ISSN 1302 - 6461

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
FİZİKA İNSTİTUTU
«AZƏRENERJİ» ASC
AZ.ET və LAYİHƏ -AXTARIŞ ENERGETİKA İNSTİTUTU

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
ОАО «АЗЕРЭНЕРЖИ»
АЗ. НИиПИИ ЭНЕРГЕТИКИ

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

П Р О Б Л Е М Ы Э Н Е Р Г Е Т И К И

POWER ENGINEERING PROBLEMS

ENERGETİKANIN KOMPLEKS PROBLEMLƏRİ * ELEKTROENERGETİKA * İSTİLİK ENERGETİKASI * ELEKTROFİZİKA*
* ELEKTROTEXNOLOGİYA * ENERJİ MƏNBƏLƏRİ * İNFORMATİKA * EKOLOGİYA * XRONİKA

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ * ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА * ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА * ЭЛЕКТРОФИЗИКА*
* ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ * ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ * ИНФОРМАТИКА * ЭКОЛОГИЯ * ХРОНИКА

COMPLEX PROBLEMS OF POWER ENGINEERING * THE ELECTRICAL POWER ENGINEERING *
* THE THERMAL POWER ENGINEERING * ELECTROPHYSICS * ELECTROTECHNOLOGY * ENERGY SOURCES *
* INFORMATICS * ECOLOGY * CHRONICLE

4

2019

BAKI ☆ ELM ☆ БАКУ

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

elmi – texniki jurnal

№ 4 2019

Jurnal 2000-ci ildən nəşr edilir

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Rəyasət Heyətinin qərarı ilə çap olunur

Redaksiya heyyəti

A. Həşimov (baş redaktor), R. Mustafayev (baş redaktorun müavini), K.Abdullayev, K.Dursun(Norveç), A.Hüseynov, T.Xalina (Rusiya), A.Kərimov, V.Kuznetsov(Ukrayna), Ə.Quliyev, K.Qurbanov (mə'sul katib), (техники редактор) E.Pirverdiyev, N.Rəhmanov, P.Rzayev, A.Şidlovski (Ukrayna), N.Tabatabaei (İran), N.Voropay(Rusiya), N.Yusifbəyli.

Redaksiyanın ünvanları: Bakı, Az-1143, H.Cavid prospekti,33, Az. MEA FizikaİnstitutuBakı, Az-1602, H.Zərdabi prospekti, 94, Az.ET və LAEI

Tel.: (994 12) 539-41-61; 539-44-02; 432-80-76
Faks : (994 12) 447 - 04 - 56; 498 - 63 - 59
E – mail : arif @ physics.ab.az

Nəşrin redaktoru : F.Rzayev

"Energetikanın Problemləri" jurnalı Azərbaycan Respublikası Mətbuat və İnformasiya Nazirliyində qeydiyyatdan Keçmişdir, qeydiyyat sayı B 507

Tiraj: 50 nüsxə

Bakı, «Elm» nəşriyyatı

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

научно – технический журнал

№ 4 2019

Основан в 2000 году академиком Ч.М.Джуварлы

Печатается по постановлению Президиума Национальной Академии Наук Азербайджана

Главный редактор

академик НАН Азербайджана А.М. Гашимов

Адреса редакции:Az -1143, Баку,пр.Г.Джавида, 33, Институт Физики НАН Азербайджана
Az -1602, Баку, пр. Г. Зардаби, 94, АЗ.НИиПИИ Энергетики ОАО "Азерэнержи"

Тел.: (994 12) 539-41-61; 539-44-02; 432-80-76 ; Факс: (994 12) 447 - 04 - 56; 498–63 –59;
E – маил : arif@physics.ab.az

Баку, издательство «Элм»

УДК. 681.309

ОБОБЩЕННЫЙ ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЛОЖНЫХ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

[1]ДЖАВАДОВ Н.Г., [2]МАМЕДОВ А.И., [2]ИБАДОВ А.А.,

[1]Национальное Аэрокосмическое Агентство
[2]Институт Космических Исследований Природных Ресурсов НАКА
ibadov-anver@mail.ru

На базе развития теории операционного исчисления представлен новый обобщенный упрощенный численный метод для компьютерного моделирования переходных процессов в сложныхразветвленных электрических цепях с сосредоточенными параметрамив общем случае при замене операции непрерывного интегрирования суммированием пользуясь формулой Симпсона, минуя стадию совместного решения исходных дифференциальных уравнений, составленных для отдельных ветвей цепи на основе законов Кирхгофа. Получены новые простые рекуррентные соотношения, легко реализуемые на компьютере.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, электрическая цепь с сосредоточенными параметрами, численный метод.

Введение: Как показывает практика, режимы работы электрических цепей с сосредоточенными параметрами в процессе их эксплуатации в основном являются переменными [1-8].

При этом уровень надежности их изоляции в значительной степени определяется внутренними перенапряжениями, возникающими в различных условиях эксплуатации.

В настоящие время на базе теории операционного исчисления хорошо развиты методы аналитического решения задач динамики в несложных электрических цепях с сосредоточенными параметрами с характеристическим уравнением невысокого порядка, при включении их под действие постоянного или изменяющегося по синусоидальному закону напряжения, т.е.

$$U_0(t) = U_0(t) = const, U_0(t) = E_{mo}\sin(\omega t + \varphi)[1\text{-}5]$$

Однако, как показывает проведенный анализ, в реальных условиях, при возникновении переходных процессов в указанных цепях, возмущающее воздействие, приложенное в контур цепи, является переменной во времени функцией произвольного в общем случае вида

$$U_0(t = f(t)\ [1\text{-}5].$$

При этом переходные процессы, протекающие в сложных электрических цепях с сосредоточенными параметрами, описываются дифференциальными уравнениями высокого порядка[1-10].

В силу этого, использование теории операционного исчисления для аналитического решения задач динамики в указанных системах, требуется совместное решение системы дифференциальных уравнений, составленных на основе законов Кирхгофа для отдельных ветвей. Таково деление математических трудностей при переходе от изображений к оригиналам исходных функций (ток, напряжение), ввиду

необходимости определения корней характеристического уравнения высокого порядка. Кроме того, произвольность изменения во времени напряжения, приложенного в контур цепи, существенно усложняет ход расчетов.

В связи с этим, в настоящее время в условиях широкого внедрения компьютерной техники в практику инженерных расчетов, весьма эффективным является создания численных методов для компьютерного моделирования переходных процессов в указанных системах.

Использование компьютерной техники обосновывается тем, что такой подход существенно расширяет круг решаемых практических задач в области динамики в указанных системах.

Эффективным подходом, на базе дальнейшего развития и обобщения теория операционного исчисления для компьютерного моделирования переходных процессов в объектах с сосредоточенными и распределенными параметрами, является численные методы, предложенные в работах [1-11].

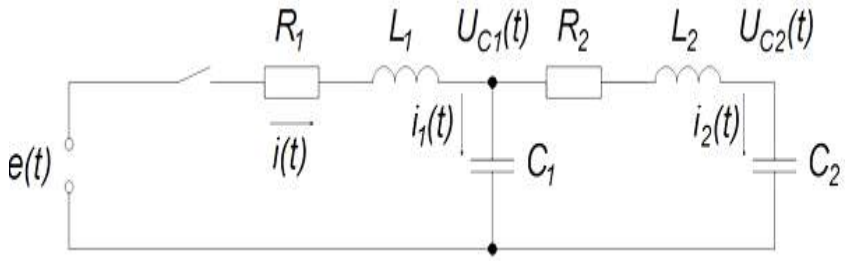
Преимуществом указанных новых численных методов является то, что они позволяют произвести компьютерное моделирование переходных процессов как в системах с сосредоточенными параметрами, так и с распределенными параметрами без перехода в область дискретных изображений [7-11], а также осуществлять переход от Лапласовых изображений искомых функций в область оригиналов без нахождения корней характеристических уравнений, без разложения операторных коэффициентов распространения волн и операторных волновых сопротивлений в ряды, минуя стадию использования теоремы разложения.

Кроме того, предложенный новый подход, в отличие от существующих методов, в зависимости от заданной точности расчета позволяет заменить операцию непрерывного интегрирования суммированием, пользуюсь формулами не только прямоугольников, но и трапеций Симпсона, Уэддля [12].

Указанные свойства нового подхода существенно расширяют круг решаемых практических задач в данный системе.

В данной статье, на базе дальнейшего развития и обобщения подхода предложенного в работах [7-10], впервые в научной литературе представлен упрощенный численный метод для компьютерного моделирования переходных процессов в сложных электрических цепях с сосредоточенными параметрами, в общем случае при включении произвольной ЭДС $e(t)$ и замене операции непрерывного интегрирования суммированием, пользуясь формулой Симпсона, без совместного решения системы дифференциальных уравнений составленных для отдельных ветвей цепи на основе законов Кирхгофа.

1.Постановка задачи: Предложим, в момент времени $t = 0$ при нулевых начальных условиях, произвольная ЭДС $e(t)$ включается в контур сложной разветвленной электрической цепи с сосредоточенными параметрами (рис.1).



2. Решение задачи: Согласно предложенного подхода, при нулевых начальных условиях (при $t = 0, i_1(0) = i_2(0), i(0) = 0$) входное операторное сопротивление для данной цепи (рис.1) можно представить в виде*:*

$$Z(P) = Z_1(P) + \frac{Z_2(P)Z_3(P)}{Z_2(P)+Z_3(P)}, \quad (1)$$

где P- параметр преобразования Лапласа;

$$Z_1(P) = R_1 + PL_1, Z_2(P) = \frac{1}{PC_1}, Z_3(P) = R_2 + PL_2 + \frac{1}{PC_2};$$

R_1, R_2-активные сопротивления в цепи;L_1, C_1, C_2- индуктивность и емкости в цепи; $Z_1(P), Z_2(P), Z_3(P)$- операторные сопротивления для отдельных ветвей данной цепи.

Для определения Лапласового изображения тока $i(t)$ в неразветвленной части данной цепи, согласно (рис.1) можно представить следующее соотношение:

$$I((P) = \frac{1}{Z(P)} E(P), \quad (2)$$

где $I((P), E(P) -$ Лапласовое изображение функций $i(t), e(t)$.

Подставляя значения операторных сопротивлений $Z_1(P), Z_2(P), Z_3(P)$ из (1) в (2) получим:

$$I(P) = \frac{C_1C_2W_2P^3 + C_1C_2R_2P^2 + (C_1 + C_2)P}{(R_1 + PW_1)[C_1C_2L_2P^3 + C_1C_2R_2P^2 + (C_1 + C_2)P] + R_2\ C_2P + L_2C_2P^2 + 1} E(P) \quad (3)$$

Выражение (3) можно представить в виде:

$$I(P) = \frac{b_3p^3 + b_2p^2 + b_1p}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0} E(p), \quad (4)$$

Где $b_3 = C_1C_2L_2,\ b_2 = C_1C_2R_2, b_1 = C_1 + C_2, a_4 = C_1C_2L_1L_2,$
$a_3 = C_1C_2(L_2R_1 + L_1R_2),\ a_2 = C_1C_2R_1R_2 + (C_1 + C_2)L_1 + L_2C_2, a_1 = R_1(C_1 + C_2), a_0 = 1$

На базе предложенного подхода, второй этап ращения поставленной задачи связан с осуществлением перехода от Лапласового изображения (4) в область оригиналов, без нахождения корней характеристического уравнения $a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0$ минуя стадию использования теоремы разложения.

В связи с этим, согласно [8,9] выражение (4) можно представить в виде:

$$I(p)(a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0) = E(p)(b_3p^3 + b_2p^2 + b_1p) \quad (5)$$

Разделив выражение (5) на p^4 получим:

$$a_4I(p) + W_1(p)I(p) = E(p)W_2(p), \quad (6)$$

где $W_1(p) = a_3\frac{1}{p} + a_2\frac{1}{p^2} + a_1\frac{1}{p^3} + a_0\frac{1}{p^4}$, $W_2(p) = b_3\frac{1}{p} + b_2\frac{1}{p^2} + b_1\frac{1}{p^3}$,

$W_1(p), W_2(p)$- передаточные функции.

На основе теоремы свертки [7-10],переходя от уравнения (6) относительно изображения $I(p)$, к уравнению относительно оригиналов получим:

$$a_4 i(t) + \int_0^t W_1(\theta) i(t-\theta) d\theta = \int_0^t W_2(\theta) e(t-\theta) d\theta, \quad (7)$$

где $W_1(t)=a_3 + a_2 t + a_1 \frac{t^2}{2} + a_3 \frac{t^3}{3!}$,$W_2(t)=b_3 + b_2 t + b_1 \frac{t^2}{2}$,

$W_1(t), W_2(t)$-известные оригиналы передаточных функций $W_1(p), W_2(p)$.

Решить полученное интегральное уравнение (7) в явном виде относительно искомой функции $i(t)$ не представляется возможным, так как ее значение в начале решения данной задачи является неизвестным.

В связи с этим в интегральном уравнении (7) согласно [7-10], используя связь между непрерывным временем t и дискретным n (где $n = 0,1,2 \dots$) в виде $t = nT$ (где – период повторения решетчатой функции) производим дискретизацию его при выбранном интервале T, заменяя операцию непрерывного интегрирования суммированием, в данном случае пользуясь формулой Симпсона.

В рассматриваемом случае, согласно формулы Симпсона, процесс вычисления интервала $\int_0^t f(\theta)\, d\theta$ в решетчатой форме представляется в виде [12]:

$$\int_0^t f(\theta) d\theta = \frac{T}{3} \sum_{m=0}^{n} (f[m] + 4f[m-1] + f[m-2]) \quad (8)$$

Тогда интегральное уравнение вида $\int_0^t f_1(\theta) f_2(t-\theta) d\theta$ с учетом (8) можно представить в виде:

$$\int_0^t f_1(\theta) f_2(t-\theta) d\theta = \frac{T}{3} \sum_{m=0}^{n} (f_1[m] f_2[n-m] + 4f_1[n-m+1] f_2[m-1] +$$
$$+ f_1[n-m+2] f_2[m-2]) \quad (9)$$

Таким образом, интегральное (7) с учетом (9) в решетчатой форме можно представить в виде:

$$a_4 i[n] + \frac{T}{3} \sum_{m=o}^{n} (W_1[m] i[n-m] + 4W_1[n-m+1] i[m-1] + W_1[n-m+2] i[m-2] =$$
$$= \frac{T}{3} \sum_{m=0}^{n} (W_2[m] e[n-m] + 4W_2[n-m+1] e[m-1] +$$
$$+ W_2[n-m+2] e[m-2]), \quad (10)$$

где $W_1[n] = a_3 + a_2 nT + a_1 \frac{(nT)^2}{2} + a_0 \frac{(nT)^3}{6}$,$W_2[n] = b_3 + b_2 nT + b_1 \frac{(nT)^2}{2}$,

$W_1[n], W_2[n]$–решетчатые функции.

Здесь

$$\sum_{m=0}^{n} (W_1[m] i[n-m] + 4W_1[n-m+1] i[m-1] + W_1[n-m+2] i[m-2]) =$$

$$= W_1[0]\, i[n] + \sum_{m=1}^{n} (W_1[m] i[n-m] + 4W_1[n-m+1] i[m-1] +$$
$$+W_1[n-m+2] i[m-2]), \qquad (11)$$

где $W_1[0] = a_3$.

Выражение (10) с учетом (11) можно представить в виде:

$$\left(a_4 + \frac{T}{3} W_1[0]\right) i[n] + \frac{T}{3} \sum_{m=1}^{n} (\, W_1[m]\, i[n-m] + 4W_1[n-m+1] +$$
$$+W_1[n-m+2] i[m-2]) = \frac{T}{3} \sum_{m=0}^{n} (\, W_1[m] e[n-m] + 4W_2[n-m+1] e[m-1] +$$
$$+W_2[n-m+2] e[m - 1]) \qquad (12)$$

Из выражения (12) получаем следующее рекуррентное соотношение для определения значения тока $i[n]$:

$$i[n] = \eta\{\textstyle\sum_{m=0}^{n} (W_2[m] e[n-m] + 4W_2[n-m+1] e[m-1] +$$
$$+W_2[n-m+2] e[m-2]) - \sum_{m=1}^{n} (\, W_1[m] i[n-m] +$$
$$+4W_1[n-m+1] i[m-1] + W_1[n-m+2] i[m-2])\}, \qquad (13)$$

где $\eta = \frac{\frac{T}{3}}{a_4 + \frac{T}{3} W_1[0]}$

Полученное рекуррентное соотношение (13)легко реализуется на компьютере.

В частном случае,при скачкообразном изменении ЭДС $e(t) = E_{m_1} \cdot 1(t)$ и $e[n] = E_{m_1} \cdot 1[n]$, рекуррентное соотношение (13)принимает следующий вид:

$$i[n] = \eta\{E_{m_1} \sum_{m=0}^{n} (W_2\,[m] 1[n-m] + 4W_2[n-m+1] 1[m-1] +$$
$$+W_2[n-m+2] 1[m-2]) - \sum_{m=1}^{n} (W_1[m]\, i[n-m] + 4W_1[n-m+1] i[m-1] +$$
$$+W_1[n-m+2] i[m2])\} \qquad (14)$$

При синусоидальной ЭДС $\mathrm{e(t)} = E_{m_1} sin\omega t$ и $e[n] = E_{m_1} sin\omega T$, рекуррентное соотношение (13) принимает следующий вид:

$$i[n] = \eta\{E_{m_1} \sum_{m=0}^{n} (W_2\,[m]\, sin\omega T[n-m] + 4W_1[n-m+1] sin\omega T[m-1] +$$
$$+W_1[n-m+2] sin\omega T[m-2]) - \sum_{m=1}^{n} (W_1[m]\, i[n-m] + 4W_1[n-m+1] i[m-1] +$$
$$+W_1[n-m+2] i[m-2])\} \qquad (15)$$

При известном значении тока $i[n]$ осуществляется переход к нахождению значения напряжения $U_{C_1}[n]$.

В связи с этим, согласно рис.1 для напряжения можно представить следующее выражение в операторной форме:

$$U_{C_1}(P) = \frac{\frac{1}{PC_1}\left(R_2 + L_2P + \frac{1}{PC_2}\right)}{\frac{1}{PC_1} + R_2 + L_2P + \frac{1}{PC_2}} I(P) \tag{16}$$

Выражение (16) можно представить в виде:

$$U_{C_1}(P) = \frac{b_2^1p^2 + b_1^1p + b_0^1}{a_3^1p^3 + a_2^1p^2 + a_1^1p} I(P), \tag{17}$$

где $b_2^1 = L_2C_2$, $b_1^1 = R_2C_2$, $b_0^1 = 1$, $a_3^1 = C_1C_2L_2$, $a_2^1 = C_1C_2R_2$, $a_1^1 = C_1 + C_2$

Выражение (17) согласно подходу, предложенному в [8,9], можно представить в виде:

$$U_{C_1}(P)(a_3^1p^3 + a_2^1p^2 + a_1^1p) = (b_2^1p^2 + b_1^1p + b_0^1)I(P) \tag{18}$$

Разделив выражение (18) на P^3, получим:

$$a_3^1U_{C_1}(P) + W_1^1(P)U_{C_1}(P) = W_2^1(P)I(P), \tag{19}$$

где $W_1^1(P) = a_2^1\frac{1}{p} + a_1^1\frac{1}{p^3}$, $W_2^1(P) = b_2^1\frac{1}{p} + b_1^1\frac{1}{p^2} + b_0^1\frac{1}{p^3}$,

$W_1^1(P), W_2^1(P)$ - передаточные функции.

На основе теоремы свертки, переходя от уравнения относительно изображения (19) к уравнению относительно оригиналов, получим:

$$a_3^1U_{C_1}(t) + \int_0^t W_1^1(\theta)U_{C_1}(t-\theta)d\theta = \int_0^t W_2^1(\theta)i(t-\theta)d\theta, \tag{20}$$

где $W_1^1(t) = a_2^1 + a_1^1t, W_2^1(t) = b_2^1 + b_1^1t + b_0^1\frac{t^2}{2}$,$W_1^1(t)$, $W_2^1(t)$-известные оригиналы передаточных функций $W_1^1(P), W_2^1(P)$.

В интегральном уравнении (20) заменяя операции непрерывного интегрирования суммированием пользуясь формулой Симпсона (9), получим:

$$a_3^1U_{C_1}[n] + \frac{T}{3}\sum_{m=0}^{n}(W_1^1[m]U_{C_1}[n-m] + 4W_1^1[n-m+1]U_{C_1}[m-1] + \\ +W_1^1[n-m+2]U_{C_1}[m-2]) = \frac{T}{3}\sum_{m=0}^{n}(W_2^1[m]i[n-m] + +4W_2^1[n-m+1]i[m-1] + \\ +W_2^1[n-m+2]i[m-2]), \tag{21}$$

где $W_1^1[n] = a_2^1 + a_1^1nT, W_2^1[n] = b_2^1 + b_1^1nT + b_0^1\frac{(nT)^2}{2}$, $W_1^1[n]$, $W_2^1[n]$– решетчатые функции.

Здесь

$$\sum_{m=0}^{n}(W_1^1[m]\,U_{C_1}[n-m]+4W_1^1[n-m+1]U_{C_1}[m-1]+$$
$$+W_1^1[n-m+2]U_{C_1}[m-2])=W_1^1[0]U_{C_1}[n]+\sum_{m=1}^{n}(\,W_1^1[m]U_{C_1}[n-m]+$$
$$+4W_1^1[n-m+1]U_{C_1}[m-1]+W_1^1[n-m+2]) \qquad (22)$$

Выражение (21) с учетом (22) будет:

$$U_{C_1}[n]=\eta_1\{\sum_{m=0}^{n}(\,W_2^1[m]i[n-m]+4W_2^1[n-m+1]i[m-1]+$$
$$+W_2^1[n-m+2]i[m-2])-\sum_{m=1}^{n}(W_1^1\,[m]U_{C_1}[n-m]4W_1^1[n-m+1]U_{C_1}[m-1]+$$
$$+W_1^1[n-m+2]U_{C_1}[m-2]\}, \qquad (23)$$

где $\eta_1=\frac{\frac{T}{3}}{a_3^1+\frac{T}{3}W_1^1[0]}$

При известном значении напряжения $U_{C_1}[n]$ осуществляется переход к нахождению значения напряжения $U_{C_2}[n]$. В связи с этим согласно рис.1 для напряжения $U_{C_2}(t)$можно представить следующее соотношение в операторной форме:

$$U_{C_2}(P)=\frac{\frac{1}{PC_2}}{\frac{1}{PC_2}+R_2+PL_2}U_{C_1}(P) \qquad (24)$$

Выражение (24) можно представить в виде:

$$U_{C_2}(P)=\frac{b_0^2}{a_2^2P^2+a_1^2P+a_0^2}U_{C_1}(P), \qquad (25)$$

где $b_0^2=1$, a_2^2=L_2C_2 ,$a_1^2=R_2C_2$,$a_0^2=1$.

Выражение (25) можно представить в виде:

$$a_2^2U_{C_2}(P)+U_{C_2}(P)W_2(P)=W_3(P)U_{C_1}(P), \qquad (26)$$

где$W_2(P)=a_1^2\frac{1}{P}+a_0^2\frac{1}{P^2}$, $W_3(P)=b_0^2\frac{1}{P^2}$, $W_2(P), W_3(P)$-передаточные функции.

На основе теоремы свертки, переходя от уравнения относительно изображения (26) к уравнению относительно оригиналов, получим:

$$a_2^2U_{C_2}(t)+\int_0^t U_{C_2}(t-\theta)\,W_2(\theta)d\theta=\int_0^t W_3(\theta)\,U_{C_1}(t-\theta), \qquad (27)$$

где$W_2(t)=a_1^2+a_0^2t, W_3(t)=b_0^2t$

В интегральном уравнении (27) заменяя операции непрерывного интегрирования суммированием пользуясь формулой Симпсона (9), получим:

$$a_2^2U_{C_2}[n]+\frac{T}{3}\sum_{m=0}^{n}(\,W_2[m]U_{C_2}[n-m]+4W_2[n-m+1]U_{C_2}[m-1]+$$

$$+W_2[n-m+2]U_{C_2}[m-2]) = \frac{T}{3}\sum_{m=0}^{n}(W_3[m]U_{C_1}[n-m] +$$
$$+4W_3[n-m+1]U_{C_1}[m-1]+W_3[n-m+2]U_{C_1}[m-2]), \quad (28)$$

где $W_2[n] = a_1^2 + a_0^2 nT, W_3[n] = a_1^2 + b_0^2 nT, W_2[n], W_3[n]$-решетчатые функции.

Здесь

$$\sum_{m=0}^{n}(W_2[m]U_{C_2}[n-m] + 4W_2[n-m+1]U_{C_2}[m-1] + W_2[n-m+2]U_{C_2}[m-2]) =$$
$$= W_2[0]U_{C_2}[n] + \sum_{m=1}^{n}(W_2[m]U_{C_2}[n-m]4W_2[n-m+1]U_{C_2}[m-1] +$$
$$+W_2[n-m+2]U_{C_2}[m-2]) \quad (29)$$

Выражение (28) с учетом (29) будет:

$$U_{C_2}[n] = \eta_2\{\sum_{m=0}^{n} W_3[m]U_{C_1}[n-m] + 4W_3[n-m+1]U_{C_1}[m-1] +$$
$$+W_3[n-m+2]U_{C_1}[m-2]) - \sum_{m=1}^{n}(W_2[m]U_{C_2}[n-m] +$$
$$+4W_2[n-m+1]U_{C_2}[m-1] + W_2[n-m+2]U_{C_2}[m-2])\}, \quad (30)$$

где $\eta_2 = \frac{\frac{T}{3}}{a_2^2+\frac{T}{3}w_2[0]}$

При известном значении напряжения $U_{C_2}[n]$ осуществляется переход к нахождению значения тока $i_2[n]$.В связи с этим согласно рис.1 для напряжения $U_{C_2}[t]$можно представить следующее соотношение в операторной форме:

$$U_{C_2}(P) = \frac{1}{PC_2} I_2(P) \quad (31)$$

На основание теоремы свертки, переходя от уравнения относительно изображения (31) к уравнению относительно оригиналов, получим:

$$U_{C_2}(t) = \frac{1}{C_2}\int_0^t 1(\theta)\, i_2(t-\theta)d\theta \quad (32)$$

В интегральном уравнении (32) заменяя операции непрерывного интегрирования суммированием пользуясь формулой Симпсона (9), получим:

$$U_{C_2}[n] = \frac{T}{3}\cdot\frac{T}{C_2}\sum_{m=0}^{n}(1[m]\, i_2[n-m] + 4\cdot 1[n-m+1]i_2[m-1] +$$
$$1[n-m+2]i_2[m-2] \quad (33)$$

Здесь

$$\sum_{m=0}^{n}(1[m]i_2[n-m] + 4\cdot 1[n-m+1]i_2[m-1] + 1[n-m+2]i_2[m-2]) =$$

$$= i_2[n] + \sum_{m=1}^{n} (1[m]\, i_2[n-m] + 4 \cdot 1[n-m+1] i_2[m-1]$$
$$+ 1[n-m+2] i_2[m-2]) \qquad (34)$$

Выражение (33) с учетом (34) будет:

$$U_{C_2}[n] = \frac{T}{3} \cdot \frac{T}{C_2} (i_2[n] + \sum_{m=1}^{n} (1[m]\, i_2[n-m] +$$
$$4 \cdot 1[n-m+1] i_2[m-1] + 1[n-m+2] i_2[m-2]) \qquad (35)$$

Из выражения (35) получаем следующее соотношение для тока $i_2[n]$:

$$i_2[n] = \frac{3\mathrm{C}_2}{\mathrm{T}} U_{C_2}[n] - \sum_{m=1}^{n} (\, 1[m] i_2[n-m] + 4 \cdot 1[n-m+1] i_2[m-1] +$$
$$+1[n-m+2] i_2[m-2]) \qquad (36)$$

При известных значениях тока $i[n], i_2[n]$согласно рис.1, можно представить следующее соотношение для тока $i_1[n]$:

$$i_1[n] = i[n] - i_2[n] \qquad (37)$$

Таким образом, предложенный численный метод позволяет рассчитать переходные процессы в сложной разветвленной электрической цепи с сосредоточенными параметрами минуя стадию использования законов Кирхгофа, теоремы разложения, а так же нахождения корней характеристического уравнения, что значительно упрощает математические выкладки и расширяет круг решаемых практических задач.

Погрешность расчетов связана с величиной T. Чем меньше выбрано число T, тем в меньшей мере характеристик непрерывной функции отличаются от соответствующих характеристик решетчатых.

Результаты данной работы могут быть использованы как при проектировании, так и при эксплуатации сложных электрических цепей с сосредоточенными параметрами.

---

1. *Джуварлы Ч.М., Пашаев А.М., Гашимов А.М.* Основы теории электрических цепей. Б.: Элм, 2000.
2. *Левинштейн М.Д.* Операционное исчисление в задачах электротехники. М.: Энергия. 1972. – 358 с.
3. *Конторович М.И.* Операционное исчисление и процессы в электрических цепях. М.: Советское радио. 1975.
4. *Лосев А.К.* Теория линейных электрических цепей. М.: Высшая школа, 1987.
5. *Голубков В.С., Третьякова В.Н., Цыганков В.И.* Переходные процессы, нелинейные цепи и компьютерное моделирование. / Под.ред. В.А.Алехина М.:2002.
6. *Астрахан В.И.* О численном обращении изображений при расчете электрических цепей с помощью преобразования Лапласа. / Электричество, 1972, №12.
7. *Пашаев А.М., Эфендиев О.З., Мамедов А.И.* Развитие теории операционного исчисления для численного моделирования переходных процессов в сложных электрических цепях с сосредоточенными параметрами. // Проблемы энергетики, 2008, №4.

8. *Пашаев А.М., Эфендиев О.З., Мамедов А.И.* Новый упрошенный численный метод для компьютерного моделирования переходных процессов в сложных индуктивно связанных электрических цепях сосредоточенными параметрами. // Научные труды Национальной Академии Авиации, посвященной 75-летию академика А.М.Пашаева, 2009 №1.
9. *Газарханов Э.Т., Мамедова А.И., Бабаев М.А.* Численный метод расчета переходных процессов в разветвленных электрических цепях с сосредоточенными параметрами при разряде генератора импульсных напряжений // Ученые записки Национальной Академии Авиации, 2011, №2.
10. *Бабаев М.А., Мамедов А.И.* Моделирование переходных процессов в электрических цепях. Баку, НАА, 2019.
11. *Джавадов Н.Г., Мамедов А.И., Ибадов А.А.* Обобщенный численный метод для компьютерного моделирования переходных процессов в электрических цепях с распределенными параметрами. //Известия Азербайджанского Национального Аэрокосмического Агентства, т.22, №3(22)2019,с.47-56.
12. *Цыпкин Я.З.* Основы теории автоматических систем. М.:Физматгиз, 1977.

ŞAXƏLƏNMİŞ MÜRƏKKƏB TOPLU PARAMETİRLİ ELEKTRİK DÖVRƏSİNDƏ KEÇİD PROSESLƏRİNİN KOMPÜTER MODELLƏŞDİRİLMƏSİ ÜÇÜN ÜMUMİLƏŞDİRİLMİŞ ƏDƏDİ ÜSUL

CAVADOV N.Q., MƏMMƏDOV A.İ., İBADOV Ə.Ə.

Məqalədə şaxələnmiş mürəkkəbtoplu parametirli elektrik döverəsində keçid proseslərinin kompüter modelləşdirilməsi üçün ümumiləşdirilmiş ədədi üsul təklif edilmişdir.

Açar sözlər:toplu parametirli,modelləşdirm ə, keçid prosesləri.

GENERALIZED NUMERICAL METHOD FOR COMPUTER SIMULATION OF TRANSIENT PROCESSES IN COMPLEX ELECTRIC CIRCUİTS WITH CONCENTRATED PARAMETERS

JAVADOV N.H., MAMEDOV A.I., IBADOV A.A.

The generalized numerical method for computer simulation of transient processes in complex electric circuits with concentrated parameters is presented.

Keyword:computer simulation, electrical circuit with concentrated parameters, numerical method.

Pacs: 42.55.Ye, 73.63.Fg, 87.64.Je

QADOLİNİUMLA AŞQARLANMIŞ KARBON NANOBORULARIN RAMAN ANALİZİ

ABASZADƏ R.Q.

Azərbaycan MEA-nın H.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
Az-1143, Bakı şəhəri, H.Cavid pr. 131.

E_mail: abaszada@gmail.com

Məqalə qrafitin, təmiz və qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborularına məxsus raman səpilmə spektrlərinin müqayisəli şəkildə tədqiqinə həsr olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, qrafitin raman səpilməsi spektrində G və 2D piklərinə uyğun olaraq tezlikləri 1595sm^{-1}, 2676sm^{-1} –ya intensivlikləri isə 320 və 228 müşahidə olunur. Təmiz karbon nanoborusunda D, G və 2D pikləri uyğun olaraq tezlikləri 1338sm^{-1}, 1595sm^{-1}, 2676sm^{-1}, intensivlikləri isə uyğun olaraq 817, 703, 421 kimidir. Qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborusunun D, G və 2D pikləri isə 1361sm^{-1}, 1614sm^{-1}, 2704sm^{-1} tezlikləri ilə, intensivlikləri isə azalaraq 739, 610, 346 qiymətləri tərtibində müəyyənləşdirilmişdir. Təmiz karbon nanoboruları ilə müqayisədə, qadolinium ilə aşqarlanmış karbon nanoboruları üçün D, G və 2D piklərinin tezlikləri 1361sm^{-1}, 1614sm-1, 2704sm^{-1} -ə qədər artmış, intensivlikləri isə uyğun olaraq 739, 610, 346 -ya qədər azalmışdır.

Açar sözlər: karbon nanoboru, qadolinium, Raman səpilməsi.

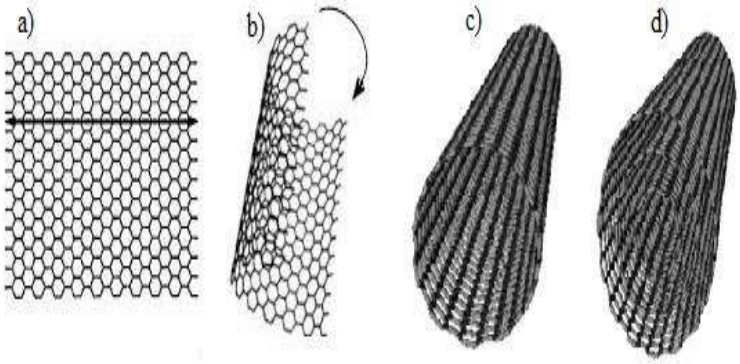
Giriş: Müasir dövrdə karbon əsaslı materialların alternativ energetikada geniş tətbiqi onları müasir elmin əsas prioritet istiqamətlərindən biri kimi müəyyən etməkdədir. Belə ki, yaxın gələcəkdə böyük gücə malik litium batareyalarından elektrik enerjisi istehsalında və ağır sənayenin müxtəlif sahələrində tətbiqi ilə indiyə qədər mövcud olmuş çətinliklərin aradan qaldırılması istiqamətində inqilabi addım kimi qiymətləndirilməlidir. Odur ki, karbon nanoboru-ları olduqca əhəmiyyət kəsb edir. Karbon nanoboruların maraqlı və unikal xassələrə malik olması onların fiziki və kimyəvi xassələri ilə bağlı olub, geniş tətbiq imkanları ilə diqqəti cəlb edir [1]. Karbon nanoquruluşlar dedikdə bura, füllerenləri, karbon nanoborularını, qrafeni, qrafen oksidi və s. aid etmək olar [2]. Karbon nanoboruların müxtəlif alınma metodları vardır [3]. Karbon nanoboruları qrafit layının silindirik formada bükülməsi nəticəsində hazırlanır [4]. Son illər karbon nanoboruların geniş tədqiq olunmasına maraq artmış və raman səpilməsi metodu ilə öyrənilmişdir [5]. Nanoboruların diametri [6] və boruların divarları arasındakı qarşılıqlı təsiri işığın raman səpilməsi metodu ilə araşdırılmışdır. İşığın kombinasiyalı səpilməsi üçün təkdivarlı karbon nanoborulara xas olan spektr müəyyənləşdirilmişdir. Burada çoxfotonlu Raman modlarına uyğun olaraq karbon nanoborunun təbiəti müəyyənləşdirilmiş və nanoboruda fonon, eksiton - fonon və eksiton keçidləri haqqında informasiya verilmişdir [7].

Karbon nanoboruların mühüm kinetik və optik xassələrə malik olması onların ifrat həssas qaz datçiklərində [8], elektrokimyəvi sensorlarda [9], infraqırmızı şüalanma datçiklərində [10] tranzistorların, yeni nəsil mikroelektromexaniki sistemlərdə, dərman daşınmasında uğurlu tətbiqinə səbəb olmuşdur [11,12,13].

Elektrik qövsü metodu yüksək keyfiyyətli karbon nanoboruların alınması metodları içərisində ən güclü metod hesab olunur [14]. Bu metod ilk dəfə olaraq İidjima tərəfindən təkdivarlı və çoxdivarlı nanoboruların alınması üçün istifadə edilmiş [15]. Elektrik qövsü metodu karbon nanoboruların kütləvi istehsalı üçün də olduqca effektiv metod hesab olunur [16].

Karbon nanoborulardan alınmış kompozitlərin raman səpilməsi metodu ilə öyrənilməsi ilə piklərin intensivlikləri və genişlənməsi araşdırılmışdır [17,18]. Tərəfimizdən karbon nano-

boruların sintezi qövs boşalması metodu vasitəsi ilə həyata keçirilmişdir [19]. Karbon nanoboru-ların raman səpilməsi metodu vasitəsiylə analizi zamanı, layların sayı, diametri, xirallığı, keçiriciliyin tipi və divarda mövcud defektlərin təbiəti haqqında informasiyanın araşdırılması mümkün olmuşdur [20,21]. Məlum olduğu kimi karbon nanoboruların müxtəlif nümunələrlə aşqarlanması üçün onun funksionallaşdırılması [22,23], bu zaman nanoborunun daxili divarəna toxunulmayaraq uclarında və ya səthində birləəmə yaradər [10].

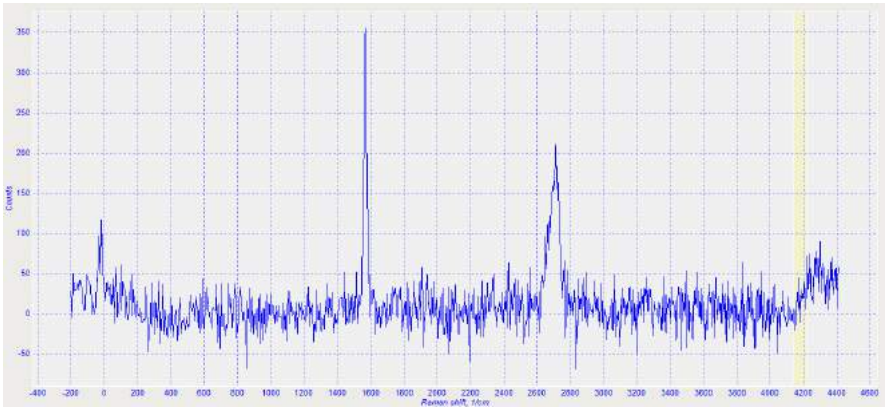


Şək. 1. Qrafen listinin silindrik formada bükülməsi sxematik təsviri:
a) qrafen listi, b) qrafen listinin slindrik bükülməsi, c) təkdivarlı,
d) çoxdivarlı [4].

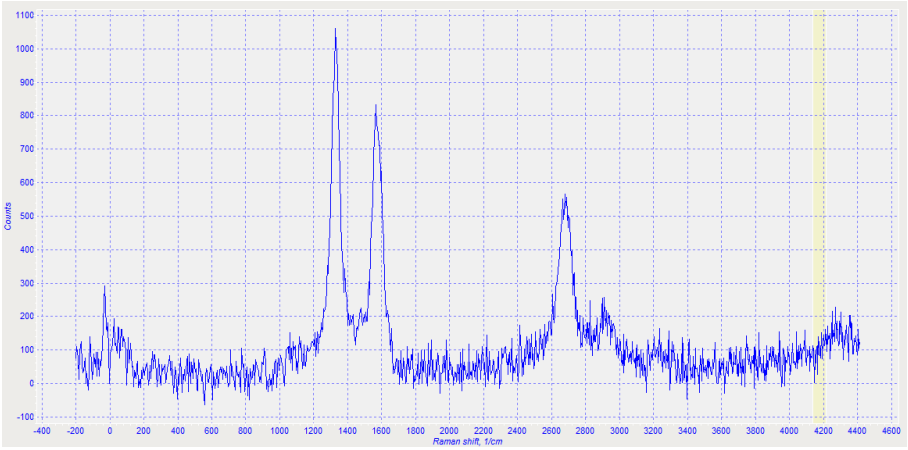
Təcrübi hissə. Tədqiqat metodu: Qrafit, karbon nanoboru və qadaliniumla aşqarlanmış karbon nanoboru Raman səpilməsi metodundan istifadə edilərək analiz edilmişdir. Raman səpilməsi spektrlərinin ölçülməsi Nanofinder 30 (Tokyo İnstr, Japan) konfokal Raman mikrospektrometrində aparılmışdır. Həyəcanlandırıcı mənbə kimi 532nm dalğa uzunluğu və 10mVt olan maksimal gücə malik Nd:YAG lazerindən istifadə olunmuşdur. Bu zaman spektral ayıretmə qabiliyyəti 0,5sm^{-1} –dir. Detektor kimi (-70^{0}S) -ə qədər soyudulan və fonon hesabi rejimdə işləyən CCD kamerasından istifadə edilmişdir [19].

Karbon nanoboruların 633nm He–Ne lazerlərində və 514,5nm Ar^{+} lazerində raman səpilməsinə baxılmışdır. Spektrdə müşahidə olunan D, G və 2D piklərin təbiəti müəyyən edilmişdir [24].

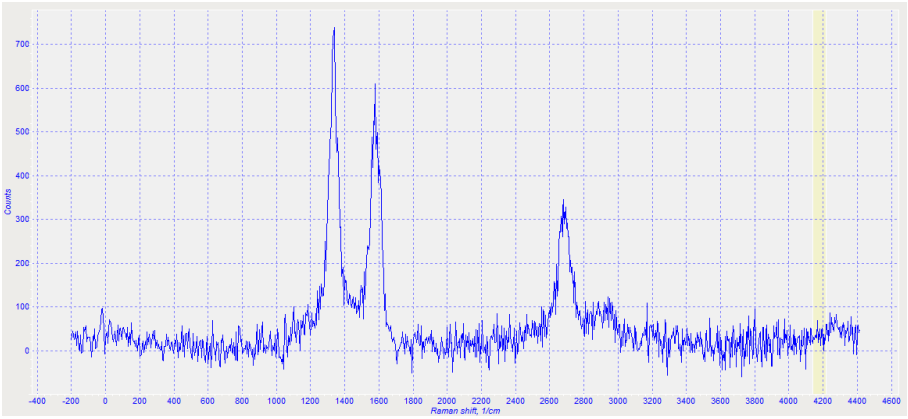
Nəticələr və onların müzakirəsi: Qövs boşalması metodu ilə alınmış karbon nanoboru hidroksil qruplarının köməyi ilə funksionallaşdırılmışdır. Məqalədə qrafitin, karbon nanoborunun və qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun Raman səpilməsi vasitəsiylə müqayisəli şəkildə öyrənilməsi həyata keçirilmişdir. Şəkildə təsvir edilən əyrilər karbonun təbiətinə xasdır [25]. Şəkil 2-də göstərilən qrafit 99,9995% təmizliyə malikdir. Şəkil 3-də karbon nanoborunun təmizliyi, keyfiyyəti və səht morfologiyasının tədqiq edilməsi alınan nümunənin azdivarlı olmasını deməyə imkan verir. Şəkil 4-də təsvir olunan qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun spektri də nümunənin təbiətinə uyğun olan xarakterik piklərlə müşayət olunur.



Şək. 2. Qrafitin Raman səpilməsi spektri [19].



Şək. 3. Karbon nanoborunun Raman səpilməsi spektri [19].



Şək. 4. Qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun Raman səpilməsi spektri.

Məqalə qrafit, təmiz və qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborularına məxsus raman səpilmə spektrlərinin müqayisəli şəkildə tədqiqinə həsr olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, qrafitin raman səpilməsi spektrində uyğun olaraq tezlikləri 1595sm^{-1}, 2676sm^{-1} və intensivlikləri isə 320 və 228 olan G və 2D pikləri müşahidə olunur. Lakin, təmiz karbon nanoborusunda isə müşahidə olunan D, G və 2D piklərinin uyğun olaraq tezlikləri 1338sm^{-1}, 1595sm^{-1}, 2676sm^{-1}, intensivlikləri isə 817, 703, 421 olmuşdur. Qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborusuna məxsus D, G və 2D piklərinin tezlikləri 1361sm^{-1}, 1614sm^{-1}, 2704sm^{-1} olub, intensivlikləri isə azalaraq 739, 610, 346 qiymətləri tərtibində müəyyənləşdirilmişdir. Göstərilmişdir ki, qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborularının səpilmə spektrlərində müşahidə olunan piklərin vəziyyəti böyük tezliklərə doğru sürüşür, intensivlikləri isə uyğun olaraq azalır. Aşqarın təsiri ilə Raman səpilmə spektrində təmiz karbon nanoboru ilə müqayisədə nəzərə çarpacaq dəyişikliklərin müşahidə olunması defektlərin konsentrasiyasının artması ilə izah olunmuşdur.

---

1. *Bianco A, Kostarelos K, Partidos CD, Prato M.* Biomedical applications of functionalised carbon nanotubes. ChemCommun 2005(5) pp.571–578.
2. *Nizamuddin S., Abbasi S.A., Jatoi A.S., Siddiqui M.T.H., Baloch H.A., Mubarak N.M., Griffin G.J., Abdullah E.C., Qureshi K., Karri R.R.,* Microwave-Assisted Synthesis for Carbon Nanomaterials, Nanomaterials Synthesis, Elsevier, 2019, pp.121-147.
3. *Fu Q, Huang S, Liu J.,* Chemical vapor depositions of single walled carbon nanotubes catalyzed by uniform Fe_2O_3 nanoclusters synthesized using diblock copolymer micelles. J Phys Chem B 2004; 108(20) pp. 6124–9.

4. *Saito R., Dresselhaus G., Dresselhaus M.S.,* Physical properties of carbon nanotubes, İmperial college press, London, 1998, 259 p.
5. *Dresselhaus M.S., Dresselhaus G., Jorio A.,* Raman Spectroscopy of Carbon Nanotubes in 1997 and 2007, J.Phys.Chem. C 2007, 111, pp.17887-17893.
6. *Graupner R.:* Raman spectroscopy of covalently functionalized single-wall carbon nanotubes, Journal of Raman Spectroscopy, 38, 2007, pp.673–683.
7. *Rao A.M., Chen J., Richter E., Schlecht U., Eklund P.C., Haddon R.C.,* Venkateswaran U.D., Kwon Y-K., Tománek D., Effect of van der Waals interactions on the Raman modes in single walled carbon nanotubes, Physical Review Letters, 86, 2001, pp.3895–3898.
8. *Ajayan P.M.,* Nanostructured Materials and Nanotechnology, Academic Press, San Diego, 2002, pp.329-360.
9. *Overney G., Zhong W., Tománek D.,* Structural rigidity and low frequency vibrational modes of long carbon tubules, Z.Phy., D (27), 1993, pp.93-96.
10. *Дьячкова Т.П., Ткачев А.Г.,* Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок, М.: Издательский дом «Спектр», 2013, 152 с.
11. *Jorio A., Dresselhaus G., Dresselhaus M.S.,* Carbon Nanotubes, Advanced Topics in the Synthesis, Structure, Properties and Applications, Topics in Applied Physics. 2008. v.111, 720p.
12. *Loiseau A.,* Understanding Carbon Nanotubes, Lect.Notes Phys., 2006, vol.677, pp.495-543.
13. *Reich S., Thomsen C., Maultzsch J.,* Carbon nanotubes, Basic Concepts and Physical Properties, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004, pp.31-115.
14. *Journet C., Maser W.K., Bernier P.,* et al., Large-scale production of single-walled carbon nanotubes by the electric-arc technique, Nature, vol.388, no.6644, 1997, pp.756–758.
15. *Iijima S.,* Helical microtubules of graphitic carbon, Nature, vol.354, no.6348, 1991, pp.56–58.
16. *Park Y.S., Kim K.S., Jeong H.J.,* et al., Low pressure synthesis of single-walled carbon nanotubes by arc discharge, Synthetic Metals, vol. 126, no.2-3, 2002, pp.245–251.
17. *Kannan P., Eichhorn S. J., Young R. J.,* Deformation of isolated single-wall carbon nanotubes in electrospun polymer nanofibres, Nanotechnology, 18, 2007, 235707/1–235707/7.
18. *Mu M., Osswald S., Gogotsi Y., Winey K.I.,* An *in situ* Raman spectroscopy study of stress transfer between carbon nanotubes and polymer, Nanotechnology, 20, 2009, 335703/1–335703/7.
19. *Abaszadə R.Q., Məmmədova S.A., Ələkbərov R.İ., Nəbiyev A.M., Əliyev E.M., Kapuş O.A., Səfərəliyev Ş.K.,* Karbon nanoboruların alınması və analizi, Azərbaycan Texniki Universitetin elmi əsərləri, №3, 2019, səh.11-18.
20. *Dresselhaus M.S., Dresselhaus G., Saito R., Jorio A.,* Raman Spectroscopy of Carbon Nanotubes, Physics Reports, 2005, vol.409, №2, pp.47–99.
21. *Yanchuk I.B., Koval's'ka E.O., Brichka A.V., Brichka S.Ya.,* Raman Scattering Studies of the Influence of Thermal Treatment of Multi-walled Carbon Nanotubes on their Structural Characteristics, Ukrai.Jour.Phys., 2009, vol.54, N4, pp.407–412.
22. *Ma P.C., Siddiqui N.A., Marom G., Kim J.K.,* Dispersion and Functionalization of Carbon Nanotubes for Polymer-based Nanocomposites: A Review, Composites: Part A., vol.41, 2010, pp.1345–1367.
23. *Moniruzzaman M., Winey K.I.,* Polymer Nanocomposites Containing Carbon Nanotubes, Macromolecules, 2006, vol.39, pp.5194–5205.
24. *Islam S.S., Shah K.A., Mavi H.S., Shaukla A.K., Rath S., Har S.H.,* Raman study on single-walled carbon nanotubes with different laser excitation energies, Bull.Mater.Sci., vol.30, No.3, 2007, pp.295–299.

