructures *(BSU)* 156

16. [1,2]*Abdullayeva S.H*, [1,2]*Gahramanova G.K.*, [1]*Aliyeva F.A.*, [1,2]*Jabbarov R.B.* Fabrication of multi-walled carbon nanotubes thin films ([1]*IP ANAS*, [2]*RC HTMTC HT)* *160*
17. *Hashimova A.I., Mammadov F.A.* Temperature dependence of electrical conductivity for ge1-xsix obtained by the new zone melting method *(SSU)* *163*

III BÖLMƏ
YÜKSƏK ENERJİ FİZİKASI
III СЕКЦИЯ
ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
III SECTION
HIGH ENERGY PHYSICS

1. *Aslanova S.M., Şərifova N.A.* Dirak tənliyinin Hülten və Yukava potensiallarının xətti cəmi üçün psevdospin simmetriyası halında analitik həlli *(BDU)* *167*
2. *Həsənov R.A., Sadıxov M.V.* Pəncərə Furye çevirməsı: Mathcad modelləşdırılmə *(MAA)* *173*
3. [1]*Абдуллаев Х.Ш.*, [2]*Наджафов Б.А.*, [2]*Абасов Ф.П.*,[2]*Мамедов Б.А.* Релаксация нейтронов в материалах замедлителя *(*[1]*БГУ*, [2]*ИРПНАНА)* *177*
4. [1,2]*Абдуллаева И.А.*, [2]*Абдинова Г.Д.*, [2]*Пириева Т.И*, [3]*Хыдырова Г.Э.*, [3,2]*Тагиев М.М.* Влияние гамма-излучения на магнитоэлектрические свойства экструдированных образцов твердого раствора $Bi_{85}Sb_{15}$ <Te> *(*[1]*ИРПНАНА*, [2]*ИФ НАНА*, [3]*АГЭУ)* *181*
5. *Гадирова И.Р.* Полярон в квантовой яме Пешля-Теллера *(БГУ)* *187*
6. *Гелхвиидзе П.К.* Частный случай нестабильности электронного пучка *(КГУ)* *191*
7. *Исмаилов М.Г.* Электрические свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ *(СГУ)* *194*
8. *Мамедзаде А.С., Алиев М.Н.* Теория ядерного магнитного резонанса в полумагнитных полупроводниках при низких температурах с угетом спин-спинового и слерхтонкого взаимодействий *(БГУ)* *198*
9. *Махмудов М.М., Ибадзаде Т.К.* Уравнение состояния электронного газа в квантовой яме сложной формы с учетом непараболичности закона дисперсии *(БГУ)* *200*
10. *Фигарова С.Р., Махмудов М.М.* Подвижность квазидвумерного электронного газа в сильном магнитном поле с переворотом спина при рассеянии на фононах *(БГУ)* *203*
11. *Abdullayev S.K., Gojayev M.S., Masimova D.U.* Production of the Higgs Boson and the heavy $t\bar{t}$ -quark pair in polarized e^-e^+ - collisions *(BSU)* *204*

IV BÖLMƏ
ENERJİ SİSTEMLƏRİ VƏ KOMPLEKSLƏRİ
IV СЕКЦИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ
IV SECTION
POWER SYSTEMS AND COMPLEXES

1. *Abdullayeva S.C., Qəhrəmanova A.Q.* Mayenin məcburi hərəkətində konvektiv istilikvermə prosesi *(SDU)* *211*
2. *İsayeva T.M., Allahverdiyev E.S.* fasiləsiz qida mənbəyinin qurulma prinsipləri *(ADNSU)* *213*
3. *Məmmədov F.X., Abdullayeva G.K., Baxtiyarov Ə.L.* Böhran təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə mayelərin istilik verməsi (*SDU)* *217*
4. *Muradov M.M., Nəzərova M.K., Vəliyeva K.S., Ağayev Ə.Ə.* Üzvimənşəli tullantıların piroliz prosesinin tədqiqi *(SDU)* *220*
5. [1]*Səlimova A.K.*, [2]*Balametov E.Ə.*, [3]*Hacıyev N.İ.* Qeyrisinusoidal sistemlərdə reaktiv güc *(*[1]*AET və* *223*