25. *Wang F., Liu W., Wu Y., Sfeir M.Y., Huang L., Hone J., O'Brien S., Brus L.E., Heinz T.F., Shen Y.R.*, Multiphonon Raman Scattering from Individual Single-Walled Carbon Nanotubes, Physical Review Letters 98, 2007, pp.047402.

АНАЛИЗ РАМАНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ЛЕГИРОВАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ГАДОЛИНИЯ

АБАСЗАДЕ Р.Г.

Статья посвящена сравнительному исследованию спектров комбинационного рассеяния графита, углеродных нанотрубок и углеродных нанотрубок легированных с помощью гадолиния. Было обнаружено, что в спектре комбинационного рассеяния графита присутствуют пики G и 2D с интенсивностями 320, 228 и частоты 1595 см$^{-1}$ и 2676 см$^{-1}$, соответственно. Пики D, G и 2D в нанотрубках из чистого углерода имеют частоты 1338 см$^{-1}$, 1595 см$^{-1}$, 2676 см$^{-1}$, а интенсивности 817, 703, 421. По сравнению углеродными нанотрубками, частоты пиков D, G и 2D для углеродных нанотрубок легированных гадолинием, увеличивались до 1361 см$^{-1}$, 1614 см$^{-1}$, 2704 см$^{-1}$, при этом интенсивности уменьшились до 739, 610, 346.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, гадолиниум, комбинационное рассеяние.

ANALYSIS OF RAMAN SCATTERING OF GADOLINIUM DOPED CARBON NANOTUBES

ABASZADE R.G.

The article is devoted to a comparative study of the Raman spectra of graphite, carbon nanotubes, and carbon nanotubes doped using gadolinium. It was found that in the Raman spectrum of graphite there are peaks G and 2D with intensities of 320, 228 and frequencies of 1595 sm^{-1} and 2676 sm^{-1}, respectively. Peaks D, G and 2D in pure carbon nanotubes have frequencies of 1338 sm^{-1}, 1595 sm^{-1}, 2676 sm^{-1}, and intensities are 817, 703, 421. Compared to carbon nanotubes, the D, G and 2D peak frequencies for gadolinium doped carbon nanotubes increased to 1361 sm^{-1}, 1614 sm^{-1}, 2704 sm^{-1}, while the intensities decreased to 739, 610, 346.

Keywords: carbon nanotubes, gadolinium, raman scattering.

UOT 537.635

ZnO-POLİETİLEN ƏSASLI KOMPOZİT VARİSTORLARIN ELEKTRİK VƏ MEXANİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏYİNİ

ƏHƏDZADƏ Ş.M.

AMEA Fizika İnstitutu Bakı ş.H.Cavid pr., Az 1143
e-mail:ahadzade79@mail.ru

Məqalədə ilk dəfə olaraq ZnO-polietilen(PE) əsaslı kompozit varistorların elektrik və mexaniki xassələri təyin olunmuşdur. Kompozit varistorların elektrik xassələri öyrənilən zaman məlum olmuşdur ki, nümunələrin deşilmə gərginliyi ($U_{deş}$), açılma ($U_{aç}$) gərginliyi ilə demək olar ki, üst-üstə düşür. Dielektrikə tətbiq edilmiş elektrik sahəsinin təsirindən ayrılan istiliyin miqdarı istilik mübadiləsi nəticəsində ətraf mühitə verilən istilikdə çox olarsa, onda dielektrikin temperaturunun artması nəticəsində dielektrikdən keçən cərəyan artır və bu proses nümunənin dağılmasına gətirib çıxarır. Bundan başqa, təyin olunmuşdur ki, doldurucunun həcmi faizi artdıqca kompozit varistorların mexaniki mökəmliyi azalır. Bu onunla izah olunur ki, kompozitə vurulan doldurucunun həcmi faizi artdıqca polimer qatının qalınlığı azalır. Buna görə də nümunədə kövrəklik yaranır və uyğun olaraq mexaniki möhkəmlik azalır. Qeyd edək ki, göstərilən parametrlərin təyin edilməsi kompozit varistorların istismar rejimlərinin optimallaşdırılmasında böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözlər: kompozit varistorlar, açılma gərginliyi, deşilmə gərginliyi, elektrik möhkəmliyi, mexaniki möhkəmlik.

Məlumdur ki, elektrik avadanlıqları tez-tez dəyişən polyarlı impulsların təsirinə məruz qalırlar. Bununla əlaqədar olaraq hal-hazırda mühüm problemlərdən biri mikroelektronika, elektronika cihazları, onların funksional elementlərinin kommutasiya və ildirim gərginliklərindən qorunmasıdır. Elektronika sənayesində bütün dünyada elektrik şəbəkələrini və elektronika cihazlarını istənilən növ ifrat elektrik impulslarından qorumaq üçün müxtəlif növ varistorlardan istifadə olunur. Bu məqsədlə digər materiallardan bir sıra xassələrinə görə fərqlənən ZnO əsaslı keramik varistorlar daha geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, son zamanlar mühafizə qurğularının və elementlərinin hazırlanmasının perspektivli istiqamətlərindən biri keramik varistorlar əsasında iki və çoxfazalı kompozit materialların yaradılmasıdır. Bu kompozitləri keramik faza və polimerlər əsasında hazırlamaqla elektroenergetikanin həm yüksək gərginlik texnikasında, həm də aşağı gərginlik qurğularında indiyə qədər mövcud olanlardan ucuz və yüksək keyfiyyətə malik olan kompozitlərin alınmasına nail olmaq mümkündür.

Bütün aktiv və passiv kompozitlərdə olduğu kimi polimer əsaslı kompozit varistorların da elektrik və mexaniki xassələrinin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Elektrik və mexaniki möhkəmliklərin təyin edilməsi kompozitlərdə varistor effektinin formalaşması zamanı elektron-ion proseslərinin və fazalararası təsirlərin rolunu öyrənməyə imkan verir. Bunlardan başqa göstərilən makroskopik parametrlərin təyin edilməsi polimer əsaslı kompozit varistorların istismar rejimlərinin optimallaşdırılmasında böyük rol oynayır.

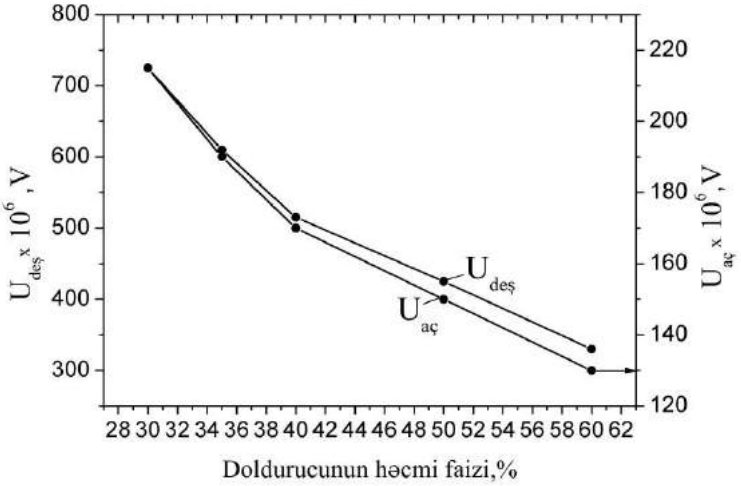
Kompozit varistorların elektrik mökəmliyini təyin etmək üçün ilk növbədə onların deşilmə ($U_{deş}$) və açılma ($U_{aç}$) gərginlikləri təyin olunmalıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, dielektriklərin elektrik deşilməsinin izahı üçün bir çox modellərdən istifadə olunur [1;2]. Hesab olunur ki, elektronlar güclü elektrik sahəsinin təsirindən tunel effekti, yaxud aşqarların istilik ionlaşması yolu ilə elektroddan, ya aşqar molekullarından ayrılaraq keçirici zonaya düşür. Keçirici zonada onlar qadağan zonasından yeni elektron qoparmaq üçün sürətlənir və enerji yığırlar. Bu proses özünün xarakterinə görə qazlarda elektrik qaz boşalmasına uyğundur. Qazlarda elektronların köçürülməsindən fərqli olaraq bərk dielektriklərdə elektronların köçürülməsi itkilərlə əlaqədardır, belə ki, bərk dielektriklərin atomlarının rəqsi

hərəkəti elektronun enerjisinin müəyyən qədər səpilməsinə səbəb olur. Aşqar kimi bərk dielektriklərin həcmində olan kiçik molekullu birləşmələr dielektrikin strukturunu qeyri-səlist edir və nəticədə aşqar mərkəzləri elektronun enerjisini səpələyən amilə çevrilir. Keçirici zonaya düşən elektronlar ionlaşma enerjisindən artıq olduqda dielektriklərdə elektron seli əmələ gəlir. Elektron sellərinin keçməsi nəticəsində dielektrikdə elektron seli boyunca enerji ayrılır və dielektriki lokal dağıdır. Təmiz "elektrik dağılma" mexanizminə görə elektrik deşilməsi elektrik möhkəmliyinin temperaturundan E(T) asılı olmamalıdır. Təcrübələr göstərir ki, bu mexanizm özünü daha çox kifayət qədər geniş keçirici zonası olan kristallarda göstərə bilər. Dielektriklərin köhnəlməsinin əsas səbəbi kimi qismi boşalmaların təsiri nəzərdə tutulur [1; 2]. Qismi boşalmaların mərkəzləri isə dielektrikdaxili qaz qabarcıqlarıdır. Qaz qabarcıqlarının olması dielektrikə tətbiq olunmuş gərginliyin müəyyən amplitudunda onlarda qismi boşalmaların yaranmasını təmin edir. Qismi boşalmalar dielektrikin elektrofiziki və fiziki-mexaniki xassələrinin azalmasını təmin edirlər və bu proses dielektriklərin köhnəlməsi adlanır [3].

Bütün qeyd olunan məsələləri nəzərə alaraq işdə ZnO-PE əsaslı kompozit varistorların elektrik və mexaniki möhkəmlikləri təyin olunmuşdur.

Kompozit varistorların tətbiq sahələrinin düzgün müəyyənləşdirilməsi üçün onların deşilmə gərginliyini təyin etmək və deşilmə gərginliyinin kompozitin açılma gərginliyi ilə müqayisəsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bununla yanaşı göstərilən parametrlərə ($U_{deş}$ və $U_{aç}$) keramik və polimer fazaların təsirinin öyrənilməsi də vacibdir.

Şəkil 1-də kompozit varistorların deşilmə gərginliyinin doldurucunun həcmi faizindən asılılığı verilmişdir.



Şək.1. ZnO+PE əsaslı kompozitlərdə deşilmə ($U_{deş}$) və açılma gərginliklərinin ($U_{aç}$) doldurucunun həcmi faizindən asılılığı.

Alınan nəticələr göstərir ki, $U_{deş}=f(\Phi)$ asılılığı doldurucunun həcmi faizindən asılı olaraq əvvəlcə kəsgin azalır, sonra isə stabilləşməyə doğru gedir. Həmçinin, qrafikdən görünür ki, $U_{aç}=f(\Phi)$ asılılığında doldurucunun həcmi faizi azaldıqca uyğun olaraq kompozitlərin açılma gərginliyi də azalır.

Qeyd edək ki, alınan nəticələri izah edərkən doldurucunun həcmi faizinin artması ilə hissəciklərarası polimer fazasının qalınlığının azalmasını, fazalararası qarşılıqlı təsirin dəyişməsini nəzərə almaq lazımdır. Onu da qeyd edək ki, doldurucunun həcmi faizi artdıqca polimer fazasının ZnO keramikası ilə kontakt sahəsi də artır və nəticədə kompozit varistorların o molekulyarüstü quruluşu formalaşır. [4; 5; 6; 7; 8-10].

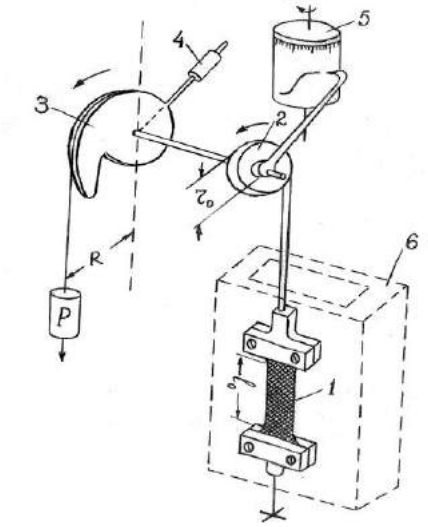
Alınmış nəticələri analiz etməzdən əvvəl qeyd edək ki, kompozitlərin elektrik sahəsində dağılmasının əsas səbəbləri aşağıdakılardır:

- Elektrik dağılma prosesinin əsasını qoyan effektiv (sərbəst) elektronların yaranması;
- Effektiv elektronların təcillənməsi və dielektrikdaxili ionlaşma proseslərinin yaranması nəticəsində yeni elektronların əmələ gəlməsi və köçürülməsi;
- Dielektrikdaxili lokal elektrik sahəsinin yaranması və müsbət Strimerin əmələ gəlməsi;
- Müsbət Strimerin inkişafı ilə əlaqədar olan yaranmış lokal elektrik sahəsi ilə tətbiq olunmuş elektrik sahəsinin superpozisiyası ilə nəticəsində anod-katod aralığında güclü elektrik sahəsinin yaranması və onun təsiri altında ionlaşma proseslərinin intensivləşməsi;
- Kompozitin daxilində həcmi yüklərin yaranması;
- Polimer zəncirinin dağılması nəticəsində yeni radikalların yaranması.

Boşalma kanalı üzrə axan cərəyanın qiymətinin artması nəticəsində istilik effektlərinin yaranması və son nəticə kimi istilik və elektrik təsirlərinin birgə iştirakı ilə dielektrikin, yəni kompozitin dağılması. Əgər dielektrikə tətbiq edilmiş elektrik sahəsinin təsirindən ayrılan istiliyin miqdarı istilik mübadiləsi nəticəsində ətraf mühitə verilən istilikdən çox olarsa, onda dielektrikin temperaturunun artması nəticəsində onun elektrik möhkəmliyi və dielektrikdən keçən cərəyan artır və bu proses nümunənin dağılmasına gətirib çıxarır. Dielektrikin elektrik deşilməsi sürətlə inkişaf edən elektrik hadisələrinin, əsasən də elektronların zərbə ionlaşmasının və dielektrikin qeyri-bircinsliyi ilə əlaqədar olan nəzərə çarpacaq dəyişikliklərin hesabına baş verir. Buna görə də elektrik deşilməsi nümunənin temperaturundan, qalınlığından və elektrik sahəsinin təsir müddətindən az asılıdır.

Məlumdur ki, bərk cisimlərin əsas sınaq parametrlərindən biri mexaniki möhkəmlik və mikrobərklikdir. Göstərilən parametrlər mexaniki gərginliklərə qarşı cismin müqavimətini və deformasiya qabiliyyətini xarakterizə edir.

Şəkil 2-də kompozitlərin mexaniki gərginliyini təyin etmək üçün istifadə olunan qurğu göstərilmişdir. Nümunənin en kəsiyinin sahəsi azaldıqca şəkildə göstərilən qüvvənin P qolu azaldığı üçün nümunədə həmişə eyni mexaniki gərginlik yaranır. Nümunənin deformasiyası fırlana bilən saat mexanizmi vasitəsilə təyin edilir. İstifadə olunan kompozitlərin qalınlığı 180 mkm-yə bərabərdir. Qalınlıq xüsusi optik qalınlıq ölçən cihaz (İZV-2) vasitəsilə 1 mkm dəqiqliklə təyin edilmişdir.



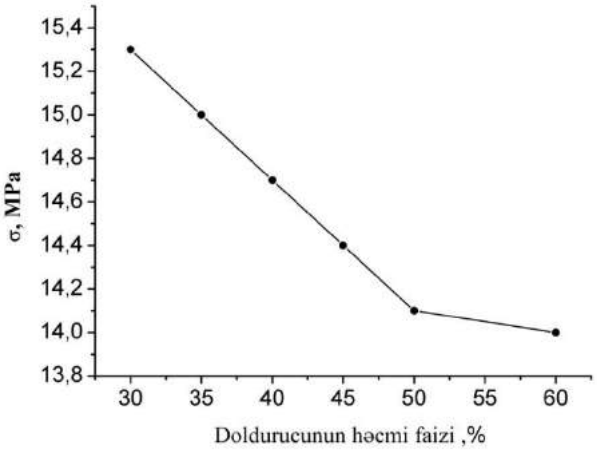
Şək.2. Kompazitlərin mexaniki möhkəmliyini təyin etmək üçün istifadə edilən qurğu.
1-nümunə; 2-blok; 3-fiqurlu ling; 4-lingin yarada biləcəyi qüvvəni kompensasiya edən yük; 5-saat mexanizmi; 6-temperatur kamerası.

Sınaq zamanı sınaq temperaturunun və tətbiq olunmuş mexaniki dartma gərginliyinin sabit qalması əsas şərtdir. Məlumdur ki, mexaniki yaşama müddəti təyin edildikdə nümunə deformasiya edərək uzanır, yəni onun en kəsiyinin sahəsi azalır. Ona görə də deformasiyaya

uyğun olaraq tətbiq olunan mexaniki gərginlik azalmalıdır ki, mexaniki qüvvənin nümunənin en kəsiyinin sahəsinə olan nisbəti sabit qalsın. Buna görə də istifadə etdiyimiz qurğuda fiqurlu lingdən istifadə olunmuşdur (şəkil 2).

Gərginliyin sabit qalması üçün nümunəyə tətbiq olunan mexaniki qüvvə fiqurlu ling vasitəsilə verilir.

Tədqiq edilən kompozit tipli varistor elementlərinin də mexaniki xassələrinin öyrənilməsi və onların xarici mexaniki təsir baxımından davamlılığı əhəmiyyət kəsb edən məsələlərdən biridir. Şəkil 3-də ZnO+PE əsaslı kompozit varistorların mexaniki möhkəmliyinin doldurucunun həcmi faizindən asılılığı verilmişdir.



Şək.3. ZnO+PE əsaslı kompozit varistorların mexaniki möhkəmliyinin doldurucunun həcmi faizindən asılılığı.

Şəkil 3-dən görünür ki, doldurucunun həcmi faizi artdıqca kompozitlərin mexaniki möhkəmliyi azalır. Bu onunla izah olunur ki, kompozitə vurulan doldurucunun həcmi faizi artdıqca kompoziti təşkil edən digər fazanın, yəni polimer qatının qalınlığı azalır və buna görə də nümunədə kövrəklik yaranır və uyğun olaraq mexaniki möhkəmlik azalır [2; 5; 6; 7].

Məlumdur ki, möhkəmlik nəzəriyyəsi dağılmanın energetik kriteriyasına və çatların, struktur boşluqlarının ətrafında yaranan lokal yüksək intensivliyə malik gərginliyi hesablamağa imkan verən elastiklik nəzəriyyəsinə əsaslanır.

Çox sayda nəzəri və təcrübi nəticələrə [11; 12; 13; 14] əsasən məlum olmuşdur ki, materialların 2 növ dağılması mövcuddur: kövrək və özlülü. Əgər materialların dağılması uzun sürən plastik deformasiya hesabına gedirsə, ona bu dağılma özlülü xarakterli olur. Mikrorabitə səviyyəsində plastik materialların dağılmasını belə izah etmək olar:

1) Kristallik qəfəsdə defektlərin nəzərə çarpacaq dərəcədə artması;

2) Bu defektlərin bir-biri ilə birləşməsi nəticəsində mikroboşluqların, sonra isə çatların yaranması;

3) Dağıdıcı mexaniki gərginliyin təsiri altında çatlararası keçidlərin dağılması.

Kövrək dağılma isə qeyd olunduğu kimi atomlararası kimyəvi rabitənin qırılması ilə baş verir. Mövcud ədəbiyyat nəticələrində [11; 12] materialın kövrək dağılma sürəti onlarda yayıla bilən səs dalğalarının sürətinə (10^3m/san) yaxındır. Polimer materialların dağılması isə nisbətən mürəkkəb prosesdir və bir çox faktorların təsiri şəraitində baş verir. Ən vacib faktorlar aşağıdakılardır:

-yüksək mexaniki gərginliyə malik zona ətrafında kristallik strukturun təbiəti;

- istilik şəraiti.

Qeyd edək ki, hal-hazırda polimer materialların tam birmənalı dağılma nəzəriyyəsi mövcud deyildir.

Mexaniki dağılma prosesinin nisbətən tam nəzəriyyəsi şüşə və bəzi metallar üçün mövcuddur [13; 14].

Qrifits nəzəriyyəsi kövrək cisimdə mərkəzi çatın böyüməsinə səbəb olan kritik gərilmə gərginliyini təyin etməyə imkan verir. Nümunədə çatın böyüməsi hesabına ümumi enerjinin dəyişməsi baş verir.

$$\Delta U = 2\gamma\, l + (-\pi\sigma^2 l^2 / 2E) \qquad (1)$$

Burada σ-elastik gərginlik, l-çatın uzunluğu, γ isə xüsusi elastik səth enerjisidir.

Nəzəri olaraq dağılma gərginliyinin qiymətinin təyini göstərir ki, bu kəmiyyət materialın Yunq modulunun dəyişməsi ilə eyni tərtibdədir və

$$\partial(\Delta E)/\partial S=0 \qquad (2)$$

şərti ilə təyin olunur. $\partial(\Delta E)/\partial S=0$ şərtinin fiziki şəraiti göstərir ki, çatın δl qədər artması və onun kritik həddə çatması materialın spantan dağılmasına səbəb olur. Bu şərti nəzərə almaqla

$$\sigma_{\text{dağ}} = \sqrt{\frac{2E_\gamma}{\pi\, l_{kr}}} \qquad (3)$$

düsturundan $\sigma_{\text{dağ}}$ təyin edilir. (3) formulasına əsasən kəmiyyətlər bir-birilə bilavasitə aşağıdakı kimi bağlıdır:

- kövrək dağılmaya uyğun $\sigma_{\text{dağ}}$-nın yüksək həddi çatın kritik uzunluğu (l_{kr}) ilə;
- Yunq Modulu (E) ilə çat divarlarının səth enerjisi ilə;

Qeyd edək ki, (3) formulası makroskopik çatların ölçülərinin nümunənin en kəsiyinin ölçülərinə nəzərən kiçik olduğu hallar üçün doğrudur. Həmin formula vasitəsilə verilmiş dağılma gərginliyi üçün daxili çatların ölçülərinin 2 l olduğu halda tətbiq etmək olar.

Qrifits nəzəriyyəsi kövrək dağılmanın qəza xarakterini təyin etməyə imkan verir və göstərir ki, əgər çat özünün kritik nöqtəsinə çatıbsa, mexaniki dağılma prosesini və çat əmələ gəlmə effektini saxlamaq mümkün deyil. Bu nəzəriyyə vasitəsilə dağılma prosesini təmin edən bir çox effektlərin izahının mümkün olmasına baxmayaraq bir sıra məhdudiyyətlər də vardır :

1) Bu nəzəriyyə çatın ucunda nümunənin gərgin halını nəzərə almır;

2) Bu nəzəriyyə dağılmanın ilkin və son mərhələlərini izah edir və çatın uzunluğunun artması mərhələsində gedən effektləri nəzərə almır;

3) Qrifits nəzəriyyəsinə əsasən polimerlərin mexaniki xassələri haqqında qənaətbəxş nəticələr yoxdur. Bu nəzəriyyə nümunədə çatların daxili gərginliklərin hesabına yaranmasının və yaxud nümunəyə mexaniki gərginlik tətbiq olunan anda gərginliyin yarana bilməsi suallarına cavab verə bilmir;

4) Qrifits nəzəriyyəsinin həlli vahid çatın olması bazasına əsaslanır. Amma nümunədə çox sayda çatlar mövcud olur və onlar bir-birinə müxtəlif dərəcədə təsir edirlər;

Qeyd etmək lazımdır ki, elektrik və mexaniki möhkəmliklərin təyin edilməsi kompozitlərdə varistor effektinin formalaşması zamanı elektron-ion proseslərinin və fazalararası təsirlərin rolunu öyrənməyə imkan verir. Bunlardan başqa göstərilən makroskopik parametrlərin təyin edilməsi kompozit varistorların istismar rejimlərinin optimallaşdırılmasında böyük əhəmiyyət kəsb edir.

NƏTİCƏ

ZnO-polietilen(PE) əsaslı kompozit varistorların elektrik və mexaniki xassələri təyin olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, kompozitlərin deşilmə gərginliyi ($U_{\text{deş}}$), açılma ($U_{\text{aç}}$)

gərginliyi ilə demək olar ki, üst-üstə düşür. Bundan başqa, təyin olunmuşdur ki, doldurucunun həcmi faizi artdıqca kompozit varistorların mexaniki möhkəmliyi azalır. Qeyd edək ki, makroskopik parametrlərin təyin edilməsi kompozit varistorların istismar rejimlərinin optimallaşdırılmasında böyük əhəmiyyət kəsb edir.

---

1. *Борисова М.Э., Рымша В.П.* Роль инжекции в процессе накопления заряда в полимерных диэлектриках. //Известия высших учебных заведении АНССР, физика, Серия Физика полупроводников и диэлектриков. 1986, №1, ст.3-8.
2. Под редакцией *Сажина Б.И.* Электрические свойства полимеров. «Химия», Ленинградские отделение, 1986, 223 с.
3. *Джуварлы Ч.М., Горин Ю.В., Мехтизаде Р.Н.* Коронный разряд в электро-отрицательных газах. Издательство «Элм», Баку, 1988, 143 с.
4. *Əzizova (Əhədzadə) Ş.M.* Elektrik qaz boşalmasında işlənmiş polimer-ZnO kompozitinin elektrofiziki xassələri// Energetikanın problemləri, №1, 2009, səh.72-76.
5. *Həşimov A.M., Qurbanov K.B., Həsənli Ş.M., Mehdizadə R.N., Əzizova (Əhədzadə) Ş.M., Bayramov X.B.* Nazik təbəqəli kompozit varistorun hazırlanma üsulu. Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə dövlət Agentliyi. I 2007 0172.
6. *Гашимов А.М., Гасанли Ш.М., Мехтизаде Р.Н., Азизова (Ахадзаде) Ш.М., Байрамов Х.Б.* Нелинейный резистор на основе композиции полимер-керамика// Журнал технической физики, 2007, том 77, вып.8. с.121.
7. *Bidadi H., Azizova Sh.M., Gasanli Sh.M., Mehtizadeh R.N., Allazov M.R., Bondyakov A.S.* Electrophysical characteristics of compozit varistors/ International Conference on Composite Science & Technology, American University of Sharjah. 2005, p.266.
8. *Hashimov A.M., Hasanli Sh. M., Mehtizadeh R. N., Bayramov Kh. B., Azizova Sh. M.* Zinc Oxide and Polymer Based Composite Varistors. Physica status solidi (PSS), 2006, (c) 3, No.8, p.2871-2875.
9. *Hashimov A.M., Hasanli Sh.M., Mehtizadeh R.N., Bayramov Kh.B., Azizova Sh.M.* Zinc Oxide and Polymer Based Composite Varistors. 15th International Conference on Ternary and Multinary Compounds. Kyoto, Japan. 2006, p-29.
10. *Hashimov A.M., Hasanli Sh.M., Mehtizadeh R.N., Bayramov X.B., Azizova Sh.M.* Features of electrophysical characteristics of zinc oxide and polymer based composit varistors /TPE-2006 Conference Proceeding third international Conference on Technical and Physical problems in Power Engineering , Ankara, Turkey, 2006, p.65.
11. *Бакли Д.* Физика и механика разрушения и прочности твердых тел. М:. «Металлургия», 1971, 369 с.
12. *Партон В.З.*, Механика разрушения от теории к практике. Москва «Наука», 1990, 335 с.
13. *Орлов А.Н.*, Введение и теорию дефектов в кристаллах. М.: «Высшая школа», 1983, 134 с.
14. *Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е.*, Кинетическая теория прочности твердых тел. М.:Наука, 1974, 560 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНОГО ВАРИСТОРА НА ОСНОВЕ ZnO-ПОЛИЭТИЛЕНА

АХАДЗАДЕ Ш.М.

Определены электрические и механические свойства композитных варисторов на основе ZnO-полиэтилена. Было установлено, что напряжение пробоя композита ($U_{пр}$) и напряжение открывания ($U_{отк}$) практически совпадают. Кроме того, было установлено,

что с увеличением объемного процента наполнителя механическая прочность композитных варисторов уменьшается. Отметим, что определение макроскопических параметров имеют большое значение при оптимизации режимов эксплуатации композитных варисторов.

Ключевые слова: композитные варисторы, напряжение открывания, напряжение пробоя, электрическая прочность, механическая прочность.

DEFINITION OF ELECTRICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF A COMPOSITE VARISTOR BASED ON ZnO-POLYETHYLENE

AHADZADE Sh.M.

Electrical and mechanical properties of ZnO-polymer based composite varistors have been identified. It has been found that the composite tensile strength (U_{br}) and the tensile (U_{op}) tension are almost overlap. In addition, it has been established that as the filler volume increases, the mechanical strength of the composite varistors decreases. Note that the determination of macroscopic parameters is of great importance in optimizing the operating modes of composite varistors.

Keywords: composite varistors, opening voltages, breakdown voltages, electric strength, mechanical strength.

УДК 621.365.61

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОЧНЫХ ВОД ПОСЛЕ ОЧИСТКИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРИРОДНОМ АДСОРБЕНТЕ АКТИВИРОВАННОМ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ

ЗАКИЕВА И. Г.

Институт физики НАН Азербайджана, пр-т Г. Джавида 131,
г. Баку, АЗ – 1143 Азербайджанская Республика
e-mail: ilxama@inbox.ru

Исследован процесс очистки промышленных сточных вод, с применением электроразрядного воздействия. Показано, что использование электрического разряда значительно повышает эффективность адсорбционной очистки воды от вредных веществ. Методом термостимулированной релаксации выявлено накопление поверхностного и объемного заряда в указанных материалах. Методом рентгенографического анализа исследовались процессы, происходящие в структуре адсорбента.

Ключевые слова: природный адсорбент, барьерный разряд, термостимулированная релаксация, очистка сточных вод, адсорбция.

Введение.

Экология воды, которая страдает от деятельности человека, бумерангом отражается на состоянии всего живого на земле.

Загрязнение воды, является важной составляющей всего живого на Земле – проблема мирового масштаба. На долю пресной воды, пригодной к употреблению, приходится всего 3 % от общего ее количества. Резкое ухудшение качества пресной воды произошло в результате загрязнения ее химическими и радиоактивными веществами, ядохимикатами, синтетическими удобрениями и канализационными стоками и это уже глобальная экологическая проблема современности.

На сегодняшний день более чем одному миллиарду человек недоступна качественная питьевая вода. К наступлению 2025 года около половины населения планеты столкнется с серьезной проблемой острой нехватки воды.

Основной концепцией развития Азербайджан – 2020 является достижение экологически устойчивого социально-экономического развития, нейтрализация негативных воздействий топливно-энергетического комплекса на окружающую среду, устранение загрязнения моря и его акватории и их защита, восстановление зеленых территорий и эффективная охрана существующих ресурсов. Растущие темпы промышленного производства отрицательно влияют на экологическое состояние среды, в том числе на чистоту водных бассейнов, загрязняя их отходами. Поэтому охрана окружающей среды в настоящее время одна из насущных задач человечества.

В настоящее время водные ресурсы Азербайджана имеют следующие показатели (таблица 1) [1].

Каспийское море, являющееся одним из самых уникальных водоемов на земном шаре, имеет огромное народно-хозяйственное значение. Не имея связи с океаном, уровень моря постоянно колеблется и создает различные трудности в прибрежной зоне, влияющие на экономику Азербайджана. С территории Азербайджанской Республики в Каспийское море сбрасывается более 250 млн. кубических метров неочищенных сточных вод. Основным источником загрязнения являются сточные воды крупных предприятий, заводов. Основными неорганическими элементами,

ухудшающими качество воды в водоемах, считаются соединения токсичных химических элементов. К ним относятся ядовитые соединения металлов, щелочи, соли.

Таблица 1.

Качественные показатели водных ресурсов Азербайджана

№ п/п	Наименование показателей	Един. измерения	Название водного ресурса		
			Кура	Джейран-Батанское водохранилище	Шоллар
1.	Гидрокарбонат (HCO_3)	мг/л	305.000	183.0	366.0
2.	Хлориды (Cl^-)	мг/л	88.7	53.17	30.2
3.	Сульфаты (SO^{2-}_4)	мг/л	370.0	246.9	288.0
4.	Кальций CA^{2+}	мг/л	130.0	80.0	65.0
5.	Магний Mg^{2+}	мг/л	36.0	36.0	39.5
6.	Натрий+Калий (Na^++K^+)	мг/л	142.5	70.0	157.5
7.	Минерализация (∑и)	мгО/л	1072.7	669.1	946.0
8.	Нитраты (NO^-_2)	мг/л	0.1	0.05	-
9.	Соли аммония ($N\text{-}NH_4$)	мг/л	0.08	0.08	-
10.	Железо (Fe^{3+})	мг/л	0.3	0.25	0.10
12.	ПБК		11.5	10.8	-

Очистка воды – один из путей решения проблемы загрязнения воды. Наличие очистительных устройств воды, конечно, не способно полностью прекратить выброс отравляющих веществ, но позволит значительно снизить их концентрацию.

В связи с вышесказанным применение современных эффективных методов очистки вод от примесей представляет актуальную задачу. Основными существующими методами очистки вод являются химические методы, которые включают применение различных химических реагентов. Ведутся поиски новых, более эффективных технологических операций по очистке воды, исключающих применение реагентов. Надо отметить, что в последнее время методы, использующие внешние физические воздействия на различные технологические процессы нашли широкое применение. Применение электрических методов - достаточно новое и прогрессивное в технологии очистки воды. Как показывает развитие этого направления, электрические методы обладают существенными преимуществами перед традиционными методами обработки.

Адсорбционные процессы широко используются во многих технологических процессах, связанных с извлечением загрязняющих компонентов из жидкостей, в том числе, из сточных вод. Одной из перспективных сфер применения электрических полей и разрядов является активация и модифицирование поверхности или объема, стимулирование адсорбционных процессов.

Нами были проведены исследования воздействия сильных электрических разрядов на процессы адсорбционной очистки сточной воды. В результате воздействия высоковольтных электрических разрядов на адсорбенты были выявлены процессы поляризации, внедрения электрических зарядов непосредственно на поверхность или в объем материала. На основе рентгенографического и физического анализа было установлено, что указанные процессы приводят к появлению на поверхности или в объеме материалов связанных с воздействием электрических зарядов, т.е. образуется заряженное состояние в материале. Выявлено, что воздействие электрического разряда на природный адсорбент значительно интенсифицирует процесс адсорбции [2-4].

Экспериментальная часть

Были проведены исследования адсорбционной очистки сточных вод промышленных предприятий города Баку адсорбентами, подвергнутыми воздействию электрического барьерного разряда. В качестве адсорбента использовался природный адсорбент- цеолит, добываемый в месторождениях республики. Природный адсорбент измельчали до порошкового состояния в шаровой мельнице, предварительно подвергали термообработке при температуре *T=400℃* в течение 5 часов. С целью активации, порошки адсорбента помещали в реактор и подвергали воздействию электрического барьерного разряда. На рис.1 представлена принципиальная электрическая схема активации природного адсорбента – электрическим барьерным разрядом.

Активация адсорбента барьерным разрядом проводилась в следующем режиме: электрический барьерный разряд при переменном напряжении U=15 кВ, ток разряда 70 мкА, длительность времени активации τ=1 час.

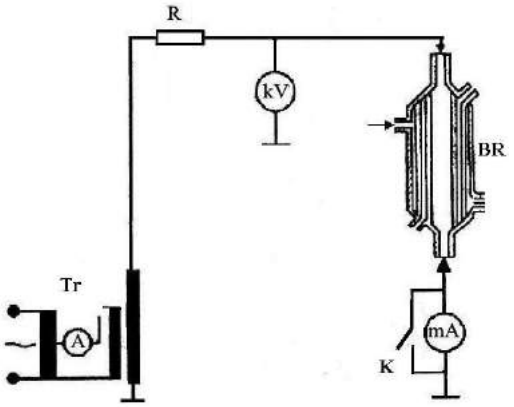


Рис.1. Принципиальная электрическая схема обработки адсорбента в электрическом разряде барьерного типа: Тр. – источник высокого напряжения; К – разъединитель; кV- электростатический киловольтметр; R –защитное сопротивление; мА – микроамперметр.

Заряженное состояние в природных адсорбентах определяли методом термостимулированной релаксации (ТСР) [7]. На рисунке 2 представлена типичная кривая тока ТСР в функции тока от времени для образцов природного адсорбента, обработанным барьерным разрядом на переменном напряжении.

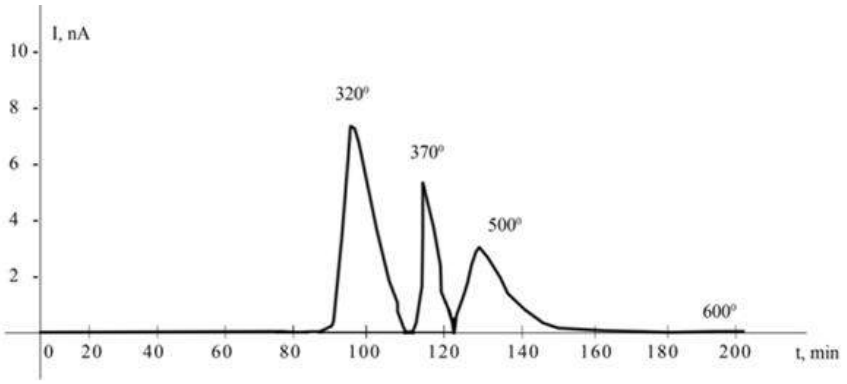


Рис. 2. Кривая зависимости термостимулированного тока от времени для природного адсорбента, обработанного барьерным разрядом на переменном напряжении.

Наличие пиков на кривой тока ТСР свидетельствует о высокотемпературных релаксациях электрического заряда в образце. Соответствующие заряды для пиков, снятых при разных температурах составляют:

T_1=320 ºС Q_1=1,12·10^{-6} Кл;
T_2=370ºС Q_2=4,1·10^{-7} Кл;
T_3=500 ºС Q_3=5,6·10^{-6} Кл.

Для выявления причин повышения адсорбционной способности цеолитов под влиянием электрического разряда был сделан рентгенографический анализ исходного и активированного адсорбента, который показан на рисунке 3.

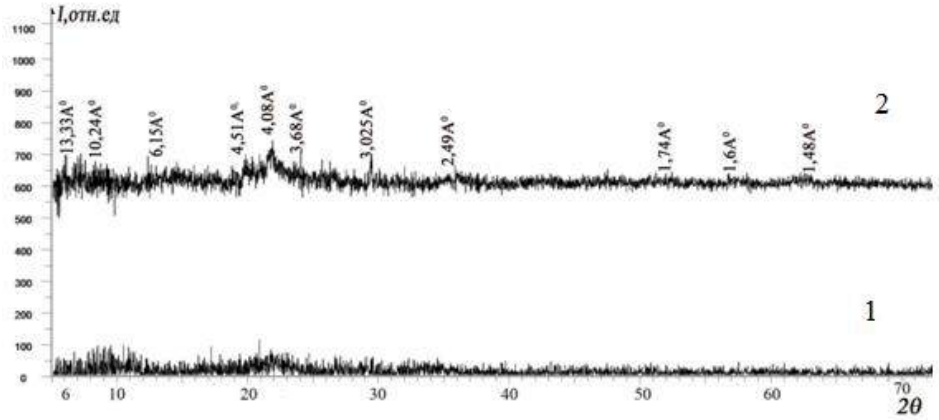


Рис 3. Рентгенограмма природного адсорбента
1-необработанный электрическим разрядом
2- обработанный электрическим разрядом (τ_1=1 час).

Рентгенографический анализ показывает, что необработанный адсорбент имеет полукристаллическую структуру, кристаллический каркас которых содержит в значительной степени аморфных примесей, а в обработанных образцах, с увеличением времени электроразрядной обработки увеличивается степень очистки кристаллического каркаса от примесей, за счет процесса эмиссии с поверхности, что приводит к увеличению интенсивности рентгеновского рассеяния. Показано, что при электроразрядной обработке в материалах происходят такие процессы, как деструкция, процессы эмиссии атомов и молекул с поверхности материала, сшивка материала, а также в них имеют место процессы поляризации в электрическом поле, внедрение электрических зарядов непосредственно на поверхность или в объем материала, другими словами происходит модификация материала [5,6].

При воздействии электрических разрядов на адсорбенты в них имеют место процессы поляризации, внедрения электрических зарядов непосредственно на поверхность или в объем материала. На основе экспериментальных данных было установлено, что указанные процессы приводят к появлению на поверхности или в объеме материалов связанных электрических зарядов, т.е. образуется заряженное состояние в материале. Полученные результаты исследований дают основание предполагать что, воздействие электрического барьерного разряда на природный адсорбент, возможно, значительно интенсифицирует процесс адсорбции.

На основании результатов исследований была разработана технология очистки сточных вод промышленных предприятий от вредных примесей на адсорбенте, предварительно обработанном в электрическом разряде. Исследования были проведены на сточных водах различных промышленных предприятий. Результаты анализа очистки сточных вод данных предприятий приведены в таб.2.

Таблица 2.

Результаты химического анализа пробы промышленных вод до и после очистки от различных элементов на природном адсорбенте активированном барьерным разряде

№ п/п	Наименование показателей	Един. Измере-ния	ГОСТ 2874-82	Сточные воды								
				Нефтеперерабаты-вающих предприятий			Подземных вод			Промышленных предприятий		
				№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3
1.	Гидрокарбонат (HCO_3)	мг/л	-	781	781	0	183	109,3	64	18,4	11	0
2.	Хлориды (Cl^-)	мг/л	350	112	110	100	47,8	36,9	30	90000	5167	213
3.	Сульфаты (SO^{2-}_4)	мг/л	500	4235	4175	102.8	127,3	110,5	100			
4.	Кальций (Ca)	мг/л	-	60	60	4.2	60	5,04	5	521	401	0
5.	Магний (Mg)	мг/л	-	36.5	36.5	2.4	18,2	18,2	17,6	0	0	0
6.	Натрий+Калий (Na+K)	мг/л	200 (Na)	1183	1175	280	56,8	52,1	48,5			
7.	Минерализация (∑и)			4770	4748	100.2	448,6	426,6	422,6	43188	43160	0
8.	Нитраты (NO^-_3)	мг/л	45	1.42	1.42	0.3	0,95	0,95	0,63			
9.	Соли аммония ($N\text{-}NH_4$)	мг/л	2,0	1936	199.3	0.5	0	0	0	875	210	0,7
10.	Железо (Fe)	мг/л	0,3(1)	-	-	-	0,83	0,33	0,05	-	-	-
11.	Фтор		1,5	-	-	-	4	3	0,3	-	-	-
12.	ПБК			-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.	ПХК			-	-	-	-	-	-	-	-	-

№1 – Исходная вода;

№2 – без воздействия барьерного разряда;

№3 – Обработка барьерным разрядом.

Как видно из табличных данных, степень очистки сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий составляет около 90%. Степень очистки сточных вод промышленных предприятий составляет 99%. Очистка подземных вод составляет около 60%.

Таким образом, выявлено, что степень очистки сточных вод различных промышленных предприятий и подземных вод от примесей на природном адсорбенте, обработанным в электрическом разряде значительно выше (90%-99%), чем на необработанном адсорбенте.

Результаты лабораторных экспериментов показали, что влияние электрического барьерного разряда на природный адсорбент можно считать наилучшим, как с экономической точки зрения, так и с учётом качественных показателей адсорбционного процесса. Разработанная технология позволит значительно повысить эффективность адсорбционной очистки промышленных и бытовых сточных вод, и тем самым решить назревшие проблемы в сфере охраны окружающей среды.

Заключение

Результаты экспериментальных исследований показали, что воздействие электрического разряда на природный адсорбент приводит не только к электрической зарядке поверхности адсорбента, но и к усовершенствованию его кристаллической

структуры, очищению блокированных различными примесями входных окон в пустотах каркаса цеолита и локальному накоплению заряда на поверхности образцов адсорбента.

Таким образом, воздействием электрического барьерного разряда на природный адсорбент, действует на их электрофизические характеристики и тем самым дополнительно способствует к увеличению адсорбционной способности.

---

1. *Исрафилов С.* Защита окружающей среды и природных ресурсов //Экология и права человека , ECO-HR.855, 1 октября 2002 г.
2. *Климов Е.С., Бузаева М.В.* Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. Ульяновск: Ул ГТУ, 2011, 201 с.
3. *Егоров М.А.* Очистка питьевой воды с помощью природного сорбента ракушечника // Вода: химия и экология, 2008, №4, с. 41-43.
4. Wang Sh., Peng Y. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment //Chemical Engineering Journal.Vol.156, Issue 1, 2010, p.11-24.
5. *Гашимов А.М., Гасанов М.А.* Адсорбция радиоактивных веществ электроактивированным природным адсорбентом //Электронная обработка материалов, 2008, № 6, с. 46-47.
6. *Гашимов М., Закиева И. Г.* Диэлектрические параметры композита на основе обработанного электрическим разрядом природного цеолита //Журнал Технической Физики, Санкт-Петербург, 2017, №9, стр. 1371-1375.
7. *Сеслер Г.* Электреты. М.: Мир, 1983. 488 с.

ELEKTRİK BOŞALMASINDA AKTİVLƏŞDİRİLMİŞ TƏBİİ ADSORBENT VASİTƏSİLƏ AĞIR ELEMENTLƏRDƏN TƏMİZLƏNMİŞ TULLANTI SULARIN KEYFİYYƏT ƏMSALININ DƏYİŞMƏSİ

ZƏKİYEVA İ.H.

Sənaye tullantı sularının elektrik boşalmasının təsiri ilə təmizlənmə prosesi tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, elektrik boşalması adsorbsiya üsulu ilə suların ağır elementlərdən təmizlənməsinin effektivliyini artırır. Tədqiq edilən materiallarda termostimullaşdırılmış relaksasiya metodu vasitəsilə həcmi və səthi yüklərin miqdarı müəyyən edilmişdir. Rentgen quruluş analizi vasitəsi ilə adsorbentin quruluşunda baş verən proseslər araşdırılmışdır.

Açar sözlər: təbii adsorbent, elektrik qaz boşalması, termostimullaşdırılmış relaksasiya, sənaye suların təmizlənməsi, adsorbsiya.

CHANGE IN THE QUALITY INDICATORS OF WASTEWATER AFTER PURIFICATION FROM VARIOUS ELEMENTS ON A NATURAL ADSORBENT ACTIVATED IN AN ELECTRIC DISCHARGE

ZAKIYEVA I.G.

The process of industrial wastewater treatment using an electric discharge is studied. It is shown that the use of an electric discharge significantly increases the efficiency of adsorption purification of water from harmful substances. The thermostimulated relaxation method revealed the accumulation of surface and space charges in these materials. The X-ray diffraction method was used to study the processes occurring in the structure of the adsorbent.

Keywords: natural adsorbent, barrier discharge, thermally stimulated relaxation, wastewater treatment, adsorption.

УДК 535.215

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОПЕРЕХОДА GaAs/$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}$ $(Se_{0.9}S_{0.1})_2$, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

САБЗАЛИЕВА Ч.Э.

Институт Физики НАН Азербайджана, г. Баку,
пр. Г. Джавида 131, Az-1143,
ch.sabzaliyeva@mail.ru

Сообщается об исследовании электрических и фотоэлектрических характеристик гетероструктуры GaAs/$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$, полученного на подложках из арсенида галлия, ориентированных в плоскостях (100) и (111)A GaAs, методом магнетронного распыления из двух магнетронов со смещенными друг к другу магнитными системами. В качестве мишеней были использованы прессованные порошки материалов $A^IB^3C^6_2$.

Ключевые слова: GaAs - $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}$ $(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ гетеропереходы, эффективные СЭ, согласованные параметры кристаллических решеток, магнетронное распыление из двух источников одновременно.

Введение.

К настоящему времени на основе $A^IB^3C^6_2$ материалов созданы различные гетеропереходы [1, 7-9], барьерные структуры: гомо p-n-переходы [5, 6], и барьеры Шоттки [10]. В принципе, интерес к гетеропереходам на основе $A^IB^3C^6_2$ материалов возрос после сообщения о получении $CuInSe_2$-CdS гетероструктур с к.п.д. 12% [4].

В данной работе сообщается о возможности созданиия $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$-GaAs гетеропереходов методом магнетронного распыления в атмосфере аргона и приводятся результаты исследования оптических свойств $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ пленок и фотоэлектрических свойств гетеропереходов на их основе.

Тонкопленочная технология на основе материалов с высоким коэффициентом поглощения, таких как CdTe, Cu (In, Ga)(Se, S)$_2$, которые применяются в виде поликристаллических пленок позволяет значительно снизить расход и стоимость используемого материала. Подобная технология является высокоэффективной при использовании таких материалов, менее энергозатратной и дешевой. Качественные $CuInSe_2$-GaAs гетероструктуры впервые были получены методом жидкостной эпитаксии в работе [2].

В настоящее время значительное внимание исследователей привлекают многокомпонентные полупроводниковые соединения группы $A^IB^3C^6_2$, которые обладают свойствами, необходимыми для создания высокоэффективных преобразователей энергии электромагнитного излучения в электрическую; широкий диапазон значений энергии запрещенной зоны (~1-2.35 эВ), прямозонность материалов, высокие значения коэффициента поглощения (α~10^5см$^{-1}$), возможность получения этих полупроводников как n-, гак и p-типа проводимости.

Одним из требований к гетеропереходам для создания эффективных солнечных преобразователей, является условие совпадения параметров кристаллических решеток. В качестве подложечного материала для получения эпитаксиальных слоев материалов $A^IB^3C^6_2$ могут служить пластины из арсенида галлия, германия, кремния и фосфида индия, так как имеются широкий диапазон составов $CuIn_{1-x}Ga_x$ $(Se_{1-y}S_y)_2$, которые совпадают по параметрам кристаллической структуры с этими материалами [1]. В этой работе в качестве подложечного материала были использованы арсенид галлиевые пластины с ориентацией плоскости (111) и (100)A как n-, так и p-типа проводимости.

Параметр кристаллической решетки арсенида галлия и $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}$ $(Se_{0.9}S_{0.1})_2$, близки, Eg на основе работы [1] имеет значение около 1.12 эВ. Этот материал мог бы служить компонентом, основным поглощающим материалом в многослойных-многокаскадных концентраторных СЭ [3].

Техника эксперимента. Известны различные методы получения пленок материалов $A^IB^3C^6_2$ [13-18], где преобладающим методом является селенизация и сульфиризация предварительно полученных Cu-In-Ga пленок при достаточно высоких температурах. А при методе магнетронного распыления, получение пленок происходило без специального подогрева подложек, что о взаимной диффузии элементов подложки и слоя не возможно. Гетероструктуры $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$-GaAs получались осаждением пленки $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}$ $(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ на поверхность GaAs ($п=9\cdot10^{15}$ $см^{-3}$) методом магнетронного распыления (МР) по методике, указанной в работах [11 и 1]. Одновременно получались пленки на подложках из оптического стекла и полиимида для оптических измерений, контроля качества, и для определения ее толщины и состава пленки. В качестве мишеней были использованы прессованные порошки материалов $Cu\dot{I}n_{1-x}Ga_x(Se_{1-y}S_y)_2$, различного состава. В один магнетрон устанавливался четверной материал содержащий селен, а в другую – содержащий серу. Рентгенографические исследования пленок показали, что при выбранном режиме получения пленок на (III) поверхности GaAs растет монокристаллическая пленка $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}$ $(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ в направлении (112). Эпитаксиальные слои при методе МР их получения, имели зеркальный блеск.

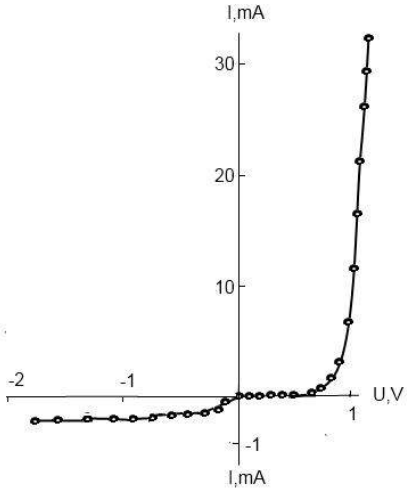


Рис.1. Темновая вольт-амперная характе ристика гетероперехода.
p-$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$-п-GaAs

Электрические и фотоэлектрические свойства GaAs/$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ гетеропереходов. Для проведения электрических и фотоэлектрических измерений на поверхности полученных гетеропереходов наносились омические контакты напылением олова или индия и втиранием эвтектического сплава İn-Ga соответственно для GaAs и $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}$ $(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ На рис.1 представлена темновая вольт-амперная характеристика p-$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}$ $(Se_{0.9}S_{0.1})_2$-п-GaAs гетероперехода. Гетеропереходы имеют диодную характеристику ($к>6\cdot10^5$ при U=1В). Прямое направление соответствует приложению к $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ положительного смещения. Токовое напряжение отсечки составляет 0,85В при температуре 300К. В обратной ветви вольтамперной характеристики имеется тенденция к насыщению.

Высокое значение коэффициента выпрямления, тока короткого замыкания и напряжения холостого хода полученных $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$-GaAs гетероструктур

указывают на то, что при описанном технологическом методе получается резкая гетерограница и при этом роль граничных состояний несущественна.
На рис.2 представлены спектральные зависимости оптического поглощения в координатах $(\alpha h\nu)^2$ от $h\nu$ для пленок $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$, полученных методом МР на подложках из стекла. Коэффициент поглощения был рассчитан с помощью спектров пропускания и отражения из пленок $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ с помощью выражения (1) [3]:

$$\alpha = -\frac{1}{\mathrm{d}} \ln \frac{\sqrt{(1-R)^4 + 4T^2R^2 + (1-R)^2}}{2T} \qquad (1)$$

Здесь α- коэффициент поглощения, d- толщина пленки, R и T– коэффициенты поглощения и пропускания, соответственно.

На основании характера кривых можно сказать, что поглощение в этих пленках происходит по закону $\alpha = A(h\nu - E_g)^{1/2}$, что пленки являются прямозонными полупроводниками. Ширина запрещенной зоны определялась экстраполяцией кривых к оси $h\nu$.

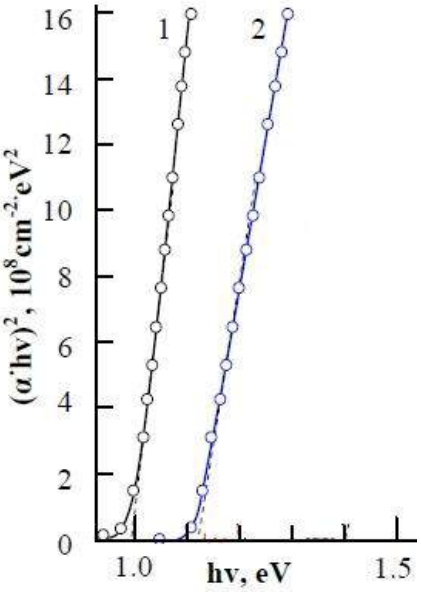


Рис.2. Спектр поглощения в координатах $(\alpha h\nu)^2$ от $h\nu$ для пленок $CuIn_{1-x}Ga_x(Se_{1-y}S_y)_2$, полученных методом МР на подложках из стекла, где, для 1- x=0,y=0; 2- x=0,07, y=0,1;

GaAs-$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ гетероструктуры являлись светочувствительными. Плотность фототока короткого замыкания и напряжения холостого хода при освещении структуры белым светом плотностью мощности 100 мВт/см^2 со стороны пленки $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ имели значение $J_{к.з}$>25мА/см^2, $U_{х.х.}$>0.63 В. При этом GaAs всегда заряжается отрицательно.

Квантовые эффективности в относительных единицах полученных GaAs-$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ гетеропереходов представлены на рис.3.
Фоточувствительность в случае освещения гетероструктуры со стороны пленки, с большим содержанием галлия и серы значительно больше вследствие использования эффекта окна в гетероструктурах. Характер спектральной чувствительности этих гетероструктур на основе $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ позволяет использовать эти пленки как буферный слой в многокаскадных гетеропереходных концентраторных солнечных элементах.

p-$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$-n-GaAs гетероструктуры являлись светочувствительными. Плотность фототока короткого замыкания и напряжения холостого хода составляли значение $J_{к.з.}$=22мА/см^2, $U_{х.х.}$=0.71В, при освещении структуры белым светом плотностью мощности 100 мВт/см^2 со стороны пленки $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ и эти значения зависели от толщины пленки. При освещении таким образом GaAs заряжается отрицательно.

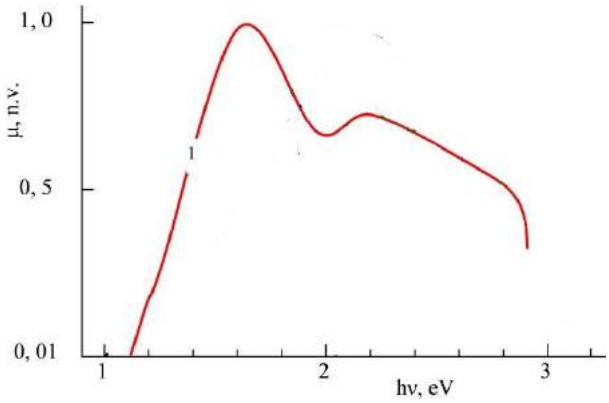


Рис.3. Относительная эффективность GaAs-$CuIn_{1-x}Ga_x(Se_{1-y}S)_2$ гетеропереходов от состава пленки (x,y), при T=300 K. Где, для 1- x=0,y=0; 2- x=0,07, y=0,1;

Гетероструктура проявляет фоточувствительность в области длин волн (1,1-0,43) мкм. Фоточувствительность в случае освещения со стороны пленки значительно больше, чем при освещении со стороны подложки. В области более коротких волн не наблюдается спад фоточувствительности, характерного для гомо- и гетеропереходов. А в области длин воли (0,88-1,17) мкм, и (0,43 – 0,52)мкм фоточувствительность мала.

Выводы. Таким образм, проведенное исследование по получению и исследованию GaAs-$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ гетероструктур показало, что метод магнетронного распыления из двух магнетронов со смещенными магнитными системами может быть применен для наращивания эпитаксиальных тонких пленок этих халькопиритных соединений сложного состава. Высокое значение фоточувствительности полученных GaAs-$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ гетероструктур указывает на то, что при описанном режиме наращивания эпитаксиальных пленок полученные гетеропереходы являлись резкими и при этом роль граничных состояний были несущественными.

---

1. *Абдулзаде Н.Н., Агалиева С.Т., Ахмедова Д.А., Мурсакулов Н.Н., Сабзалиева Ч.Э.* Проблемы Энергетики. №3, 2019, с.: 53-58.
2. *Джафаров Т.Д., Садыгов М.С., Мурсакулов Н.Н.* Получение и сойства $CuInSe_2$-GaAs гетеропереходов. Препринт №287 Институтта Физики АН Аз.ССР, Баку-1988, с-14.
3. *Abdulzadə N.N., Andreev V.M., Əhmədova D.A., Mursakulov N.N., Səbzəliyeva Ç.Ə., Yakuşev M.* // AJP FİZİKA 2018 vol. XXIV №3, section: Az p: 165-167
4. *Abdulzadə N.N., Ağaliyeva S.T., Əsgərova K.Ə., Əhmədova D.A., Səbzəliyeva Ç. E., Zamanova A.K., Mursakulov N.N.* Maqnit sistemləri sürüşdürülmüş iki maqnetrondan tozlandirilma üsulu ilə nazik təbəqəli günəş elementləri üçün $CuIn_{1-x}GaxSe_2$ təbəqələrinin alinmasi və tədqiqi. // AJP Fizika, volume XXIV N1, section: Az p: 13-167.
5. *Ciszer T.F.* // J Crist.Growth 1984, v70, N1-2, p.405-410.
6. Miglorato P, Tell B., Shay J.L., Kusper H.M. //Appl.Phys.Lett.1974, v.24, N5, p.227-228.
7. *Gonzales J., Rincon C., Redondo A., Negreyte P.* //Jap.J.Appl.Phys. 1980, v.19, suppl.19-3, p.29-32.

8. *Wagner S., Say J.L., Migliarato P., Kasper H.M.* //Appl.Phys.Lett.1974, v.25, N8, p.434-435.
9. *Shay J.L., Wagner S., Kasper H.M.* // Appl.Phys.Lett., 1975, v.27, p.89-90.
10. *Endo S., Irie T.* // Jap.J.Appl.Phys. 1980, v.19, suppl 19-3, p.53-58.
11. *Parkes J., Tomlinson R.D., Hampshire M.J. Electrical* //Solid St.Electron., 1973, v.16, p 773-777.
12. *Nelson H.* Epitaxial growth from liquid state and its application to the fabrication of tunnel and laser diodes. "RCA Rev."1963, v.24, p.603.
13. *Гременок В.Ф., Залесский В.Б., Мурсакулов Н.Н., Тиванов М.С.* Тонкопленочные солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов $Cu(In,Ga)(Se,S)_2$ со структурой халькопирита. Баку "ЭЛМ", 2013 -250 с.
14. *Zaretskaya P., Gremenok V.F., Ivanov I.A.,.Zalesski V.B, Mursakulov N.N., Abdulzade N.N., Sabzaliyeva Ch.E.* //AJP "Fizika", 2010, vol.XVI, N2, Series: En, 2010, p. 403-407.
15. *Mudryi A.V., Korotki A.V., Gremenok V.F., Zaretskaya E.P., Zalesski V.B., Mursakulov N.N., Abdulzade N.N., Sabzaliyeva Ch.E.* // AJP "Fizika", 2010, vol. XVI, N2, Series: En, p.408-413.
16. *Gremenok V.F., Mudryi A.V., Korotki A.V., Zaretskaya E.P., Ivanov I.A., Abdulzade N.N., Mursakulov N.N., Sabzaliyeva Ch.E.* Characterization of CuİnSe2 thin films from nanoparticle precursors. The First International Scientific Conference "Nano-technology and its use in Technique". ATU, 15-16 December, 2010 Baku, p. 132-137.
17. *Zaretskaya E.P.. Gremenok, A.P. Odrinsky V.F., Abdulzade N.N., Mursakulov N.N., Sabzaliyeva Ch.E.* // AJP "Fizika", 2012, vol. XVIII, N2, Series: En, p. 20-23.
18. *Zaretskaya E.P., Victorov I.A., Goncharova O.V., Leonova T.R., Gartner M., Mursakulov N.N., Abdulzade N.N., Sabzaliyeva Ch.E.* //AJP, 2012, vol. XVIII, N4, p.26-30.

MAQNETRON TOZLANDIRILMA ÜSULU İLƏ ALINMIŞ $GaAs/CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ HETEROKEÇİDLƏRİN ELEKTRİK VƏ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

SƏBZƏLİYEVA Ç.E.

Məqalədə GaAs oturacaqlarının cilalanmış (100) и (111)A müstəviləri üzərində maqnit sistemləri bir-birinə tərəf sürüşdürülmüş iki maqnetrondan maqnetron tozlandırılması üsulu ilə böyüdülmüş $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ təbəqələri əsaslı $GaAs/CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ heterokeçidlərin elektrik və fotoelektrik xassələrinin tədqiqindən bəhs edilir. Maqnettron tozlandırılması üçün hədəf qismində toz halına salınmış $A^IB^3C^6_2$ materialının preslənməsi nəticəsində düzəldilmiş hədəflərdən istifadə edilmişdir.

Açar sözlər: GaAs - $CuInxGa_{1-x}(Se_yS_{1-y})_2$ heterokeçidləri, effektiv günəş elementi, uyğunlaşmış kristallik qəfəs parametrləri, eyni vaxtda iki mənbədən magnetron tozlandırılması.

ELECTRICAL AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF THE $GaAs/CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ HETEROJUNCTION OBTAINED BY THE MAGNETRON SPUTTERING METHOD

SABZALIEVA CH.E.

In this paper, a study of the electrical and photoelectric preperties of GaAs/ $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ heterostructures is reported. GaAs/ $CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})$ heterojunctions, was grown on (100) and (111)A GaAs, by magnetron sputtering method from two magnetrons with shifted magnetic systems. As targets, pressed powders of $A^IB^3C^6_2$ materials were used.

Keywords: GaAs - $CuInxGa_{1-x}(Se_{1-y}S_y)_2$ heterojunctions, effective SC, wel-matched crystal lattice parameters, magnetron sputtering from two sources simultaneously.

УДК 537.226.83

ГИБРИДНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ И МЕТОДЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

ГАДЖИЕВА Ф.В.

Бакинский Государственный Университет
Азербайджан, Баку, AZ1148, улица З.Халилова 23
flora_1985@mail.ru

Анализировано современное состояние в области получения и исследования гибридных полупроводниковых полимерных нанокомпозитов и установлено, что активные, электрофизические и эксплуатационные свойства полимерных нанокомпозитов сильно зависят от технологических условий формирования нанокомпозитов, изменения надмолекулярной структуры нанокомпозитов, межфазных взаимодействий между полимером и наночастицами, природы полимерной матрицы, от свойств и размера наполнителя, от дисперсности и однородности распределения нанонаполнителя в полимерной матрице, а также от процессов межмолекулярного переноса и миграции энергии электронного возбуждения.

Ключевые слова: нанокомпозит, полупроводник, наночастицы, полимер.

Гибридные нанокомпозиты привлекают к себе внимание, прежде всего, из-за свойств неорганических наночастиц, входящих в их состав. Свойства таких наночастиц отличаются как от свойств индивидуального атома или молекулы, так и от блочного материала. Наночастицы характеризуются малыми размерами, сложной внутренней организацией, способностью к очень плотной упаковке, а также очень высоким отношением площади поверхности к объему. Такие нанокомпозиты обладают рядом уникальных свойств, обусловленных не только чрезвычайно малыми размерами металлических и полупроводниковых наночастиц, но и особенностями строения полимерной матрицы. Одно из таких свойств состоит в том, что полимерная матрица позволяет организовывать наночастицы в надмолекулярные структуры, что значительно усиливает необычные свойства наночастиц. Быстрый прогресс в адаптации размера и форм полупроводников нанокристаллов (квантовые точки) обеспечивает высокую степень контроля над их оптическими и электронными свойствами. Этот контроль можно использовать для применения в биологических анализах, в электронном интеграле и в разработке беспроводных систем. В оптоэлектронике перестройка размеров квантовых точек позволяет контролировать спектр поглощения для фотовольтаических и фотолюминесцентных, стимулированных эмиссионных и электролюминесцентных приложений, как в биологических приложениях это позволяет спектральное мультиплексирование и кодирование [1]. Наноматериалы на основе полупроводников (например, AII BVI и AIV BVI) обладают уникальными оптическими свойствами и являются перспективными материалами для активных элементов нелинейной оптики и устройств наноэлектроники. Одним из наиболее интересных свойств наносистем являются их необычные оптические характеристики, которые зависят не только от природы вещества, но от размеров наночастиц и их концентрации [2]. Необходимо отметить, что оптические свойства полупроводниковых наночастиц зависят не только от их состава, структуры и размера, но и от состояния поверхности. Было показано, что многие дефекты на поверхности наночастиц (например, посторонние адсорбированные атомы или точечные дефекты структуры) могут выступать в роли потенциальных ям или барьеров для дырок и электронов. Как правило, это приводит к изменению зонной структуры и деградации оптических

свойств наносистемы, причем эти изменения тем чувствительнее к дефектам, чем меньше размер частиц. Для предотвращения этого явления обычно используют процесс пассивации, при котором поверхностные атомы оказываются связанными с атомами другого вещества, у которого ширина запрещенной зоны должна быть больше. Другими словами, частицы покрывают слоем другого соединения и получают так называемые “core-shell” (ядро в оболочке) наночастицы. Например, частицы сульфида кадмия покрывают слоем селенида кадмия, который является полупроводником с большей шириной запрещенной зоны, либо их внедряют в диэлектрическую полимерную органическую матрицу. Это значительно улучшает оптические свойства наночастиц, приближая их к свойствам изолированных нанокластеров. Особенно ярко этот эффект проявляется при рассмотрении люминесцентных свойств наносистем. Так, для покрытых оболочкой наночастиц сульфида или селенида кадмия удается значительно (почти на порядок) увеличить квантовый выход люминесценции по сравнению со свободными наночастицами [3].

В работе [4] нанокомпозитные пленки на основе PbS-ПВА, CdS-ПВА и PbS-CdS-ПВА были синтезированы с использованием in-situ химического метода. Дифрактометрический анализ всех нанокомпозитных пленок подтвердил, что наночастицы PbS и CdS в ПВА-матрице имеют кубическую структуру. СЭМ изображения показали монодисперсное распределение наночастиц PbS и CdS в матрице ПВА. ИК исследования показали сдвиг функциональных групп в матрице ПВА, что указывает на сильное взаимодействие наночастиц и полимера ПВА. УФ-спектроскопия нанокомпозитных пленок показала синий сдвиг в спектре поглощения нанокомпозитных пленок по сравнению со спектрами поглощения объемных PbS и CdS. Были рассчитаны ширина запрещенной зоны для всех нанокомпозитных пленок PbS/ПВА, CdS-ПВА и PbS-CdS-ПВА и установлено, что они соответственно равны 2,10, 2,84 и 2,22 эВ. Ширина запрещенной зоны для нанокомпозитов на основе PbS-CdS-ПВА расположена между нанокомпозитами PbS/ПВА и CdS/ПВА и ближе к ширине запрещенной зоны для пленки PbS/ПВА.

В работе [5] изучены фотовольтаические и оптические свойства нанокомпозитов на основе ПВА+PbS, а также влияние термического отжига на свойства данных нанокомпозитов. На спектрах поглощения были идентифицированы максимумы при 1,5, 1,84, 2,41, 3,06 и 3,58 эВ. Характерной особенностью данных нанокомпозитных пленок является наличие зелено-синей люминесценции с максимумами интенсивности при 2,25 и 3,02 эВ соответственно. Наибольшая интенсивность зеленой люминесценции наблюдается при возбуждении энергией равной 2,35 эВ, тогда как интенсивность пиков синей люминесценции наблюдается при возбуждении энергией равной 3,46 эВ. После термического отжига нанокомпозитов при 370 К интенсивность зеленой люминесценции уменьшается в несколько раз, тогда как интенсивность синей эмиссии увеличивается. Фотовольтаические свойства нанокомпозитных пленок PbS зависят от условий отжига, достигая максимума после отжига на воздухе приблизительно при температуре стеклования ПВА равной 370 К. Спектральный диапазон фоточувствительности нанокомпозитных пленок PbS шире, чем диапазон фоточувствительности нанокомпозитных пленок на основе полимер-CdSe- и $CuInS_2$.

В исследовании [6] анализирована целесообразность использования ZnS в качестве укупоривающего материала для квантовых точек PbS с использованием методов последовательной адсорбции и реакции ионного послойного осаждения. Результаты показывают, что слой ZnS облегчает осаждение PbS посредством процесса ионного обмена, в то время как наложенный слой ZnS имеет тенденцию покрывать PbS способом, подобным физическому процессу укладки. Поэтому квантовые точки PbS, покрытые аморфным ZnS, разрабатываются с использованием техники SILAR, которая может быть использована для заполнения мезопористых субстратов и, следовательно, для построения объемных гетеропереходов.

В работе [7] узкополосные наночастицы PbS, которые обладают фотолюминесцентными свойствами в ближней инфракрасной области, были осаждены на наноструктурах TiO_2 методом последовательной послойной адсорбции для разработки квантовопоглощающих солнечных элементов (КВСЭ). Толщины нанопленок PbS были оптимизированы для повышения фотоэлектрических характеристик КВСЭ на основе PbS. Однородный слой CdS непосредственно наносили на предварительно выращенный фотоанод PbS-TiO_2 для защиты PbS от химического воздействия полисульфидных электролитов. Была зафиксирована высокая плотность фототока короткого замыкания (приблизительно 10,4 мА/см^2) для со-сенсибилизированного солнечного элемента PbS/CdS, тогда как плотность фототока только сенсибилизированных PbS солнечных элементов была ниже 3 мА/см^2. Эффективность преобразования мощности со-сенсибилизированного солнечного элемента PbS/CdS достигала 1,3%, что было выше арифметического добавления эффективности отдельных составляющих (PbS и CdS). Эти результаты показывают, что синергетическая комбинация PbS с CdS может обеспечить стабильный и эффективный сенсибилизатор для практических применений солнечных элементов.

Известно, что ультрафиолетовое (УФ) излучение влияет на долгосрочную стабильность многих органических материалов. Недавно было обнаружено, что синее излучение также представляет опасность. В исследовании [8] были разработаны эпокси-ZnO/CdS (ЭП-ZC) основные нанокомпозиты, способные экранировать как ультрафиолетовое, так и синее излучение. Во-первых, наночастицы на основе ZnO/CdS были синтезированы путем роста CdS на готовых квантовых точках ZnO (ZnO КТ). В отличие от КТ ZnO, которые поглощают только часть ультрафиолетового излучения, наночастицы на основе ZnO/CdS проявляют сильное поглощение в области длины волны, простирающейся от УФ-излучения до синего. Кроме того, диапазон поглощения можно регулировать путем регулирования молярного отношения Zn/Cd. Была использована in-situ полимеризация для получения ЭП-ZC основных нанокомпозитов, которые являются оптически прозрачными при длинах волн более 500 нм. Было обнаружено, что нанокомпозиты на основе ЭП-ZC обладают высоко защитными свойствами от УФ-излучения и могут почти полностью блокировать ультрафиолетовый свет в интервале длин волн между 200-400 нм и более чем 80% голубого света между 400-450 нм при содержании 0,3 мас.% содержания наночастиц ZnO/CdS в матрице эпоксидной смолы.

В работе [9] нанокомпозиты на основе CdS/дендример были синтезированы из Cd^{2+} и S^2 ионов в метанольном растворе в присутствии стабилизатора-амино-аминового полиамидоаминового дендримера. Контролируя условия синтеза, могут быть получены наночастицы с узким распределением по размерам-2 нм. Наночастицы CdS в матрице полимера проявляют синюю фотолюминесценцию при длине волны 450 нм. Формируются стабильные агрегаты на основе от двух до трех молекул дендримера с несколькими наночастицами CdS; частицы расположены на поверхности молекул дендримера. Гидрофильная природа дендримера приводит к слабому сродству подложки- графиту, но к сильному сродству к подложкам с гидроксильным покрытием, таким как слюда, окисленные кремниевые пластины и монослои с концевыми карбоксилатами.

В работе [10] получены нанокомпозиты на основе ZnS/PbS и PbS/ZnS с перестраиваемыми электронными свойствами путем взаимодействия PbS с ZnS и ZnS на наночастицах PbS. В обеих структурах частицы PbS присутствуют в кубической форме со средним диаметром около 6 нм. Добавление ионов Pb^{2+} (3×10^{-4} моль/дм$^{-3}$) в ZnS (1×10^{-4} моль/дм$^{-3}$) при заданном pH приводит к образованию наноразмерных флуоресцентных частиц PbS, покрытых гидроксидами металлов. При концентрации ионов Pb^{2+} равной 1.5×10^{-4}моль/дм$^{-3}$ в субнаносекундной временной области наблю-

далась межфазная релаксация заряда из фазы ZnS в PbS. Композитные частицы на основе PbS/ZnS синтезируются только при высоких концентрациях ZnS. Эти частицы имеют время жизни излучения в интервале нескольких микросекунд.

В работе [11] синтезированы квантовые точки (КТ) на основе PbS-CdS (ядро-оболочка) как чувствительные солнечные элементы путем прямой адсорбции КТ на ядрах оболочки на мезопористом TiO_2 с последующим обменом лигандом 3-меркаптопропионовой кислоты. Солнечные элементы, сенсибилизированные КТ PbS-CdS, показывают в 4 раза более высокую эффективность по сравнению с солнечными элементами, сенсибилизированными с помощью КТ PbS. Значительно увеличенное среднее время жизни электрона и длина диффузии электронов являются важным свидетельством более высокой эффективности данной ячейки. Среднее время жизни электрона увеличивается с изменением толщины оболочки CdS, причем оболочка CdS играет важную роль в предотвращении рекомбинации носителей. Однако из-за барьера, обеспечиваемого смещением между зонами проводимости CdS и ядром PbS, оболочка CdS также препятствует инжекции носителей из PbS в TiO_2. Также изучено влияние толщины оболочки на производительность ячейки, показав эффективность преобразования энергии 1,28% для КТ PbS с 0.5 нанометровой CdS-оболочкой. Также установлено, что оболочка CdS эффективно предотвращает фотокоррозию PbS, что приводит к высокостабильной фотопроводимости.

В работе [12] синтезированы гибридные композиты из неагрегированных наночастиц PbS со средним размером 5,8±1 нм, введенный в матрицу октаалкилзамещенного, не содержащего металлов фталоцианина. Эти нанокомпозитные пленки демонстрируют низкую электропроводность по сравнению с пленкой из октаалкилзамещенного не содержащего металл фталоцианина почти на 65%. Определено, что ширина запрещенной зоны для нанокомпозитов составляет 2,22 эВ. Изучены электрические свойства нанокомпозитов и обнаружен прыжковый механизм проводимости в нанокомпозитах на основе PbS.

В работе [13] наноструктурированные CdS и ZnS были синтезированы методом химического осаждения с использованием ДМФ в качестве стабилизирующего агента. Нанокомпозиты на основе проводящего полианилина с наночастицами CdS/ZnS были синтезированы методом химической окислительной полимеризации с использованием персульфата аммония (окислителя) и серной кислоты (легирующей примеси). Ряд нанокомпозитов был синтезирован путем изменения массового содержания CdS/ZnS (5, 10, 15, 20%) при полимеризации анилина (мономера). Установлено, что размер частиц составляет менее 10 нм. По мере увеличения содержания наночастиц CdS/ZnS в матрице полианилина (ПАНИ), температура разложения возрастает, а энергия активации разложения увеличивается. Эти результаты свидетельствуют о том, что полимерные нанокомпозиты термически стабильны по сравнению с чистым ПАНИ.

В работе [14] одномерные нанокомпозиты на основе CdS@ZnS были успешно синтезированы с помощью двухступенчатого сольвотермического метода. Предварительно сформированные нанопроволоки CdS с диаметром около 45 нм и длиной до нескольких десятков микрометров покрыты слоем оболочки ZnS реакцией ацетата цинка и тиомочевины при 180°C в течение 10 ч. Было обнаружено, что однородная оболочка ZnS состоит из наночастиц ZnS с диаметром около 4 нм, которые закреплены на нанопроводах без предварительной обработки поверхности. Изучались оптические свойства и фотокаталитическая активность нанокомпозитов CdS@ZnS и установлено, что оболочка ZnS может эффективно пассивировать поверхностные электронные состояния ядер CdS, что объясняет усиленную фотокаталитическую активность нанокомпозитов на основе CdS@ZnS по сравнению с нанопроводами без покрытия CdS.

В работе [15] осуществлялся синтез тонких нанокомпозитных пленок на основе наночастиц PbS в полимерной матрице полистирола (ПС) из раствора путем термолиза методом in-situ. Электронно-микроскопические изображения показывают, что

нанокристаллы PbS имеют размер 3-5 нм. Нанокомпозитные пленки являются материалами p-типа с темной проводимостью 106 См/см$^{-1}$ и обладают высокой фотопроводимостью с линейными значениями тока-напряжения. Высокие электрические свойства нанокомпозитных пленок объясняются сильными взаимодействиями между PbS и ПС, что подтверждается ИК-спектроскопией и ТГА анализом.

В работе [16] эмиссионные нанослои PbS/CdS типа ядро/оболочка были синтезированы методом катионного обмена. Установлено, что в данных нанослоях наблюдается значительное синее смещение фотолюминесценции, что указывает на более сильное квантовое удержание в ядре PbS, поскольку толщина нанослоя уменьшается до восьми атомных слоев. Точный анализ толщины каждого слоя показывает связь между энергетическим зазором и толщиной в чрезвычайно одномерно ограниченной наноструктуре.

В работе [17] разрабатывается метод синтеза высококачественных свободностоящих сверхтонких 2D нанокристаллов PbS с толщиной ~ 2 нм. Размер нанокристаллов PbS можно изменить до нескольких сотен нанометров, варьируя только время реакции отжига. Микроскопический и спектроскопический анализ на разных этапах реакции обнаруживает образование двумерных нанокристаллов с помощью механизма непрерывного роста. 2D PbS нанокристаллы имеют почти не зависящую от температуры и частоту высокую диэлектрическую проницаемость (>13,4) с малыми диэлектрическими потерями (0,0006 при 20 K и <0,06 при 350 K для 100 кГц) в широких температурных и частотных диапазонах. Низкочастотная диэлектрическая проницаемость от 125 Гц до 1 МГц, стабильность диэлектрических потерь при частотах (<0,03 при 100 кГц) определяют достоинства нанокристаллов PbS как потенциального диэлектрического материала.

В работе [18] рассматривается простой низкотемпературный процесс для синтеза малых и стабильных квантовых точек PbS/CdS с эмиссией ниже при длине 1100 нм. Для синтеза квантовых точек PbS/CdS использовался раствор $PbCl_2$ в олеиламине и 1-додекантиоле. Тонкая оболочка CdS выращивалась на PbS при комнатной температуре методом катионного обмена. Метод катионного обмена получения наночастиц PbS/CdS обеспечивает в 6-9 раз более интенсивное излучение, чем чистые наночастицы PbS с лучшей оптической стабильностью. Отжиг квантовых точек PbS/CdS в твердом состоянии при умеренных температурах (50-100°C) улучшает кристалличность частиц. Обмен лигандов на отожженном PbS/CdS с 1-додекантиолом усиливает долговременную стабильность частиц. Также изучены структура, оптические свойства и стабильность КТ PbS/CdS в хлороформе и нефтепродуктах (дизельное топливо и бензин) для возможного применения квантовых точек в качестве оптических меток. Следовательно, был разработан простой и управляемый метод для создания высокостабильных, чистых, контролируемых по размеру КТ PbS/CdS с широкополосной люминесценцией, детектируемой недорогими полупроводниковыми детекторами.

В работе [19] показано, что КТ PbS являются перспективными материалами для использования их в качестве поглотителей солнечного света в сенсибилизированных солнечных элементах. Кроме того, O_2 или H_2O, присутствующие во время изготовления сильно влияют на производительность устройства. Квантовые точки PbS демонстрируют сильный фононный режим при 196 см$^{-1}$. При увеличении окисления PbS увеличение относительной интенсивности полосы может наблюдаться в области 250-380 см$^{-1}$. Основываясь на данных результатах, был сделан вывод о возможном использовании данных материалов для изготовления спектральных маркеров поверхностно-усиленного рамановского *рассеяния* в качестве контрольных инструментов при изготовлении фотоэлектрических устройств.

Авторами в работе [20] представлены результаты исследования новых гибридных полимерных нанокомпозитов на основе ПП+PbS/CdS, характеристике их структуры и

изучении их оптических свойств. СЭМ исследования показали, что средний размер наночастиц для гибридного нанокомпозита ПП+PbS/CdS составляет 9-12 нм. Из УФ-спектров нанокомпозитов методом экстраполяции была определена ширина запрещенной зоны и установлено, что ширина запрещенной зоны была равна 1,65 эВ для нанокомпозитов ПП/PbS, 2,6 эВ для ПП/CdS и 3,0 эВ для нанокомпозитов ПП+PbS/CdS. Фотолюминесцентный анализ нанокомпозитов на основе ПП+PbS/CdS показывает два люминесцентных пика на спектрах люминесценции при длинах волн равной 680 нм и 715 нм. Следовательно, было показано, что для таких систем спектральная-чувствительная область расширяется и это позволяет применять такие нанокомпозиты в различных областях науки и техники.

В работе [21] авторами представлены результаты синтеза полимерных нанокомпозитов на основе наночастиц сульфида свинца и изотактического полипропилена. Было установлено, что при более низких концентрациях наночастицы PbS в матрице полипропилена играют роль структурообразователя и в формированных нанокомпозитах образовались устойчивые электрические ловушки для полярных групп и электрических зарядов. Формирование устойчивых электрических ловушек для новых полярных групп и электрических зарядов приводит к увеличению диэлектрической проницаемости и улучшению поляризуемости полученных нанокомпозитов. Дальнейшее увеличение концентрации наночастиц PbS в матрице полимера приводит к увеличению проводимости и постепенное снижение поляризующей способности нанокомпозита обусловлено тем, что наночастицы ведут себя как отдельная дисперсная фаза.

В работе [22] исследованы оптические и фотолюминесцентные свойства полимерных нанокомпозитов на основе изотактического полипропилена и наночастиц сульфида свинца. Электронно-микроскопический анализ показал, что средний размер наночастиц сульфида свинца в нанокомпозитах на основе ПП+1%PbS составляет 7–13 нм; для ПП+ 3%PbS составляет 13–18 нм, для ПП+5% PbS 11–20 нм, а для нанокомпозитов на основе ПП+10%PbS 13–24 нм. Установлено, что ширина запрещенной зоны для нанокомпозитов на основе ПП+1%PbS составляет 2,2 эВ; для ПП+3%PbS-2,1 эВ; для ПП+5%PbS-2,3 эВ и для ПП+10%PbS-1,7 эВ. Исследованы фотолюминесцентные свойства нанокомпозитов на основе ПП+PbS и установлено, что интенсивность фотолюминесценции увеличивается с увеличением концентрации наночастиц PbS до 3% содержания, а затем уменьшается.

Таким образом, на основе вышеизложенных литературных данных можно сделать следующие заключения:

• активные свойства (фотолюминесцентные, оптические, фоторезистивные, фотовольтаические и.т.д) и электрофизические (диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, удельное сопротивление) свойства полимерных активных нанокомпозитов сильно зависят от технологических условий формирования нанокомпозитов, изменения надмолекулярной структуры полимерных нанокомпозитов, межфазных взаимодействий между компонентами композиции, природы полимерной матрицы (электроотрицательность, полярность и.т.д), от свойства и размера наполнителя, от дисперсности и однородности распределения нанонаполнителя в полимерной матрице, а также от процессов межмолекулярного переноса и миграции энергии электронного возбуждения.

---

1. *Озерин Сергей Александрович*. Синтез, структура и свойства гибридных нанокомпозитов на основе серебра, сульфида свинца и поли-n-ксилилена : Дис. канд. физ.-мат. наук : 02.00.06 Москва, 2005 127 с. РГБ ОД, 61:05-1/1134.
2. *Лукашин А.В., Елисеев А.А.* Синтез полупроводниковых наночастиц сульфида свинца и сульфида кадмия Изд.МГУ им. М. В. Ломоносова, 2008. 38 с.

3. *Кулаковой И.И., Фёдоровой О.А., Хорошутина А.В.* Методы оптической спектроскопии, Москва 2015, стр.117.
4. *ShanmugamG. and Moses.V. G. Isaiah* Structural and optical properties of PbS-PVA, CdS-PVA and PbS-CdS-PVA nanocomposite films International Journal of ChemTech Research, 2017,10(9): 229-234.
5. *LutsykP., DzuraL., KutsenkoA., VertsimakhaYa., SworakowskiJ.* Photovoltaic and optical properties of a polymer-PbS nanocomposite Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics, 2005. V. 8, N 3. P. 54-59.
6. *Lidong Sun* Employing ZnS as a capping material for PbS quantum dots and bulk heterojunction solar cells Sci China Mater 2016, 59(10): 817–824.
7. *Yitan Li, Lin Wei, Xiya Chen, Ruizi Zhang, Xing Sui, Yanxue Chen, Jun Jiao, and Liangmo Mei* Efficient PbS/CdS co-sensitized solar cells based on TiO_2 nanorod arrays Nanoscale Research Letters 2013, 8:67.
8. *Chunchun Han, Feng Wang, Chong Gao,Peng Liu,Yanfen Ding, Shimin Zhang and Mingshu Yang* Transparent epoxy–ZnO/CdS nanocomposites with tunable UV and blue light-shielding capabilities J. Mater. Chem. C, 2015, 3, 5065.
9. *Wu X.C., Bittner A.M. and Kern K.* Synthesis, Photoluminescence, and Adsorption of CdS/Dendrimer Nanocomposites, J. Phys. Chem. B 2005, 109, 230-239.
10. *Anil Kumar, Anshuman Jakhmola* Photophysics and charge dynamics of Q-PbS based mixed ZnS/PbS and PbS/ZnS semiconductor nanoparticles Journal of Colloid and Interface Science 297 (2006) 607–617.
11. *Lai-Hung Lai, Loredana Protesescu, Maksym V. Kovalenko and Maria A. Loi* Sensitized solar cells with colloidal PbS–CdS core–shell quantum dots Phys.Chem.Chem.Phys., 2014, 16, 736.
12. *Chandana Pal, Lydia Sosa-Vargas, Jesús J. Ojeda,, Ashwani K. Sharma, Andrew N. Cammidge, Michael J. Cook, Asim K. Ray* Charge transport in lead sulfide quantum dots/phthalocyanines hybrid Nanocomposites Organic Electronics 44 (2017) 132-143.
13. *Shubhangi D. Bompilwar, Subhash B.Kondawar, VilasA.Tabhane, Snehal R.Kargirwar* Thermal stability of CdS/ZnS nanoparticles embedded conducting polyanilinenanocomposites Advances in Applied Science Research, 2010, 1 (1): 166-173.
14. *Le Wang, Hongwei Wei, Yingju Fan, Xinzheng Liu, Jinhua Zhan* Synthesis, optical properties and photocatalytic activity of one-dimensional CdS@ZnS Core-Shell Nanocomposites Nanoscale Res Lett (2009) 4:558–564.
15. *Chaudhuri T.K., Kothari A.J., Tiwari D. and Ray A.* Photoconducting nanocomposite films of PbS nanocrystals in insulating polystyrene Phys. Status Solidi A 210, No. 2, 356–360 (2013).
16. *Simeen Khan, Zhoufeng Jiang, Shashini M Premathilka, Jianjun Hu, Andrey Voevodin, Paul J. Roland, Randy J.Ellingson and Liangfeng Sun* Ultrathin colloidal PbS/CdS core/shell nanosheets Volume 2, Issue 60 (Nanomaterials) 2017, pp. 3685-3690.
17. *Ali Hossain Khan, Somnath Pal, Amit Dalui, Jayita Pradhan, D. D. Sarma and Somobrata Acharya* Solution-processed free-standing ultrathin two-dimensional PbS nanocrystals with efficient and highly stable dielectric properties Chem. Mater. 29, 3, 1175-1182.
18. *Emek G. Durmusoglu, Melike M. Yildizhan, Mehmet A. Gulgun, and Havva Yagci Acar* Production of small, stable PbS/CdS quantum dots via room temperature cation exchange followed by a low temperature annealing processes J. Phys. Chem. C 121, 45, 25520-25530, 2017.
19. *Kathrin Stadelmann, Amala Elizabeth, Natalia Martín Sabanés, Katrin F. Domke* The SERS signature of PbS quantum dot oxidation Vibrational Spectroscopy 91(2017) 157-162.

20. *Novruzova A., Ramazanov M., Chianese A., Hajiyeva F., Maharramov A., Hasanova U.*Synthesis, structure and optical properties of PP+ PbS/CdS hybrid nanocomposites Chemical Engineering Transactiona, vol 60, 2017, p.61-66.
21. *Maharramov A.M., Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V.* A structure and dielectric properties of polymer nanocomposites on the base of isotactic polypropylene and lead sulphide nanoparticles Chalcogenide Letters Vol. 13, No. 1, January 2016, p. 35 – 40.
22. *Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V.* Influence of crystallization temperature–time technological factors on structure and photoluminescent properties of polymer nanocomposites on the base of isotactic polypropylene (PP) and lead sulphide (PbS) nanoparticles Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials https: //doi. org/ 10. 1007/s10904-019-01176-2.

YARIMKEÇİRİCİ HİBRİD POLİMER NANOKOMPOZİTLƏR VƏ ONLARIN FORMALAŞMASI METODLARI

HACIYEVA F.V.

Hibrid yarımkeçirici polimer nanokompoitlərin alınması və tədiqiq istiqamətində aaprılan işləri hazırkı müasir vəziyyəti analiz edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, polimer nanokompozitlərin aktiv, elektrofiziki və istismar xassələri nanokompozitlərin texnoloji alınma şəraitindən, nanokompozitlərin üstmolekulyar quruluşundan, polimer və nanohissəcik arasındakı qarşılıqlı təsirdən, polimer matrisin təbiətindən, doldurucunun ölçü və xassələrindən, nanohissəciklərin polimer matrisdəki dispersliyi və paylanmasının bircinsliyindən, həmçinin molekullararası daşınma və electron həyəcanlanmsı enerjisinin miqrasiyasından güclü asılıdır.

Açar sözlər: nanokompozit, yarımkeçirici, nanohissəciklər, polimer.

HYBRID SEMICONDUCTOR POLIMER NANOCOMPOSITES AND METHODS THEIR FORMATION

HAJIYEVA F.V.

The current state in the field of production and research of hybrid semiconductor polymer nanocomposites is analyzed and have been established that the active, electrophysical and operational properties of polymer nanocomposites strongly depend on the technological conditions for the formation of nanocomposites, changes in the supramolecular structure of nanocomposites, interfacial interactions between the polymer and nanoparticles, the nature of the polymer matrix, the properties and the size of the filler, from the dispersion and uniformity of the distribution of nanofiller in the polymer matrix, as well as from the processes of intermolecular transfer and migration of electronic excitation energy.

Key words: nanocomposite, semiconductor, nanoparticles, polymer.

УДК 621.315.592

ПОЛУЧЕНИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК CdTe И CdS

ДЖАФАРОВ М.А., МАМЕДОВА С.А.

Бакинский Государственный Университет
mamedovacinara89@gmail.com

Исследование полупроводниковых свойств теллурида и сулфида кадмия с кремнием является актуальной задачей, в частности, создание гетероперехода с идеальной зонной диаграммой между теллуридом кадмия, сульфидом кадмия и кремнием открывает новые возможности в полупроводниковом приборостроении. В данной работе излагаются результаты технологических и некоторых фотоэлектрических исследований по системе теллурида кадмия, сульфида кадмия и цинка. При решении задач получения таких пленок, нетривиальные результаты дает метод, основанный на разложении тиомочевинных координационных соединений (ТКС) кадмия и цинка.

Ключевые слова: твердые растворы, гетероструктура, поглощение, тиомочевина, фотопроводимость

С помощью смешанных соединений, содержащих одновременно координированные тиомочевину (thio) и ацидолиганды, можно вводить в пленки сульфидов определенные примеси и направленно создавать дефекты, активные в процессах люминесценции и электрической проводимости.

При создании фотоэлектрических тонкопленочных преобразователей (ФЭП) солнечной энергии на поликристаллических структурах важное значение для эффективности имеет создание гетероперехода на границе поглощающего и буферного слоя. Из многообразия методов получения буферных слоев для ФЭП на основе сульфида кадмия (термическое напыление в вакууме, ионноплазменное распыление, пиролиз и др.) метод химического осаждения пленок из водного раствора солей кадмия (метод соляной ванны [CBD]) наиболее изучен. При исследовании параметров готовых образцов ФЭП, которые представляют из себя многослойную структуру, изучение электрофизических и оптических параметров буферного слоя в составе всей структуры и его влияния на смежные слои затруднено. Поэтому мы осаждали слои сульфида кадмия при различных режимах на стеклянные подложки (К-8) для исследования фотоэлектрических характеристик и кремниевые подложки p-типа (КДБ-10) для изучения структуры p-Si/n-CdS (рис.1).