LAEİ, [2]SDU)
6. *Ахметгалиев И.Ф., Кондратьев А.Е.* Особенности сепарационной очистки попутного газа *(КГЭУ)* *228*
7. *Баламетов А.Б., Халилов Э.Д.* Об оптимальном управлении шунтирующими реакторами линий электропередач сверхвысоких напряжений (*АНИ и ПИИЭ)* 231
8. *[1]Баламетов А.Б.,[2]Агаханова К.А.* Анализ температурного режима электропередачи с учетом атмосферных факторов по трассе линии *([1] АНИ и ПИИЭ, [2]СГУ)* *237*
9. *Велитченко М.Н.* Влияние реализации умного города на энергоэффективность региона *(БГНТУ)* *243*
10. *[1]Гайсин А.Ф.,[1]Газизуллин Р.М.,[1]Газеева Е.В.,[1]Спиридонов К.Ф., [2]Багаутдинова Л.Н., [2]Хайруллин А.И.* Высоковольтные парогазовые разряды переменного тока в насыщенном растворе соли в диэлектрической трубке при атмосферном давлении *([1]КГЭУ, [2]КНИТУ КАИ)* *245*
11. *Гасымов А.Г., Байрамалиева Э.Н.* Регрессионная модель управления режимами электрических сетей *(СГУ)* *250*
12. *Гулиев Г.Б., Ильясов О.В.* Аспекты применение фазоповоротного трансформатора для рационального потокораспределения в электрических сетях *(АНИ и ПИИЭ)* *253*
13. *Даутов Р.Р., Кондратьев Е.В.* Особенности систем теплоснабжения с применением теплового насоса *(КГЭУ)* *259*
14. *Ибадов А.А., Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е.* Метод локализации повреждений трубопроводов, основанный на преобразовании мод волн Лэмба *(КГЭУ)* *263*
15. *Кардашова Г.Д., Сафаралиев Г.К.* Искровое плазменное спекание(sps), как инновационное решение синтеза керамики SiC-AlN (*ДГУ)* *266*
16. *Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е.* Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов *(КГЭУ)* *270*
17. *Муравьев Г.Г.* Исследование температурных режимов кабельных линий напряжением до 1кв и 6,10кв *(КГЭУ)* *272*
18. *Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е.* Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива *(КГЭУ)* *277*
19. *[1]Налетов И.Д., [2]Червинский В.Н.* Утилизация и обезвреживание органических отходов методом сверхкритического водного окисления *([1]СПбПУ, [2]СПбГУПТД)* *280*
20. *Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е.* Инфракрасная система отопления *(КГЭУ)* *284*
21. *Сильвестров Б.В., Мамедов Ф.Х.* Перспективы развития гидроэнергетики и мелиорации *(АГУНП)* *287*
22. *Юсупов Д.Т.* Результаты определения коэффициента объемного содержания механических примесей в загрязнённых трансформаторных маслах *(НТЦ УЭ)* *292*
23. *[1]Юсупов Д.Т., [2]Юсупова Ф.Т.* Исследование шума и помех при работе маломощных фотоэлектрических систем параллельно с локальной электросетью *([1]МИСЭ,[2]ФПИ)* *294*
1ООО «Международный институт солнечной энергии», г. Ташкент. Узбекистан
2Ферганский политехнический институт, г. Фергана. Узбекистан
24. *Яшков В.А, Кульжанов Д.У., Султангалиева А.С.* Оценка живучести систем промышленного электроснабжения *(АУНГ)* *298*

V BÖLMƏ
AVTOMATLAŞDIRILMIŞ ELEKTRİK İNTİQALI
V СЕКЦИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД
V SECTION
AUTOMAT EDELECTRIC DRIVE