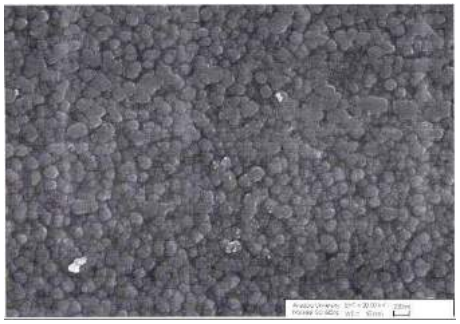


Рис. 1. SEM-изображение поверхности пленок $Cd_xZn_{1-x}S$ выращенных на подложках Si.

Из соединений $A^{II}B^{VI}$ самым перспективным материалом для полупроводникового приборостроения (детекторы ядерного излучения, фотопреобразователи) является теллурид кадмия. С точки зрения физики полупроводников солнечных элементов (СЭ) система Si-CdS представляют собой новые объекты – пленочные гетероструктуры. Объединение преимуществ полупроводниковых свойств теллурида и сулфида кадмия с кремнием является актуальной задачей, в частности, создание гетероперехода с идеальной зонной диаграммой между теллурида кадмия, сульфида кадмия и кремния открывает новые возможности в полупроводниковом приборостроении.

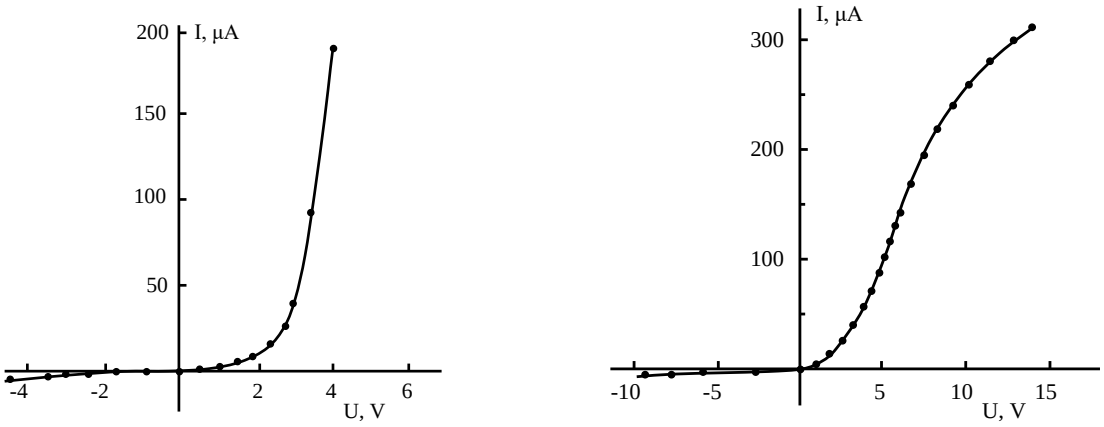
Пленки получали методом пиролиза аэрозоля водных растворов тиомочевинных координационных соединений кадмия и цинка. Для синтеза использовали соли $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$, $Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2,5H_2O$ и $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2,5H_2O$ марки (ч.д.а.), а также тиомочевину $SC(NH_2)_2$ марки (о.с.ч.). В качестве подложек использовали ситалловые и кварцевые пластины, нагретые до 300-400°С. Термообработка осажденных слоев осуществлялась последовательно при температурах 370 и 420^0С.

Пленки сульфидов кадмия и цинка легируются хлором при использовании хлоридных ТКС $[Cd(thio)_2Cl_2]$ и $[Zn(thio)_2Cl_2]$. При этом одним из основных типов дефектов является атом хлора в анионной подрешетке ($ClS^{\cdot}$). Напротив, в случае ацетатных ТКС $[Cd(thio)_2(Ac)_2]$ и $[Zn(thio)_2(Ac)_2]$, содержащих ацетат-ион CH_3COO^- (Ac–) во внутренней сфере, наиболее вероятно замещение анионного узла атомом кислорода с образованием нейтральных дефектов $OS^{\times}$. Такие «наследственные» дефекты всегда обусловливают электрические и люминесцентные свойства пленок. Строение ТКС имеет определяющее влияние на кристаллическую структуру осаждающихся сульфидов.

Нами получены пленки теллурида кадмия и сульфида кадмия на поли- и монокристаллических кремниевых подложках Установлены подходящий температурный интервал подложки для выращивания пленок теллурида кадмия, а также оптимальные технологические параметры этого процесса. Изучены методы легирования выращиваемых пленок и соответственно получения пленок с разными типами проводимости и различными удельными сопротивлениями. Определен состав химических компонентов пленки на поверхности и по сколу рентгеновским методом при помощи микроанализатора. Рентгеноструктурным анализом определены химический состав и толщины пленки. Спектры пропускания пленок для определения оптической ширины запрещенной зоны были получены на спектрофотометре VSU-2P. Для этой цели использовали пленки, осажденные на кварцевые подложки. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре ДРОН-3М с использованием медного излучения Kα1, λ=1,5418A^0. При получении пленок сульфида кадмия реакционная смесь содержала соль кадмия, аммиак и сульфидирующий агент - тиомочевину. Для улучшения качества пленок CdS в ванну вводили поверхностно-активное неионное вещество Тритон Х-100. В подогретую до 40°С смесь растворов погружали кассету с подложками и доводили температуру смеси до 80°С при постоянном перемешивании. Время выдержки подложек в растворе составляло 10-20 минут. Температуру раствора контролировали с помощью термометра Checktemp-1 (HANNA Instruments) с точностью ±0,5°С. Измерение электрофизических характеристик нанослоев CdS на стекле и оценка ВАХ структуры p-Si/n-CdS позволила выявить оптимальный состав химической ванны -1:13:600 ($1,7\times10^{-3}$M $Cd(CH_3\ COO)_2$, 0,022M $CS(NH_2)_2$, 1,02M NH_4OH). Измерение светового сопротивления проводили двухэлектродным методом с помощью индиевых контактов с зазором между ними площадью 1 мм^2 при освещении синим светодиодом КИПД40Ф20С1П7 (lD=466 нм). Как следует из спектральных зависимостей, пленки характеризуются высоким значением пропускания >70 % и резким краем фундаментального поглощения в области длин волн 400-500 нм в зависимости от их толщины. Коэффициент оптического поглощения пленок был рассчитан на основании данных оптического

отражения и пропускания. Ширина запрещенной зоны пленок CdS определялась путем экстраполяции линейной части спектральной зависимости квадрата коэффициента поглощения $\alpha^2 \sim f(h\nu)$ к оси энергии фотонов.

Были исследованы вольт-амперные характеристики (ВАХ) структур. На рис.2. приведены ВАХ (n/Si-p/CdTe, p/Si-n/CdS). Омические контакты получены вакуумным напылением индия на CdTe.



а) б)

Рис 2. ВАХ для структур *n/Si-p/CdSeTe* (а) и (б) *p/Si-n/* $Cd_xZn_{1-x}S$ на кремниевых подложках, T=300 K.

Измерения спектральной фоточувствительности пленок CdS проводились с помощью спектрометра SPECTRO 320 (Instrument Systems) с оптическим выходом. В качестве источника света использовалась лабораторная лампа накаливания с вольфрамовой нитью мощностью 16,3 Вт. После измерений производилась коррекция полученных спектров с учетом формы спектра излучения лампы и спектральных характеристик дифракционной решетки и оптического кабеля. Исследованные образцы имели спектральный максимум фоточувствительности около 478 нм (рис.3).

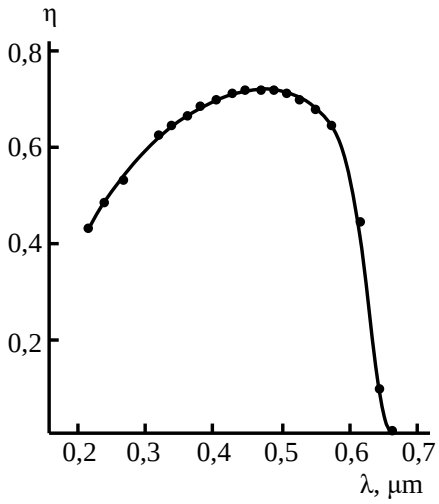


Рис 3. Спектральная характеристика пленок сульфида кадмия.

Также были исследованы спектральные характеристики полученных структур на основе теллурида и сульфида кадмия с кремнием. Результаты измерений приведены на рис.4.

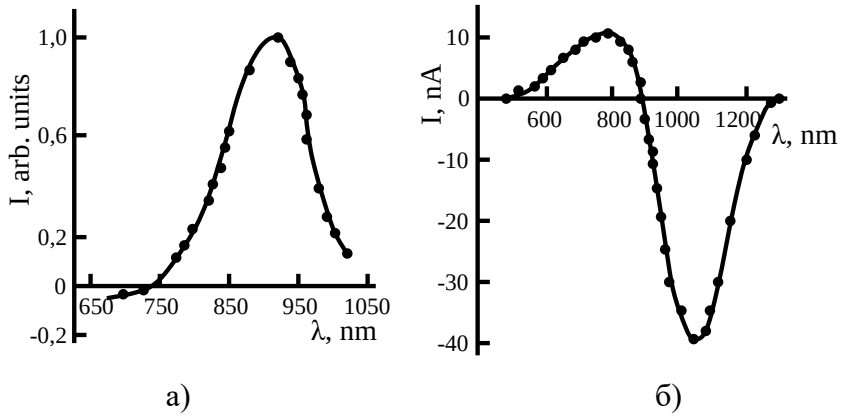


Рис.4. Спектральные характеристики фотопроводимости структур *n/Si-p/CdTe* (а) и *p/Si-n/CdS* (б) измеренных при 300 К, выращенных на кремниевых подложках.

Анализ кинетики фотоотклика пленок системы CdS - ZnS, полученных из хлоридных комплексов [Me(thio)2Cl2] (Me = Cd, Zn) при низкой температуре (300-350 °C) и подвергнутых термообработкам, позволил выделить три группы образцов. Первая группа - это образцы с составами, близкими к сульфиду кадмия - от 0 до 30 мол. % ZnS. Для этой группы характерно сходство с кинетикой для чистого сульфида кадмия. Вторая группа - срединные составы, от 30 до 60 мол. % ZnS, имеющие в большинстве случаев существенно большую концентрацию межузельных дефектов. Такие пленки склонны к образованию кластеров металла под действием интенсивного ультрафиолетового облучения. К третьей группе относятся составы, близкие к сульфиду цинка: от 70 мол. % ZnS до чистого ZnS.

Последовательное проведение двух термообработок при 370 и 450°C показало, что из пленок с сильнодефектной структурой можно получить образцы, по свойствам близкие к осажденным при более высокой температуре. Таким образом, важнейшим фактором при напылении пленок методом пиролиза аэрозоля раствора тиомочевинных координационных соединений является температура осаждения. Слои CdS, полученные из ацетатного комплекса [Cd(thio)$_2$(Ac)$_2$], показали фотоотклик малой амплитуды, которая увеличивалась с ростом температуры осаждения выше 400 °C. При этом пленки CdS, полученные при тех же условиях из хлоридного комплекса [Cd(thio)$_2$Cl$_2$], имели на порядок большую амплитуду. Время полуспада фотоотклика в первом случае практически не зависело от температуры получения, а во втором наблюдалось уменьшение этого времени с ростом темпера-природа дефектов «ацетатных» пленок, и, по-видимому, их концентрация, практически не меняются с ростом температуры, в то время как для пленок с примесью хлора наблюдается преобразование дефектов в связи с удалением хлора (например, в виде HCl) в процессе термодеструкции при высокой температуре. Изменение состава слоев CdS-ZnS приводит к закономерному изменению оптической ширины запрещенной зоны (Eg). Для пленок, осажденных из хлоридных ТКС, наблюдается отклонение зависимости ширины запрещенной зоны от аддитивной прямой, причем эта зависимость дважды меняет характер при 30-40 и 70-80 мол. % ZnS. Эти данные позволяют предположить, что здесь наблюдается ограниченная растворимость сульфидов кадмия и цинка друг в друге, а в области 40-70 мол. % ZnS имеется гетерофазная смесь твердых растворов на основе *w*-CdS и *s*-ZnS. В случае пленок, осажденных из ацетатных ТКС, с повышением содержания сульфида цинка происходит плавное увеличение ширины запрещенной зоны, что косвенно говорит об

образовании непрерывного ряда твердых растворов $Cd_xZn_{1-x}S$. Последнее должно быть обусловлено подобием кристаллических решеток CdS и ZnS, имеющих структуру сфалерита.

Отклонение значений E_g пленок чистых сульфидов в меньшую сторону по сравнению со значениями, известными в литературе (2,4 эВ для CdS и 3,5-3,6 эВ для *s*-ZnS), можно объяснить образованием твердых растворов замещения с кислородом (OS×), что особенно характерно для сульфида цинка. Пленки, осаждаемые из водных растворов на воздухе, всегда содержат кислород как, вероятно, вследствие окисления, так и вследствие частичного гидролиза исходных солей. Кроме того, в случае ацетатных КС кислородные центры образуются при термической деструкции координированных ацетат-ионов. Этим объясняется, что ширина запрещенной зоны «ацетатных» пленок (2,30-2,38 эВ для CdS, 3,4 эВ для ZnS) всегда несколько меньше, чем для пленок, полученных их галогенидных КС.

Увеличение E_g при уменьшении толщины CdS может быть обусловлено проявлением квантоворазмерного эффекта. Дополнительный вклад в смещение края поглощения может вносить рассеяние света и изменение коэффициента отражения на границах нанокристаллитов, а также наличие внутренних напряжений в пленках. Как показали эксперименты по измерению размеров зерен с использованием атомной силовой микроскопии в пленках CdS. Как правило, формируются кристаллиты с размерами ~ 2-40 нм. Дисперсионный рентгеновский микроанализатор, связанный со сканирующим электронным микроскопом использовался, чтобы изучить распределение элементов (Cd и S) на поверхности. Результат показал, что концентрация и распределение элементов полностью соответствуют морфологии синтезируемых пленок. Повышение температуры термообработки образцов с 100 до 200°С позволило увеличить величину фоточувствительности примерно в 8 раз. При температуре термообработки 200°С на воздухе на поверхности пленки образуются монослои CdO, наличие которых увеличивает световую проводимость пленки. После 10 мин нахождения пленки в темноте ее сопротивление превышало 200 МОм. При дальнейшем повышении температуры отжига происходит ухудшение фоточувствительности пленок.

Таким образом, проведенные исследования по созданию p-n перехода p-Si/n-CdS позволили выявить оптимальный состав химической ванны и показали, что нанослои CdS и CdTe по своим высоким оптическим свойствам и фотоэлектрическим параметрам пригодны для использования в солнечных элементах и приборах оптоэлектроники.

---

1. *Наумов А.В., Семенов В.Н., Гончаров Е.Г.* Свойства пленок CdS, полученных из координационных соединений кадмия с тиомочевиной //Неорган. материалы. Москва. 2001, Т. 37, № 6, С.647-652.
2. *Young J.A., Lynch K.T., Walsh A.J., Ruth A.A.* Generation of noble metal nanoparticles by laser ablation in liquids: the role of the molecular environment, in: W.J. Blau, D. Kennedy, J. Colreavy (Eds.), Opto-Ireland 2005: Nanotechnology and Nanophotonics, SPIE-Proceedings, vol. 5824, 2005, pp.138–148.
3. *Хрипунов Г.С., Бойко Б.Т.* Гибкие солнечные элементы ITO/CdS/CdTe/Cu/Au с высокой удельной мощностью //Физика и техника полупроводников, Москва. 2004, Т. 2, №1–2, С.69-73.
4. *Джафаров М.А., Мамедова С.А.,Насиров Э.Ф.* «Фотоэлектрические свойства пленок $CdSe_{1-x}Te_x$, осажденных из водного раствора». //Bakı Universitetinin Xəbərləri, Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, 2007, №3, с.124-131.
5. *Джафаров М.А., Мехтиев Р.Ф., Мамедова С.А.* «Физические свойства пленок $CdSe_{1-x}Te_x$, осажденных из раствора» //Bakı Universitetinin Xəbərləri, Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, 2008, №4, с.97-101.

CdTe VƏ CdS NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN ALINMASI VƏ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

CƏFƏROV M.Ə., MƏMMƏDOVA S.A.

Kadmium tellurid və kadmium sulfidin yarımkeçirici xassələrinin tədqiqi aktual məsələdir. Kadmium tellurid, kadmium sulfid və silisium arasında ideal zona diaqramlı heterokeçidlərin yaradılması yarımkeçirici cihazqayırmada yeni imkanlar açır. Bu işdə kadmium tellurid, kadmium sulfid və silisium sisteminin texnoloji və bəzi fotoelektrik tədqiqatlarının nəticələri verilmişdir. Belə təbəqələrin alınması məsələsində kadmium və sinkin tiomoçevin koordinasiya birləşmələrinin (TKB) parçalanmasına əsaslanan metod fərqli nəticələr verir.

Açar sözlər: bərk məhlul, heteroquruluş, udma, tiomoçevin, fotokeçiricilik.

FABRICATION AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF CdTe AND CdS THIN FILMS

JAFAROV M.A., MAMEDOVA S.A.

The advantages of the semiconductor properties of telluride and cadmium sulfide with silicon is an urgent task, in particular, the creation of a heterojunction with an ideal band diagram between cadmium telluride, cadmium sulfide and silicon opens up new possibilities in semiconductor instrumentation. In this paper, the results of technological and some photovoltaic studies on the system of cadmium telluride, cadmium sulfide and zinc are presented. When solving the problems of obtaining such films, nontrivial results are obtained by a method based on the decomposition of thiourea coordination compounds (TCS) of cadmium and zinc.

Keywords: solid solutions, heterostructure, absorption, thiourea, photoconductivity.

UOT: 666.9-129

STRUKTUR HETEROGENLİYİNİN KOMPOZİTLƏRİN İSTİLİKKEÇİRMƏSİNƏ TƏSİRİ

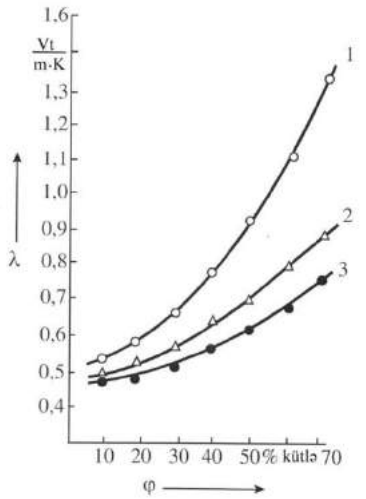
ƏLİYEV H.S.

Azərbaycan Texniki Universiteti, H. Cavid pros. 23, AZ 1073
E-mail: hikmet_2005@mail.ru

Eksperimental olaraq göstərilmişdir ki, kompozitlərdə istilikkeçirmə istilik enerjisinin doldurucunun zərrəcikləri vasitəsi ilə polimerin sərhəd təbəqəsindən daşınmaqla və polimer – doldurucu kontaktının səthinin fazaların ayırma sərhəddində termik müqavimətin qiymətinin təyin edilməsinə reaksiya qabiliyyəti ilə şərtlənir ki, bundan da son nəticədə kompozitin istilikkeçirmə xassəsi asılı olur.

Açar sözlər: polimer, istilikkeçirmə, fazalararası sərhəd, çoxfazalı sistem, makromolekul, səth halları.

Məlum olduğu kimi aşağı sıxlıqlı polietilen və müxtəlif nitrid və karbidlər (alüminium nitridi ALN, bor nitridi BN, titan nitridi TiN, karbit titanat TiC) əsasında kompozitlərin λ – istilikkeçirmə əmsalları nəzərəçarpacaq dərəcədə fərqlənir [1]. Tərəfimizdən baxılan kompozitlər arasında daha effektli istilik keçirən kompozit ASPE + BN – dir (şəkil 1).

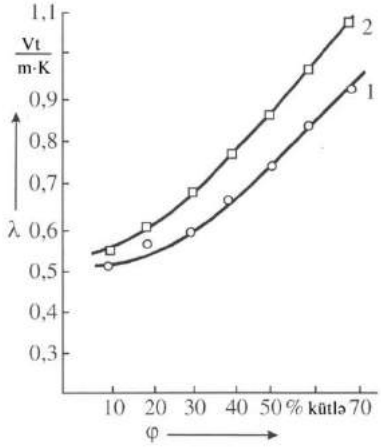


Şək. 1. ASPE – nin λ – nın metal nitrid və karbidlərinin φ – miqdarından asılılıqları. 1 – BN; 2 – Ti_3N_4; 3 – TiCN.

Göstərilən kompozitlərin λ – nın qiymətlərində olan belə müxtəlifliklər dispers mühitlə (polimer) disperqator (metal – nitrid və karbidləri) arasında fazalararası qarşılıqlı təsirlərin rolunu sübut edir. Bizim fikrimizcə, burada əsas rolu fazalararası sərhəddə gedən proseslər və həmçinin, disperqatorun hissəciklərinin səthi hallarının polimer matrisanın fiziki və kimyəvi strukturuna təsiri oynayır.

Poliolefin–metal nitridi və karbidləri kompozitlərin λ– istilikkeçirməsinin qiymətlərində olan fərq polimer fazanın, kompozitin istilikkeçirməsinin güclü asılı olduğu fiziki və kimyəvi strukturlarına doldurucunun hissəciklərinin sıxlığı və səth hallarının strukturunun təsirindən xəbər verir. λ–nın φ–nin həcm payı 30% - dən çox olduğu halda nəzərəçarpacaq dərəcədə artımını (şəkil 1) φ–nin belə qiymətlərində polimer fazanın strukturunun doldurucunun hissəciklərinin səthinin təsiri altında formalaşması effekti ilə bağlamaq olar. Bu onu göstərir

ki, polimer fazanın üst molekulyar quruluşu və fazalararsı sərhəddin seqmentləri də nəzərə alınmaqla makromolekulların kinetik vahidlərinin mütəhərikkliyi çoxfazalı sistemlərin istilikkeçiriciliyini müəyyən edir.



Şək. 2. ASPE – nin λ – nın Ti_3N_4 payından asılılığı. 1 – aramla soyudulmuş nümunələr; 2 – maye azotda soyudulmuş nümunələr.

Şəkil 2 – də ASPE və Ti_3N_4 əsasında alınmış kompozitlərin istilik keçiriciklərinin polimer fazanın kristallaşmasının müxtəlif temperatur– zaman rejimlərində alınmış asılılıqları verilmişdir. Görünür ki, maye azot mühitində souyudulan kompozitlər yavaş soyudulan kompozitlərə nisbətən daha yüksək istilikkeçiriciliyə malikdirlər. Bu onu göstərir ki, polimer fazası sferolitlər də daxil olmaqla geniş spektr üst molekulyar elementləri olan kompozitlər kiçik λ – ya malikdirlər.

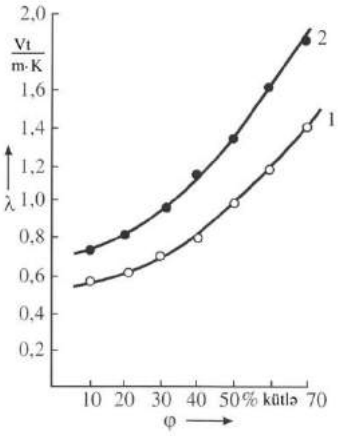
Qeyd edək ki, hissəciklər arasında polimer fazanın istilik keçiriciliyinə amorf və kristallik mikrofazaların istilik keçiriciliyinin cəmi kimi baxmaq lazımdır. Lakin, doldurucunun konsentrasiyasının müəyyən φ – qiymətində polimer faza tamamilə strukturu metal nitrid və karbidləri hissəciklərinin təsiri altında tam olaraq formalaşan səthyanı təbəqəyə çevrilə bilər. Səthyanı təbəqələrin üst molekulyar quruluşuna təsir edən əsas faktorlar - polimer zənciri ilə doldurucu arasında qarşılıqlı təsirlərin mövcudluğu və həmçinin, polimer fazanın kinetik elementləri arasında qarşılıqlı təsirlərdir. Bu faktorların kompozitlərin istilik keçiriciliyində nəzərə alınması kifayət qədər çətin məsələdir.

Disperqatorun hissəciklərinin polimer fazanın üst molekulyar quruluşuna və deməli istilik keçiriciliyinə təsirini nəzərə alan və kompozitin istilik sahəsinin təsiri altında özünü necə aparmasının izahı, həmçinin, istilik keçirən kompozit materialların alınması məqsədi ilə proqnozlaşdırma üsullarının işlənilməsinə lazım olan bu məsələnin həlli üçün onların modellərinin yaradılması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Belə modellərdə doldurucunun mexaniki xassələrə təsirinin effektivliyi polimerin payından asılıdır ki, polimer doldurucunun səthi ilə adsorbsiya qarşılıqlı təsiri nəticəsində yüksək mexaniki xassələrə malik "xüsusi plyonka" halına keçir [2]. Belə yanaşmada kompozitlər üç element və ya fazadan ibarət sistem kimi baxılmışdır: *doldurucu, fazalararası təbəqə* (xassələri bir qayda olaraq bilinmir) və *matrisa*.

Mükəmməl olmasa da yuxarıda göstərilən modelin əhəmiyyəti birinci yaxınlaşmada, kompozitlərin bəzi xassələrini qismən proqnozlaşdırmağın mümkünlüyüdür [3]. Qeyd edək ki, kompozitdə doldurucunun həcmi payı 30% - dən çox olduqda polimer faza çətin ki, doldurucu olmadıqda və ya onun az həcmdə olduğu zaman malik olduğu xassələrə malik olsun. Modelin analizindən görünür ki, yüksəkdolduruculu kompozitlər üçün əsas məsələ fazaları ayıran sərhəddin fazaların kimyəvi qarşılıqlı təsirinin və xarici texnoloji faktorların, xüsusən də elektrotermoboşalma emalının nəticəsində istilik müqavimətinin dəyişməsidir. Bunun ardınca biz istilik keçirən kompozitlərdə belə maraqlı hadisələrin bəzi aspektlərini nəzərdən keçirəcəyik. Həqiqətən də, polimer matrisa ilə kimyəvi reaksiya zamanı

disperqatorun hissəciklərinin səth halının dəyişməsinin öyrənilməsi, polimer matrisada doldurucunun məxsusi strukturlarını yaratması qabiliyyəti (fazalararası qarşılıqlı təsir), fazalararası sərhəddə komponentlərin elektrokimyəvi potensialının fərqlənməsi nəticəsində potensial çəpərin formalaşmasının mümkünlüyü və termo- və elektrotermoboşalma zamanı doldurucunun xassələrinin variasiyaları daha effektli istilik keçirən kompozitlərin işlənilməsi oblastında çox mühüm məsələlərdir.

Kompozitlərin istilikkeçirməsinin variasiyasının çox mühüm üsulunu nəzərdən keçirək: doldurucunun hissəciklərinin müxtəlif intensivlikli elektrik boşalmaları vasitəsilə emal etməklə səth halını dəyişmək yolu ilə. Doldurucunun hissəciklərinin səth halının dəyişməsi λ – istilikkeçirmə əmsalının və fazalararası sərhəddə φ_s – potensial çəpərin dəyişmələri ilə nəzarət olunur. Şəkil 3 – dən görünür ki, doldurucunun və polimerin hissəciklərinin boşalma təsiri şəraitində emal olunması λ – istilikkeçirmə əmsalının artmasına gətirir. Həqiqətən də, doldurucunun səthinin elektrik boşalması ilə aktivləşdirilməsi və əvvəlcədən elektroboşalma emalına məruz qalmış polimer fazada polyar qrupların yaranması fazalararası sərhəddə kimyəvi reaksiyanın inkişafına kömək edir və nəticədə kompozitlərin λ – istilikkeçirmə əmsalının nəzərəçarpacaq dərəcədə artmasına gətirir.

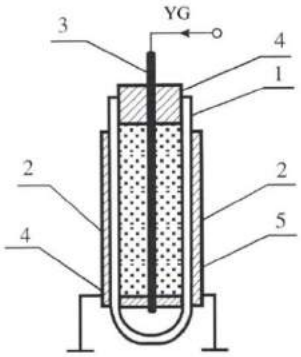


Şək. 3. λ – istilikkeçirmə əmsalının φ – dən asılılığı.
1. Kompozit: YSPE + 70% həcmi BN. BN və polimer tozları əvvəlcədən boşalma ilə emal olunmuşlar. U_e = 14 kV, emal müddəti 4 saat.

Alınmış nəticələr birinci yaxınlaşmada onu göstərir ki, doldurucunun hissəklərinin səthinin və polimerin boşalma vasitəsi ilə aktivləşdirilməsi səthin elektromənfiliyinin artması, fazalararası qarşılıqlı təsirlərin artması və fazalararası sərhəddə polimerin kinetik vahidlərinin mütəhərrikliklərinin azalması səbəbindən kompozitin fazalararası sərhəddində istilik müqavimətini azaldır.

Əvvəlcədən boşalma vasitəsi ilə emal olunmuş polimer və metal nitrid, karbid əsasında kompozitlərin istilikkeçirməsinin artması mexanizmi haqqında fərziyyələri sübut edən eksperimental nəticələri nəzərdən keçirək.

Qeyd etmişdik ki, kompozitlərdə istilikkeçirməyə təsir edən polimer fazanın struktur heterogenliyini daha ətraflı aşkar etmək üçün ASPE tozları əvvəlcədən müxtəlif intensivlikli elektrik boşalmaları vasitəsi ilə emal edilmiş, sonradan onlar əsasında BN və ALN – doldurucularından istifadə etməklə kompozitlər alınmışdır. Həmçinin qeyd edilmişdir ki, elektrik boşalmasının təsiri altında PE – də oksidləşmə - destruktiv proseslər intensiv inkişaf edir ki, bu da polimerin makromolekulunda polyar qruplar yaranmasına gətirir: C = O; - C – O – C -; - OH və s. Bu isə öz növbəsində fazalararası sərhəddə qarşılıqlı təsirin artmasına, fazalararası təbəqənin strukturunun və deməli λ – in dəyişməsinə gətirməlidir. ASPE – tozunun emalı şəkil 6.4 – də göstərilmiş qaz boşalması reaktorunda aparılmışdır.

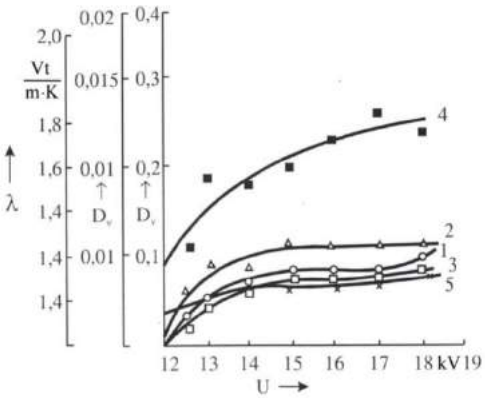


Şək. 4. Qaz boşalması reaktorunun sxemi: 1 – diametri 15 mm divarlarının qalınlığı 1 mm olan kvars probirkanın səthinə yerlə birləşdirilmiş 2–elektrodu çəkilmişdir; elektrodların eyni istiqamətdə yönəlməsini və onların izolyasiyasını təmin edən 2 mm diametri olan 3 – yüksəkvoltlu elektrod 4 – kvars vtulkasından probirkaya salınmışdır; 3 – elektrodu ilə probirkanın daxili səthi arasında boşluq 5 – polimer tozu ilə doldurulur. Elektrik boşalması yüksəkvoltlu elektrod – tozla doldurulmuş hava aralığı – kvars divar – yerlə birləşdirilmiş elektrod sistemində yaranır.

Elektrik boşalması hava mühitində P – nin müxtəlif qiymətlərində yaranır. Boşalmanın intensivliyi reaktora tətbiq edilmiş gərginliyin amplitudunun və emal müddətinin dəyişməsi ilə variasiya edilmişdir. Emal müddəti 7 saata kimi dəyişdirilmişdir. Boşalmanın gücü reaktorun volt – kulon xarakteristikasına görə təyin edilmişdir.

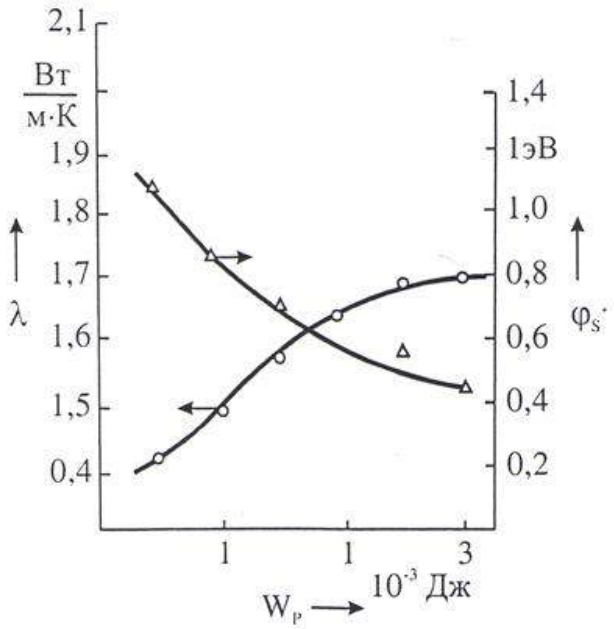
Emal şəraitlərinin əsaslandırılmış seçimi üçün yuxarıda göstərilmiş polyar qrupların (C = O; - C – O – C - ; - OH) intensivliyinin və kompozitlərin istilikkeçirməsinin U_e və t_e – dan asılı olaraq dəyişməsi qiymətləndirilməlidir. Hər bir bu qrupun poliolefin kompozitlərin istilikkeçiriciliyinin dəyişməsində rolu tərəfimizdən öyrənilmişdir [4] və polyar oksidləşmə əsasən də C = O, C – O – C və OH qruplarına uyğun gələn $\lambda = f(U_e)$ və $\nu = f(U_e)$ asılılıqları arasında müəyyən korrelyasiya müəyyənləşdirilib (şəkil 5).

Bu nəticələr disperqatorun hissəciklərinin səthinin aktivasiyasının aşağıdakı sxemini fərz etməyə imkan verir. Əvvəlcə boşalmanın ayrı – ayrı mikroboşalmaların kanallarının ionlaşma zonalarından daxil olan aktiv məhsullarının doldurucunun hissəciklərinin səthi ilə qarşılıqlı təsir proseslərini nəzərdən keçirək. Doldurucunun hissəcikləri ilə yüksəkvoltlu elektrodun arasında qalan qaz mühitində havanın molekullarının ionlaşması baş verir. Yaranan aktiv hissəciklər bir – biri ilə reaksiyaya girir və deməli kimyəvi aktiv ionlar və birləşmələr yaradır, məsələn, CO_3^-, NO^+, NO_2^+, O_2^+, N_2^+, H_2^+ və onların hidratları, sonradan bu məhsullar doldurucunun hissəciklərinin səthini aktivləşdirir.



Şək. 5. İstilikkeçirmə əmsalının (λ) və optik sıxlığının (D_v) U_e – dən asılılıqları: t_e = const. 1 – (- C – O – C -); 2 – (C = C); 3 – (C = O); 4 – (OH); 5 – istilikkeçirmə λ.

Hissəciklərin səthinin elektromənfiliyi oksigenin atom və molekullarının və mənfi yüklənmiş oksigenli qaz molekullarının boşalma zonasından daxil olması zamanı adsorbsiya hesabına arta bilər.



Şək. 6. ASPE + BN kompozitinin λ və φ–nin boşalmanın emal enerjisindən (W_b) asılılığı.

Həm polimerin və həm də doldurucunun hissəciklərinin səthlərinin aktivasiyası sərhəd fiziki – kimyəvi proseslərini gücləndirir və λ – nı nəzərəçarpacaq dərəcədə artırır (şəkil 3). Boşalma vasitəsi ilə aktivləşdirilmiş komponentlər arasında fazalararası qarşılıqlı təsirin nəticəsində istilik enerjisi üçün daha keçici sərhəd fazasının yaranmasını, fazalararası sərhəddə potensial çəpərin φ - qiymətinin və λ – nın boşalma emalının enerjisindən (W_b) asılılığının dəyişməsi qanunauyğunluğu şəkil 6-da göstərilmişdir.

Görünür ki, W_b – nin artması ilə φ - qiyməti azalır, λ – isə artır, yəni, ASPE + BN kompozitində λ ilə φ – arasında qarşılıqlı əlaqə müşahidə olunur. Polimerdə doldurucunun məxsusi strukturlar yaratmaq qabiliyyəti fiziki – kimyəvi, əsasən də, termomexaniki xassələrə kifayət qədər təsir edir ki, bu xassələr də kompozitlərin istilik xassələrinin proqnozlaşdırılmasının başlıca göstəricilərindəndir. Hissəciklərin səthinin bu qabiliyyəti polimerofillikdən – səthi enerjinin qiyməti və elektroboşalma emalı vasitəsi ilə nizamlanan kimyəvi təbiətindən asılıdır. Həqiqətən də, polimerlərin qeyri – üzvi doldurucuların hissəcikləri ilə qarşılıqlı təsiri haqqında mövcud olan təsəvvürlər dolayısı yolla alınmış, məsələn, termomexaniki və istilik-fiziki tədqiqat üsullarına əsaslanır.

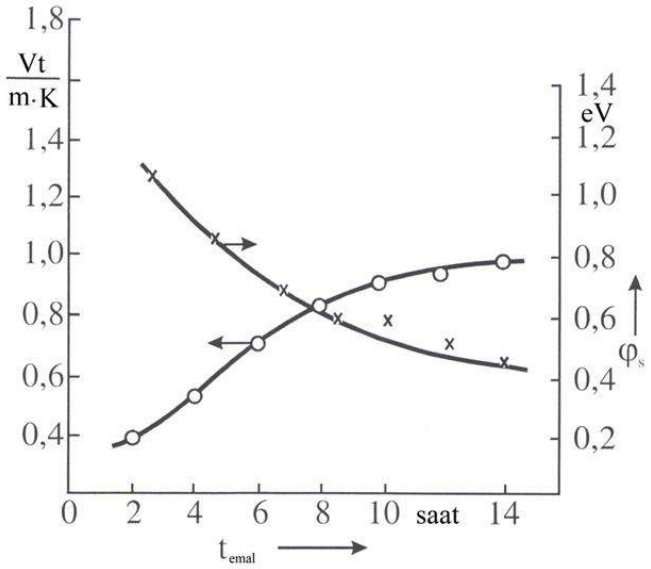
ASPE - əsasında kompozitlərdə temperatur keçidlərinin tədqiqi də göstərir ki, bu kompozitlərdə yüksək elastiki hal oblastı doldurucunun tipindən müəyyən asılılıqdadır. ASPE – nin makromolekulları və doldurucu arasında maksimal qarşılıqlı təsir ASPE-ni BN – hissəcikləri ilə disperqasiya etdikdə alınır ki, bu da zəncirlərin mütəhərrikliyinin məhdudluğundan, onların elastikliyinin hissəciklərin səthi ilə əlavə əlaqələrin yaranması və ya doldurucunun təsiri altında makromolekulların konformasiyasının dəyişməsi nəticəsində ekvivalent azalmasından xəbər verir. Bu effekt komponentləri boşalma ilə emal olunmuş kompozitlər üçün güclənir.

Doldurucunun hissəciklərinin səthinin aktivlik və YSPE – nin makromolekullarının polyarlıq əldə etmələri ilə həm həcmdə və həm də fazalararası sərhəddə, onların emalı və boşalma təsiri altında proseslərin getməsi şərtlərində baş verən dəyişikliklər özünü YSPE + 70% kütlə BN kompozitin mexaniki yaşama müddətinin dəyişməsində (τ_0) göstərir.

Göründüyü kimi, disperqator və polimer matrisanın əvvəlcədən boşalma ilə emal edilməsi onlar əsasında alınmış YSPE + BN kompozitin mexaniki möhkəmliyini nəzərəçarpacaq dərəcədə artırır. Mexaniki yaşama müddətinin belə artmasını əsasən, polimer – BN fazalararası sərhəddə əlaqə enerjisinin artması ilə izah etmək olar. Beləliklə, poliolefinlər və metal nitrid – karbidləri kompozit sistemləri üçün fazalararası sərhəddə kimyəvi əlaqənin yaranması mümkündür və bu istilik enerjisinin doldurucunun hissəcikləri ilə kompozitin polimer fazasından daşınmasında başlıca faktor olacaqdır. Ona görə də poliolefinlər əsasında yüksəkeffektli istilik keçirən kompozitlərin işlənilməsi zamanı disperqatorun hissəciklərinin səthinin aktivləşməsinə və fazalararası sərhəddə əlaqə enerjisinin və molekullararası qarşılıqlı təsirlərin və deməli ÜMQ – ün artmasına gətirən polimer matrisanın oksidləşməsinə nail olmaq lazımdır.

Lakin, disperqatorun hissəciklərinin aktivləşmə dərəcəsinə və fazaların ayrılma sərhəddinin vahid səthinə düşən kimyəvi əlaqə sayına görə konkret eksperimental nəticələr almaq çox çətindir. İndiyə kimi mövcud olan kompozit modellərində polimer matrisada disperqatorun məxsusi strukturlarının yaranması faktı çox zəif müzakirə olunmuş və buradan da bu strukturların kompozitin istilikkeçirməsinə təsiri nəzərə alınmamışdır. Doldurucunun səthi enerjisinin qiyməti polimer matrisanın səthyanı təbəqələrinin və onların strukturunun formalaşması prosesində polimerin makromolekulları ilə qarşılıqlı təsirə girmək qabiliyyətini xarakterizə edir. Elektroboşalma emalı prosesində doldurucunun hissəciklərinin səthinin aktivləşmə enerjisinin artması zamanı onun islatması yaxşılaşır, boşalma təsiri şəraitində oksidləşən matrisanın doldurucuya adgeziyası artır və fazalararası sərhəddə istilik enerjisinin səpilməsi dərəcəsi azalır ki, bu da özünü istilikkeçirmənin artmasında göstərir.

Şottki nəzəriyyəsinə görə YSPE – AlN və TiC kompozitində fazalararası sərhəddə potensial çəpərin φ_s – hündürlüyü ayrı – ayrı komponentlərin çıxış işindən nəzərəçarpacaq dərəcədə asılı olmalıdır. BN, AlN və TiC-lə disperqasiya olunmuş YSPE əsasında kompozit üçün stasionar cərəyanın gərginlikdən və temperaturdan asılılığının analizindən fazalararası sərhəddə potensial çəpərin φ_s – hündürlüyü təyin edilmişdir və bu qiymət yuxarıda göstərilən kompozitlər üçün uyğun olaraq: 0,67; 0,64; 0,68 eV olmuşdur. Əgər nəzərə alsaq ki, φ_s – nə qədər kiçik olarsa fazalararası sərhəddə kimyəvi əlaqələrin sayı və deməli, fazalararası qarşılıqlı təsir bir o qədər çoz olacaq, onda, kompozitin φ_s və λ – arasında qarşılıqlı təsiri haqqında əminliklə demək olar [5]. φ_s – in kiçik olması sərhədlərin kiçik istilik müqavimətinə və deməli, kompozitin istilikkeçirməsinin yüksək qiymətinə uyğun gəlir (şəkil 7).



Şək. 7. İstilikkeçirmə əmsalının (λ) və potensial çəpərin hündürlüyünün (φ_s) emal müddətindən asılılığı.

Beləliklə, 6 və 7 şəkillərində göstərilən eksperimental nəticələr poliolefin və metal karbid və nitridləri əsasında kompozitlərin istilikkeçirməsini göstərir ki, bu da polimer fazanın üst molekulyar strukturu, molekullararası və fazalararası qarşılıqlı təsirlərlə təyin olunur. Fazalararası sərhəddə potensial çəpər sərhəddə gedən proseslərə həssas parametrdir və heterogen strukturların istilikkeçirməsi proqnozlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər.

---

1. *Алиев Х.И., Кулиев М.М., Исмайилова Р.С.* Влияние барьерного разряда на стабильность электретного состояния полиэтилена высокой плотности. ЭОМ, 2016, 52(5), 81-85.
2. *Алиев Х.С., Кулиев М.М.* Диэлектрическая проницаемость композитов ПЭВП/ TlInS2. Шестая Всероссийская Каргинская Конференция «Полимеры -2014» Том II. Сбор.докладов.В 2 частях. Часть вторая/стр.785. МОСКВА. 2014 г.
3. *Aliyev H.S.*, Influence of electric discharge processing of polyethylene on heat conductivity,electric and mechanical durabilities of composites on its basis. МОСКВА, Министерство Образования и Науки РФ,XV Международная Научно-Техническая Конференция.“Наукоемкие химические технологии-2014” (22 - 26 сентября 2014 г. Сбор. докладов. стр. 238-239.
4. *Aliyev H.S., Quliyev M.M.* Effect of Barrier Dicharge on Stability of Electret State of high –Density Polyethylene. Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2016, 52(5).P. 494-498.
5. *Рычков А.А., Трафинов С.А., Кузнецов А.Е., Соснов Е.А., Рычков Д.А., Малыгин А.А.* Ввлияние химического модифицирования поверхности полиэтилена высокого давления на его электретные свойства. Ж. Прикл. химии, 2007, т.80, №3, 463-467

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ГЕТЕРОГЕННОСТЕЙ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТОВ

АЛИЕВ Х.С.

Эксперименты показано, что теплопроводность в композитах обуславливается переносом с помощью частиц наполнителя тепловой энергии из пограничного слоя полимера и реакционной способностью определения значения термического сопротивления на границе раздела фаз поверхности контакта полимер – наполнитель. И в заключении от этого зависит свойства теплопроводности композита.

Ключевые слова: полимер, теплопроводность, гранича раздела фаз, многофазная система, макромолекула.

INFLUENCE OF STRUCTURAL HETEROGENEITY ON COMPOSITE HEAT CONDUCTIVITY

ALIYEV H.S.

The experiments showed that the thermal conductivity in the composites is caused by the transfer of thermal energy from the polymer boundary layer using particles of the filler and the reactivity of determining the thermal resistance at the interface of the polymer-filler contact surface. And in conclusion, the thermal conductivity of the composite depends on this.

Keywords: polymer, thermal conductivity, interface, multiphase system, macromolecule.

УКД 539.2

POLİMER NANO SE ƏSASLI KOMPOZİTİN QURULUŞ VƏ ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİNƏ OPTİK ŞÜALANMANIN TƏSİRİ

NƏSİROVA A.Ş.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
Azərbaycan, Bakı, AZ1010, Azadlıq pr., 20
Email: aysel.nasirova@asoiu.edu.az

Məqalədə müxtəlif polimer materiallardan matrisası və fotohəssas nano yarımkeçiricilərdən qatqısı olan polimer-nano yarımkeçirici kompozitlərin elektrik keçiriciliyinə işığın təsiri tədqiq edilib. Alınmış təcrübi nəticələrin müqayisəli təhlili nəticəsində müşahidə olunan asılılıqların fiziki mahiyyəti aydınlaşdırılıb.

Açar sözlər: kompozit, polimer, nanomaterial, yarımkeçirici.

Üzvi və qeyri–üzvi materiallarda olduğu kimi, polimer–nano yarımkeçirici kompozitlərdə də elektrik keçiriciliyinin yaranmasında həlledici rol onayan əsas amil materialın növündən asılı olmayaraq müxtəlif tip elektron keçidləri hesabına materialın keçirici zonasında sərbəst elektronların əmələ gəlməsidir. Ona görə də polimer əsaslı və fotohəssas yarımkeçirici qatqılı müxtəlif kompozitlərdə elektrik hadisələrinin başvermə mexanizmini müəyyənləşdirmək üçün həmin materialların müxtəlif şəraitlərdə elektrik xassələrinə işığın və injeksiyanın təsirini ətraflı tədqiq etmək məqsədəuyğundur.

Təqdim olunan bu işdə polimer-nano Se kompozitində müxəlif xarici şəraitlərdə elektrik keçiriciliyinə işığın təsirinin xüsusiyyətlərinin eksperimental tədqiqi zamanı bizim tərəfimizdən alınmış nəticələr və onların keyfiyyətcə elmi müzakirəsi təqdim olunur. Tədqiq etdiyimiz kompozitlərdə matrisa olaraq üç müxtəlif polimer materialdan- yüksək sıxlıqlı polietilendən (YSPE), polipropilendən (PP) və polivinildenftoriddən (PVDF) istifadə edilmişdir. Polimer fazasının (matrisanın) hər üçünün qadağan olunmuş zonasının eninin qiyməti kifayət qədər böyük olduğu üçün ($\geq$10eV) həmin kompozitlərin hər biri elektrik keçiriciliyi yüksək olmayan (çox böyük xüsusi elektrik müqavimətinə malik olan) materiallardır.

Bu polimerlərin elektrik keçiriciliyi onlarda sərbəst yükdaşıyıcıların (elektronların) müxtəlif yolla sərbəstləşməsi-valent zonadan keçirici zonaya, kvazi-qadağan olunmuş zonadakı lokal enerji səviyyələrindən keçirici zonaya və valent zonadan kvaziqadağan olunmuş zonadakı boş lokal enerji səviyyələrinə keçməsi, eləcə də müxtəlif xarici təsirlərlə yaradılmış müxtəlif tip (sərbəst və ya bağlı) eksitonların dissosiasiyası hesabına yaranır.

Təcrübi olaraq hər bir polimer–nano Se kompozitinin qaranlıqda və işıqlandırıldığı haldakı volt–amper xarakteristikaları ölçülmüşdür.

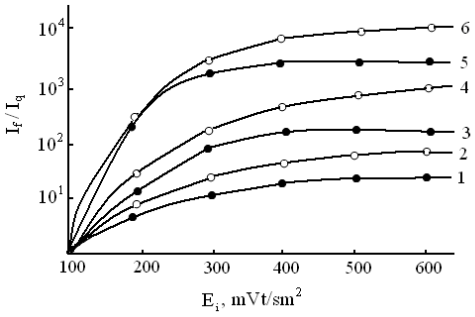
Aydınlıq üçün qeyd etmək lazımdır ki, tədqiq olunan kompozitlərin hər birinin volt–amper xarakteristikasını öyrənərkən aşağıdakı parametrlər optimallaşdırılmışdır:

- fotohəssas yarımkeçiricinin (Se – in) kompozitdəki həcmi payı (Φ,%);
- kompozitin polyarlaşma müddəti (t_p,san);
- polyarlaşma şəraitində kompozitə tətbiq olunmuş xarici elektrik gərginliyi (U_p,V);
- polyarlaşma zamanı nümunənin səthinə düşən işığın intensivliyi (E_i, mVt/sm^2).

Ölçmələrdən alınmış nəticələrinin təhlili əsasında müəyyənləşdirilmişdir ki, həmin bu kəmiyyətlərin optimal qiymətləri uyğun olaraq aşağıdakı kimidir: Φ=(30 – 60) % həcmi; t_p=(0,25 – 0,5)saat; U_p=(20 – 150)V; E_i=(200 – 400) mVt/sm^2.

İşığın təsiri davam etdiyi şəraitdə tədqiq etdiyimiz nümunələrin volt – amper xarakteristikalarının ölçülməsi və onun (nümunənin üzərinə düşən işıq dəstəsinin) intensivliyinin optimal qiymətinin seçilməsi üçün $I_f/I_q=f(E_i)$ asılılığı qurulmuş və bu asılılığın

qurulmuş qrafikinə əsasən aşkar edilmişdir ki, I_f/I_q nisbəti E_i-dən asılı olaraq əvvəlcə kəskin artır, sonra isə ($E_i \geq 400mVt/sm^2$ olduqda) tədricən sabitləşməyə başlayır. (şək.1.)



Şək.1. Müxtəlif kompozitlərdə I_f/I_q nisbətinin işığın intensivliyindən asılılığı.
1.YSPE – Se; 2. PP – Se; 3. PP –Se; 4. PVDF –İnSe ; 5. F42 –İnSe;
6. F42 – Se; U=10V T=300K.

Kompozitdəki işığahəssas yarımkeçirici fazanın (Se-nin) optimal həcmi payını seçərkən isə $I_f/I_q=f(\Phi)$ asılılığı nəzərə alınmışdır. Əldə olunan nəticələr göstərmişdir ki, PVDF – nano Se kompozitləri üçün Φ – in optimal qiyməti 30 – 60% həcmi intervalında dəyişir.

Müqayisə üçün PVDF matrisalı və fotohəssas nano-ZnS qatqılı kompozitdə də eyni ölçmələr aparılmışdır. Bu təcrübi ölçmələrdən alınmış nəticələr göstərmişdir ki, $I_f/I_q=f(\Phi)$ asılılıqlarında müşahidə olunan maksimum, kompozitin tərkibindəki fotohəssas yarımkeçirici fazanın materialından da əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır.

İlk yanaşmada belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, tədqiq olunan kompozitlərdəki fazalararası potensial çəpərin hündürlüyü I_f/I_q- nin qiymətinə əhəmiyyətli dərəcə təsir göstərir. Bu maraqlı və mürəkkəb mexanizminə malik olan aslılığın fiziki mahiyyətini müəyyənləşdirmək üçün polimer matrisa kimi dielektrik nüfuzluğu *(ε)*, xüsusi həcmi elektrik müqaviməti *(R_v)* müxtəlif, lakin təbiətcə bir–birinə yaxın olan polimerlərdən (YSPE, PP və PVDF –dən) istifadə edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, $I_f/I_q=f(\Phi)$ asılılığındakı maksimumlara uyğun gələn həcmi payı polimer matrisanın materialından asılı olaraq kəskin dəyişir.

Deməli, həm qeyri-üzvi, yəni yarımkeçirici faza və həm də polimer matrisa I_f/I_q parametrinə kəskin təsir edir. Belə ki, polimer matrisanın dielektrik nüfuzluğunun qiyməti böyük olduqca I_f/I_q parametri qiymətcə yüksək, həcmi pay baxımından isə kiçik olur.

Apardığımız ölçmələrdən əldə olunmuş eksperimental nəticələrin müqayisəli təhlili göstərir ki, $I_f/I_q=f(U)$ asılılığı eksterimal xarakterlidir. Bu asılılığın eksterimal qiymətə uyğun gərginliyinin qiyməti isə kompozitin tərkibindəki Se-nin həcmi payından asılıdır və Se-nin həcmi payı artdıqca $I_f/I_q=f(U)$ asılılığının maksimal qiymətə uyğun gərginliyi kiçik qiymətlərə tərəf dəyişir.

Eyni zamanda bu tədqiqatlar zamanı həm də aşkar edilmişdir ki, qeyri–üzvi fotohəssas nano yarımkeçirici qatqı və polimer matrisadan ibarət kompozit materiallar müəyyən rejimdə yalnız temperaturun təsiri şəraitində kristallaşarsa, onda həmin kompozit materialların fotokeçiriciliyi (eləcə də digər fotoelektrik xassələri) kəskin fərqlənmir. Fikrimcə bu mühüm və həm də başvermə mexanizmi kifayət qədər mürəkkəb olan effekt fotokeçiricilikdə polimer fazanın (matrisanın) mühüm rolunun olmasının göstəricisidir.

NƏTİCƏ

Tədqiq olunan polimer matrisalı nano Selen (və ya İnSe) işığahəssas komponentli kompozitlərdə fotorezistiv effektinin yaranmasının başlıca səbəbi daxili fotoeffekt (fotokeçiricilik) nəticəsində yaranmış sərbəst yükdaşıyıcılarının tətbiq olunan elektrik sahəsinin və fazalararası sərhəddəki potensialın birgə təsiri şəraitində köçürülməsidir.

Polimer – fotohəssas nano yarımkeçirici (Selen və ya İnSe) kompozitində xarici elektrik sahəsinin və işığın birgə təsiri şəraitində meydana gələn potensiallar fərqi tətbiq olunan xarici gərginliyi kompensasiya edərək elektrikkeçiriciliyinin optik sönməsini yarada bilər.

1. *Абрамов В.Н., Пожидаев Е.Д., Тютнев А.П., Саенко В.С., Ванников А.В.* Подвижность носителей заряда в полимерах // Высокомолекулярные Соединения А, 1987, т. 29, № 2, с. 260 – 264.
2. *Алешин А.Н.* Транспорт носителей заряда в проводящих полимерах на металлической стороне перехода металл – диэлектрик // ФТТ, 2010, т. 52, в.11, с.2162 – 2184.
3. Аморфные и поликристаллические полупроводники / Под ред. В.Хейванга. М.: Мир, 1987, 158 с.
4. *Ванников А.В.* Органические полимерные светоизлучающие устройства //Российский химический журнал, 2001, т. XLV, № 5 – 6, с. 41 – 50.
5. *Scott J. C., Pautmeier L. Th., Moerner W. E.* Photoconductivity studies of photorefractive polymers //JOSA B, 1992, v. 9, No 11, p. 2059 – 2064.
6. *Галиханов М.Ф., Борисова А.Н., Дебердеев Р.Я.* Изменение электретных характеристик полимерных композиций при переработке их в изделия // Журнал прикл. химии, 2005, т. 78, в. 5, с. 836 – 839.
7. *Дувакина Н.И., Ткачева Н.И.* Выбор наполнителей для придания специальных свойств полимерным материалам // Пласт. массы, 1989, № 11, с. 46 – 48.
8. *Ельцова А.В.* Светочувствительные полимерные материалы. Л.: Химия, 1985, 296 с.

ВЛИЯНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ СВОЙСТВО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕР НАНО-SE

НАСИРОВА А.Ш.

Использование наполнителей позволяет изменять механические, электромагнитные, физико-химические характеристики исходного полимера, а, в ряде случаев, и снижать стоимость конечного композита по сравнению со стоимостью полимера за счет использования более дешевого, чем полимер. Особый класс полимерных композиционных материалов представляют полимерные нанокомпозиты. В качестве добавки к полимерной матрице в них используются различные как по химическому составу, так и морфологии отдельных элементов наполнители. Отличительной особенностью данных наполнителей является размер составляющих их элементов (частиц, пластин, волокон и т. д.), который преимущественно должен быть менее 100 нм. В качестве наполнителя использовался Се.

Ключевые слова: композит, полимер, наноматериал, полупроводники.

EFFECT OF OPTICAL RADIATION AT THE STRUCTURE AND THE PHYSICAL PROPERTY OF THE POLYMER-BASED NANO-SE COMPOSITE

NASIROVA A.S.

Using fillers can change the mechanical, electromagnetic, physical and chemical characteristics of the original polymer, and, in some cases, and reduce the cost of the final composite, as compared with the cost of the polymer through the use of a cheaper than the polymer. A special class of polymer composites are polymer nanocomposites. As an additive to the polymer matrix are used in a variety of both chemical composition and morphology of individual elements excipients. The distinctive feature of these fillers is the size of the constituent elements (particles, plates, fibers), which preferably should be less than 100 nm. I use element- Se.

Keywords: composite, polymer, nanomaterial, semiconductor.

UOT 629.5-029:62

FTORPLAST-4 ƏSASLI KOMPOZİSİYANIN TRİBOTEXNİKİ XASSƏLƏRİNİ YAXŞILAŞDIRMAQ MƏQSƏDİ İLƏ DİSPERS DOLDURUCULARIN İSTİFADƏSİNDƏ MEXANİKİ XASSƏLƏRİN TƏSİRİNİN ASILILIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ

[1]RƏHİMOVA A.Ə., [2]MƏMMƏDOV Ç.M.

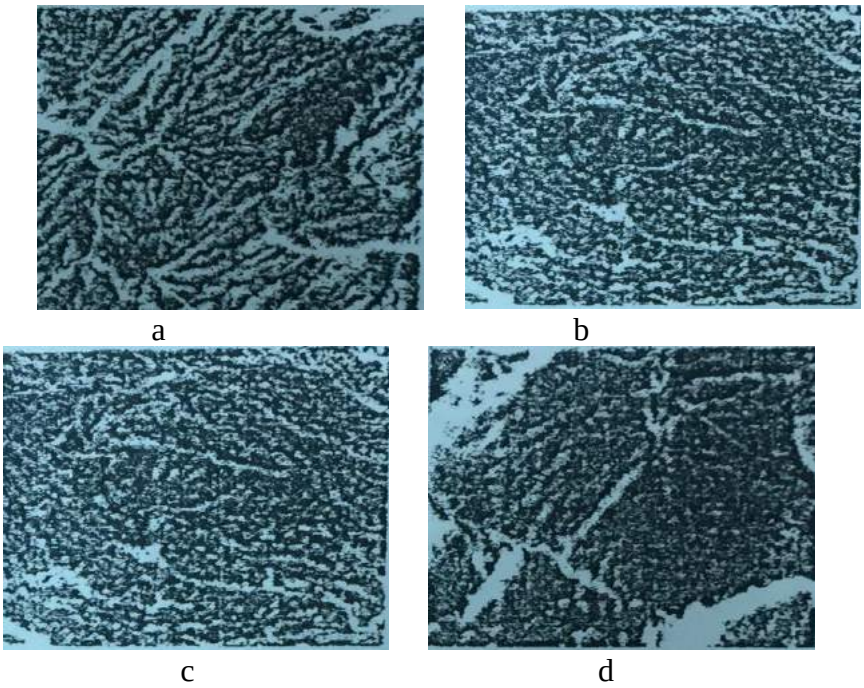
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
Bakı şəh, Azadlıq pr ,16/21
ragimova.adila@mail.ru
chingiz.mamedov2018@inbox.ru

Məqalədə ftorplast-4 əsaslı kompozisiya materiallarının dispers doldurucular əlavəsi ilə onun, sürtünmə əmsalının kiçik, kimyəvi xassələrinin davamlı və mexniki xassələrinin yüksək olması göstərilir. Sıxılma zamanı möhkəmlik həddi nisbətən böyük olan və daha yüksək sürətlərdə işləyə bilən ftorplast əsaslı kompozisiyaların yaradılması tətbiqi çox böyük əhəmiyyət daşınması və ftorplastlara möhkəmləndirici kimi müxtəlif dispersli doldurucular əlavə etməklə ən effektli kompozisiya materialları ölçüsü 50-150 mkm olan qrafit, molibden-disulfit olması müşahidə edilmişdir.

Açar sözlər : ftorplast-4, doldurucu, dispers, kompozisiya, xassə, polimer.

Antrifriksion əlavələr daxil olunan materiallara əsasən təbəqəli anizotrop quruluşa malik olan doldurucular,(qrafit moliden-disulfid şüşə koks və s.) frorplast-4 -ə maye və ya plastik sürgü materialı kimi daxil edilir. Dolduruculara miqdarı və tipi materialın tətbiq olunan şəraitindən və sahəsindən (temperatur, yük, sürüşmə sürəti xarici mühit və s.) asılı olaraq müəyyən edilir. Ən effektli nəticələrdən olan qrafit və molibden – disulfid doldurucu əsasında kompozisiya materialı sayıla bilər.

Şəkil 1-də Ftorplast-4 bərk olmayan saplaqlar şəkilində olması istismar zamanı nun



Şəkil 1. Ftorplast-4-ün molekul üstü strukturu
a-təmiz ftorplast, b-qrafit, c-molibden, d-disulfid.

üst qatının intensiv deformasiya və yeyilmə intensivliyini artırmış və nümunələrin molekul kütləsi (1.5-5)x10^5 nümunələr istehsal etmək mümkündür.

Ftorplast– 4- ün sürtünmə əmsalı (statik və dinamiki) kiçik olduğundan sürtünən düyünlərdə geniş istifadə imkanına malikdir. Ancaq ftroplastın bərkliyinin az olması istismar zamanı onun üst qatının intensiv deformasiya və yeyilmə intensivliyini artırmış və eləcə də istilik keçiriciliyinin az olması sürtünmə prosesində səthin temperaturunu artırır və bu da sürtünmə əmsalının və yeyilmə intensivliyinin yüksəlməsi müşahidə edilir. Bu da öz növbəsində göstərilənlərə əsasən detalların tez sıradan çıxması ilə nəticələnə bilir. Bu səbəbdən də ftorplastın tribotexniki və s. xassələrini yaxşılaşdımaqdan ötrü ona müxtəlif dispers doldrucular əlavə olunmaqla ftorplast-4 əsaslı kompozisiya materialının yaradılması mümkünlüyünü göstərmək olar.

Nəticə etibarı ilə ən yaxşı antifriksion bitişmə müstəvisi üzrə böyük sahədə polyar qruplar olur ki, bunlar bitişmə müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə üyüdülmə zamanı hissəciklərin qırılmasından əmələ gəlir və kiçik sahəyə malik ovuntulara sahib olur.

Cədvəl - 1

Ftorplast-4-ün fiziki mexaniki tribotexniki xassələri

Plastik kütlənin adı	Sıxlığ P q/sm3	Elastiklik Modulu E	Dartılmada möhkəmlik həddi σ m.s mPa	(PV) Max MPa	Bərklik H MPa	Nisbi uzanma E %	İşçi Diaqramıc	Yağsız Sürmə əmsalı δ	Təzyiq P MPa	Sürət V,m/san
Ftorplast-4	2.18	410	20	0.026	35	470	0.04	0.04	0.7	0.5

Göstərilənləri nəzərə alaraq texnoloji avadanlıqlarda quru sürtünmə və ya zəif yağlama şəraitində nisbətən (≥3 m/c yüksək sürətlə işləyən kipləşdiricilərin hazırlanması üçün ftorplast–qrafit kompozisiyalarının işlənməsi üçün ilkin komponentlərin fraksiya tərkibinin kompozisiyanın mexaniki xassələrinə təsiri öyrənilməsi mütləqdir. Bu səbəbdən də aşağıda göstərilənləri nəzərə alaraq kompozisiyanın hazırlanması üçün istifadə olunan materiallar : ftorplast və qrafit götürülür. Hər ikisi ovuntu halında alınmış olur.

Qeyri adi xassəli polimerlərdən sayıldığı dağıdıcı mühitə qarşı dayanıqlığı yüksək olan dielektrik göstəricilərinə genis temperatur həddində 260°C sabit mexaniki xassə ilə xarakterizə olunur. Məhlul emal üsulları ilə çətin emal edilir və bu da onunla izah edilir ki ftorplast-4ün axma özlülük vəziyyətinə keçirmək mümkün deyil, çünki onun ərimə və parçalanma temperaturları çox yaxındır. 415°C dən başlayaraq polimerin qaz şəkilli maddələrin əmələ gəlməsi ilə intensiv parçalanması baş verir. Bu səbəbdəndə ftorplast-4ün emalı üçün ərimə üsulundan istifadə edilir.

Emal prosesi aşağıdakı mərhələlərdən keçir;

a) tozvari emala hazırlanması

b) hazırlanmış yarımməhsulun soyuq preslənməsi

c) qızdırmada yapışdırma (спекание) soyudulma dəzgahında emal

Cədvəl-2 dən göründüyü kimi ftorplast ovuntusunun dipersliyi 200 mkm-dan artıq və qrafitin dispersliyi isə əsasən 0.05-5.0 mkm olunmaqla ftorplasta nisbəttə xeyli yüksək olur. Bu da şixtə materialı hazırlayarkən və qrafitdən fraksiyalara ayrılmış və disperslikdən effektli istifadə oluna bilir.

Xüsusi qarışdırma üsulu ilə şixtə materialı hazırlanır. Bu laboratoriya şəraitində əl ilə xüsusi qarışdırma üsulu ilə aparılması mümkündür. Ftorplast kompozisiyasının hər birindən, qrafitin kütlə (9,0,16,6,23,30,35) faizi götürülür və şixtələr hazırlanır. Həmin şixtələrdən də (55x10x10 mm ölçülü prizmatik) nümunələr (10x10x10) ölçüdə doğranılıb sınaq maşınında sıxılmaqla

möhkəmliyi öyrənilir. Ftorplast kompozisiyasının hər birindən, qrafitin kütlə faizi götürülür, şixtələr hazırlanır və nəticədə kompozisiyaların mexaniki xassələrə təsiri öyrənilmək olur.

Cədvəl–2

Ftorplast - 4 və qrafitin tərkibi

Kompozisiyanın dispersliyi 50 mkm olan ftorplast-4 fraksiyasının tökülmə sıxlığını aşağı olduğundan texnoloji proseslərə onun aparılması mümkün olmadığı üçündə ölçüsü 50-

Ftoroplast-4		Qrafit	
Hissəciklərin ölçüsü, mkm	Hissəciklərin kütlə miqdarı %	Hissəciklərin ölçüsü , mkm	Hissəciklərin kütlə miqdarı, %
1600-2000	9	5-10	0.9
200-1000	85,5	1-5	2.5
50-150	5,0	0,5-1	4.1
50	1,0	0,05-1	92.0
--	--	0,05	0,5

150 mkm ftorplast ilə mümkün olmuşdur.

Cədvəl 3-dən göründüyü kimi kompozisiyalara əlavə, dispersliyi 50-150 mkm olan ftorplast-4 əsasında 30 % qrafit olan şixtə hazırlanıb sınaqlar aparılmış və göstərilmişdir ki, sıxılma zamanı 22,6–24,2 MPa möhkəmlik həddi ətrafında almaq olur.

Nümunələrin mikroquruluşunun yoxlanılmasından sonra nəticələrin aşağı olması aşkar etmək olur. Müşahidələr zamanı müəyyən etmək olar ki, bişirildikdən sonra qrafit hissəcikləri polimer matrisada bircinsli yayılmışdır və belə nəticədə şixtə tərkibində qrafitin kütlə faizi artması zamanı əl ilə qatışdırılmada tam hemogen sistemin alınmasının çətinləşməsi göstərir ki, çatışmazlıqlar spesfik vəziyyət üçün xüsusi qarışdırıcının hazırlanması lazım gəlir. Bu səbəblərdə xüsusi qarışdırıcılardan istifadə etdikdə şixtə qrafitin faizlə kütlə miqdarı 10%-dən 35%-ə kimi artması şixtə əsasında nümunələr hazırlamaq mexaniki xassələr müşahidə edilmişdir. Bərklik 70-100 MPa, sıxılmada möhkəmlik həddi $\delta_{sıx}$ 50MPa etmək olur.

Cədvəl-3

Komponentlərin dispersliyi, mkm		Kompozisiyada qrafitin miqdarı %	Texnoloji rejimlər		Sıxılmada möhkəmlik həddi	
F-4 markalı fotorplast	QK markalı qrafit	-	Preslənmə təzyiqi MPa	Tablandırma	Sınanan nümunələr	Sınanma nümunələr
1000	-	-	160	suda/sabada	-	50.0/50.0
1000	0,05-5,0	10/20	160/180	suda/sabada	25.0/15.0	-
50-150	0,05-5,0	10/20	160/180	suda/sabada	-	50.0/50.0
50	0,05-5,0	10/20	160/180	suda/sabada	25.5/-	-/50.0

Ftorplast – 4A və QK-1 qarışıq şəklində xırdalayıcıya və qarışdırıcıya daxil edildikdən sonra bu proses İMN – 500 markalı xırdalayıcıda aparılır və xırdalanan ftorplast toz halındakı QK-1 qrafitə qarışdırılaraq bircinsli şixtə materialı əmələ gətirilir.

Komponentlərin qarışdırılması əli ilə və həmçinin qarışdırıcılarda aparıldıqdan sonra preslənmə əməliyyatı aparılır və texniki xassələri göstərilir. Barabanın tutumu 3,5 m^3, barabanın fırlanma tezliyi san^{-1}, dövr/dəq 0,17 (10) mühərrik reduktorunun ötürmə həddi 16, 32, zəncir ötürmə ədədi 8,71, elektrik mühərrikinin növü 4A90R3TU16-52669586, qabarit ölçüləri, mm 3140x1880, hazır qarışıqlar P-125 markalı presə tökülüb, daha sonra məmul 160-180 MPa təzyiq altında sıxılaraq ölçüləri 55x10x10 olan prizmatik nümunələrin silindrik kipkəc materialların mümkünlüyünü göstərmək olar.

Ftorplast-4 əsasında müxtəlif dispers doldurucular əlavə etmək və alınan kompozisiya materiallarından neft mədən avadanlıqlarından kipkəc, nasos, siyitmə, kran, borular eləcə də elektronikada və radiotexnikada detallar hazırlamaq üçün tətbiq olunması tövsiyə edilir.

---

1. *Lumley R. and Morton A.* Nanoengineering of metallic materials. Nanostructure control of materials. P. 219-247, 2006. Kambridge England.
2. *Casey P.* Nanoparticle technologies and applications. Nanostructure control of materials. p. 1-31, 2006. Kambridge England.
3. *Гулиев Ф.Т., Мамедов А.Т.* Расчет тольшины и массы медного покрытия, осаждаемого на частицы чугунного порошка, Ученые записки, АзТУ, 2006, №1, с. 56-58.
4. *Батаев А.А., Батаев В.А.,* Композиционные материалы: строение, получение, применение, изд. Логос, 2006, 398 с.
5. *Мамедов А.Т.* Конструкционные и антифрикционные порошковые материалы, Баку, ЭЛМ, 2005, 458 с.
6. *Casey P.* Nanoparticle technologies and applications. Nanostructure control of materials. P. 1-31, 2006. Kambridge England.
7. *Chernov I.A., Deberdeev T.R Novikov G.F., Garipov R.M ., Irzhak V.I.* Dielectrical investigations of low temperature hardening of epoxide resin ED-20 Plast.Massy Plastics. 2003. №8 p.5 (In Russian).
8. *Rəhimova A.Ə.* Electrocinductive Polymer Compositions məqalə AMEA-nın Fizika İnstitutu Energetikanın problemləri Bakı, 2016.
9. *Rəhimova A.Ə., Məmmədov E.D.* Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi əsərləri "Silindir oymaqlarının xarici səthinin kavitasiya-erroziya və korroziyadan qorunmasında polimer kompozisiyalarının materiallarının rolu" Bakı 2018 №1(27), s16-20.
10. *Rəhimova A.Ə.* Plastik kütlələr əsasında təyziq altında tökmə üsulu. məqalə AMEA-nın Fizika İnstitutu Energetikanın problemləri Bakı, 2017 №1.

ЗАВИСИМОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФТОРПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ОТ ДИСПЕРСНОСТИ КОМПОНЕНТОВ

РАГИМОВА А.А., МАМЕДОВ Ч.М.

Статья посвящена исследованию механических свойств фторопластовых композиций, применяемых в узлах уплотнения. Установлено, что наиболее высокий предел прочности при сжатии композиций фторпласт-графита обеспечивается при дисперсности фторопласта 50-150 мкм и тщательном перемешивании компонентов.

Ключевые слова: фторпласт-4, наполнитель, дисперс, композиций, свойств, полимер.

DEPENDENCE OF MECHANICAL PROPERTIES OF FLUOROPLASTIC COMPOSITION ON THE DISPERSION OF THE COMPONENTS

RAGIMOVA A.A., MAMEDOV CH.M.

The article is devoted to the research of the mechanical properties of fluoroplastic compositions used in compaction units. It was established that the highest compressive strength of fluoroplast-graphite compositions is provided with a dispersion of fluoroplastic 50-150 microns and thorough mixing of the components.

Key words: fluoroplast-4, filler, disperse, composition, property, polymer.

PACS: 05.45.Xt, 05.45.Vx, 42.55.Px, 42.65.Sf

ƏKS-ƏLAQƏ RABİTƏSİNƏ MALİK SİSTEMLƏR ARASINDA XAOTİK RƏQSLƏRİN QABAQLAYICI SİNXRONLAŞMASI

NURİYEV R.A.

Azərbaycan MEA Fizika İnstitutu
AZ-1143, H. Cavid pr. 131, Bakı, Azərbaycan
e-mail: rus.nuriyev.74@mail.ru

Bu məqalədə bir əks-əlaqə rabitəsinə malik qeyri-xətti birtərəfli əlaqəli İkeda sistemləri arasında sinxronlaşma tədqiq olunacaq. Əsas diqqət İkeda sistemləri arasında parametr uyğunsuzluğunun sinxronlaşmaya təsirinin tədqiqinə ayrılıb.

Açar sözlər: sinxronlaşma, xaotik ossilyatorlar, ikeda sistemi, deterministik xaos.

GİRİŞ

İkeda modeli [1-2] qeyri-xətti dinamikada və xaos nəzəriyyəsində ən populyar modellərdən biridir.

İkeda modeli [3-4] ilk dəfə olaraq optik bistabil rezonatorda elektromaqnit dalğasının dinamikasını araşdırarkən meydana gəlmişdir.. İndi müəyyən olunub ki, İkeda sistemi əlavə olaraq bir çox fiziki proseslərin modelləşdirilməsində də adekvat ola bilər. Nümunə olaraq opto-elektronik sistemləri göstərmək olar. Bu sistemlərdə dinamik dəyişən sistemdəki modulyatora verilən gərginliyə mütənasibdir. Bu kontekstdə digər bir nümunə kimi akustik-optik sistemləri də xatırlamaq olar.

İkeda sistemləri arasında qabaqlayıcı sinxronlaşma.

Məqalənin bu hissəsində bir əks-əlaqə rabitəsinə malik İkeda sistemləri arasında qabaqlayıcı sinxronlaşma tədqiq olunacaq. İkeda sistemləri birtərəfli, qeyri-xətti gecikən əlaqə vasitəsi ilə sinxonlaşdırılacaq. Bu cür sinxronlaşma zamanı aparılan, idarə olunan sistem y aparıcı, idarə edən sistemin x gələcək vəziyyətinə sinxronlaşır. $y = x(t+\tau)$, burada τ zamandır. Başqa sözlə, aparılan sistemin dinamikası aparıcı sistemin dinamikasından əvvəl gəlir.

Fərz edək ki, həm aparıcı, həm də aparılan İkeda sistemləri bir əks-əlaqə rabitəsinə malikdirlər. Bundan başqa həm də fərz edək ki, İkeda sistemləri arasında əlaqə qeyri-xəttidir və müəyyən gecikmə ilə baş verir. Beləliklə:

aparıcı

$$\frac{dx}{dt} = -\alpha_1 x + m_1 \sin x_{\tau_1} \tag{1}$$

və aparılan

$$\frac{dy}{dt} = -\alpha_2 y + m_2 \sin y_{\tau_2} + m_3 \sin x_{\tau_3} \tag{2}$$

İkeda sistemləri arasında sinxronlaşmanı tədqiq edəcəyik.

Burada: x – lazer şüası aparıcı sistemin optik rezonatorunda yayılan zaman işığın elektrik sahəsinin fazasının dəyişməsidir; t – zamandır; α_1 – x sistemi üçün relaksasiya əmsalıdır; m_1 – aparıcı sistemin optik rezonatoruna injektə olunmuş lazer şuasının intensivliyidir; τ_1 – aparıcı sistem üçün əks-əlaqə rabitəsi zamanıdır: başqa sözlə,

optik rezonatorda işığın yayılma vaxtıdır; y – lazer şüası aparılan sistemin optik rezonatorunda yayılan zaman işığın elektrik sahəsinin fazasının dəyişməsidir; $\alpha_2 - y$ sistemi üçün relaksasiya əmsalıdır; m_2–aparılan sistemin optik rezonatoruna injektə olunmuş lazer şuasının intensivliyidir; τ_2– aparılan sistem üçün əks-əlaqə rabitəsi zamanıdır: m_3– aparıcı sistemin optik rezonatorunda lazer şüasının intensivliyinin aparılan sistemin optik rezonatoruna injektə olunmuş hissəsidir: başqa sözlə, m_3 aparıcı və aparılan sistemlər arasında əlaqə intensivliyidir; qeyd edək ki, sistemlər arasında əlaqə birtərəflidir; τ_3–lazer işığının aparıcı sistemdən aparılan sistemə yayılma zamanıdır.

İndi göstərək ki,

$$x = y_{\tau_1 - \tau_3} \tag{3}$$

rejimi İkeda sistemləri üçün sinxronlaşma həllidir. Bunun üçün əvvəlcə identik aparıcı və aparılan İkeda sistemlərini araşdıraq. Hesab edək ki,

$$\alpha_1 = \alpha_2, \ \tau_1 = \tau_2 . \tag{4}$$

Qeyd edək ki, sinxronlaşma rejimi (3) τ_1 və τ_3 arasında münasibətlərdən asılı olaraq qabaqlayıcı ($\tau_3 < \tau_1$), gecikən ($\tau_3 > \tau_1$) və tam, identik ($\tau_3 = \tau_1$) sinxronlaşma ola bilər. $x = y_{\tau_1 - \tau_3}$ -nin (1) və (2) İkeda sistemləri üçün sinxronlaşma rejimi olduğunu sübut etmək üçün sinxronlaşma xətasının

$$\Delta = x - y_{\tau_1 - \tau_3} \tag{5}$$

dinamikasını $m_1 = m_2 + m_3$ şərti daxilində (1) və (2) tənliklərindən asanlıqla əldə etmək olar: kiçik sinxronlaşma xətasının Δ dinamikası aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\frac{d\Delta}{dt} = -\alpha\Delta + s\Delta_{\tau_1} . \tag{6}$$

Burada: $s = (m_1 - m_3)\cos x_{\tau_1}$.

Başqa sözlə, $\Delta = 0$ sinxronlaşma xətası tənliyinin (6) həllidir. Yəni $x = y_{\tau_1 - \tau_3}$ (1) və (2) İkeda sistemləri üçün sinxronlaşma rejimidir. $m_1 = m_2 + m_3$ sinxronlaşmanın mövcudluq şərtidir.

Praktiki cəhətdən müəyyən edilmiş sinxronlaşma rejiminin stabillik şərti böyük əhəmiyyətə malikdir, çünki mövcudluq şərti hələ bu rejimin praktikada müşahidə edilməsi və beləliklə tətbiq edilə bilməsi anlamına gəlmir. Tapılmış həll həm də dayanıqlı olmalıdır. Ona görə bu mərhələdə sinxronlaşma rejiminin stabillik şərtləri tədqiq ediləcək.

İkeda sistemləri arasında sinxronlaşma rejimlərinin stabillik şərti.

Sinxronlaşma xətası üçün tənlik zamana görə gecikən diferensial tənlik vasitəsi ilə təsvir olunub. Bu cür sistemlər funksional tənliklər adlanır. Stabillik şərtini tapmaq üçün haldan Lyapunov-Krasovski funksional yanaşmasından [5-7] istifadə ediləcək. Sinxronizasiya rejiminin $x = y_{\tau_1 - \tau_3}$ mövcudluq şərtini $m_1 = m_2 + m_3$ də nəzərə alsaq, onda stabillik şərtinin

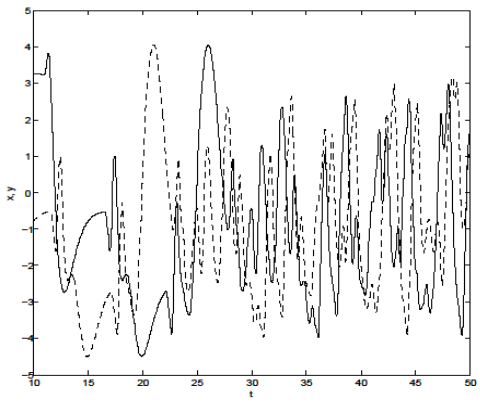
$$\alpha > |m_2| \tag{7}$$

olması nəticəsinə gəlirik. Sinxronlaşmanın keyfiyyətini korrelyasiya funksiyası C ilə xarakterizə olunur [8].

Kompüter modelləşdirilməsinin nəticələri.

Məqalədə istifadə olunan kompüter modelləşdirilməsi əsasən Matlab 7 proqram paketindən istifadə etməklə həyata keçirilib.

Aparıcı İkeda sistemi (1) parametrlərin aşağıdakı qiymətlərində xaotik dinamika nümayış etdirir: $\alpha = 2$, $m_1 = 10$, $\tau_1 = 5{,}5$. Şək.1-də aparıcı və aparılan İkeda sistemlərinin dinamikası əks olunub. Kompüter modelləşdirilməsi zamanı istifadə olunan digər parametrlərin qiyməti belədir (1-2): $\tau_2 = 5{,}5$, $\tau_3 = 0{,}5$, $m_2 = 0{,}2$, $m_3 = 9{,}8$. Parametrlərin qiymətləri elə seçilib ki , həm mövcudluq ($m_1 = m_2 + m_3$ və $\tau_1 = \tau_2$), həm də kafi stabillik

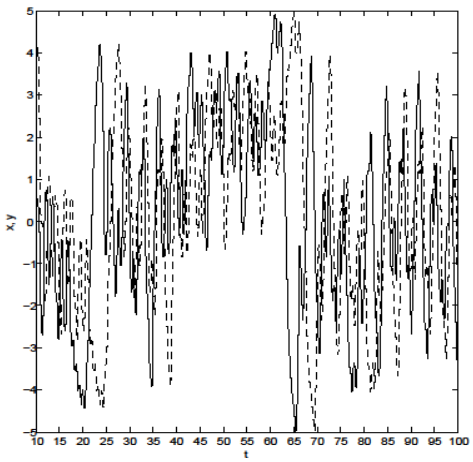


Şək.1. İkeda sistemləri arasında qabaqlayıcı sinxronlaşma: müəyyən keçid proseslərindən sonra aparılan sistem $y(t)$ aparıcı sistemin $x(t)$ gələcək vəziyyətinə sinxronlaşır. Aparıcı və aparılan sistemlər arasında zaman sürüşməsi 5 vahiddir.

($\alpha > |m_2|$) şərtləri ödənilir. Bundan əlavə, Şək.1-dəki dinamika üçün $\tau_1 > \tau_3$ olduğundan bu hal qabaqlayıcı sinxronlaşmaya uyğun gəlir: müəyyən keçid proseslərindən sonra aparılan sistem $y(t)$ (2) aparıcı sistemin $x(t)$ (1) gələcək vəziyyətinə sinxronlaşır. Aparıcı və aparılan sistemlər arasında zaman sürüşməsi $\Delta t = \tau_1 - \tau_3 = 5$ vahiddir. Şək.1-də nümayiş etdirilən qabaqlayıcı sinxronlaşma üçün korrelyasiya əmsalı $C = 1$. Bu o deməkdir ki, $y_{\tau_1 - \tau_3}$ və x arasında yüksək keyfiyyətli sinxronlaşma mövcuddur.

$\tau_1 < \tau_3$ şərti ödənilərsə gecikən sinxronlaşma həyata keçir. Bu zaman aparılan sistem aparıcı sistemdən geri qalır, başqa sözlə aparılan sistem aparıcı sistemdən sonra gəlir.

Şək. 2-də aparıcı $x(t)$ və aparılan $y(t)$ sistemlərin dinamikası parametrlərin bu hala uyğun gələn qiymətlərində $\alpha = 1$, $m_1 = 6$, $\tau_1 = 3$, $\tau_2 = 3$, $\tau_3 = 7$, $m_2 = 0{,}3$, $m_3 = 5{,}7$ təsvir olunub. Parametrlərin qiymətlərindən göründüyü kimi $x_{\tau_3 - \tau_1} = y$ gecikən sinxronlaşma rejimi üçün həm mövcudluq, həm də kafi stabillik şərtləri ödənilir. Aparıcı $x(t)$ və aparılan $y(t)$ sistemlərin dinamikasından görünür ki, aparılan sistem $\tau_3 - \tau_1 = 4$ zaman vahidi gecikmə ilə keçici proseslərdən sonra aparıcı sistemin dinamikasını təkrarlayır. Dinamik dəyişənlər arasında korrelyasiya maksimal həddədir: $C = 1$.

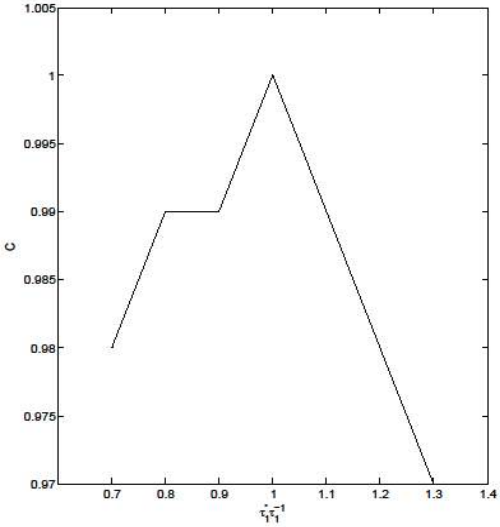


Şək. 2. İkeda sistemləri arasında gecikən sinxronlaşma rejimi.

Qeyd edək ki, gecikən və ya başqa sinxronlaşma növləri üçün mövcudluq və stabillik şərtləri ödənilmədikdə, sinxronlaşmanın keyfiyyəti çox aşağı olur.

Tətbiqi baxımdan çox mühümdür ki, sinxronlaşan sistemlər arasında parametr fərqliliyinin sinxronlaşmanın keyfiyyətinə təsiri araşdırılsın. Real həyatda iki identik sistem arasında belə müəyyən parametrlərin uyğunsuzluğu qaçılmazdır. Xaos əsasında informasiya mübadiləsi sistemlərində informasiyanın deşifrə olunması sinxronlaşmanın keyfiyyətindən birbaşa asılıdır. Bu faktorları nəzərə alaraq parametr uyğunsuzluğunun sinxronlaşmanın keyfiyyətinə təsirini araşdıracağıq.

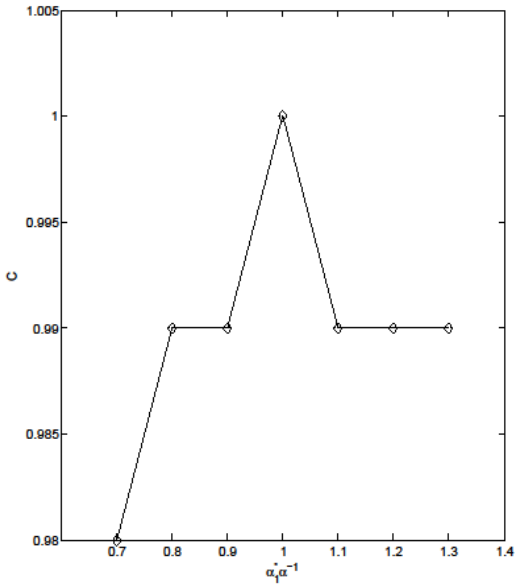
Əvvəlcə aparıcı $x(t)$ (1) və aparılan $y(t)$ (2) dinamik sistemlər arasında əks-əlaqə rabitəsi zamanın müxtəlifliyini fərz edək. Əvvəlki hissədə bu sistemlər arasında sinxronlaşmanı tədqiq edərkən qəbul etmişdik ki aparıcı sistemdə əks-əlaqə rabitəsi zamanı τ_1 və aparılan sistemdə əks-əlaqə rabitəsi zamanı τ_2 arasında $\tau_1 = \tau_2$ bərabərliyi yerinə yetirilir. İndi fərz edək ki $\tau_1 \neq \tau_2$ və qəbul edək ki $\tau_2 \equiv \tau_1^*$. Kompüter modelləşdirilməsi zamanı qabaqlayıcı sinxronlaşma halında (şək.1) aparıcı $x(t)$ və aparılan $y(t)$ İkeda sistemləri arasında C korrelyasiya əmsalının $\tau_1^* \tau^{-1}$ münasibətindən asılılığı öyrənilib. Nəticələr şəkil 3-də nümayiş etdirilib. Nəticələrdən aydın olur ki, hətta əks-əlaqə rabitəsi zamanları arasında 10%-lik fərq sinxronlaşmanın keyfiyyətinə əhəmiyyətli təsir göstərmir. Belə ki, bu fərq yalnız korrelyasiya əmsalının 1-dən 0.99-a düşməsinə gətirib çıxardır. Analoji tendensiya həm də gecikən və tam sinxronlaşma rejimləri üçün müşahidə olunmuşdur.



Şək.3. Qabaqlayıcı sinxronlaşma şəraitində korrelyasiya funksiyasının (əmsalının) əks-əlaqə zamanın fərqliliyindən asılılığı.

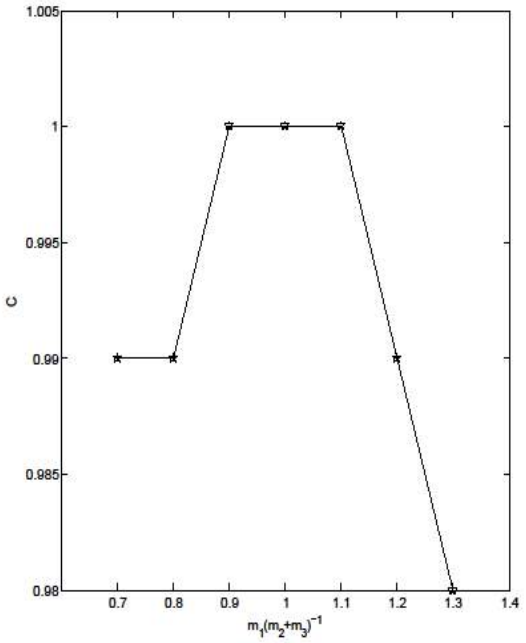
İndi isə aparıcı $x(t)$ (1) və aparılan $y(t)$ (2) İkeda sistemləri arasında relaksasiya əmsallarının müxtəlifliyinin sinxtonlaşan sistemlər arasında C korrelyasiya əmsalına təsirini araşdıraq. Bu məqsədlə şək. 4-də C korrelyasiya əmsalının $\alpha_1^* \alpha_1^{-1}$ münasibətindən asılılığı göstərilib. Xatırladaq ki, burada α_1 aparıcı İkeda sistemi üçün relaksasiya əmsalıdır; α_1^* isə aparılan İkeda sistemi üçün relaksasiya əmsalıdır. Kompüter modelləşdirilməsinin nəticələrindən aydın görünür ki, relaksasiya əmsallarında hətta 20%-lik fərq sinxronlaşma keyfiyyətinə əhəmiyyətli təsir göstərmir. Qeyd edək ki, belə dözümlülük bir çox tətbiq sahələrində, məsələn xaos əsasında informasiya emalı sahəsində təqdir olana biləsi bir hadisədir.

Nəhayət sinxronlaşan sistemlər arasında C korrelyasiya əmsalının sinxronlaşma üçün vacib olan mövcudluq şərtinin yerinə yetirilməməsi nəticəsində dəyişməsini araşdıraq.



Şək.4. Qabaqlayıcı sinxronlaşma şəraitində İkeda sistemləri arasında korrelyasiya əmsalının relaksasiya əmsallarının fərqliliyindən asılılığı.

Müəyyən etdik ki, $m_1 = m_2 + m_3$ şərti sinxronlaşma üçün mövcudluq şərtidir və bu şərt daxilində sinxronlaşma rejimlərinin kafi stabillik şərtini tapdıq. İndi fərz edək ki, aparıcı sistemin əks-əlaqə rabitəsinin intensivliyi m_1, aparılan sistemin əks-əlaqə rabitəsinin intensivliyi m_2 və bu sistemlər arasında əlaqə intensivliyi üçün $m_1 \neq m_2 + m_3$ münasibəti yer alır. Kompüter modelləşdirilməsinin nəticəsi göstərir ki, C korrelyasiya əmsalının $\dfrac{m_1}{m_2 + m_3}$ münasibətindən asılılığı kifayət qədər zəifdir. Şək.5-dən aydın olur ki, hətta 20%-lik parametr uyğunsuzluğu bu halda korrelyasiya əmsalının 1-dən yalnız 0.9-a düşməsinə gətirir ki, bu da sinxronlaşmanın parametr fərqliliyinə çox davamlı (robust) reaksiyaya malik olduğuna dəlalət edir. Qeyd edək ki, şək.3-5-də qabaqlayıcı sinxronlaşmaya aid halda parametr uyğunsuzluğu araşdırılıb. Gecikən və tam sinxronlaşma rejimləri üçün də eyni tendensiya müşahidə olunur. Parametr fərqliliyinin sinxronlaşmanın keyfiyyətinə təsirinin kompüter modelləşdirilməsinin nəticələri onu göstərir ki, bu halda sinxronlaşma keyfiyyəti azacıq da olsa pisləşir. Amma bu baxmayaraq yenə də sinxronlaşma əmsalı kifayət qədər yüksəkdir. Araşdırdığımız hal parametr uyğunsuzluğunun sinxronlaşmaya təsirinin yalnız bir aspektidir.



Şək. 5. Qabaqlayıcı sinxronlaşma şəraitində İkeda sistemləri arasında korrelyasiya əmsalının sinxronlaşmanın mövcudluq şəraitin pozulduğu halından asılılığı.

NƏTİCƏ

Bu məqalədə bir əks-əlaqə rabitəsinə malik İkeda sistemləri arasında birtərəfli qeyri-xətti əlaqə şəraitində qabaqlayıcı sinxronlaşma tədqiq olundu. Bu zaman əsas diqqət sinxronlaşan İkeda sistemləri arasında paramert uyğunsuzluğunun sınxronlaşmanın keyfiyyətinə təsirinin müəyyən olunmasınna yönəlmişdir. Məqalədə qabaqlayıcı sinxronlaşmanın mövcudluq və stabillik şərtləri müəyyən edilmışdir.

Alınmış nəticələrin tətbiq sahələrinə gəlincə qeyd etməliyik ki, ötürücü və qəbuledici lazer sistemləri arasında sinxronlaşma ötürülən informasiyanın emalı, o cümlədən deşifrə olunması və qorunması üçün çox vacib əhəmiyyətə malikdir. Bundan əlavə koherent lazer mənbələrinin sinxronlaşması kompakt və güclü lazer sistemlərinin yaranmasında əhəmiyyətli rol oynaya bilər.