1. *[1]Abdulkadırov A,I., [1]Əliyev N.A., [2]Hacıbalayev N.M,[1] Rüstəmov R.M.* Uzununa-eninə təsirlənən sinxron generatorlu elektromexaniki qurğularında rezonans rəqslərinin dempferləşdirilməsi *([1]ADNSU, [2]SDU)* 304
2. *Həşimova A.R.* Külək elektrik qurğusunun dinamiki relimdə tədqiqi *(SDU)* *307*
3. *Mahalova B.Ə.* Çevik manipulyatorun idarəetmə sisteminin lahiyələndirilməsi *(ADNSU)* *310*
4. *Yusubov V.F.* Hava gəmiləri üçün qeyri-ənənəvi statik invertorun modeli *(MAA)* *314*
5. *Ахмедов Д.А.* Диагностирование акустическим методом неисправности при межфазном замыкании в обмотке статора асинхронного двигателя *(СГУ)* *316*
6. *Ахмедов Д.А., Ахмедов А.Д.* Диагностирование состояния лобовых частей обмотки статора по уровню вибрации асинхронного двигателя *(СГУ)* *320*
7. *Гаджибалаев Н. М.* Исследование статических режимов работы ветроэнергетической установки *(СГУ)* *324*
8. *Гаджибалаев Н.М., Джаббарова С.М.* Энергетические показатели и особенности двух генераторных ветроэлектрических установок *(СГУ)* *328*
9. *Гусейнов Э.Н. Схема баланса напряжений для защиты статорной обмотки генератора от однофазных замыканий (АГУНП)* *333*
10. *Муханова П.П.* Исследование низковольтных коммутационных аппаратов для электротехнических комплексов нефтегазодобывающей промышленности *(КГЭУ)* *338*
11. *Шапкин В.А.* Совершенствование конструкции электрических винторулевых колонок *(ИЦ РЭП)* *341*
12. *Яшин А.Н.* Основные требования к линейным погружным электроприводам для эксплуатации нефтяных скважин *(КГЭУ)* *348*

VI BÖLMƏ
AVTOMATLAŞDIRMA, CİHAZLAR VƏ NƏZARƏT METODLARI
VI СЕКЦИЯ
АВТОМАТИЗАЦИЯ, ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ
VI SECTION
AUTOMATION, DEVICES AND CONTROL METHODS

1. *Paşayev A.M., Allahverdiyev K.R., Musayev A.Ə., Bağırov Y.M., Sadıxov İ.Z.* Milli aviasiya akademiyasında işlənib hazırlanmış KA-14 LİDAR-I vasitəsilə müxtəlif zonalarda hasil edilən xam neft nümunələrinin flüoressensiya spektləri əsasında verilənlər bazasının yaradılması *(MAA)* *351*
2 *Abdullayev Q.S.* Qazıma boruların yıv bırləşmələrının gərılməsının ölçülməsınə avtomatık nəzarət *(SDU)* *352*
3. *Ağayeva F.Ş.* Silindirik içlikli tutum çeviricisinin həssaslığına təsir göstərən faktorların analizi *(SDU)* 355
4. *Dadaşova R.B., Abdullayeva Ü.R., Camalədinova Ü.H.* Avtomatlaşdırmada vericilərin tətbiqi haqqında *(SDU)* *358*
5. *Dəmirova C.R., Kamilov R.İ.* Katalitik reforminq prosesinin kontrollerli idarəetmə sisteminin işlənilməsi *(ADNSU)* *360*
6. *Əhmədova T.Ə.* Robototexniki komplekslərdə istifadə olunan bütöv nüvəli elektromaqnit tipli bucaq yerdəyişmə vericisinin tədqiqinə dair *(SDU)* *363*
7. *Əliyev A.Q., Əsgərov C.S., Həmidov M.H.* Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması məqsədilə gərginliyin tənzimi *(ADNSU)* *368*