Qabaqlayıcı sinxronlaşmanın daha konkret tətbiq sahələrinə gəlincə isə qeyd etmək lazımdır ki, belə sinxronlaşma çox sürətli proqnoz məsələlərində istifadə oluna bilər, çünki bu zaman kifayətdir ki, aparıcı sistemə identik aparılan sistem qoşasan. Bu xassə qeyri-zədəsiz diaqnostika problemlərində, canlı aləmdə informasiya emalı zamanı və sair istifadə oluna bilər. Nəhayət, xaos əsasında informasiya emalı sistemlərində qabaqlayıcı sinxronlaşma icazəsi olmayan üçüncü tərəfə ötürülən informasiyanın deşifrəsi üçün əlavə vaxt verə bilər.

---

1. *İkeda K., Daido H., Akimoto O.* Optical turbulence: chaotic behavior of transmitted light from a ring cavity // Physical Review Letters, 1980, v. 45, No 9, pp.709-712.
2. *Valli D., Muthuswamy B., Banerjee S.* et. al. Synchronization in coupled Ikeda delay systems //The European Physical Journal Special Topics, 2014, v. 223, No 8, pp. 1465-1479.
3. *İkeda K., Daido H., Akimoto O.* Optical turbulence: chaotic behavior of transmitted light from a ring cavity // Physical Review Letters, 1980, v. 45, No 9, pp.709-712.
4. *Valli D., Muthuswamy B., Banerjee S.* et. al. Synchronization in coupled Ikeda delay systems //The European Physical Journal Special Topics, 2014, v. 223, No 8, pp. 1465-1479.
5. *Sun J., Chen J.* A survey of Lyapunov-based methods for stability of linear time-delay

systems // Frontiers of Computer Science, 2017, v. 11, No 4, pp.555-567.
6. *Zhang B., Kruszewski A., Richard J.*-P. A novel control design for delayed teleoperation based on delay-scheduled Lyapunov-Krasovskii functionals // International Journal of Control, 2014, v. 87, No 8, 1694-1706.
7. *Zhang C.-K., He Y., Jiang L.* et al. Notes on stability of time-delay systems: bounding inequalities and augmented Lyapunov-Krasovskii finctionals // IEEE Transactions on Automatic Control, 2017, v. 62, No 10, pp.5331-5336.
8. *Haykin S.* Communication systems. Wiley, New York, 1994, 816 p.

ОПЕРЕЖАЮЩАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ХАОТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

НУРИЕВ Р.А.

Настоящая статья посвящена опережающей синхронизации между нелинейными системами Икеды с обратной связью. Основное внимание уделено влиянию несоответствия параметров между системами Икеды на качество синхронизационных режимов.

Ключевые слова: синхронизация, хаотические осцилляторы, система Икеды, детерминированный хаос.

ANTICIPATING SYNCHRONIZATION BETWEEN FEEDBACK CHAOTIC SYSTEMS

NURIYEV R.A.

In this paper our goal is to investigate synchronization regimes between Ikeda models with feedback. Ikeda systems are connected unilterally. Main attention is given to the effect of parameter mismatches on synchronization quality.

Keywords: synchronization, chaotic oscillators, Ikeda system, deterministic chaos.

UOT: 77.84. Lf

POLİMER-ÇOXKOMPONENTLİ PYEZOFAZAYA MALİK KOMPOZİTLƏRDƏ PYEZO-, PİROELEKTRİK EFFEKTLƏRİN FORMALAŞMASINDA İSTİLİK EFFEKTLƏRİ

DADAŞOV Z.A.

Azərbaycan MEA-nın Fizika İnstitutu

Məqalədə polimer-çoxkomponentli pyezofazaya malik kompozitlərdə pyezo-, piroelektrik effektlərin formalaşmasında relaksasiya xarakterli istilik effektləri öyrənilmiş və mümkün nəticələri müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, kompozitlərdə istilik effektləri komponentlərin modifikasiyası və elektrik qaz boşalması plazmasının təsiri şəraitində baş verir.

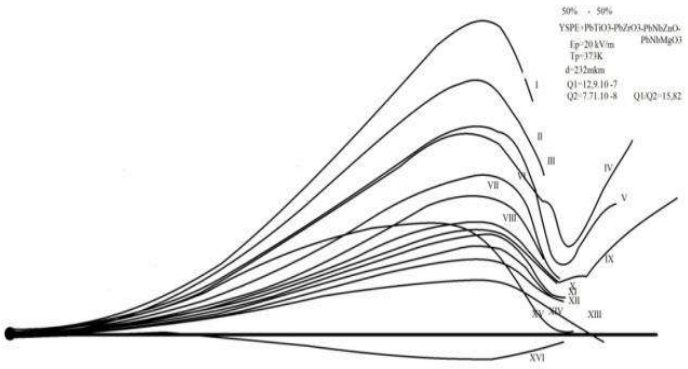
Açar sözləri: kompozit, piroelektrik, modifikasiya, elektrotermoplazmatik kristallaşma, şüşüləşmə, endo və ekzotermik proseslər.

Məlumdur ki, elektronikada, radiotexnikada və elektroenergetikada istifadə olunan bütün növ çeviricilər istilik təsirlərinə məruz qalır. Ona görə də, növündən və yerinə yetirdiyi funksiyadan asılı olmayaraq iş prinsipi istilik effektləri əsasında olan bütün çeviricilərin texnologiyası, modifikasiya üsulları yenidən işlənməlidir. İstismar intervalları faza keçidləri temperaturlarına yaxın olan çeviricilərin istismarı xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Kompozitlərin istilik fiziki xassələrin kompleks şəkildə öyrənilməsi məsələn, bir aktiv elementdə bir neçə xassələrin öyrənilməsi, hansılar ki, alınma texnologiyaları bir- birini tamamlayırlar, onda müəyyən qədər hesab etmək olar ki, elektret, pyezo və piroelektriklər göstərilən effektlərin öyrənilmə səviyyəsi və texnologiyaları yüksəlir[1,2].

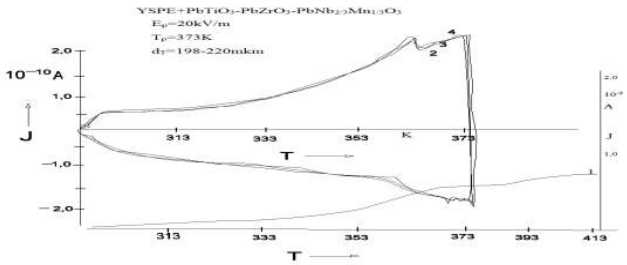
Təqdim olunan işdə polimer-çoxkomponentli pyezofazaya malik kompozitlərdə pyezo-, piroelektrik effektlərin formalaşmasında relaksasiya xarakterli istilik effektləri öyrənilmiş və mümkün nəticələr müəyyən edilmişdir. Tədqiqat nümunələrinin alınması isti presləmə metodu ilə aparılmışdır. Nümunənin preslənmə temperaturu polimer matrisanın ərimə temperaturuna yaxın və ya bərabər götürülmüşdür. Eksperimental nəticələr sabit E_p, sabit temperatur (T_p) və polyarlaşma müddətində alınmışdır. Pyezofazanın həcmi payı 60% və pyezohissəciklərin ölçüləri (63-100) mkm götürülmüşdür. Diaqnostik (TSD) və modifikasiya (plazma kristallaşması) elektrotermopolyarlaşma prosesləri vasitəsilə kompozitlərdə bilavasitə formalaşan pyezo və piroelektrik effektlərin mexanizmlərinin daha geniş öyrənilməsi üçün perspektivli üsuludur. Bu məqsədlə aşağıdakı tədqiqat üsullarını tətbiq edirik: TSD, DSK, DTA, istilikfiziki və rentgen struktur analiz. Şəkil 1. a,b,c-də kompozitlərin piroelektrik cərəyanının temperaturdan asılılığı verilmişdir. Göründüyü kimi bu asılılıq çox mürəkkəbdir və piroelektrik effektin formalaşma mexanizmi haqqında daha çox informasiya verir.

Şəkil 1-də verilmiş eksperimental nəticələrin analizi göstərir ki, tədqiq etdiyimiz kompozitlərin pyezofazasının strukturu öyrəndiyimiz kompozitlərdə piroelektrik effektinin formalaşmasına kəskin təsir edən faktordur. Ona görə də, kompozitlərin digər fazasının rolunu aydınlaşdırmaq da mühüm məsələ kimi plana çıxır. Şəkil 2 a,b,c –də verilmiş nəticələrin analizi göstərir ki, polyar polimer matrisalı (F-23) kompozitlərin piroelektrik xassələri daha yüksəkdir [1]. Tədqiqatların növbəti mərhələsində polimer-çoxkomponentli kompozitlərdə komponentlərin, xüsusilə, polimer matrisanın, heterogenliyini dəyişdirmək üçün təklif etdiyimiz texnologiyalardan ən effektlisi elektrik qaz boşalması plazmasının və temperaturun birgə təsiri şəraitində kompozitlərin kristallaşmasıdır [2,3]. Bu texnologiyanın əsasında kompozitin ərimə temperaturundan başlayaraq elektromənfi qazlarda, məsələn,

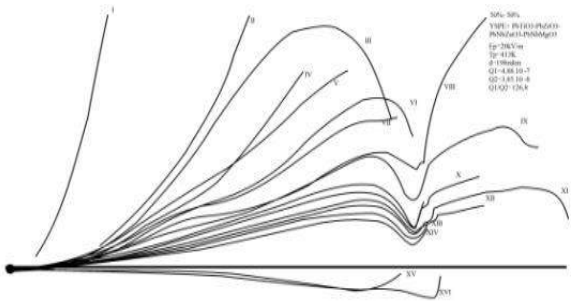
havada yüksək gərginliyin təsirindən yaranan elektrik boşalması plazmasının təsiri şəraitində kristallaşması (elektrotermoplazmatik kristallaşma) durur.



a)

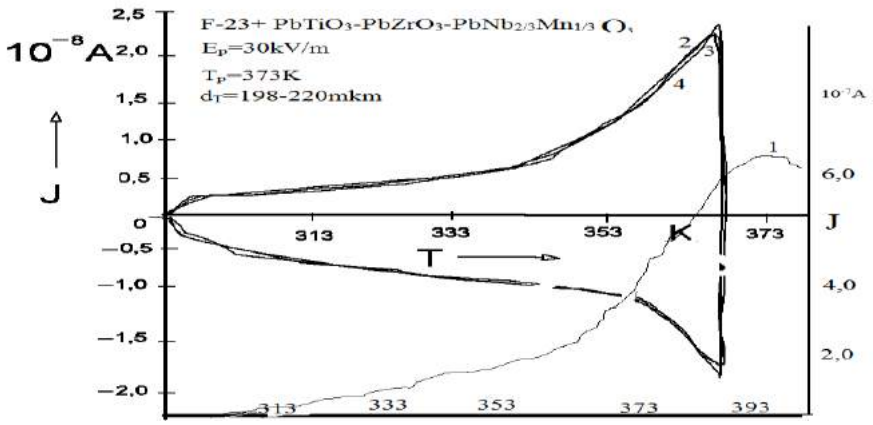


b)



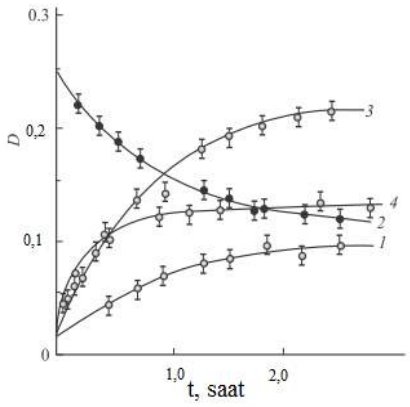
c)

Şək. 1. a,b,c. Kompozitlərin piroelektrik cərəyanlarının temperaturdan asılılıqları.
a-YSPE+$PbTiO_3$-$PbZrO_3$-$PbNb_{2/3}Zn_{1/3}O_3$-$PbNb_{2/3}Mg_{1/3}O_3$;
b-YSPE+$PbTiO_3$-$PbZrO_3$-$PbNb_{2/3}Mn_{1/3}O$;
c-YSPE+ $PbTiO_3$-$PbZrO_3$.



Şək. 2. F-23+$PbTiO_3$-$PbZrO_3$-$PbNb_{2/3}Zn_{1/3}O_3$- $PbNb_{2/3}Mg_{1/3}O_3$ kompozitin J=f(T) asılılığı.

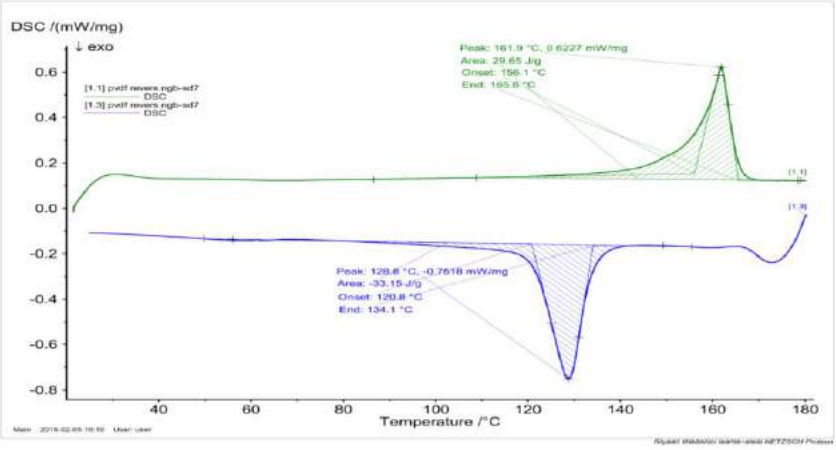
Kristallaşma prosesi axıra qədər elektrik qaz boşalması plazmasının təsiri altında gedir. Temperaturun dəyişməsi isə pillə -pillə aparılır: prosesin əvvəlində 0,25-0,5 saat ərzində 10-30 K, sonra isə 0,25-2K/dəqiqə sürətlə kompozit polyarlaşma temperaturuna (373K) və ya da otaq temperaturuna kimi soyudulur. Kompozitin strukturunun dəyişməsi onun polimer matrisanın İQ-spektrlərinə əsasən müəyyən edilmişdir. Şəkil3-dəYSPE+$PbTiO_3$-$PbZrO_3$-$PbNb_{2/3}Zn_{1/3}O_3$-$PbNb_{2/3}Mg_{1/3}O_3$ kompozitinin polimer matrisanın İQ-spektrində elektrotermoplazmatik kristallaşmadan sonra yaranan yeni qrupların kristallaşma müddətindən asılılığı verilmişdir. Alınan eksperimental nəticə göstərir ki, YSPE makromolekullu qısa bir müddətdə intensiv oksidləşir, yəni makromolekulda oksidləşmə mərkəzləri yaranır və qeyri polyarlılığını itirir. Yaranan əsas qruplar (C=0,C-O-C,OP) güclü qruplardır. Polimer zəncirində yaranan belə polyar qruplar onun kimyəvi strukturnun heterogenliyinə səbəb olur. Yaranan qruplar dipol momentinə malik olduğu üçün polimerin kvaziqadağan zonasında bunlara uyğun lokal səviyyələr elektroaktivdirlər. YSPE-nin kristallaşma prosesində qeyri polyarlığı pozulduğu üçün fazalararası qarşılıqlı təsirlər artacaq və bu effekt, heç şübhəsiz ki, fazalararası sərhəddə polimer matrisanın strukturunun formalaşmasına təsir edəcəkdir. Polimerin ifrat strukturu (molekulyarüstü quruluşu)



Şək. 3. YSPE+$PbTiO_3$- $PbZrO_3$-$PbNb_{2/3}Zn_{1/3}O_3$-$PbNb_{2/3}Mg_{1/3}O_3$ kompozitinin İQ spektrində elektrotermoplazmatik kristallaşmadan sonra yaranan qrupların kristallaşma müddətindən asılılığı.

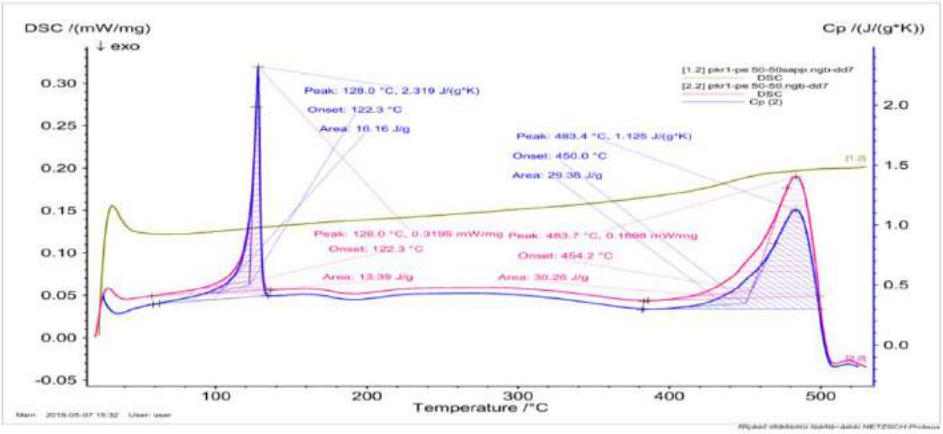
seqnetopyezokeramika hissəciklərinin səthinin təsiri altında formalaşacaq və son nəticədə fazalararsı sərhəddə makromolekulların yürüklüyü azalacaqdır.

Termiki işləmənin polimerə təsirini öyrənmək üçün diferensial skan kalorimetriya (DSK) əyrilərindən istifadə edirik. DSK polimer və onlar əsasında kompozitlərin qızdırılması zamanı onlarda baş verən dəyişilikləri, şüşələşməni, kristallaşmanı və əriməni öyrənməyə imkan verən bir metoddur. Bu metodda biz material tərəfindən udulan və ya ayrılan istiliyin temperatur asılılığını müəyyən edirik. Bu məqsədlə şəkil 4-də ilkin YSPE üçün DSK əyriləri verilmişdir. Alınan nəticələr göstərir ki, DSK əyrisi 124^0C-də maksimuma malikdir. Əgər YSPE –ni bir tsikl qızma və soyutmaya məruz etsək və DSK əyrisini alsaq, tam qrafikdə (yəni soyutma- qızma) yaranan yeni maksimum 111^0C-yə uyğundur. İlk baxışdan alınan nəticə anomal xarakterlidir: Belə ki, termoişləmənin təsirindən polimerdə oksigenli destruksiya prosesləri baş verir və daha kiçik temperaturlarda özünü göstərir.



Şək. 4. İlkin YSPE üçün DSK spektrləri.

DSK-nı tətbiq etməklə polimerlərin praktikada tətbiqi üçün mühüm parametr olan şüşələşmə temperaturunu da kəmiyyət baxımından təyin edirik: YSPE üçün bu parametr 120-134^0C intervalında dəyişir. İndi də diferensial skan kalorimetriya (DSK) vasitəsilə kompozitlərdə istiliyin təsirindən gedən struktur dəyişiliklərinə baxaq. Şəkil 4.25-də YSPE+PKR1 kompoziti DSK əyriləri verilmişdir Kompozitin DSK spektrlərində təpə nöqtəsi aşağı yönəlmiş maksimum əriməyə malik olub endotermik prosesi, təpə nöqtəsi aşağı yönəlmiş maksimum isə soyuma zamanı kristallaşmaya uyğun olub ekzotermik prosesi əks etdirir. Qrafikdən görünür ki, YSPE+PKR1 kompoziti üçün birinci pikin qiyməti 128^0C, ikinci pikin qiyməti 480^0C-də alınmışdır.



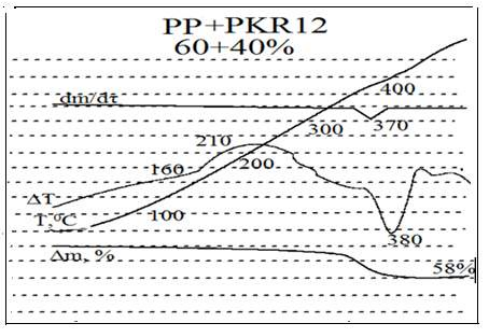
Şək. 5. YSPE+ PKR1 kompoziti üçün DSK spektri.

DSK əyrilərində müşahidə olunan maksimumlar yüksək elektrik sahəsinin, temperaturun və elektrik qaz boşalması plazmasının təsirindən polimer fazada və fazalararası sərhəddə gedən proseslərlə əlaqədardır:

- Strukturun dəyişməsi;
- fazalararası qarşılıqlı təsir;
- fazalararası qarşılıqlı təsir artdıqca kristallik dərəcəsi azalır, həmçinin makromolekullar özlərinin sərbəstliyini müəyyən qədər itirirlər;
- elektrotermopolyarlaşma prosesi pyezohissəciklərin təsiri şəraitində getdiyi üçün ümumiyyətlə kompozitin amorfluğu azalır.

Ona görə də, termoaktivləşmə proseslərində məsələn TSD, DSK, DTA spektrlərində yeni maksimumlar müşahidə olunur və həm də maksimumlar yüksək temperatur istiqamətində sürüşürlər. Elektrofiziki faktorlardan başqa DSK spektrləri vasitəsilə istilik tutumu (c_p) da geniş öyrənilmişdir. İstiliyin və ya da elektrik təbiətli xarici faktorların təsirindən kompozitlərdə reoriyentasiya prosesləri gedir və kvazistabil kristallar formlaşır. Kristalların reoriyentasiya ilə baş verən ərimə temperaturu yuxarıda göstərilən spektrlərdə kiçik temperatur maksimumu kimi müşahidə olunur [4-6]. Amma oriyentasiyaya məruz qalmış kompozitlərin ərimə temperaturu yuxarıda göstərilmiş DSK əyrilərində yüksək temperatur istiqamətində yerini dəyişir. Çox növlü ərimələr və ya da ərimələrin çox növlülüyü fazaların müxtəlifliyi də DSK əyrilərində təbiəti məlum olmayan kiçik maksimumlar şəklində müşahidə olunur.

Şəkil 6-da PP+PKR12 kompoziti üçün DTA spektri verilmişdir. Burada ilk növbədə polimer ilə pyezofazanın qarşılıqlı təsiri haqqında informasiya verən kütlə itkisi (Δm), temperatur fərqi (ΔT) və piklərin temperaturu müəyyən edək



Şək. 6. PP+PKR12 kompoziti üçün DTA spektri.

Şəkildən görünür ki, ən kiçik kütlə itkisinə məruz qalan kompozitlər romboedrik strukturludur. Tetraqonal struktura malik kompozitlərdə isə bu göstərici nisbətən (məsələn, PKR3M fazalı kompozitlərə nəzərən) böyükdür. Bu kifayət qədər maraqlı və çətin mexanizmə malik effekti fazalararası qarşılıqlı təsiri nəzərə almaqla izah etmək olar. Hesab edirik ki, fazalararası qarşılıqlı təsir və ya da fazaların elektromənfiliyi artdıqca kütlə itkisi (Δm) azalacaqdır. Polimer – seqnetopyezokeramika kompozitlərdə fazalarası qarşılıqlı təsir ancaq elektromənfiliklə deyil, həm də fazaların fiziki və kimyəvi quruluşlarından (domenlər, kvazikristallitlər) asılıdır

NƏTİCƏ

1. İlk dəfə yüksək polyarlığa malik polimer matrisalı (F-23, F-26) və çoxkomponentli qeyri-üzvi fazalı kompozitlərdə relaksasiya və termiki hadisələrin effektiv variasiya üsulları işlənmişdir;
2. Elektrik qaz boşalması plazmasının birgə təsiri şəraitində kompozitin fazalararası sərhəddinə injeksiya olunmuş elektrik yükdaşıyıcıların relaksasiyası pyezofazada domenlərin deoriyentasiya ilə nəticələnir;
3. polimer- çoxkomponentli kompozitlərdə polimer fazanın kvaziqadağan zonasındakı aktivləşmə enerjisi yüksək olan lokal səviyyələrdə stabilləşmiş elektrikyükdaşıyıcıların

relaksasiya temperaturu kompozitlərin pyezofazadakı domenlərin relaksasiya temperaturu ilə təyin olunmuşdur.

---

1. *Курбанов М.А.,Гусейнова Г.Х., Дадашов З.А., Фараджзаде И.А., Рамазанова И.С., Юсифова У.В., Худаяров Б.Г.* Пироэлектрический эффект в гетерогенной системе полимер-сегнетопьезоэлектрик. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, fizika –nexnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astrononomiya,2016,XXXVI, №2, c. 66 – 72.
2. *Курбанов М.А., Рамазанова И.С., Дадашов З.А., Мамедов Ф.И., Гусейнова Г.Х., Юсифова И.В., Татардар Ф.Н., Фараджзаде И.А.* Релаксационные, термические и межфазные эффекты в композитах полимер-сегнетопьезокерамика различный структуры. ФТП 2019, том 53, вып. 8.
3. *Егоров В.М., Якушев П.Н.* Фазовые и релаксационные переходы в политетрафторэтилене ФТТ 2018, вып. 9, стр 1824.
4. *Kurbanov M.A., Khudayarov B.H., Ramazanova İ.S., Huseynova G.Kh., Nuraliev A.F., Dadashov Z.A., Aliyev O.A.*, Peculıarities of forming the piezoelectric effect in the composite of polymer- seqnetopesoseramicss the 6th İnternational conference on Control and Optimization with İndustrial Application. 11-13 July 2018. Baku Azerbaijan.
5. *Shakhtakhtinsky M.G., Musaeva S.N., Faradzhade I.A.* Relationship between piezoelectric, thermal properties and interphase phenomena in polymer – piezoelectric composites. AMEA Fİ, Fizika, 2000, c.4, №4, 33–36 s.
6. *Kurbanov M.A, Bayramov A.A., Tatardar F.N, Yahyayev F.F, Nuraliyev A.A., Dadashev Z.A, Khudayarov B.Kh.* Ultradisperse state of polymer phase as stabilizer nanosized $BaTiO_3$ and polar and nonpolar polymer composites.Fizika, vol. XX, №1, Section:En., April, 2014, pp. 55-59.

ТЕРМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ, ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В КОМПОЗИТАХ С МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПОЛИМЕРНОЙ - ПЬЕЗОФАЗОЙ

ДАДАШОВ З.А.

В данной статье изучений роль релаксационный и тепловых процессов в формировании пьезо-пироэлектрические эффектов на полимер-пирокерамических композитах. Показано что, тепловые эффекты в композитах, возникают при модификации компонентов и воздействии плазмы на газовый разряда.

Ключевые слова: композит, пироэлектрический, модификация, электротермическая кристаллизация, стеклование, ендо и екзотермический процесс.

THERMAL INFLUENCE ON THE FORMATION OF PIEZOELECTRIC, PYROELECTRIC EFFECTS IN COMPOSITES WITH A MULTICOMPONENT POLYMER PIEZOPHASE

DADASHOV Z.A.

In this research article, the role of relaxation and thermal processes in the formed pyroelectric effect in polymer- pyroceramic composites. It has been shown that, the thermal effects in the composites occur under the modification of the components and the effect of the plasma of the electric gas discharges.

Keywords: composites, pyroelectric, modification, electrothermoplasmic crystallization, glass transition, endo and exothermic process.

PACS 546.21; 538.935

POLİETİLEN $|C_4H_8|_{1-x}(GaIn_3S_6)_x$ ƏSASLI NANOÖLÇÜLÜ KOMPOZİTLƏRDƏ TEZLİKDƏN ASILI BƏZİ PARAMETRLƏRİN TƏYİNİ

İBRAHİMOVA S.İ.

Azərbaycan MEA akademik H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
Az-1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 131
e-mail: seva-ahmed@mail.ru

$|C_4H_8|$-$GaIn_3Se_6$ əsasında tərkibləri 85%-15%, 70%-30% və 60%-40% uyğun olan nanoölçülü kompozit nümunələr hazırlanmışdır. Hazırlanan nümunələrdə elektrik keçiriciliyi (σ), dielektrik nüfuzluğu (ε), dielektrik itkisi (D) ölçülmüşdür.

Açar sözlər: sintez, polietilen, yarımkeçirici, quruluş, kompozit, nazik təbəqə, tezlik.

Məlumdur ki, kompozit materiallar iki hissədən, disperqatordan və onları özlərində saxlayan matrisadan ibarətdirlər və bu hissələrin kompozitdəki tərkiblərin çəki faizləri əvvəlcədən hesablanır. Ərintilərdən fərqli olaraq kompozit materiallarda tərkibə daxil olan fazalar ayrı-ayrılıqda öz xassələrini stabil halda saxlayırlar. Buna baxmayaraq, kompozitlərdə müşahidə edilən müxtəlif növ effektlərin yaranması əsasən onları təşkil edən hissələr, yəni fazalararası sərhədlər olan potensial çəpərin formalaşması ilə əlaqədardır. Öz növbəsində, kompozitlərdə müxtəlif xassələrin meydana gəlməsi fazalararası sərhəddə yaranan potensial çəpərin parametrləri ayrı-ayrı fazaların quruluşundan, elektrofiziki parametrlərindən və polimerdoldurucu sərhəddində baş verən proseslərdən çox asılıdır. Onuda qeyd edək ki, bircinsli olmayan kompozit materiallarda yükdaşınma prosesini tədqiq edən zaman materialın dielektrik parametrlərinin dispersiyası (dielektrik itkisi, dielektrik nüfuzluğu və.s) mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkisinin tezlikdən asılılığı, matrisa ilə dispersiya fazasının elektrofiziki parametrləri arasındakı münasibətdən, həmçinin onların xarici elektrik sahəsindəki oriyentasiyasından asılıdır. Fizikanın, kimyanın və digər müxtəlif elm sahələrində aparılan xeyli tədqiqat işlərinin aparılmasına baxmayaraq [1-6] heterogen mühitlərdə dielektrik nüfuzluğunun tədqiqində müəyyən çətinliklər də var. Birincisi, çoxkomponentli sistemlərin effektiv parametrlərinin hesablanması riyazi nöqteyi nəzərdən çox çətindir və yalnız müəyyən hallarda hesablama aparmaq mümkün olur. Ikincisi, çoxkomponentli materialları tədqiq edən zaman dəyişən elektrik sahəsində qeyri-bircins sistemlərin xassəsini əks etdirən parametrlərin sayı artır. Həmçinin kompozitin həndəsi quruluşunu, elektrik keçiriciliyini və dielektrik xassələrini müəyyənləşdirən parametrlərdən başqa, tezlikdən və zamandan asılı olan parametrlər meydana çıxır.

Bunu nəzərə alaraq bu işdə yeni tərkibli və kristallik quruluşa malik $GaIn_3Se_6$ ilə PE (polietilen) əsasında nano ölçülü kompozitdən ibarət nazik təbəqələrin alınması və onlarda tezliyin təsiri ilə baş verən xassə dəyişikliklərinin tədqiqi şərh edilmişdir. Bunun üçün $GaIn_3Se_6$ kristalları sintez edilmiş, 10 gün ərzində 550^0 C temperaturunda tablaşdıqdan sonra müasir D8 difraktometrində onun qəfəs ölçüləri və simmetriyası təyin edilmiş və kristal quruluşu açılmışdır.

Aparılan quruluş tədqiqatları nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, $GaIn_3Se_6$ heksaqonal sinqoniyada kristallaşır və onun qəfəs parametrləri: a=7.051 Å, c= 19.148 Å, fəza qrupu P61, V=824.433Å, Z=6 [7]. Quruluş analizi təhlilindən alınan nəticələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, tədqiq edilən kristalın quruluşu Se atomlarının heksaqonal kip yerləşmə qaydası əsasında yaranmışdır.

Quruluşda (3Ga+3In) atomları tetraedrik boşluqlarda paylanmışlar. Bu vəziyyətdə atomlararası məsafələr M-Se 2.44 Å təşkil edir. Təyin edilmiş məsafələrə görə tetraedrlərdə kimyəvi əlaqənin təbiəti ion-kovalent təbiətlidir.

Quruluşda In –atomlarının əsas hissəsi triqonal dipiramidalarda beşlik koordinasiyada məskunlaşırlar ki, burada da In-Se məsafələri 2.640 Å və 2.911 Å təşkil edir. Qeyd edək ki, In və Al atomları üçün koordinasiya ədədi adətən 4 və 6 olur [8-10]. Bu cəhətə görə $GaIn_3Se_6$ nümunəsinə bərk məhlul deyil, yeni polimorf faza kimi baxmaq olar.

Növbəti etapda sintez edilmiş kristaldan və PE-dən ibarət kompazit hazırlanmışdır. Kompazit onu təşkil edən komponentlərin homogen ovuntu qarışığının isti preslənməsi yolu ilə alınmışdır. Kompazitin tərkibi uyğun olaraq (20, 30, 40%) $CuGaİn_3Se_6$ və (80, 70, 60%) PE ibarətdir. Nazik təbəqəli kompozit nümunələrin hazırlanması üsulu aşağıdakından ibarətdir:

$Gaİn_3Se_6$ və PE-dən ibarət olan şixta materialını kürəvi farfor dəyirmanında 60 mkm və daha kiçik ölçüyədək xırdalanmış, sonra alınmış kütləni presformaya qoyub aşağıdakı kimi isti presləmə prosesi aparılmışdır. Texnoloji proses belə olmuşdur:

a) əvvəlcə qatışdırılmış şixta P=1MPa təzyiq altında PE-nin ərimə temperaturuna ($T=160^0C$) qədər 3dəq qızdırılır;

b) sonra təzyiq P=15Mpa-dək yüksəldilir, ərimiş şixta 3dəq müddətində təzyiq altında saxlanılır;

c) alınan nazik təbəqə nümunəsi suda bərkitmə yolu ilə soyudulur. Belə soyutma üsulu zamanı təbəqələr daha elastik alınır.

Hazırlanmış nazik təbəqələrin təkrar rentgenoqrafik tədqiqatı aparılmış və müəyən edilmişdir ki, nümunədə yarımkeçirici kristallarında heç bir quruluş dəyişikliyi izlənmir.

Sintez edilmiş kompozitin dielektrik parametrlərini tədqiq etmək üçün onlardan qalınlığı ~170 mkm olan, nanoölçülü təbəqələr hazırlanmış və onların hər iki üzlərinə gümüş pasta çəkilərək kondensatorlar hazırlanmışdır. Rəqəmsal E7-20 immitansi vasitəsilə (102-106 Hs tezlik intervalında) T=300 K temperaturunda tutumun C, σ- elektrik keçiriciliyin, D-dielektrik itkisinin qiyməti ölçülmüşdür. Nümunəyə 1 V gərginlik verilmişdir.

Dielektrik itkisinin (D), tutumun (c), ölçülmüş qiymətlərinə əsasən, dielektrik nüfuzluğunun, (ε) həqiqi və xəyali hissələri və nümunənin elektrik keçiriciliyinin qiyməti aşağıdakı düsturlarla hesablanmışdır.

$$\varepsilon = \frac{cd}{\varepsilon_0 s}\ ; \qquad (1)$$

$$\sigma = \varepsilon\varepsilon_0 2\pi f D \qquad (2)$$

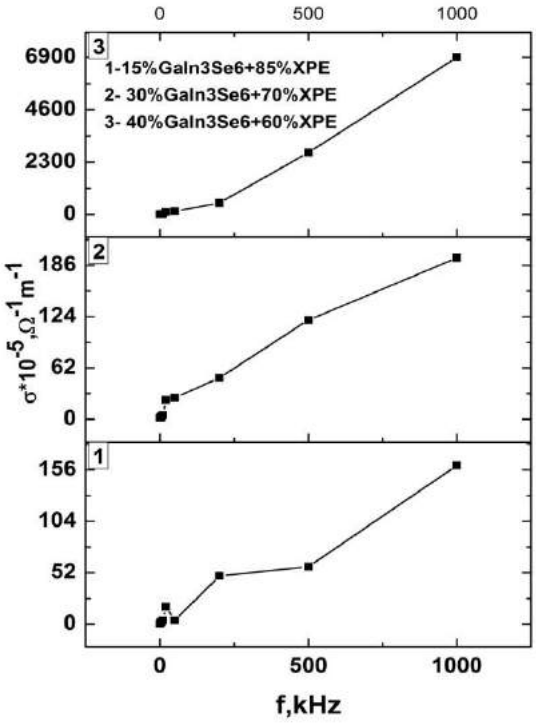
Burada C-kondensatorun tutumu, D-dielektrik itkisi, s-kontaktın sahəsi (gümüş pastası), $\varepsilon_0=8.85\cdot10^{-12}$ F/m-dir.

Tədqiqat nümunələri üzərində aparılan ölçülərin qrafikləri aşağıdakı şəkillərdə göstərilmişdir:

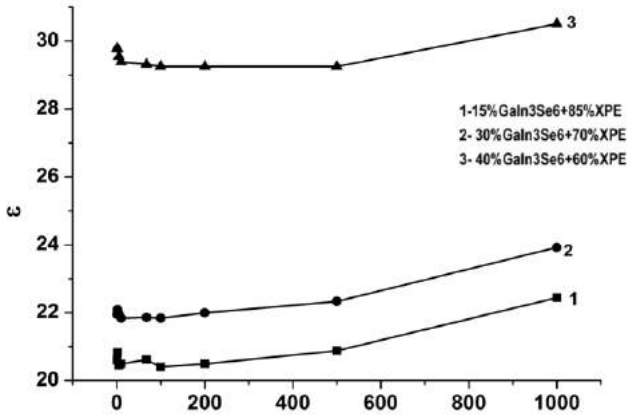
Alınan nəticələrin təhlilindən əvvəl onu qeyd etmək lazımdır ki, yarımkeçirici $GaIn_3Se_6$ $|C_4H_8|$ polietilen əsasında hazırlanmış kompozit nümunələrdən əsas etibarı ilə elektrik sahəsinin tezliyindən və kompozitin tərkibində olan yarımkeçirici hissənin faiz nisbətindən asılı olan elektrikkeçirmə (σ), dielektrik nüfuzluğu (ε) və tədqiqat prosesində enerji itkisi (D)-nin təyin edilməsi məsələsinə həsr edilmişdir.Onu da qeyd etmək lazımdır ki, ölçü prosesində tezliyin (f. kHs) həddi 0-1000, kompozit nümunələrini təşkil edən hissələrin faizi isə 15, 30, 40% yarımkeçiriciylə və uyğun olaraq 60, 70, 80% polietilen kimi götürülmüşdür.

Şəkil 1-də elektrikkeçiriciliyin elektrik sahəsinin tezliyindən və ölçülən nümunələrin tərkibindən asılılığı verilmişdir. Alınan qrafiklərdən aydın olur ki, kompozitin tərkibində kristallik kütlə olan $GaIn_3Se_6$-nın faizi artıqca elektrikkeçiricilik artır. Belə ki, nümunədə

yarımkeçirici kütlənin faizi artdıqca keçiriciliyin qiymətidə 15%-də 156, 30%-də 186, 40%-də 6900-ə yüksəlir. Çox güman ki, ölçmə prosesində elektrik sahəsi tezliyinin artımı temperaturun artımına oxşar təsir rolunu oynayır.



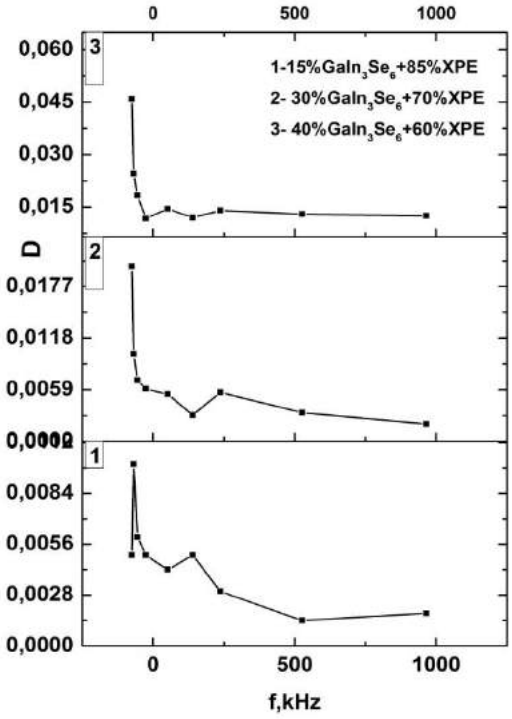
Şək.1. Elektrik keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı.



Şək.2. Dielektrik nüfuzluğunun tezlikdən asılılığı.

Şəkil 2-də σ-nın təyini üçün istifadə edilən nümunələr elektrik nüfuzluğunun ölçülməsi üçündə istifadə edilmişdir. ε-nun tezlikdən və kompozitdə yarımkeçirici faza faizinin artmasında asılılığın təhlili göstərmişdir ki, bu asılılıqda da σ-asılılığında olduğu kimi proses baş verir, yəni tezliyin və yarımkeçirici faza faizinin artımından asılı olaraq, ε-nun qiyməti

artır. Amma qeyd edək ki, ε-nun qiymətindəki artım σ-dakı variantdan fərqli olaraq daha sinxron variantda baş verir.



Şək.3. Dielektrik itkisinin tezlikdən asılılığı.

Şəkil 3-də tədqiqat işlərinin aparılması prosesində istifadə edilən enerjinin itkisi mexanizminin xarakteri öyrənilmişdir. Aparılan ölçülərdən alınan qrafiki nəticələrin təhlilindən məlum olur ki, bu prosesdə enerji itkisinin xarakteri olduqca sadədir. Birinci olaraq, onu qeyd edək ki, bu prosesdə itkinin sıçrayışı və ciddi dəyişikliyi hiss olunmur. Verilən qrafiki təsvirlərdən açıq-aydın görünür ki, proseslərdə demək olar ki, enerji itkisinin miqdarı olduqca kiçikdir və bu da yəqin ki, seçilən üsulun dəqiqliyinə bağlıdır.

Beləliklə, işdə təsvir edilən eksperimental tədqiqatların yekunu kimi əldə edilən nəticələr əsasında, bir sıra maraq doğuran cəhətləri təsvir etmək maraqlı olardı. Hər şeydən öncə qeyd etmək lazımdır ki, aparılan ölçü üsulu kompazit variantlı üsul olsa da, onun mahiyyəti tezlikdən asılı xassələr kimi əhəmiyyətli sayıla bilər. Digər tərəfdən maraqlıdır ki, alınan nəticələrin müqaisəli təhlili, kompazit nümunələrin bəzi elektrik xassələrinin tezlikdən və yarımkeçirici kristalın miqdarından asılı olan kəmiyyətləri başqa üsullarla alınan nəticələrlə uzlaşır. Başqa bir mühüm cəhət ondan ibarətdirki, tezliyin təsirindən nümunələrdə xaotik qaydada paylanan polyarlaşma nizamlanır, yəni müəyyən istiqamətdə hərəkətlənir və buda alınan nəticələrlə sonlanır.

---

1. *Войлов Д.Н., Новиков Г.Ф., Песецкий С.С., Ефремова А.И., Иванова Л.Л.* Влияние добавки на электрофизические и релаксационные свойства полиамидов ПА6 // Журнал «Пластические массы». 2008, № 3, с.30.
2. *Лукичёв А.А., Костюков Н.С.* Основные признаки и отличия релаксационной и резонансной поляризации // Вестник АмГУ, 2004, вып. 25, с.7-8.
3. *Емец Ю.П.* Дисперсия диэлектрической проницаемости трех и четырехкомпонентных матричных сред // Журнал технической физики, 2003, том 73, вып. 3, с. 42-52 .
4. *Турик С.А., Чернобабов А.И., Турик А.В., Радченко Г.С.* Неупорядоченные гетерогенные системы: переход диэлектрик-проводник //Электронный журнал "Исследовано в России". 2004, с. 2026-2029.

5. *Turik A.V., Radchenko G.S.* Maxwell-Wagner relaxation in piezoactive media // Appl Phys. 2002, Vol. 35, № 11, p. 1188-1192.
6. *Səmədova Ü.F.* Fizika ü.f.d. Dissertasiyası .AMEA Fizika İnstitutu, 2013.
7. *Ибрагимова С.И., Гусейнов Г.Г., Асадов Ю.Г.* Кристаллическая структура твердого раствора $Ga_{0.5}In_{1.5}Se_3$ // Кристаллография 2015, том. 60, №4, с.547-550.
8. *Семилетов С.А.* О кристаллической структуре селенида индия In_2 Se_3// докл. АН СССР. 1961, том. 6, с.189-191.
9. *Гусейнов Г.Г., Амирасланов И.Р., Кулиев А.С., Мамедов Х.С.* Кристаллические структуры $GaInS_3$ и $GaInSe_3$// Изв.АН СССР. Неорган.материалы. 1987, том. 23, №5, с. 854-856.
10. *Заргарова М.И., Гамидова Р.С.* Трайной сульфид индия и галлия // Изв.АН СССР. Неорган.материалы.1969, том.5, №5, с. 371-375.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ НАНОРАЗМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ СОСТАВА $|C_4H_8|_{1-x}(GaIn_3S_6)_x$

ИБРАГИМОВА С.И.

Изготовлены наноразмерные композиты на основе полиэтилен-полупроводниковых составов C_4H_8 85%- $GaIn_3S_6$ 15%, C_4H_8 70%- $GaIn_3S_6$ 30%, C_4H_8 60%- $GaIn_3S_6$ 40%. Измерены электропроводности (σ), диэлектрические проницаемости (ε) и диэлектрические потери (D) изготовленных образцов.

Ключевые слова: синтез, полиэтилен, полупроводник, структура, композит, тонкий слой, скорость.

THE INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF NANO-DIMERSIONAL COMPOSITE SOME PARAMETERS OF $|C_4H_8|_{1-x}(GaIn_3S_6)_x$ COMPOSITION

IBRAHIMOVA S.I.

The nano-dimensional composites on the base of C_4H_8 85%- $GaIn_3S_6$ 15%, C_4H_8 70%- $GaIn_3S_6$ 30%, C_4H_8 60%- $GaIn_3S_6$ 40% polyethylen –semiconductor compounds are prepared. The electric conductions (σ), dielectric constans (ε), and dielectric losses (D) of prepared samples are measured.

Key words: synthesis, polyethylene, semiconductor, structure, composite, thin layer, speed.

UOT: 535.317

ELEKTRİK ENERJİSİ GENERASİYASININ MÜASİR METODLARI

[1]MUSAYEVA S.N., [2]KƏRİMOV E.Ə.

[1]Azərbaycan Texniki Universiteti, H. Cavid pros. 25, AZ 1073
[2]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azadlıq pr. 16/21, AZ 1010

Fotoelementin sturukturunun qeyri-bircinsliyi eyni bir yarımkeçiriciyə müxtəlif aşqarlar daxil etməklə (p – n keçidinin yaradılması) və ya qadağan zonasının eni – elektronun atomdan qopardılması enerjisi müxtəlif olan ayrı-ayrı yarımkeçiricilərin birləşdirilməsi (heterokeçidlərin yaradılması) ya da ki, yarımkeçiricinin qadağan zonasının eninin qradientinin yaranmasına gətirən kimyəvi tərkibinin dəyişdirilməsi vasitəsi ilə alına bilər.

Açar sözlər: fotoelement, günəş şüalanması, aşqarlama, yarımkeçirici, dayanıqlılıq, monokristal.

Müasir dövrümüzdə bərpa olunan enerji elektrik və istilik energetikasının ən dinamik inkişaf edən istiqamətidir. Belə enerjini külək, su axınları, günəş şüalanması, geotermal su mənbələri, biokütlələr vasitəsi ilə əldə etmək mümkündür. Bu zaman ilkin enerji resursunun çevrilməsinin enerji effektivliyinin artırılmasına, müxtəlif növ bərpa olunan enerji mənbələri (BOEM) əsasında elektrik stansiyaları istifadə edməklə avtonom elektrik təchizatı sistemlərinin rasional hazırlanmasına böyük diqqət yetirmək lazımdır.

Bərpa olunan enerji mənbələri (BOEM) – planetdə daim mövcud olan təbii proseslərdəki enerji resursları, eləcə də bitki və heyvan mənşəli biomərkəzlərin həyat fəaliyyəti nəticəsində yaranan resuslardır. BOEM-lərin xarakterik xüsusiyyəti - onların tükənməməsi və ya kiçik zaman müddətində - bir nəsil insanların yaşayış müddəti ərzində özlərinin potensialını bərpa etmələridir.

Demək olar ki, 30 il əvvəl BMT-nin Baş Assambleyasında 33/148 (1978-ci il) qətnaməsinə uyğun olaraq aşağıdakı enerji formalarını nəzərdə tutan "yeni və bərpa olunan enerji mənbələri" anlayışı daxil edilmişdir: günəş, geotermal, külək, dəniz dalğalarının enerjisi, qabarma və çəkilmələr, ağac biokütləsinin enerjisi və s. BOEM-ə ən çox günəş şüalanmasının, küləyin, su axınlarının, biokütlələrin və yer planeti səthinin istilik enerjisi aid edilir. BOEM-i enerji növlərinə görə aşağıdakı kimi klassifikasiya etmək olar:

- mexaniki enerji (külək və su axınlarının enerjisi);
- istilik və şüa enerjisi (günəş şüalanması enerjisi və Yer planetinin istiliyi);
- kimyəvi enerji (biokütlədə cəmlənmiş enerji).

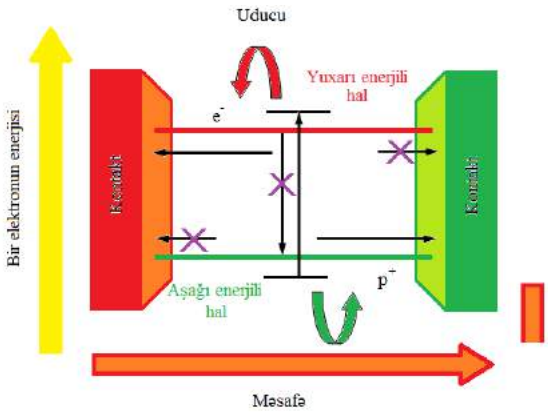
Əgər faydalı iş əmsalı kimi mənbənin mexaniki işə çevrilə bilən enerji payını təyin edən enerji keyfiyyəti anlayışını istifadə etsək – BOEM-i belə klassifikasiya etmək mümkündür: mexaniki enerjinin bərpa olunan mənbələri yüksək keyfiyyəti ilə xarakterizə olunur və əsasən elektrik enerjisinin istehsalı üçün istifadə edilir. Belə ki, hidroenerjinin keyfiyyəti 0,6-0,7; külək enerjisinin isə 0,3-0,4 qiymətləri ilə xarakterizə olunur. Istilik və şüalanma BOEM-in keyfiyyəti 0,3-0,35-dən yuxarı deyildir. Ən aşağı keyfayyət göstəricisi isə fotoelektrik çevrilməsində istifadə olunan günəş şüalanmasındadır – 0,15-0,3. Biokütlənin də enerji keyfiyyəti kifəyət qədər aşağı olub, 0,3 qiymətindən böyük olmur.

Nüvə energetikası üçün yanacaq ehtiyatlarının və xammalın məhdudluğu BOEM-dən enerji istehsalının artırılmasını mühüm məsələyə çevirir. Planetimizdə BOEM-dən alınan enerji istifadə olunan enerjinin 15%-dən artığını təşkil edir. Bu zaman əsasən ağacdan alınmış biokütlənin payına 10%-dən artıq (xüsusən də inkişaf etməkdə olan ölkələrdə), hidroelektrik stansiyaların enersi payına isə 3%-ə kimi bir rəqəm düşür. Külək, günəş, qabarmalar, geotermal, bioyanacaq və s. kimi BOEM-dən istifadə olunması təxminən 2% təşkil edir. Lakin, bu rəqəm zamandan asılı olaraq eksponensial qanunla sürətlə artır. Günəş enerjisindən

istifadə hər il təxminən 1,5 dəfə artır. 2010-cu ildə dünyada günəş enerjisindən istifadə olunması enerji istehlakında aşağıdkı rəqəmlərlə ifadə olunurdu: günəş su qızdırılması – 0,17%, fotoelementlər tərəfindən istehsal olunan elektrik enerjisi – 0,06%, mərkəzləşdirilmiş günəş enerjisi – 0,002%. Fərziyyələrə görə 2020-ci ildə günəş enerjisinin dünya enerji istehsalında payı 10%-ə çatacaqdır. Bununla yanaşı gələcəkdə təbii yanacaq ehtiyatlarının qiymətinin asan çıxarılan ehtiyatların tükənməsi səbəbindən artımı gözlənildiyi halda, bərpa olunan mənbələrdən istehsal olunan enerjinin qiymətinin aşağı düşəcəyi proqnozlaşdırılır. Fotoelementlər tərəfindən istehsal olunan elektrik enerjisinin qiyməti hər il 15% aşağı düşür. ABŞ kimi dövlətdə 2015-ci ildən bu qiymət istilik elektrik stansiyaları tərəfindən istehsal olunan enerji qiyməti ilə bərabərləşib.

Yer planeti tərəfindən udulan günəş şüalanmasının gücü 174 TVt təşkil edir ki, bu da dünya enerji istehlakından təxminən 10000 dəfə çoxdur. Sənaye məqsədləri üçün istifadə oluna bilən günəş şüalanmasının gücü təxminən 50 TVt qiymətləndirilir. Hazırda istehsal olunan günəş enerjisi özündə günəş batareyaları, istilik günəş elektrik stansiyaları tərəfindən alınan və günəş qızdırıcı istilik enerjisi kimi elektrik enerjilərini cəmləşdirir. Günəş batareyaları – günəş enerjisini birbaşa sabit elektrik cərəyanına çevirən bir neçə fotoelektrik çeviricilərin (fotoelementlərin) birləşməsindən alınan qurğudur. Daxili fotoeffekt hesabına işləyən bu qurğularda maddənin elektrik xassələri – xüsusi ilə elektrik keçiriciliyi dəyişir. Bərk cismin işıqlanması zamanı maddə tərəfindən udulan şüalanma kvantları əsasən elektronlara verilir. Bu, atomlarda elektronların yenidən paylanmasına gətirir: elektronlar daha yüksək energetik səviyyələrə keçir.

Fotoelementin sturukturunun qeyri-bircinsliyi eyni bir yarımkeçiriciyə müxtəlif aşqarlar daxil etməklə (p – n keçidinin yaradılması) və ya qadağan zonasının eni – elektronun atomdan qopardılması enerjisi müxtəlif olan ayrı-ayrı yarımkeçiricilərin birləşdirilməsi (heterokeçidlərin yaradılması) ya da ki, yarımkeçiricinin qadağan zonasının eninin qradientinin yaranmasına gətirən kimyəvi tərkibinin dəyişdirilməsi vasitəsi ilə alına bilər.

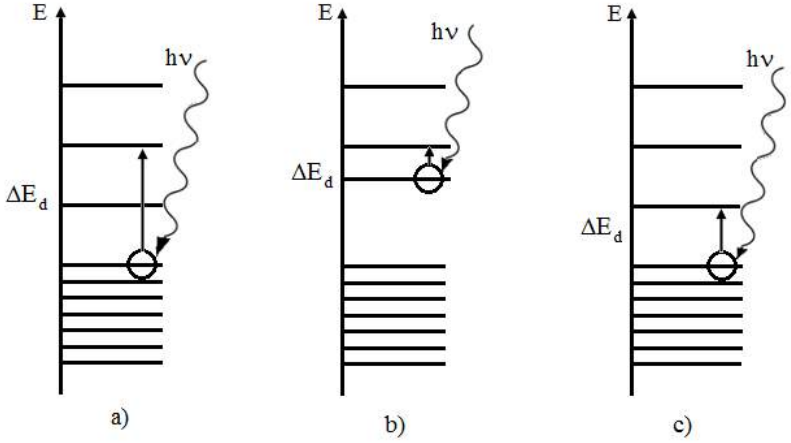


Şək. 1. Ümumi şəkildə fotoelement qurğusu.

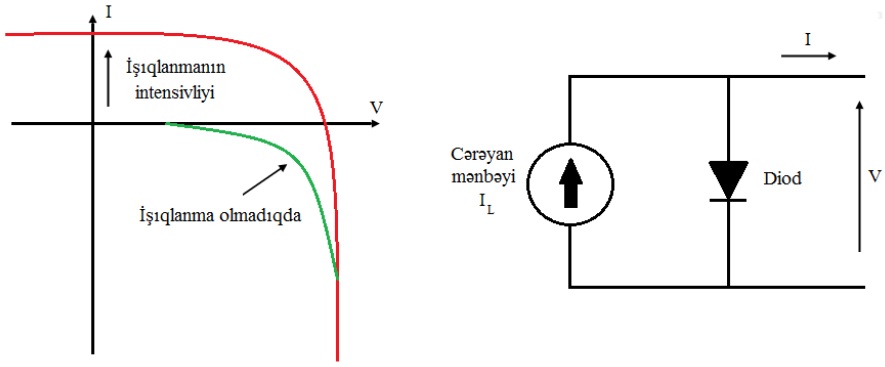
Fotoelementi – aşağı və yüksək enerjili iki metastabil halı olan sistem kimi təsvir etmək olar. Fotoelementin materialı bu hallar üzrə yükləri paylayaraq elektromaqnit şüalanmasını udur. Elektrik kontaktları əks işarəli yükləri seçir. E = hν enerjili işıq kvantı məxsusi yarımkeçiricinin üzərinə düşərək elektronun valent zonadan sərbəst zonaya keçidini təmin edir (şəkil 2 a). N – tip yarımkeçiricilərdə işıq kvantı elektronun donor səviyyəsindən sərbəst zonaya keçidini təmin edir (şəkil 2 b). P – tip yarımkeçiricilərdə isə elektron valent zonadan akseptor səviyyəsinə keçir (şəkil 2 c).

Fotoeffekt yaratmaq qabiliyyəti olan kvantın minimal enerjisi hν = ΔE qadağan zonasının eninə bərabər olur. Demək olar ki, bütün fotoelementlərdə günəş şüalanmasını udan – yarımkeçiricidir. Üzvi uducular əsasında yaradılmış bəzi qurğularda elektron – deşik cütü ayrılma və yüklərin toplanması mərhələsindən əvvəl keçid bəndi kimi formalaşır. Əgər yalnız

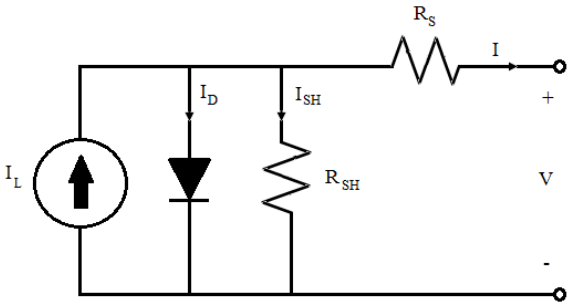
bir tip yarımkeçiricidən istifadə olunursa ümumi yanaşma kimi p – n keçidinin yaradılması ön plana keçir. Material ya p – və ya da n – tip, başqa sözlə desək ya əlavə elektron və ya da deşiklərə malik olmalıdır. Silisiumda p – və ya n – Si alınması üçün uyğun olaraq B və ya P tip aşqar atomlar əlavə edilməlidir.



Şək. 2. Elektromaqnit şüalanması təsiri altında müxtəlif tip yarımkeçiricilərdə yük daşıyıcıların energetik keçidlərinin sxemi.



Şək. 3. Fotoelementin cərəyan şiddətinin və gərginliyinin işıqlanma intensivliyindən asılılığı.



Şək. 4. Fotoelementin ekvivalent elektrik sxemi.

Real fotoelementlər özlərində kontaktlarda müqavimət, defektlərdə yük daşıyıcıların generasiyası və kombinasiyasını və birləşmədən cərəyan itkisini birləşdirir. Real fotoelementin effektivliyini aşağıdakı formul üzrə hesablamaq mümkündür:

$$I = I_L - I_0\left(exp\left(\frac{q(V+IR_S)}{nk_BT}\right) - 1\right) - \frac{(V+I)R_S}{R_{SH}}.$$

Burada:

V – fotoelement tərəfindən verilən gərginlik;
I_L – fotoelementin işıqlanması zamanı generasiya olunan cərəyan şiddəti;
I – fotoelement tərəfindən verilən cərəyan şiddəti;
I_0 – diodun doyma zamanı cərəyan şiddəti;
n – diodun adətən 1-dən və 2-yə qədər intervalda yerləşən ideallıq faktoru (ideallıq faktoru birləşmə zonasında yüklərin rekombinasiyası ilə əlaqədardır);
R_{SH} – paralel (şuntlayıcı) müqavimət, ideal fotoelement üçün = ∞;
R_S – ardıcıl müqavimət, ideal fotoelement üçün = 0;
q – elementar yük;
k_B – Bolsman sabiti;
T – fotoelementin kelvinlərlə ölçülən temperaturu.

Fotoelementin cərəyan şiddətinin və gərginliyinin işıqlanma intensivliyindən asılılıqları və fotoelementin ekvivalent elektrik sxemi uyğun olaraq şəkil 3 və 4-də verilmişdir.

Fotoelementin F.İ.Ə.-si aşağıdakı formul üzrə hesablanır:

$$\eta = \frac{P_{el}}{P_{ud}}.$$

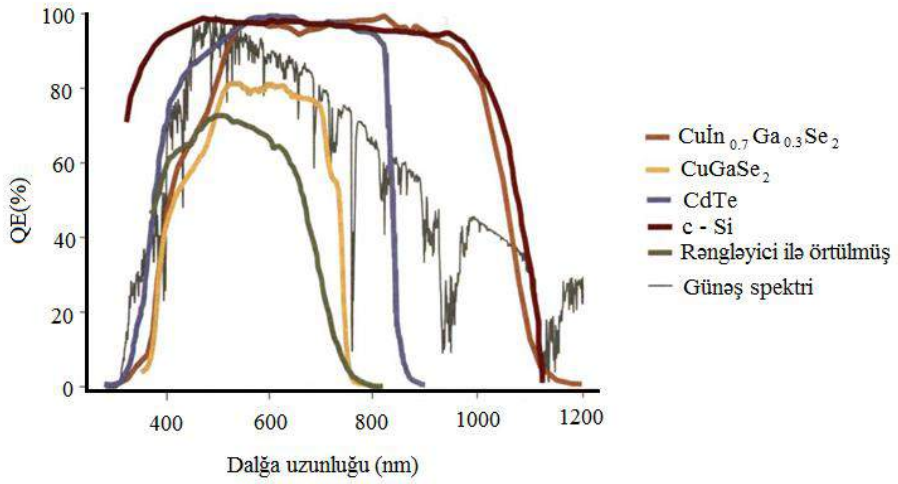
Burada, P_{el} – alınan elektrik cərəyanın gücü, P_{ud} – isə udulan işıqlanmanın gücüdür. Fotoelement tərəfindən verilən cərəyanın qiyməti temperaturdan və işıqlanmadan asılıdır. Silisium əsasında tipik fotoelement üçün verilən gərginlik cərəyanın kiçik də olsa artmasına baxmayaraq temperaturun artması ilə azalır. Temperaturun 1^0 C artması f.i.ə.-nin təxminən 0,5% azalmasına səbəb olur. Üzvi maddələr əsasında fotoelementlərdə isə əksinə olaraq f.i.ə. temperaturun artması ilə artır. Ayrı-ayrı fotoelementlər xarici istehlakçıya lazım olan sabit cərəyanın gücünü almaq üçün ardıcıl və ya paralel şəkildə birləşdirilir. Əgər dəyişən cərəyan lazım olarsa, invertor adlanan qurğulardan istifadə olunur. Fotoelementlərin modul birləşdirilməsi bir neçə vattdan meqavattda qədər güc almağa imkan verir. Maksimal f.i.ə.-nin alınması üçün cərəyanın və gərginliyin maksimallaşmasına nail olmaq lazımdır. Cərəyan şiddəti və gərginlik materialın qadağan zonasının enerjisindən, yüklərin generasiya dərəcəsindən və onların rekombinasiyasından (F.İ.Ə.-nin azalmasına səbəb olan müsbət və mənfi yüklərin yenidən birləşməsi) asılıdır. Qadağan zonasının enerjisi yarımkeçiricinin materialından asılı olub, kristallik struktur, kimyəvi tərkib və az da olsa materialın struktur xassələri (məsələn, zərrəciklərin ölçüsü) ilə əlaqədardır. Praktikada generasiya və rekombinasiya fotoelementin energetik effektivliyini təyin edən başlıca fiziki hadisələrdir. Verilmiş fotoelementin generasiya və rekombinasiyası haqqında informasiyanı haqqında məlumat verən standart funksiya - QE kvant effektivliyi və ya spektral cavabdır:

$$QE = QE(\lambda)$$

QE(λ) – özəyin vahid zaman müddətində verdiyi elektronların sayının fotoelementi işıqlandıran fotonların sayına nisbətinə bərabərdir. Fərz edilir ki, hər bir foton bir elektron – deşik cütü yaradır. Praktikada isə ən effektiv fotoelementlər üçün belə QE < 1 qiymətini alır ki, bu da fotoelementlərin effektivliyinin artırılması mümkünlüyünü göstərir. Şəkil 5-də fotoelementlərdə istifadə olunan bəzi materiallar üçün QE(λ)-nın tipik əyriləri göstərilmişdir. Hazırda fotoelementlərin texnologiyasının inkişafı effektivliyin və istismar müddətinin artırılması, eləcə də qiymətlərin aşağı düşməsi istiqamətində yönəlmişdir. F.İ.Ə.-nin 20-25% diapazonuna çatdırılması həm monokristallik və həm də polikristallik silisium əsasında fotoelementlərdə mümkün olmuşdur. F.İ.Ə.-nin böyük (40%-dən çox) qiymətləri bir neçə p – n (III və IV qrup yarımkeçiricilər əsasında) keçidinə malik günəş batareyalarında alınmışdır.

Enerji itkilərinin azaldılması üçün müxtəlif tədbirlər hazırlanır və uğurla həyata keçirilir. Bunlara aşağıdakılar aiddir:

- günəş şüalanması üçün qadağan zonasının optimal eninə malik yarımkeçiricilərin istifadə olunması;
- yarımkeçirici strukturun onu optimal aşqarlamaqla xassələrinin istiqamətlənmiş yaxşılaşdırılması;
- fotoelementin konstruktiv parametrlərinin optimallaşdırılması(p – n keçidin dərinliyi, baza təbəqəsinin qalınlığı, kontaktın tezliyi və s);
- fotoelementin şəffaflaşdırılmasını və termonizamlanmasını təmin edən çoxfunksiyalı optik örtüklərin istifadə edilməsi;
- əsas udulma zolağının kənarında günəş spektrinin uzun dalğalı oblastına şəffaf olan fotoelementlərin işlənilməsi.



Şək. 5. Fotoelementlər üçün müxtəlif materiallarda QE% kvant effektivliyinin günəş şüalanması dalğa uzunluğundan asılılığı.

Fotoelementlər üçün materiallara aşağıdakı tələblər qoyulur:

Miqyaslılıq. Çoxlu sayda element almaq və materialın aşağı temperaturlarda məhsulun yüksək çıxışı təmin olunmaqla tez bir zamanda emal olunması imkanı.

Dayanıqlıq. Materiallar və proseslər işlək temperaturda stabil olmalıdır.

Maya dəyərinin minimum olması. Materialların qiyməti əldə olunan enerjinin qiymətinin 15%-dən çox olmamalıdır. Əgər enerjini günəş şüalanması olmadığı period müddətində saxlamaq lazım gələrsə, maya dəyərinə enerjinin saxlanılmasının qiyməti də əlavə olunmalıdır.

İşləmə müddəti. Elektrik stansiyasının elektrik enerjisini nominal səviyyədə istehsal etdiyi zaman müddəti. Buraya fotoelementlərin işləmə müddətindən əlavə elektrik stansiyasının konstruksiyalarının və enerjinin saxlanılması və çevrilməsi qurğularının işləmə müddəti də daxil edilir.

Etibarlılıq. Etibarlılıq həm işləmə müddətinə, həm də maya dəyərinə təsir edir. Xidmətə və komponentlərin əvəz edilməsinə çəkilən xərclərin azaldılması elektrik enerjisinin istehsalına çəkilən xərcləri də azaldır.

Komponent və materialların istehsalının ekoloji təmizliyi. Günəş elektrik enerjisinin özünün istehsalı ekoloji cəhətdən təmiz olduğundan material və komponentlərin istehsalı zamanı da buna ciddi diqqət yetirilməlidir.

Texniki xidmətin rahatlığı. Monokristallik və polikristallik silisium əsasında hazırkı nəsil qurğuların işləmə müddəti təxminən 25-30 il təşkil edir. Günəş batareyalarının texnologiyasında ən mühüm parametrlərindən biri alınan enerjinin maksimal gücünün dollar/vatt-la ölçülən qiymətidir. Axırıncı üç onillikdə alınan elektrik enerjisinin qiyməti 3,65

$/vatt-dan 0,25 $/vatt-a qədər enmişdir. Modulların (fotoelementlərin) qiyməti günəş elektrik stansiyasının qiymətinin 50%-ni təşkil edir.

Güzgü və ya linzalar formasında mərkəzləşdirən optik qurğuların istifadə edilməsi günəş şüalanmasını çox kiçik – fotoelementin yerləşdiyi oblastda cəmləyir. Beləliklə, lazım olan materialın miqdarını azaltmaq olar və nisbətən baha lakin, çox effektli materialların istifadə olunması mümkünlüyü yaranar. Fotoqalvanik qurğular aşağıdakı tiplərə ayrılır:

Homogen fotoelementlər. Yeganə material – kristallik silisium aşqarlanmanın köməyi ilə elə dəyişir ki, bir tərəf müsbət yüklənmiş deşiklərə malik p – tip, digər tərəf isə mənfi yüklü elektronlara malik n - tip olsun. Belə homogen materialda elektromaqnit şüalanması enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsinin effektivliyini artırmaq üçün fotoelementin yalnız aşağıdakı parametrlərini dəyişə bilərik: p – n keçidinin fotoelementin səthindən aşağı səviyyədə dərinliyini; p – n keçidinin hər iki tərəfindən aşqar atomların sıxlığı və paylanmasını; yarımkeçiricinin təmizliyi və şəffaflığını. Ən çox yayılmış homogen fotoelementlərə misal – Si və GaAs ola bilər.

Silisium fotoelementlərin f.i.ə.-ni artırmaq üçün səthin passivləşdirilməsi, işığın tutulması, işıqlanan səthən kiçik səthə malik kontaktlar, mürəkkəb antiəksedən örtüklər istifadə olunur. Amorf Si:H silisiuma nəzərən daha yüksək udma əmsalına malik olduğundan nazik təbəqələrdən istifadə etmək olar.

Heterogen fotoelementlər. Belə tipə misal olaraq CdS və CIGS kimi iki müxtəlif yarımkeçiricinin birləşdirildiyi qurğunu göstərmək olar. Bu sturuktur fotoelementi elə materiallardan almağa imkan verir ki, bu zaman işıq silisiuma nəzərən daha yaxşı udulur və beləliklə, nazik təbəqələr kimi istifadə olunmağa imkan yaranır. Bütün günəş şüalanması enerjisi nazik təbəqələrdə (qalınlığı bir neçə mikron) udula bildiyindən materialların təmiz olması şərti silisiuma nəzərən yumşaldıla bilər. Bu iki material heterogen qurğuda müxtəlif rollar oynayır. Əsas lay və ya "pəncərə" layı işıqlanma zamanı şəffaf qadağan zonasının eni böyük olan materialdan hazırlanır. Şəffaflıq bütün işıqlanmanın qadağan zonasının eni aşağı olan alt qata çatmasına şərait yaradır ki, burada udulan işıq kvantının enerjisi qadağan zonasının enerjisindən böyük olur.

Eksiton fotoelementlər. Nisbətən yeni olan belə fotoelementlərdə işıq şüasını udan təbəqə üzvi (molekulyar və ya polimer) materialdan hazırlanır. Bu materiallarda günəş işığı kvantının udulması silisiumda olduğu kimi sərbəst elektron və deşik yaratmır. Bunun əvəzinə belə materialda həyəcanlanmış hala birləşmiş elektron və deşik cütlüyü, yəni eksiton kimi baxmaq olar. Üzvi materiallarda cütlüyün əlaqə enerjisi qeyri-üzvi materiallarda olduğundan 10-20 dəfə azdır. Deməli, birləşmiş yük daşıyıcıları asanca ayrılaraq sərbəst daşıyıcılar ola bilir. Qurğunun işi özündə donor materialının (polimer və ya rəngləyici) optik həyəcanlanması, donor və akseptor materialları (məsələn, fulleren və ya oksid) arasındakı laya eksitonların yayılmasını, elektronların deşiklər olan akseptorun materialına yeridilməsi və sonradan elektrik cərəyanını almaq üçün yük daşıyıcıların kontaktlara nəqlini birləşdirir.

Üzvi materiallar əsasında fotoelementlərin f.i.ə.-si kiçik qurğularda 8%, nisbətən böyük qurğularda isə cəmi 4%-ə çatır. Belə qurğuların üstünlüyü istehsalın aşağı maya dəyərinə malik olması və aşağı temperaturda işləmələridir. Çatışmayan cəhətlər isə nisbətən kiçik f.i.ə. və işləmə müddətidir (təxminən 5000-30000 saat). Fotoelementlər üçün günəş spektrinin udulması diapazonu daxil olmaqla geniş xassələr toplusuna malik üzvi maddələrin hazırlanması da mümkündür ki, bu perspektivdə belə maddələrin kombinə edilməsi ilə f.i.ə.-ni artırmağa imkan verəcəkdir. Məsələn, şüşəyə zərrəciklərin inkapsulyasiyasını işləmə müddətini 10-25 ilə çatdıra bilər. Optik elementlər həm istilik enegetikası həm də fotoelementlərə istiqamətləndirilmə zamanı konsentrasiya üçün istifadə olunur. Optik elementlər üçün güzgülər adətən səth təbəqədə əks edən örtük çəkilmiş (gümüş) şüşədən hazırlanır. Bu örtük isə öz növbəsində ətraf mühitin təsirindən müdafiə olunmaq üçün başqa bir örtüklə qorunur. Əks edən örtüklər üçün materiallar 90%-dən böyük olan əksetmə əmsalına malik olmalıdır.

İstilik günəş energetikasında istifadə olunan materiallar yüksək temperaturlara (600^0 C-dən böyük) və təzyiqlərə (600 atm-dən böyük) davamlı olmalıdır. Hazırda belə materialları paslanmayan poladdan və ya nikel ərintilərindən hazırlayırlar. Lakin belə materiallar baha başa gəlirlər.

---

1. *Бальзанников М.И., Елистратов В.В.* Возобновляемые источники энергии. Аспекты комплексного использования. Самара: ООО «Офорт», СамГАСУ, 2008. 331 с.
2. *Безруких П.П.* Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России: учебное пособие. М.: Книга-Рента, 2008. 128 с.
3. *Безруких П.П.* Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики // Электрика. 2008. №9. С. 3-10.
4. *Васильев Ю.С., Елистратов В.В.* Возобновляемая электроэнергетика и энергетическая безопасность // Академия энергетики. 2007. №2(16). С. 14-19.
5. *Blunden L.S., Batten W.M.J., Harrison M.E., Bahaj A.S.* Comparison of boundary layer and field models for simulation of flow through multiple-row tidal fences. Proceedings of the 8th European Wave and Tidal Energy Conference, Uppsala, Sweden, 2009.
6. *Elistratov V.V.* Electrical Energy Sector Overvien. Wind Energy International 2011/2012/ WWEA 2011/ Bonn. Pp. 457.
7. *Falnes J.* Ocean Waves and Oscillating Systems. Cambridge University Press, 2002. 288 p.
8. *Giles J., Godfrey I., Bryden I., Myers L., O'Nians J., Bahaj A., Griffiths J.* An innovative tidal fence development for the Severn Estuary, UK. - 3rd International Conference on Ocean Energy, 06.10.2010. Bilbao, Pp.

СОВРЕМЕННЫЕ МОТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

МУСАЕВА С.Н., КЕРИМОВ Э.А.

Преимущество гетерогенных устройств перед гомогенными заключаются в том что, многие материалы фотоэлементов практически могут легироваться только для получения p-типа или только n-типа, но не для получения обоих типов полупроводника, поэтому в гетерогенных устройствах могут использоваться различные перспективные материалы. Кроме того, слой «окна» с высокой энергией запрещенной зоны уменьшает электрическое сопротивление фотоэлемента и потери электрической энергии.

Ключевые слова: фотоэлемент, солнечное излучение, легирование, полупроводник, устойчивость, монокристалл.

MODERN ELECTRIC POWER GENERATION METHODS

MUSAEVA S.N., KERIMOV E.A.

The advantage of heterogeneous devices over homogeneous ones is that many photocell materials can practically be doped only to produce p-type or only n-type, but not to produce both types of semiconductor, so various promising materials can be used in heterogeneous devices. In addition, the layer of the "window" with a high energy band gap reduces the electrical resistance of the photocell and the loss of electrical energy.

Key words: photocell, solar radiation, alloying, semiconductor, stability, single crystal.

UOT 662.997

GÜNƏŞ SU NASOS SİSTEMLƏRİ VƏ TƏTBİQİ

MƏMMƏDOV R.R.

Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyi
rsm_mamedov@hotmail.com

Məqalədə subartezian quyuları və ya digər su mənbələri vasitəsilə suvarılan ərazilərdə elektrik enerji təchizatında alternativ enerji mənbələrindən istifadənin tətbiqi və subartezian quyularının mərhələlərlə elektron idarəetmə sistemlərinə keçirilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Məqsəd günəş radiasiyası, bu radiasiyadan alınan elektrik enerjisi və bu enerjiyə uygun arteziandan və ya digər mənbədən su hasilatı, sistemin strukturu, xarakteristikası, texniki göstəriciləri və iş prinsipini göstərməkdir.

Açar sözlər: günəş, su, nasos, smart, suvarma, sistem, stansiya, enerji.

Məlum oldugu kimi, müasir dövrdə enerji ehtiyatları bütün bəşərriyətin həyat mənbəyidir, yüksək həyat səviyyəsinin, inkişaf etmiş iqtisadiyyatın və milli təhlükəsizliyin təməlidir. Enerji problemləri dövrümüzün vacib qlobal problemlərindən biridir. Dünyada enerji istehsalı artdıqca, ekoloji problemlərə təsiri də artır. Qlobal iqlim problemləri, dünyanın aparıcı institutlarını günəş və külək enerjisi kimi ekoloji təmiz bərpa olunan enerji mənbələrindən geniş istifadənin məqsədəuyğunluğu barədə düşünməyə məcbur edir. Bu baxımdan qlobal miqyasda aparılan araşdırmalar və əldə olunan təcrübələr sübut edir ki, günəş radiasiyası, yüksək faydalı iş əmsalı(FİƏ) ilə digər enerji növlərinə (elektrik enerjisi, istilik və s.) çevrilə bilən daha keyfiyyətli enerji mənbəyidir. Günəş enerjisi hər yerdə mövcuddur. Günəş enerjisi dünyanın ən zəngin, həm də ekoloji cəhətdən səmərəli bir enerji mənbəyidir. Günəş enerjisi günümüzün enerji böhranına cavabdeh ola bilər.

Bəzi bölgələrin iqlim şəraiti günəş enerjisinin inkişafına üstünlük verir. Bu, külək və günəş enerjisinin geniş yayılması üçün əlverişli coğrafi şəraiti olan ərazilərdir. Belə ərazilərdə günəş enerjisinin bolluğu, su təchizatı problemləri, elektrik enerjisi tariflərinin və yanacaq qiymətlərinin daim artması fərdi istehlakçılar üçün səmərəli günəş su qaldırıcı qurğuların yaradılması məsələsini olduqca aktuallaşdırır. Hesab edirik ki, bu qəbildən olan etibarlı, işlək və səmərəli qurğular tətbiq etməklə problemin həllinə nail olmaq olar.

Dünyadakı milyonlarla insan sudan istifadə məhdudluğu yaşayır. Bir çox ölkələrdə yeraltı su sistemlərini yanacaq üçün dizel istifadə edən elektrik su nasosları vasitəsilə çıxarılır. Bununla birlikdə, bu sistemlər təkcə müntəzəm xidmət və yanacağın alınmasını tələb etmir, eyni zamanda qlobal iqlim sistemini dəyişdirən karbon qazı da buraxır.

Günəş su nasosu sistemləri dizel nasoslarına alternativ variant ola bilər. İllərlə aparılan tədqiqat və texnoloji inkişafdan sonra, belə sistemlərin əməliyyat, maliyyə və ekoloji cəhətdən davamlı olduğu sübut edilmişdir. Son illərdə günəş texnologiyalarının dəyəri olduqca aşağı düşmüşdür. Günəş panellərinin təxminən 25 il təminatlı istismar müddəti var və bu müddət ərzində az qulluq tələb edir. Global enerji problemlərinin tügyan etdiyi dünyanın bir sıra dövlətləri xüsusilə Çin, Hindistan, Mərakeş, Keniya və digər Afrika dövlətləri günəş su nasos sistemlərinin tətbiqinə xüsusi önəm verirlər.

Məlumat üçün bildiririk ki, sözü gedən məsələ Azərbaycan Respublikasında da dövlət səviyyəsində ətraflı araşdırılır və sahənin inkişafı üçün müvafiq qərarlar qəbul olunur. Azərbaycan Respublikası Nazirlər Kabinetinin 2017-ci il 28 dekabr tarixli 918s saylı sərəncamı "Subartezian quyuları vasitəsilə suvarılan ərazilərdə elektrik enerjisinin alternativ enerji mənbələrindən istifadənin tətbiqi və subartezian quyularının mərhələlərlə elektron idarəetmə sistemlərinə keçirilməsi"-nə dair tapşırığına Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyində (ABOEMDA) aidiyyəti üzrə baxılmışdır. Ölkənin kənd təssərrüfatına yararlı torpaq sahələrinin, suvarma sistemlərinin bu günki vəziyyəti və ölkə

ərazisində mövcud alternativ və bərpa olunan enerji potensialı, beynəlxalq təcrübə, bu sahəyə tətbiq olunan yeni texnologiyalar ətraflı öyrənilmiş və nəticə etibarilə aşagıdakı istiqamətlər sahənin inkişaf etdirilməsi üçün prioritet götürülmüşdür.

- Suyun səmərəli istifadəsi, suya, enerjiyə, dizelə və kömürə qənaət;
- Dizel nasos sistemlərindən və dizel aqreqatlarından istifadənin ətraf mühitə zərəri, ətraf mühitin qorunması, BMT-nin İqlim Dəyişmələri üzrə Çərçivə Konvensiyasının 2015-ci ildə imzalanmış Paris Sazişinə əsasən "Milli səviyyədə Müəyyənləşdirilmiş Töhfə" üzrə Azərbaycan Respublikasının üzərinə götürdüyü öhdəliklərinin yerinə yetirilməsi, CO_2 tullantisının azaldılması;
- Əlverişsiz ərazilərdə suvarma torpaqların bərpası, regionlarda xüsusilə özəl sektorda alternativ və bərpa olunan enerjinin tətbiqi və inkişafı, aşağı əməliyyat xərcləri, aşağı layihə riski, günəş su pompaları texnologiyaları bazarının regionda inkişafı, müvafiq sahə üzrə kiçik biznesin/ məşğulluğun yaradılması;
- Quraşdırmanın, tətbiqin infrastrukturun mövcud olmadığı ərazilərdə mümkünlüyü;

Azərbaycan Xəzər dənizinin qərb sahilində, Böyük və Kiçik Qafqaz dağlarının ətəklərində yerləşir. Azərbaycan əsasən quru iqlimə malik (arid) zonada yerləşdiyinə görə burada kənd təsərrüfatının inkişafı həmişə süni suvarma aparmaqla mümkün olmuşdur. Ölkə su ehtiyatlarının qıtlığı problemini yaşayır. Azərbaycan qədim suvarma əkinçiliyi diyarıdır. Suvarılan torpaqlar ölkənin kənd təsərrüfatına yararlı torpaq sahələrinin üçdə birini (1432,7 min hektar) təşkil etsə də ölkədə istehsal olunan kənd təsərrüfatı məhsullarının 90-95%-i bu torpaqlardan götürülür. Suvarılan torpaqların təxminən üçdə birindən çoxu (565 min hektarı) mexaniki üsulla, o cümlədən 349,4 min hektar elektrikləşdirilmiş, 68,2 min hektar dizel nasos stansiyaları ilə, 147,7 min hektarı isə subartezian quyuları vasitəsi ilə suvarılır.

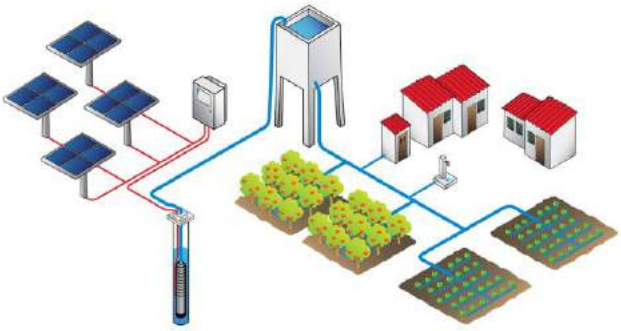
Bu gün bəşəriyyəti düşündürən problemlərdən biridə atmosferin çirklənməsidir. Məlum olduğu kimi, Azərbaycan Respublikası BMT-nin İqlim Dəyişmələri üzrə Çərçivə Konvensiyasının Paris Sazişi üzrə Nəzərdə Tutulan Milli Səviyyədə Müəyyən Edilmiş Töhfələri (İNDC) barədə məlumatları Konvensiyanın Katibliyinə təqdim etmişdir. Paris Sazişi üzrə qlobal iqlim dəyişmələrinin qarşısının alınması təşəbbüslərinə özünün töhfəsi olaraq 2030-cu ilədək istilik effekti yaradan qaz emissiyalarının səviyyəsinin 1990-cı baza ili ilə müqayisədə 35% azaldılmasını hədəf kimi götürmüşdür. Aparılan araşdırmaların nəticələri göstərir ki, ölkəmizin Paris Sazişi üzrə götürdüyü öhdəliklərin yerinə yetirilməsində Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələrindən (ABOEM) istifadəsi hesabına elektrik və istilik enerjisinin istehsalı mühüm töhfələr verə bilər. Rəsmi statistik məlumatlara görə ölkə üzrə istilik effekti yaradan qaz emissiyalarının təxminən 80%-dən çoxu energetika sektorunun payına düşür. Eyni zamanda bildiririk ki, Azərbaycan Respublikasında milli iqtisadiyyatın inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi"ndə alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə üzrə istehsal gücünün artırılması üçün əlavə investisiya qoyuluşları və iqtisadiyyatın bütün sahələrində tətbiqi nəzərdə tutulmuşdur. ABOEMDA tərəfindən mövcud və 2030-cu ilədək yaradılacaq bərpa olunan enerji mənbələri üzrə yeni generasiya gücləri və istehsal olunacaq elektrik və istilik enerjisinin həcmi qiymətləndirilmişdir. 2030-cu ildə ABOEM üzrə elektrogenerasiya güclərinin 3461 MVt-a çatdırılacağı, istehsalın 8471.1 milyon kVt saat təşkil edəcəyi və nəticədə karbon emissiyasının 3.8 milyon ton azalması proqnozlaşdırılır.

Respublikamızın ərazisinə düşən illik günəş şüalarının bolluğu günəşli günlərin sayının cox olması Abşeron zonasında və Xəzər akvatoriyasında yüksək külək potensialının mövcudlugu bu sahənin inkişaf etdirilməsini zəruri edir. Azərbaycanın yerləşdiyi uygun ərazi üçün təxmini 265 günəşli gün götürülür, başqa sözlə 1200-1800 kVt·saat/m^2/il, 3,5- 5 kVt·saat/m^2/gündür. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, illik istehsal gücü 65MVt çatdırılması gözlənilən "Azgüntex" MMC-də günəş modulları istehsal edilir. Həmçinin yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi PV panellərin 25 il təminatlı istismar müddəti vardır. Bir neçə resursun birlikdə, məsələn hibrit tipli elektrik stansiyalarının - günəş enerjisi, külək enerjisi, turbulent hidro enerji, kicik çaylarda su elektrik stansiyası, enerjinin aklumyasiyası, sistemin şəbəkə və şəbəkəsiz quraşdırılması və istifadə imkanları möcuddur. PV panellərinin

quraşdırılmasının müəyyən üstünlükləri də var. Belə ki, asan quraşdırılır, yanacaq istifadə etmir və əlavə xərclər yoxdur, sadə və etibarlıdır, mobildir. Günəş panelləri hətta regional səviyyədə və uzaq ərazilərdə etibarlı ola bilər, onların olduqca aşağı əməliyyat xərcləri vardır, asan daşınması və köçürülməsi mümkündür, az təmir ediləndir, məhsuldarlıq ehtiyac olan zamanlarda artır, su kanalların da və ya su anbarlarında quraşdırılma imkanı vardır ki, bu da temperaturun yüksək oldugu dövrlərdə suyun buxarlanmasının qarşısını alır və həmdə daha çox sahəni zəbt etmir. Əlavə olaraq sahələrdə gecə işıqlandırması və digər növ avadanlıqların, müşahidə üçün kamera sistemlərinin enerji təchizatını icra edə bilər. Fotovoltaik (PV) modullar nəsli, günəş enerjisindən istifadə üçün səmərəli hesab olunur. Günəş panelləri (fotovoltaik hücrələrin bir sıra) artıq geniş şəkildə tətbiq olunur. Günəş panelləri günəş enerjisini birbaşa elektrik enerjisinə çevirən günəş hücrələrindən (fotovoltaik çeviricilər) ibarətdir. Fotoelektrik çeviricilərin iki növü geniş yayılmışdır: monokristal və polikristal silikondan hazırlananlar. İstehsal texnologiyasında fərqlənirlər. Birincilərinin səmərəliliyi 17,5% -ə qədərdir, ikincisi -15%-dir. Bütün qurğunun səmərəliliyinə böyük təsir göstərən günəş batareyasının ən vacib texniki parametri xalis gücdür. Gərginlik və çıxış cərəyanı ilə müəyyən edilir. Bu parametrlər batareyaya daxil olan günəş süasının intensivliyindən asılıdır. Alınan elektrik enerjisini aklumyasiya etmək və axşam saatlarında istifadə etmək üçün akklumyatorlar da yığmaq mümkündür. Akklumyatorlar kimyəvi cərəyan mənbəyidir.

Məlumat üçün bildiririk ki, Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyi tərəfindən, alternativ və bərpa olunan enerjinin kənd təsərrüfatına tətbiqi ilə əlaqədar Samux Agro-Enerji və Yaşayış Kompleksində(Samux AEYK) günəş su nasos və avtomatik suvarma sistemləri artıq yaradılmışdır. Təcrübə sınaq işləri üçün secilən ərazidə yüksək elektrik gərginliyi təmin edə biləcək günəş elektrik stansiyası, hər biri saatda 80-100 kub metr su verimliliyi olan 3 ədəd artezian quyusu, ekstensiv üsulla suvarılan yonca sahələri, müasir üslubda qurulmuş üzüm və meyvə bağı, suvarma sistemiləri mövcuddur. İlk növbədə qeyd etmək lazımdır ki, Samux AEYK-də Günəş Elektrik Stansiyası normal fəaliyyət göstərir, enerji istehsalı yerli hidrometroloji şəraitə uyğundur. ABOEM enerjisi fəaliyyət göstərən suvarma sistemi üzrə pilot layihənin həyata keçirilməsi üçün Samux Günəş Elektrik Stansiyası tamamilə uyğundur. Su mənbələrinə gəldikdə qeyd olunmalıdır ki, ərazinin suvarma suyuna olan tələbatı hələlik 3 artezian vasitəsilə həyata keçirilir. Birinci artezian inzibati binanın 100 metrliyində yerləşir, 32 kVt-lıq nasosla saatda 80 m^3 su çıxarılır və 100 mm-lik polietilen boru xətləri ilə sahəyə verilir, buradakı yonca əkinləri suvarılır, texniki məqsədlər üçün istifadə olunur və s. İkinci artezian istixanaların qərbində yerləşir və əkinlərin damcılama üsulu ilə suvarılması üçün istifadə olunur. Ərazidə 6 ədəd 15 tonluq rezervuar mövcuddur. Üçüncü artezian quyusu meyvə baglarının suvarılması üçün istifadə olunur. Suvarmanın nəticəsi olaraq gilas, şaftalı, gavalı, nar, üzüm sahələri normal inkişaf edir. Onların arasına qarpız, günəbaxan, qarğıdalı və s. bitkilər əkilmişdir.

Günəş, su nasosları sistemlərinin strukturu və iş prinsipi belədir.



Sək.1. Sturktur sxem.

Sistem əsasən günəş paneli, invertor/kontroller, dərinlik və digər nasoslarından ibarətdir.

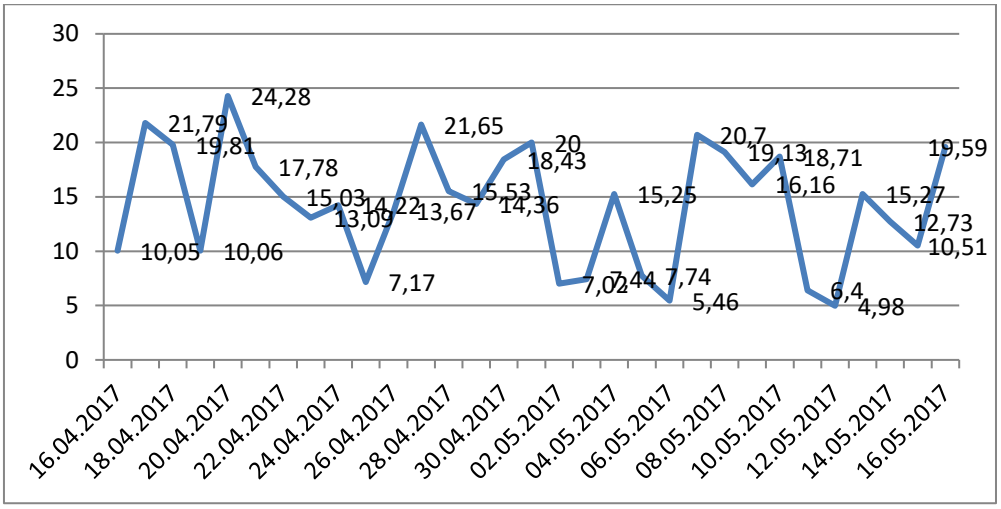
- Günəş paneli günəşdən aldığı şüaları enerjiyə çevirir, günəş su nasosu invertor/kontrolleri günəş şüalarının elektrik enerjisinə konvertasiyası və günəş şüalarından tam istifadə etməklə nasos sisteminin idarə və nəzarət olunması funksiyasını icra edir. Gücləndirici az miqdarda günəş paneli tətbiq etməklə enerji təminatını həyata keçirir. Nasos suyu və ya digər mayeni qaldırmaq üçün istifadə edilir.
- İş prinsipi: günəş paneli elektrik enerjisini invertora ötürür. İnvertor sabit cərəyanı dəyişən cərəyana çevirir və nasosa ötürür, günəşin intensivliyini nəzərə alaraq sistemi çalışdırır.
- Günəş nasos siteminin üstünlükləri: sistemin əmək sərf etmədən avtomatik çalışması, bütün növ nasoslar üçün uyğunluğu (3 faza dəyişən cərəyan nasosları daha cox məsləhət görülən), (1 faza dəyişən cərəyan nasosları və sabit cərəyan nasosları daxil olmaqla), giriş gərginliyinin diapazon genişliyi bütün növ PV panellərdən istifadə etməyə imkan verir. Sistemin təhlükəsiz 24 saat çalışması, hibrid enerji təchizatının qurulması, məsafədən idarə olunması və fərdi monitorinqin aparılması mümkünlüyü, yüksək səmərəlili daxili MPPT nəzarət sistemi, nasosun xüsusi qorunması sistemi, uzaqdan təhlükəsiz izləmə və idarəetmə sistemi, "on-grid və off-grid" sistemləri, stabil çıxış tezliyi olması.
- Məsafədən idarəetmənin mümkünlüyü: İnternetin mövcud oldugu istənilən yerdən nasos siteminin monitorinqi və idarə olunması, sistemin cloud/web sistemlərinə inteqrasiyasının mümkünlüyü, sistemin məsafədən diaqnostika və re-konfiqurasiyası, suvarma sistemləri və idarəedici qurgulara tətbiqi (torpagın nəmliyinə, suyun səvviyəsinə, havanın rütubətinə görə işləməsi imkanları).

Əlbətdə məsələnin kökündə enerji mənbəyi kimi əraziyə düşən günəş radiasiyası durur. Bu baxımdan radiasiyanın ölçülməsi vacib məsələdir. Burada qeyd etmək istərdim ki, ölkə ərazisinə düşən radiasiyanın ölçülməsi məqsədilə Dövlət Agentliyinin sifarişi ilə müxtəlif bölgələrdə 2011-ci ildən başlayaraq Günəş Müşahidə Stansiayalrı quruldu ki, bu da gün ərzində günəşi izləməklə əraziyə düşən radiasiyanı ölçməyə imkan verdi. Günəş izləyici (STR-21G tipli) ilə təmin olunmuş stansiyanın yüksək sinfi dəqiqliyi olan piranemometrləri (MS-802 tiply) üfiqi müstəviyə düşən radiasiyasını ölçməyə və xüsusi reqistratorun (CR-1000 tipli) uygun yaddaşı hər on dəqiqədən bir alınan məlumatların arxivləşdirilməsinə, eyni zamanda GPRS/GSM sistemini dəstəkləyən modem (Fastrack XTND) təchizatı qiymətli günəş məlumatlarını (günəşin azimutu və zeniti də daxil olmaqla düz, diffuz olunan, global, cəm radiasiya, temperatur, rütubət və təzyiq ölçmələrini) idarə etmə mərkəzlərinə ötürməyə imkan verir. Belə avadlıqdan biridə Samux AEYK-də quraşdırılmışdır. Eyni zamanda ölkəmizin müxtəlif bölgələrində quraşdırılan hündürlüyü 85m olan Külək Ölçü Müşahidə stansiyalarının da üzərində günəş radiasiyasın ölçmək üçün piranemometrlər quraşdırılmışdır.