8. [1]*Həsənov M H.*, [2]*Hacıyeva K.R.* Yeni nəsil 3d priter *([1]AzTU, [2]SDU)* *371*
9 *İsayeva T.M., Həsənov C.M.* Elektrik şəbəkəsində harmonikaları ölçmə qurğusu *(ADNSU)* *374*
10 *Mənsurov Q.M., Quliyeva L.İ.* Axınlı elektroliz prosesində natrium hipoxloritli məhlulun keyfiyyətinə optik nəzarət *(SDU)* *378*
11. *Səttarov V.Q.,Quliyev Z.A.* İki parametrli induktiv vericinin elektromaqnitSahəsinin nəzəri tədqiqi *(SDU)* *381*
12 *Гаджиева Р.Д., Алиев Б.Г.* Особенности твердотельного компьютерного моделирования гиперболоидных передач *(ЗКУ)* *385*
13. *Гадирова Т.Т.* Сравнительный анализ методов синтеза форм резонаторов вибрационно-частотных плотномеров жидкости *(ВВШ)* *388*
14. *Гельдыева Р.А.* О преимуществах имитационного моделирования *(КГЭУ)* *391*
15 *Гусейнов Р.М.* Анализ проточных вибрационно-частотных плотномеров жидкости *(EL)* *395*
16. *Гусейнов Т.К.* Трубчатые резонаторы вибрационно-частотных плотномеров жидкости *(СГУ)* *397*
17. *Загидуллина Г.Ф., Губаева О.Г.* Диагностика кабельных линий *(КГЭУ)* *400*
18. *Искендеров И.А., Рамазанов Р.Ф.* Устройство вырабатывания идентификационного кода для миниатюрного аварийного радиомаяка *(МАА)* *402*
19. *Кулиева А. И., Джамалханова И.С.* К вопросу определения погрешностей преобразователей физических величин, принимаемых в нефтяной промышленности *(СГУ)* *406*
20. *Прахова М.Ю., Краснов А.Н.* Автоматизация раскладки смеси при последовательной перекачке нефтепродуктов (*УГНТУ)* *408*
21. *Чанчина В.Е., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е.* Модальный анализ низкочастотных вибрационно-диагностических колебаний в стенках стального трубопровода *(КГЭУ)* *413*
22. *Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е.* Применение метода инерциального возбуждения низкочастотных диагностических колебаний для оценки технического состояния трубопроводов *(КГЭУ)* *417*
23. [1]*Халитов Ф.Г.*, [2]*Халитов К.Ф.* Метод аналитического контроля на основе комплексного использования ряда физических методов *([1]КГЭУ, [2]КФУ)* *422*

VII BÖLMƏ
ENERGETİKADA İQTİSADİYYAT VƏ İDARƏETMƏ
VII СЕКЦИЯ
ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ В ЭНЕРГЕТИКЕ
VII SECTION
ECONOMICS AND MANAGEMENT IN ENERGY

1. *Aşurova N.D.,Əhmədova R.R., Hüseynova A.E.* Günəş enerjisindən istifadə *(SDU).* *425*
2. *Bədəlov Ə.M., Fərəczadə R.M.* Enerji təhlükəsizliyinin təminatı problemi və enerji sektorunun Azərbaycan iqtisadiyyatınınınkişafına təsiri *(LDU)* *427*
3. *Əhmədova R.R., Aşurova N.D., Babayeva T.M.* Azərbaycanda alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə perspektivləri *(SDU).* *432*
4. *Əhmədova R.R., Babayeva T.M., Seyidova G.M., Avdunova A.M. Azərbaycanda geotermal enerjidən istifadə perspektivləri (SDU).* *437*
5. *Əsgərov C.S., Həmidov M.H., Əmirova Z.C.* Elektrik təchizatının multimediya elektron hesabı *(ADNSU)* *441*
6. *Gözəlov R.Q., Şirinov R.Ş., Əliyev S.Ə.* Ətraf mühitin ekologiya problemlərinin həlli yolları *(NQA)* *446*
7. *Mirzəyev G.A., Abdullayeva R.A.* Qeyri-xətti optimal planlaşdırma məsələsinin həll alqoritmi *(SDU)* *451*
8. *Асланлы Р.А., Громова О.Н.* Оценка уровня экономического развития города Баку *(ГУУ)* *453*
9. *Асланлы К.А.* Методы и объемы проектируемых геологоразведочные работы *(РГГУ)* *457*

10. *Аюпов Р.Р.* Повышение энергоэффективности тепловой схемы выпарных установок путем корректировки технологического процесса за счет внедрения теплообменного оборудования *(КГЭУ)* *460*
11. *Гаджибалаев А.Н.* Подведение образовательного уровня профессиональных кадров по энергетике к современным требованиям и расширение занятости *(ПОД)* *463*
12. *Горячев М.П., Иванов Д.А., Вагапова А.А.* Беспилотные летательные аппараты как один из способов обследования объектов энергетики *(КГЭУ)* *466*
13. *Зинуров В.Э., Галимова А.Р.* Экономическая эффективность внедрения нового сепарационного устройства на предприятии *(КГЭУ)* *472*
14. *Шарипова Д.Д., Султанова Е.А.* Разработка модели системы поддержки принятия решений для оценки износа основных средств нефтеперерабатывающих комплексов *(КГЭУ)* *475*

İXTİSARLAR

ADNSU	Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan
AMEA Fİ	Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
AMEA İTİ	Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu Bakı, Azərbaycan
AzTU	Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan
AzET və LAEİ	Azərbaycan Elmi-Tədqiqat ə Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
BDU	Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan
LDU	Lənkəran Dövlət Universiteti, Lənkəran, Azərbaycan
MAA	Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı, Azərbaycan
NQA	Neftqazavtomat EİM MMC, Sumqayıt, Azərbaycan
NDU	Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan,
SDU	Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

СОКРАЩЕНИЯ

АГПУ	Азербайджанский государственный педагогический университет, Баку, Азербайлдан
АГУНП	Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайлдан
АГЭУ	Азербайджанский государственный экономический университет , Баку, Азербайлдан
АзТУ	Азербайджанский технический университет , Баку, Азербайлдан
АНИ и ПИИЭ	Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики , Баку, Азербайлдан
АМУ	Азербайджанский медицинский университет , Баку, Азербайлдан
АУНГ	Атыраусский университет нефти и газа , Атырау, Казахстан
БГАТУ	Белорусский государственный аграрный технический университет , Минск, Беларусь
БГУ	Бакинский государственный университет, Баку, Азербайлдан
БМУ	Бухарский медицинский университет, Бухара, Узбекистан
ГУУ	Государственный университет управления , Москва, Россия
ДГУ	Дагестанский государственный университет , Махачкала, Россия
ЗКУ	Западно-Каспийский университет, Баку, Азербайлдан
ИК ГТУ	Институт кибернетики Грузинского технического университета, Тбилиси, Грузия
ИНХП НАНА	Институт нефтехимических процессов Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайлдан
ИРП НАНА	Институт радиационных проблем Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайлдан
ИУНИ ЗНУ	Инженерный учебно-научный институт Запорожского национального университета
ИФ НАНА	Институт Физики Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайлдан
ИФТТ РАН	Институт физики твердого тела Российской Академии наук, Черноголовка, Россия
ИЦ ВТ	Исследовательский центр по высоким технологиям , Баку, Азербайджан
ИЦ РЭП	Инжиниринговый центр РУСЭЛПРОМ, Санкт-Петербург, Россия
КГУ	Кутаисский государственный университет им. Ак. Церетели , Кутаиси, Грузия
КГЭУ	Казанский государственный энергетический Университет, Казань, Россия
КФУ	Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
КНИТУ	Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева.
КАИ	Казанский авиационный институт, Казань, Россия

МИСЭ	Международный интситут соднечной энергии, Ташкент УхбекистанПО
МФЦД	Международный физический центр, Доностия, Испания
НАА	Национальная Авиационная Академия , Баку, Азербайджан
НАНБ	Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
НПЦМ	Национальной академии наук Беларуси по материаловедению» , Минск, Беларусь
НИИ ССТР	Научно-исследовательский институт стандартизации, сертификации и технического регулирования, Ташкент, Ухбекистан, Ташкент, Узбекистан
НТЦ УЭ	ООО «Научно-технический центр» АО Узбекэнерго», Ташкент, Ухбекистан
ПОД	Министерство Оборонной Промышленности Азербайджанской Республики, Производственное Объединение Джихаз, завод Спутник, Баку, Азербайджан
РГГУ	Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе ООО "ГЕОТЕХКОНСАЛТИНГ", Москва, Россия
СПбГУ	Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
СПбГПУ	Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия
СПбГУПТД	Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия
ФПИ	Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекинстан

ABBREVIATIONS

ANAA	Azerbaijan National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan
ASOIU	Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan
BSU	Baku State University, Baku, Azerbaijan
DIPC	Donostia International Physics Center, Donostia Spain
DP ChNU	Department of Physics, Chungbuk National University, Cheongju, South Korea
IMS VAST	Institute of Materials Science, Hanoi, Vietnam
IP ANAS	Institute of Physics, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
IP DSC RAS	Amirkhanov Institute of Physics, DSC of RAS, Makhachkala, Russia
El	Elektric, Kiryat Yam, Israel
RCHTMTC HT	Research Center for High Technologies, Ministry of Transport, Communication and High Technologies of Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan
SNS UNI ST	School of Natural Science, Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan South Korea
SSU	Sumgait State University, Sumgayit, Azerbaijan