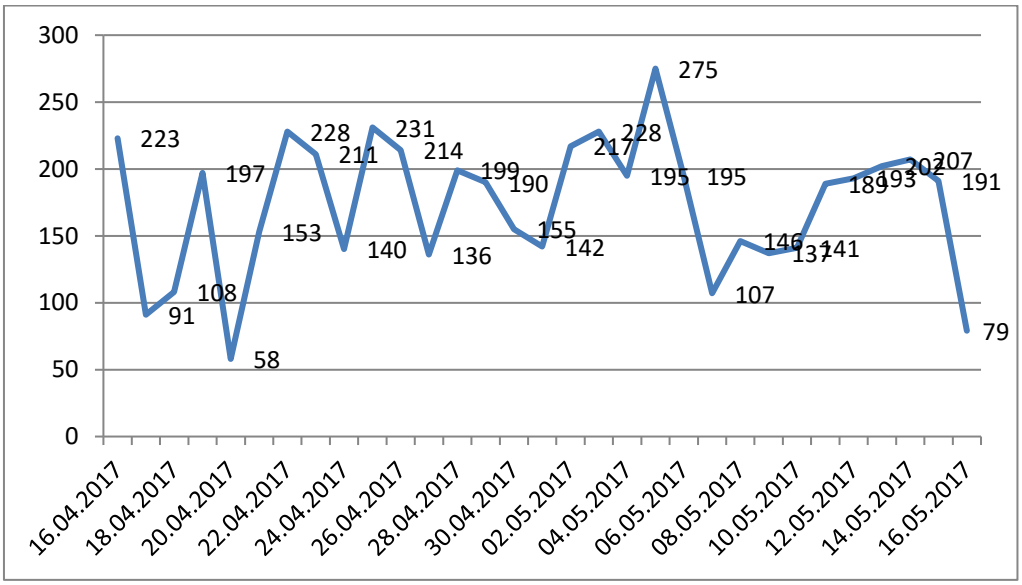
Şək. 2. Samux günəş monitoring stansiyası.

Müqaisə üçün yerli müşahidə stansiyalarıyla Dünya Bankının hazırladıgı "Global Günəş Atlası" onlayın proqramının məlumatlarını götürək. Müşahidə stansiyası üzrə 16.04.2017-

16.05.2017-ci il tarixlərində stansiyanın sensorları ilə qeydə alınmış və reqistratorunda arxivləşdirilmiş müşahidə məlumatları əsasında əraziyə düşən cəm radiasiya və qlobal radiasiyanın qrafikləri qurulmuşdur.

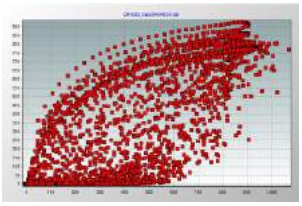


Qrafik 1. Cəm radiasiya, (kVt·s /m^2 gun).

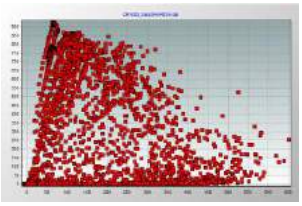


Qrafik 2. Global radiasiya (Vt·s /m^2 gün).

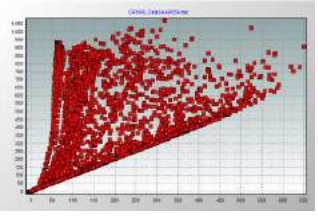
Stansiya məlumatlarının analizi göstərir ki, ərazidə günəş potensialı yüksəkdir və bu da günəş texnalogiyalarını tətbiq etməklə kənd təssərrüfatını inkişaf etdirməyə imkan verir.



Düz düşən və Diffuz olunan radiasiya



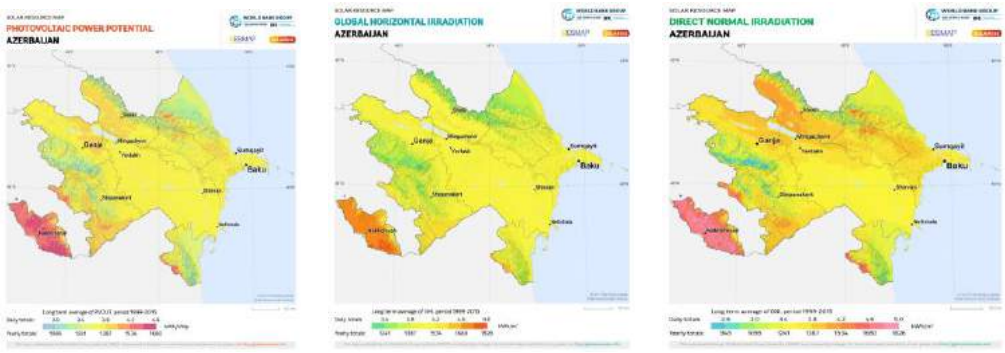
Düz düşən və Qlobal radiasiya



Diffuz olunan və Global radiasiya

Şək. 3. Düz, Diffuz və Qlobal radiasiya.

Əraziyə düşən günəş radiasiyası Dünya Bankının "Qlobal Günəş Atlası"nda da öz əksini tapmışdır. Əraziyə düşən gündəlik və illik orta radiasiya 4.3kVt·s/m²gün/1580kVt·s/m^2 il təşkil edir.



Şək. 4. Qlobal Günəş Atlası.

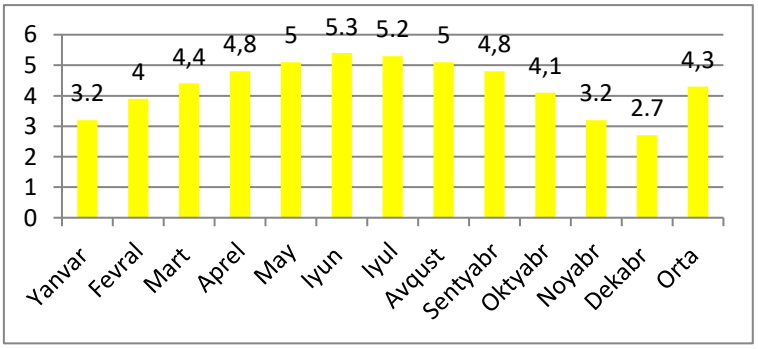
Günəş radiasiyasına görə PV-dən enerji istehsalı aşagıdakı çədvəldə göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

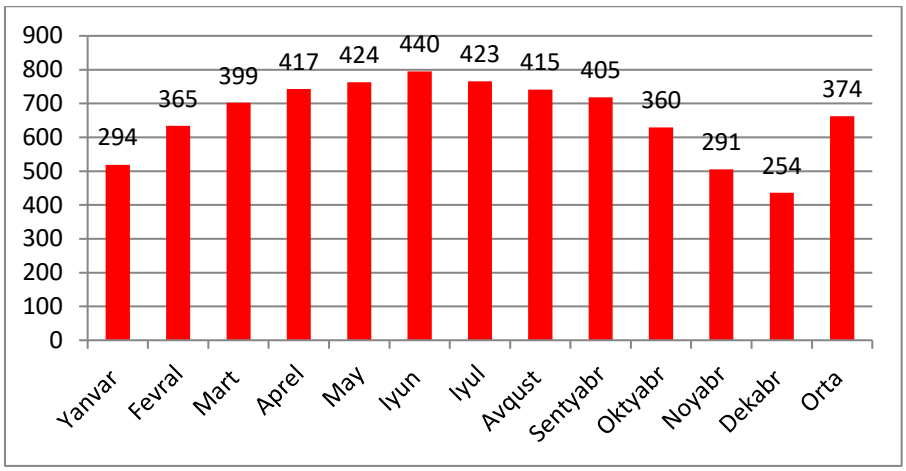
Fotovoltaik enerji istehsalı

Orta göstərici	Qlobal üfiqi rad. (kVt·s / m^2)	Düz normal rad. (kVt·s / m^2)	Diffuz rad. (kVt·s / m^2)	Qlobal əyilmiş rad. 34 dərəcə əyilmiş uzunmüddətli illik və gündəlik orta (kVt·s / m^2)	34^0 əyilmiş gücü 94.5 kVt olan fotovoltaik sistem uzunmüddətli illik və gündəlik orta enerji istehsalı		Temperatur (^{0}C)
					PV enerjisi (kVt · s)	Qlobal əyilmiş rad. (kVt·s / m^2)	
Orta il	1510	1426	658	1747	127921	1741	
Orta gün	4.1	3.9	1.8	4.7	350.2	4.7	15

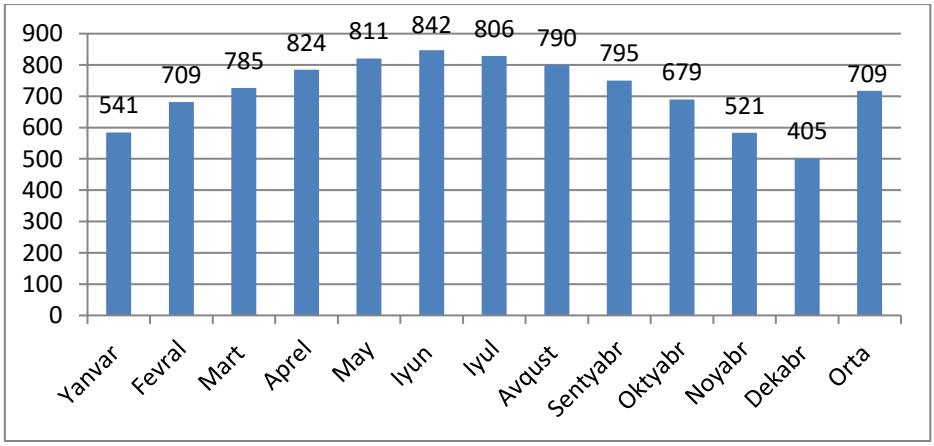
Samux AgroEnerji və Yaşayış Kompleksidə dərinliyi 100 metr olan artezian quyusundan günəş enerjisinə görə PV panellərlə istehsal olunan enerji və su hasilatı qrafiki tərəfimizdən hazırlanmışdır. Burada tətbiq olunan su nasosunun gücü 62kVt·s-dır.



Qrafik 3. Günəş radiasiyası orta illik 1570kVt·s/m^2, günlük 4,3kVt·s/m².

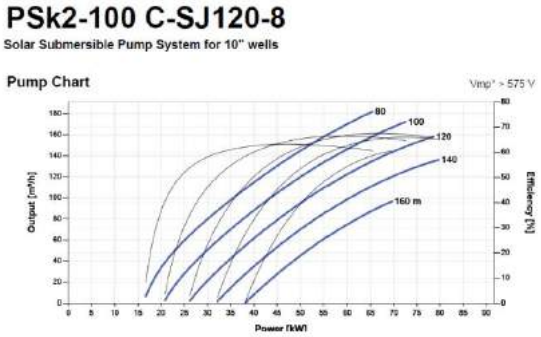


Qrafik 4. Orta illik 136500 kVt, günlük enerji istehsalı 374kVt.

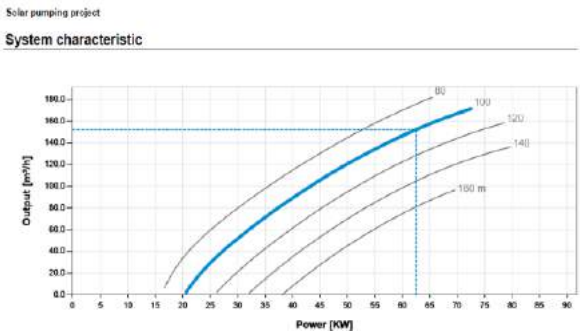


Qrafik 5. Orta illik 259000m^3, günlük su hasilatı 709 m^3.

Günəş su nasos sisteminin xarakteristikasi belədir.



Qrafik 6. Nasosun xarakteristikası.



Qrafik 7. PV-nin xarakteristikası.

Cədvəl 2.

Nasos və PV xarakteristikası

Əsas komponentlər	Texniki parametrlər	Ölçü vahidi	Min.	800Vt/m2 200C	Max./STC*^{0}C
PV generatoru	Hücrə temperaturu	0C		46	25
	Temperatur itkisi	%		8.8	
	Çirklənmə faizi	%		10	
	Çıxış gücü	Vt		64.200	97.750
	*MGG	V		638	699
	*MGC	A		101	140
	*ADG	V		787	865
	*QQC	A		109	150
	P çıxışı	Vt		64.200	
	V çıxışı	V		637	
	İ çıxışı	A		101	
Motor kabeli	Enerji itkisi	%	1.3	2.4	2.8
Nasos sistemi	Motor gücü	Vt	20.600	62.600	72.400
	Motor gərginliyi	VAC	281	361	380
	Motorun cərəyan şiddəti	A	50	119	131
	Motor sürəti	rpm	2.095	2.685	2.840
	Tezliyi	Hz	37	47	50
	Su sərfi	m3/saat	2.4	153	172
	Səmərəlilik	%	3.2	66	66
Boru	Axının sürəti	m/s	0.027	1.7	1.9
	Sürtünmə itkisi	m	0.001	1.2	1.4

* STC-Standart test şəraiti 1000Vt/m^2 radiasiya 25^{0}C hücrənin temperaturu , *MGG – Maksimum gücdə gərginlik, *MGC –Maksimum gücdə cərəyan, *ADG – Açıq dövrə gərginliyi, *QQC-Qısa qapanma cərəyanı.

Tətbiq sahələri müxtəlifdir. Yeraltı suyun azalması, suvarma sistemləri, sənaye tətbiqi, damla suvarma və yağmurlama sistemi, çənin doldururlması, təbii qoruqun su təchizatı, pivot sistemləri, kənd su təchizatı, maldarlıq, quşçuluq, hovuz, fəvvarələr və s.

Şək.5. PV tətbiq və quraşdırma üsulları.

Növbəti çədvəldə əraziyə düşən gündəlik və illik orta radiasiya (4.3KVt·s/m² gün/1580KVt·s il) təşkil etdiyi halda nasosların hesabatı hazırlanıb. Bu zaman suyun temperaturu-25^{0}C, PV çirklənmə itlikəri 10%, PV quraşdırma bucagı 34-40^0 götürülmüşdür.

Cədvəl 3.

Günəş su nasos sistemlərinin texniki göstəriciləri.

Nasos	Motor tex/gös.		Stansiyanın gücü və enerjisi isteh.			Arteziandan su hasilatı			FIƏ
	su (m³)	Motor gücü (kVt·s)	PV/güç (kVt·s)	Enerji (gün) (kVt·s)	Enerji (il) (kVt·s)	Dərinli (m)	Su (gün) (m3)	Su (il) (m³)	Səmərəlilik I/Vt
PSK2-100 C-SJ120-8	182	75	110	418	152500	80-160	834	304500	7.6
PSK2-40 C-SJ95-7	119	30	51.75	199	72500	80	500	182500	9.7
PSK2-100 C-SJ95-17	113	75	143	547	199500	100-300	900	328500	6.3
PK2-21 C-SJ42-10	62	15	30.0	115	42050	40-90	312	113500	10
PS -4000 C-SJ30-2	44	4	6.0	23	8410	22	209	76200	35
PSK2-100 C-SJ95-17	113	75	172.5	662	242000	100-300	717	261000	4.2
PSK2-7 C-SJ30-6	42	5.5	11.0	44	16100	30-50	204	74300	18
PS2-4000 C-SJ17-4	26	4	6.0	23	8410	45	107	38850	18
PSK2-21 C-SJ75-4	112	15	26.25	101	36800	20-55	423	154000	16
PSK2-21 C-SJ42-10	62	15	30.0	115	42050	40-90	311	113500	10

Günəş su nasoslarının növləri müxtəlifdir.

Tipi: PS9k:
Dərinlik: 20-80 м
Saatlıq su sərfiyyatı: 33 -120 м3/s

PS15k
12-80 м
41-279 м3/s

PS21k
16-80 м
63-306 м3/s

Şək. 6. Səth nasosları.

Tipi: PS-HR:
(helikoidal rotor)
Dərinlik: 50-350 м
Saatlıq su sərfiyyatı:
2,5-3,9 м3/s

PS-C
(mərkəzdəqaçma)
20-160 м
4-79 м3/s

PSk
(mərkəzdəqaçma)
120-180 м
118-136 м3/s

Şək. 7. Dərinlik nasosları.

Smart sistemin və elektron idarəetmənin qurulması. GSM-GPRS sistemləri. Ümumi şəbəkənin strukturu barədə aşagıdakıları diqqətinizə çatdırırıq.

Sək. 8. Sistemin struktur sxemi.

Beynəlxalq təcrübə göstərir ki, fiziki və hüquqi şəxslərin suvarmaya sərf etdikləri vaxta qənaət etmək məqsədilə dünyada mövcud olan texnalogiyalardan istifadə etməklə suvarma sistemlərini avtomatlaşdırmaq mümkündür. Belə ki, smart sistem həm suya, həm də enerjiyə qənaət baxımından da sərfəlidir. İdarəetmə qurğusunun işinə mikroprosessor vasitəsilə yüksək keyfiyyətlə nəzarət olunur. Bu sistemlərin tam avtomatlaşdırılması üçün digər ölçü cihazları ağıllı idarəetmə sisteminə başqa bir məlumat ötürücü vasitələrilə inteqrasiya oluna bilər. Bu vaxt torpağın temperaturu və rütubətliliyi təyin edilir, məlumatlar sistemin idarəetmə blokuna ötürülür və idarəetmə bloku alınan məlumatlara əsasən su nasosunu istənilən zamanda avtomatik işə salır və yaxud söndürür. Həmçinin, əlavə xüsusi proqramlar təminatı hazırlamaq və tətbiq etməklə hətta sahəyə vurulan saatlıq və ya sutkalıq suyun və istifadə olunan elektik enerjisinin hesabatını aparmaq mümkündür. Məlumat üçün bildiririk ki, elm və texnikanın bugünkü inkişafı imkan verir ki, alternativ və bərpa olunan enerji hesabına qidalanan su nasosları və digər buna bənzər qurğular və sistemlər, həmçinin su anbarları, su quyuları və orada quraşdırılmış avadanlıqlar məsafədən idarəetmə tətbiq etməklə idarə olunsun. Bu gün respublikamızda fəaliyyət göstərən simsiz telefon provayderlərinin GPRS/GSM sistemlərindən istifadə etməklə günəş su nasosu (və digərləri) stansiyasının məlumatlarını onlayın əldə etmək və idarə etmək də mümkündür.

Şək. 9. Dəstəklənən funksiyalar.

Kontroler günəş su nasos sisteminin çox funksiyalı əsas elementlərindən biridir. O mürəkkəb qoşulma sxeminə malikdir və dizel generatorunu və ya şəbəkəni, PV günəş panellərini bu və ya digər formada idarə etməklə nasosun enerji təchizatını təmin edir, eyni zamanda sistemin internet üzərindən idarə olunması üçün şərait yaradır. NK-nın 918s saylı tapşırığında elektron idarə etmənin tətbiqi qeyd olunmuşdur. Qeyd etmək istəyirik ki, elektron idarəetmənin mərhələli həlli üçün əvvəlcədən ətraflı araşdırılmış bir sistem hazırlanmalıdır. Bu layihə hazırlanan zaman bütün detallar nəzərə alınmalıdır. Respublikamızın ərazisində mövcud olan və tikilməsi layihələndirilən artezian su quyuları, su anbarları və digər su mənbələrinin internet üzərindən bir mərkəzdən idarə olunması mümkündür. Bunun üçün mərhələli həll variantını tətbiq etmək lazımdır və məsələyə kompleks yanaşılmalıdır. İlk növbədə, artezian su quyularına su nasoslarının tətbiqi, onların internetə çıxışının təmini və qlobal idarə etməyə hazırlanması lazımdır. Sonra SCADA kontrol sistemlərini tətbiq etməklə bir mərkəzdən idarəetmənin qurulmaq olar. Nəticədə həm stansiyaların yerləşdiyi ərazilər barədə, həm də işlək vəziyyətdə olub-olmaması barədə məlumat almaq və onun real vaxt rejimində idarə olunmasını həyata keçirmək mümkün olacaq. Bu da həm sudan səmərəli istifadəyə gətirib çıxaracaq, həm də elektrik enerjisi sərfiyyatını minimuma endirəcək və beləliklə kənd təsərrüfatının inkişafına təkan verəcək. Belə ki, elektrik enerjisi təchizatının əlçatmaz olduğu bölgələrdə əkin-biçin sahələrinin suvarılması asanlaşacaq və məhsulun hətta maya dəyərinin aşağı düşməsinə, eyni zamanda həmin əlçatmaz ərazilərdə yerləşən torpaqların reabilitasiyasına səbəb olacaq.

Əlavə olaraq bildirmək istərdik ki, hal-hazırda Mərdəkan quşçuluq kompleksində də gücü 2.2 kVt olan Günəş su nasos sistemi qurularaq istifadəyə verilmişdir. Nasos gücü 0.75kVt, quyunun dərinliyi 67m, nasos dərinliyi 56m, saatlıq su vurma $3m^3$-dir.

Şək.10. Günəş su nasos sistemi.

Qeyd etmək istərdik ki, stansiya şəbəkə və şəbəkəsiz fəaliyyət göstərir. Hal-hazırda şəbəkəsiz qoşulmuşdur və yay mövsümü üçün günəşli gündə sutka ərazində 8-9 saat su vura bilir.

Nəticə və təkliflər: Hesab edirik ki, günəş su nasos sistemləri ölkə ərazisində tətbiq olunarsa bu zaman suya, enerjiyə qənaət olunacaq, havanın çirklənməsinin qarşısı alınacaq, əlverişsiz ərazilərdə münbit olan torpaqlar istifadə olunacaq. Bu gün dünyada texnika və texnalogiyalar inkişaf edir, daha ekanom, səmərəli yeni sistemlər yaradılır. Əlbətdə bizimdə işlərimiz bununla bitmir, araşdırmaları davam etdiririk günəş radiasiyasından maksimum yararlanmaq üçün günəş su nasos sistemlərinə daha optimal variantlar tətbiq etməyə çalışırıq. Bunlardan biri günəş izləyicinin günəş su nasos sistemlərinə tətbiqidir. Bunula yanaşı bir başa sabit cərəyanla çalışan su nasoslarıda bizim maraq dairəmizdədir. Eyni zamanda külək və günəş potensialının birgə mövcud oldugu ərazilərdə hibrit tipli su nasos stansiyalarının qurulması da aktual məsələdir.

Günəş su nasos sitemlərinin özəl fermer təssərrüfatlarına tətbiqi və ümumiyyətlə respublikamızda inkişafı üçün aşağıdakılar təklif edilir:

1. Respublika prezidentinin 16 aprel 2015 tarixli fərmanı ilə suvarma sistemləri dəstinə və avadanlıqlarına aqrolizing yoluyla tətbiq olunan 40%-li güzəşt paketinə alternativ və bərpa olunan enerji qurguları və bu enerji ilə çalışan su nasoslarının (kompanentlərilə birlikdə) əlavə edilməsi, agrolizing vasitəsilə günəş su nasos sistemlərinin və avadanlıqlarının satışı;
2. Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyinə ölkə ərazisində günəş (hibrit də ola bilər) su nasos və smart suvarma sistemləri layihələri icra etmək üçün

büdcədən hər il əlavə vəsait ayrılması, respublika ərazisində fəaliyyət göstərən banklar tərəfindən günəş (və ya hibrit) su pompaları və smart suvarma sistemlərinin maliyələşməsi üçün fermerlərə güzəştli kreditin ayrılması, investisiyaların cəlb edilməsi, yaşıl investisiyalar, yaşıl maliyyənin təşviq edilməsi;

3. Günəş (və ya hibrit) su nasosu və smart suvarma sistemlərinin komponentlərinin respublikamızda istehsalı üçün şəraitin yaradılması, və yaxud xaricdən daxil olunan günəş (və ya hibrit) su nasos avadanlıqlara tətbiq olunan kömrük rüsumunun azaldılması.

---

1. *Veshenevsky S.N.* Elektrik ötürücüsündə mühərriklərin xüsusiyyətləri. - M .: Enerji, 1979.
2. *Perelmuter V.M.* AC motorlarının fırlanma anı və cərəyanına birbaşa nəzarət. Xarkov. Əsas, 2004.
3. *Cəfərov T.D.* “Energetika –varlıqla, yoxlugun astansinda”.
4. *Məmmədov R.R.* “Günəş enerjisiylə işləyən su nasos agreqatının mikroprosesor elektrik ötürücüsü” hazırlanması mövzusunda magistr diplom işinin materialı.(Ukrayna Milli Texniki Universiteti, Xarkov Polotexnik İnstitutu, Elm-Təhsil İnstitutu "Enerji, Elektronika və Elektromexanika" "Avtomatlaşdırılmış Elektromexaniki Sistemlər" kafedrası).
5. *Məmmədov R.R.* Rasim_Solar water pumping_Azeri.pdf (http://area.gov.az/news/146**).**
6. Dünya Bank Qrupunun. Global Solar Atlas onlayın proqramı (https://globalsolaratlas.info/).
7. Almaniyanın Lorentz şirkətinin rəsmi veb saytı və COMPASS proqram təminatı (https://www.lorentz.de/).
8. Azərbaycan Meliorasiya və Su Təsərrüfatı ASC (http://www.mst.gov.az/).
9. Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyinin rəsmi veb saytı (www.area.gov.az).
10. ABŞ Campbell Scientific şirkətinin veb saytı (https://www.campbellsci.com/).

СОЛНЕЧНЫЕ ВОДЯНЫЕ НАСОСЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

МАМЕДОВ Р.Р.

Целью статьи является демонстрация возможности откачки воды из артезианских скважин и других источников воды посредством использования солнечных водонасосных систем на территории Азербайджанской Республики, а также возможность дистанционного управления системой. В статье рассматривается отчет солнечной энергии и электричество, которое производится в жилом комплексе «Самух Агроэнергия», и показывается извлечение воды из скважины. Кроме того, предоставляется информация о структуре, технических характеристиках, а также о принципах работы солнечной системы водяного насоса

Ключеве слова: солнце, вода, насос, умный, орошение, станция, систем.

SOLAR WATER PUMP SYSTEMS AND APPLICATIONS

MAMMADOV R.R.

The purpose of the article is to demonstrate the possibility of pumping water from artesian wells and other water sources through the use of solar water pump systems in the territory of the Republic of Azerbaijan, as well as the ability to remotely control the system. The article discusses the report of solar energy and electricity, which is produced in the residential complex "Samukh Agroenergy", and shows the extraction of water from the well. In addition, information is provided on the structure, technical specifications, and principles of operation of the solar water pump system

Keywords: solar, water, pump, smart, irrigation, energy, station, system.

UOT: 535.317

SİLİSİUM FOTOELEMENTLƏRİNİN GÜNƏŞ BATAREYALARINDA TƏTBİQİ

[1]KƏRİMOV E.Ə., [2]MUSAYEVA S.N.

[1]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azadlıq pr. 16/21, AZ 1010
[2]Azərbaycan Texniki Universiteti, H. Cavid pros. 25, AZ 1073
E-mail: hikmet_2005@mail.ru

Elektron – deşik keçidinə malik silisium fotoelementlərinin günəş şüalanmasının çevrilməsi (gün işığı birbaşa düşərkən) və fotoelementin temperaturu 25^0C olduğu zaman f.i.ə.-i 24,7%-ə çatır. Nəzərə çarpmayan soyudulma zamanı (məsələn, 0^0C-yə qədər) f.i.ə.-nin artımına nail olmaq mümkündür. İlk baxışdan elə görünə bilər ki, f.i.ə.-ni intensivliyi artırmaq (məsələn, linzalar tətbiq etməklə) və silisium üçün 28%-ə çatan əksolunma əmsalını azaltmaqla yüksəltmək mümkündür. Lakin, nəzərə almaq lazımdır ki, artıq yük daşıyıcılarının konsentrasiyası artdıqca onların yaşama müddəti azalır ki, bu da f.i.ə.-nin artmasını ləngidir.

Açar sözlər: yarımkeçirici, fotoelement, silisium kristalı, şüalanma enerjisi, udulma enerjisi.

Məqalədə yarımkeçirici fotoelementlərin köməyi ilə günəş şüalanması enerjisini elektrik enerjisinə birbaşa çevrilməsi imkanlarına baxılmışdır. Silisium kristallarının əsas elektrik və optik xassələri araşdırılmış, onların alınması və elektrik xassələrinin kiçik miqdarda aşqarların daxil edilməsi vasitəsi ilə idarə olunması üsulları təsvir edilmişdir. Elektron – deşik keçidinə malik fotoelementlərin işləmə prinsipi, onların spektral həssaslığını və f.i.ə.-ni müəyyən edən əsas parametrlər araşdırılmışdır.

Ölkəmizin enerji daşıyıcıları ilə zəngin olmasına baxmayaraq, bərpa olunan enerji mənbələrindən geniş surətdə istifadəyə mühüm yer ayırır. Aydındır ki, nəhəng enerji mərkəzlərindən əlavə sadə və uzun ömürlü kiçik gücə malik, texniki xidmət tələb etməyən və səhra, stasionar radionöqtələrin, telefon xətlərinin qidalanması və ya evlərin işıqlandırılması üçün elektrik enerji mənbələrinin olması vacib şərtdir.

Günəş enerjisinin elektrik enerjisinə (elektrik enerjisi dedikdə elektronların kristalda enerjisi başa düşülür) birbaşa çevrilməsi fotonların udulması və elektron-deşik cütünün yaranması prosesi zamanı həyata keçir. Lakin, işığın udulma oblastının yaxınlığında elektron-deşik keçidinin olmaması nəticəsində yarımkeçiricidə yük daşıyıcıların konsentrasiyasının artması baş verəcəkdir.

Enerji çevirmə qabiliyyətli fotoelementlərin işləmə prinsipini izah edən, yarımkeçiricidə elektron-deşik keçidinin yaxınlığında energetik hallar diaqramına nəzər salaq.

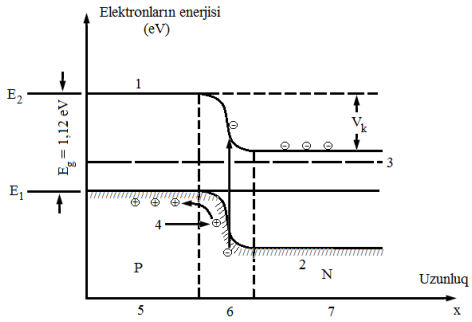
Şəkil 1-də qadağan zonası ilə ayrılmış keçiricilik və valent zonaları göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi elektron-deşik keçidi oblastında hündürlüyü E_0-a yaxın olan V_k potensial çəpəri mövcuddur. Qeyri-tarazlıqda olan elektron və deşiklər (şüalanmanın udulması zamanı yaranan) elektron-deşik keçidi oblastına diffuziya edirlər. Hesab etmək olar ki, elektron-deşik keçidinin potensial çəpəri onları "ayırır", yəni elektronlar sərbəst şəkildə elektron keçiriciliyi oblastına keçərək bu oblastı mənfi, deşiklər isə deşik oblastına keçərək bu oblastı müsbət yükləyirlər.

Yük daşıyıcıların konsentrasiyasının dəyişməsi hesabına potensial çəpərin V_k hündürlüyü azalır. Əgər xarici dövrə açıqdırsa, artıq yük daşıyıcıların ilkin diffuziya cərəyanının, P–oblastında fəza deşik yüklərinin, eləcə də N–oblastında elektronların toplanması ilə şərtlənən və bu cərəyanın əksi istiqamətdə yönəlmiş cərəyanın dinamik tarazlığı qərarlaşır. Əgər xarici dövrə qısa qapanıbsa bütün diffuziya cərəyanı bu dövrədən keçəcəkdir. Aralıq halda xarici dövrədə və kristalın daxilində cərəyanların budaqlanması baş

verir. Bu cərəyanların cəmi əvvəlki kimi aşağıdakı ifadədən təyin olunan diffuziya cərəyanına bərabər olacaqdır:

$$I = q\alpha N,$$

burada, N – şüalanma nəticəsində generasiya olunan cüt yük daşıyıcıların tam sayı, α - vahiddən kiçik olub, yük daşıyıcıların istifadə olunma əmsalı adlandırılır [1].



Şək. 1. Silisiumda elektron – deşik keçidinin energetik diaqramı.
1 – keçiricilik zonası; 2 – valent rabitə zonası; 3 - Fermi səviyyəsi;
4 – fotonun udulması və ya sürətli zərrəciklə ionlaşma zamanı
elektron–deşik cütünün yaranması; 5 – deşik keçiriciliyi zonası;
6 – elektron – deşik keçidi zonası; 7 – elektron keçiriciliyi zonası.

α - kəmiyyəti şüalanmanın udulma əmsalı, elektron və deşiklərin uyğun olaraq L_n və L_P–diffuziya uzunluqları, yük daşıyıcıların səthi rekombinasiya sürəti və fotoelementin həndəsi ölçü və forması ilə təyin olunur. Sadə halda, yəni kristalın ölçüləri diffuziya uzunluğundan böyük olarsa şüalanma bərabər və yalnız elektron oblastında udulur:

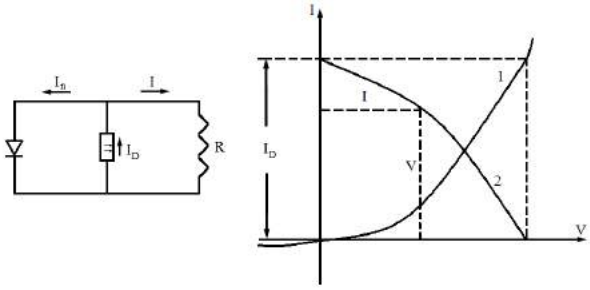
$$I_D = qNL_p$$

Burada, I_D – diffuziya cərəyanının sıxlığı, N – 1 sm^3-da 1 saniyə müddətində generasiyadır.

$$I_n = I_0\left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1\right)$$

$$I = I_D - I_0\left(e^{-\frac{qU}{kT}} - 1\right)$$

Şəkil 2-də günəş batareyası elementinin təqribi ekvivalent sxemi verilmişdir.



Şək.2. Şüalanma enerjisini çevirən yarımkeçiricinin ekvivalent sxemi
və volt – amper və yük xarakteristikalar. 1 – elektron – deşik keçidinin

Qısa qapanma cərəyanına bərbər olan I_D - diffuziya cərəyanı şüalanmanın udulması ilə şərtlənir. Bu cərəyan budaqlanır: I-yə bərabər olan bir hissəsi R – yükü dövrəsinə keçir, I_n-ə

bərabər olan digər hissəsi isə yük daşıyıcıların keçid daxilindən əks daşınmasının nəticəsi olur və ayrılan enerjinin uyğun hissəsi itirilir.

I_n – cərəyanı elektron – deşik keçidinin adi volt-amper xarakteristikasından təyin olunur:

$$I_n = I_0\left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1\right),$$

burada, U – elementin çıxışında potensiallar fərqidir.

Beləliklə, generatorun daxili müqaviməti yükdən axan cərəyanın və yükün qiymətinin funksiyası olacaqdır. Enerji çeviricisinin f.i.ə.-nin sərhəd qiyməti üçün ifadə $\alpha = 1$ qəbul edilərsə - yəni rekombinasiya olmazsa, sadə şəkildə yazıla bilər. Bu halda yaranan bütün qeyri-tarazlıq halında olan yük daşıyıcılar elektron – deşik keçidi daxilindən diffuziya edir. Əgər ilkin prosesdə (fotoeffekt, ionlaşma) cüt yük daşıyıcıların yaranmasına W – enerjisi sərf olunubsa, potensiallar fərqi U, R – yükünə budaqlanan cərəyan hissəsi I/I_D olduğundan η - f.i.ə. aşağıdakı kimi ifadə olunar:

$$\eta = \frac{qU}{W} \cdot \frac{I}{I_D} = \frac{qU^2}{RWI_D}.$$

Monoxromatik işığın enerjisinin çevrilməsi zamanı

$$W = h\nu,$$

yəni, ilkin udulan bütün enerji elektron – deşik cütünün generasiyasına sərf olunur. Adətən isə $h\nu - E_0$ enerjisi istilik rəqslərinə keçərək itirilir.

Yuxarıda göstərilən ekvivalent sxemdən və elektron – deşik keçidinin volt – amper xarakteristikasından belə nəticəyə gəlmək olar ki, potensiallar fərqinin V_0 maksimal qiyməti temperaturdan, sıfırda R_0 müqavimətindən və I_D diffuziya cərəyanından aşağıdakı kimi asılı olcaqdır:

$$V_0 = \frac{kT}{q} ln\left(\frac{qI_D R_0}{kT} + 1\right),$$

burada, R_0 elektron – deşik keçidinin I_0 doyma cərəyanı ilə aşağıdakı ifadə ilə əlaqədardır:

$$I_0 = \frac{kT}{qR_0}.$$

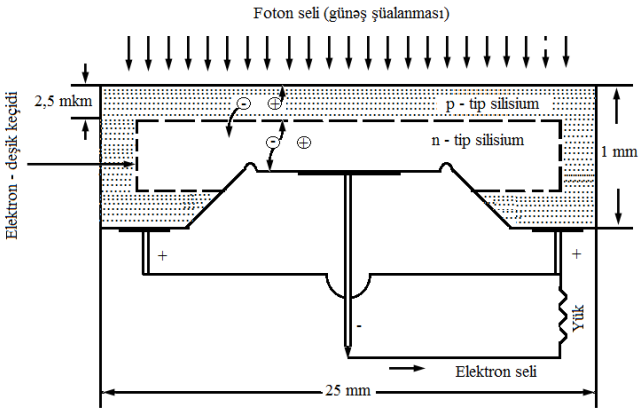
İfadədən göründüyü kimi, U_0 gərginliyi ilk növbədə I_D cərəyanı (başqa sözlə desək düşən şüalanmanın intensivliyi) və R_0 müqaviməti ilə təyin olunur. Aydındır ki, doyma cərəyanları çox kiçik olan silisiumda (10^{-7}-10^{-8} tərtibində) elektron – deşik keçidləri adətən doyma cərəyanı 10^2-10^3 dəfə çox olan germaniumda olduğundan nəzərəçarpacaq dərəcədə yüksəkdir. Bu isə silisiumda qadağan zonasının eninin (1,12 eV) germaniumun qadağan zonasının enindən (0,75 eV) böyük olmasıdır.

Nəzəri olaraq göstərilmişdir ki, elektron–deşik keçidinə malik silisium fotoelementlərinin günəş şüalanmasının çevrilməsi (gün işığı birbaşa düşərkən) və fotoelementin temperaturu 25^0C olduğu zaman f.i.ə.-i 24,7%-ə çatır. Nəzərə çarpmayan soyudulma zamanı (məsələn, 0^0C-yə qədər) f.i.ə.-nin artımına nail olmaq mümkündür. İlk baxışdan elə görünə bilər ki, f.i.ə.-ni intensivliyi artırmaq (məsələn, linzalar tətbiq etməklə) və silisium üçün 28%-ə çatan əksolunma əmsalını azaltmaqla yüksəltmək mümkündür. Lakin, nəzərə almaq lazımdır ki, artıq yük daşıyıcılarının konsentrasiyası artdıqca onların yaşama müddəti azalır ki, bu da f.i.ə.-nin artmasını ləngidir [2]. Məlum interferensiya üsulu ilə əksolunma əmsalının azaldılması dalğa uzunluqlarının çox kiçik verilmiş intervalında mümkündür və çox güman ki, günəş enerjisinin çevrilməsində az mənfəət verə bilər.

Fotoelementlər günəş batareyaları adlandırılır. Bu batareyalar böyük sahəyə malik (4-5 sm^2) şüalanma düşən səthə çox yaxın yerləşmiş elektron – deşik keçidli silisium kristallarıdır (şəkil 3).

Günəş şüalanmasının ən effektli çevrilən hissəsi üst səthdə təxminən 25 mikron dərinlikdə udulur. Elektronlarının və deşiklərinin 0,2 – 0,5 mm-dən az olmayan lazımi diffuziya uzunluqlarına malik silisium monokristallarının alınması məsələsi böyük çətinliklərlə bağlıdır. Bu məqsəd üçün mürəkkəb kimyəvi təmizləmə və bestigel zona əridilmə yolu ilə son təmizləmə, həmçinin xüsusi hazırlanmış kvarsdan tiqllərdə monokristalların hidrogen və ətalətli qazların atmosferində yetişdirilməsi üsullarından istifadə edilir.

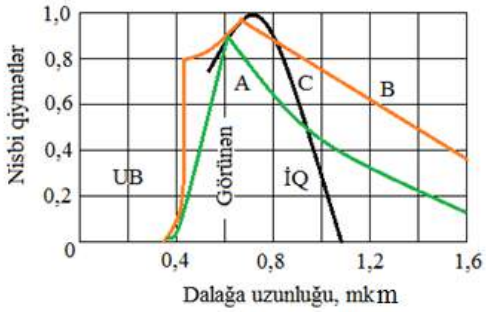
Digər texniki çətinlik görünən və infraqırmızı şüalanmalara şəffaf olan səth elektrodunun çəkilməsi prosesində meydana çıxır.



Şək. 3. Silisiumlu günəş batareyasının en kəsiyi.

Bu, eləcə də kristalın səthindən verilmiş dərinlikdə elektron – deşik keçidinin alınması məsələsi aşqar atomların termiki diffuziyası üsulundan istifadə etməklə həll olunur. Ən yaxşı nəticələr silisiumun ərimə temperaturuna yaxın temperaturlarda (1400^0C) n-silisiumda akseptor rolunu oynayan borun diffuziyası prosesini tətbiq etməklə alınır [3,4]. Mümkün olan üsullardan biri n-silisiumdan (tərkibində arsen elementi olan) hazırlanmış lövhələrin tərkibində bor olan qazın atmosferində uzun müddət qızdırılması üsuludur. Borun silisiuma diffuziya dərinliyi qızdırılmanın temperaturu və müddəti ilə təyin olunur. Silisium səthə yaxın oblastda bor atomları ilə güclü şəkildə zənginləşir və kifayət qədər kiçik müqavimətli deşik keçiriciliyinə malik yarımkeçiriciyə çevrilir ki, bunun nəticəsində də xüsusi elektrodun istifadə olunmasına tələbat yaranmır. Səthdən uzaqlaşdıqca borun konsentrasiyası azalır və 2 – 3 mikron dərinlikdə bu konsentrasiya arsenin ilkin konsentrasiyasına bərabər olur. Kompensasiyaya uyğun sərhəd elektron – deşik keçidinin vəziyyətini müəyyən edir. Lövhələr soyudulduqdan sonra aşqarların atomlarının paylanması və deməli fotoelementin istənilən işlək temperaturlarında aşqarların diffuziya sürəti nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olduğundan elektron – deşik keçidinin vəziyyəti və xassələri tamamilə dəyişməz qalır.

Yer səthinə gəlib çatan günəş radiasiyasının qəbuledicisi qismində silisium fotoelementini xarakterizə etmək üçün üç əyri təsvir edilmiş 4-cü şəkilə diqqət edək.

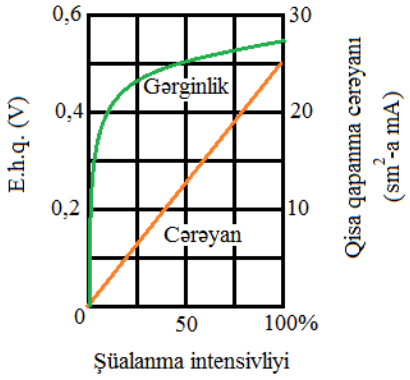


Şək. 4. Silisium fotoelementinin spektral xarakteristikaları.
A–günəş spektrində enerjinin paylanması; B - günəş spektrində fotonların sayının paylanması; C–qısa qapanma rejimində silisium günəş batareyasının həssaslığı.

A - əyrisi günəş spektrində enerjinin paylanmasını nisbi vahidlərdə göstərir. Paylanma aydın hava şəraitində Günəş üfüqdə yerləşən zaman qurulmuşdur. B - əyrisi A - əyrisindən axırıncının λ – dalğa uzunluğuna hasili nəticəsində alınmışdır. Bu əyri spektrin müxtəlif sahələrində fotonların nisbi sayını təyin edir. C - əyrisi silisium fotoelementinin həssaslığını göstərir (qısa qapanma cərəyanına görə). Bu əyri çıxış yarığından müxtəlif dalğa uzunluqlarında fotoelementə eyni enerji seli istiqamətləndirilmiş monoxromatorun köməyi ilə alınmışdır. Sonradan həsaslığın qiymətləri həmin dalğa uzunluqlarında günəş spektrinin enerji selinin nisbi qiymətinə hasili götürülmüşdür.

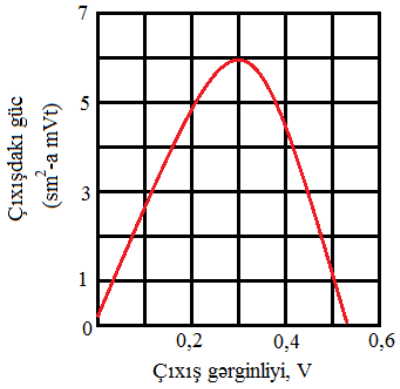
Qeyd edək ki, diaqramın sol hissəsində fotonların enerjisi böyükdür və onların verilmiş enerji selinə uyğun gələn sayı aşağıdır.

1,12 eV enerjidən kiçik enerjiyə malik fotonlar silisium kristalının daxilindən keçərək elektron – deşik cütünü yaratmır. Daha böyük tezliklərə uyğun gələn fotonların artıq enerjisi faydasız olaraq silisium kristalının qızmasına sərf olunur. Bundan əlavə, elektron və deşiklərin generasiyasının kristalın səthinin yaxınlığında yəni, sturukturun defektləri və səth aşqarlarının mövcudluğundan rekombinasiyanın yüksək sürət oblastında böyük olması səbəbindən enerjinin bir hissəsi itirilir. Silisium fotoelementlərində enerji çevrilməsinin maksimal effektliyi λ = 0,75 mkm-də yəni, spektrin görünən (qırmızı) və infraqırmızı oblastların sərhədində yer alır. Maraqlıdır ki, bu dalğa uzunluğuna demək olar ki, çox dəqiq şəkildə günəş şüalanması spektrində fotonların maksimal sayı uyğun gəlir (şəkil 4-də B - əyrisi). Beləliklə, silisium fotoelementi elektron – deşik keçidinin kristalın səthinin yaxınlığında yerləşdiyi zaman spektral həssaslığa görə günəş enerjisini çevirən ideal qəbulediciyə çox yaxındır.



Şək.5. Silisium fotoelementinin e.h.q. və qısa qapanma cərəyanının 25^0 C-də şüalanma şəraitlərindən asılılıqları. 100% - birbaşa günəş şüaları ilə işıqlandırılan haldır.

Həmin elementin yük xarakteristikası şəkil 6-da verilmişdir. Absis oxunda yükdə müxtəlif müqavimətlər olduqda potensiallar fərqi yerləşdirilmişdir.



Şək. 6. Silisium fotoelementinin yük xarakteristikası.

Duman və buludlar infraqırmızı şüalar üçün nisbətən şəffaf olduqlarından günəş batareyaları buludlu hava şəraitində də işləməkdə davam edəcəkdir lakin, bu zaman onların f.i.ə. bir qədər kiçik olacaqdır. Şəkil 5-də silisium fotoelementinin 25^0 C-də e.h.q. və qısa qapanma cərəyanının işıqlanma şəraitindən asılılıqları göstərilmişdir.

Aşağı işıqlandırmalarda yük xarakteristikaları gərginliyin elə həmin bir elementə 0,3 V qiymətində maksimuma malik olur. Bu o deməkdir ki, girişdə sabit gərginlik tələb edən qəbuledici məsələn, akkumulyator işıqlanma şəraitinin geniş diapazonunda günəş batareyası ilə kombinasiyada istifadə oluna bilər.

---

1. *Дизендорф А.В., Усков А.Е.* Перспективы возобновляемой энергетики, Научный журнал КубГАУ, №114(10), 2015 г.
2. *Kərimov E.Ə.,* İrSi – SiO_2 – Si əsasında fotoqəbuledicinin alınma texnologiyası //Fizika jurnalı, 2012, cild XVIII, №3, seriya: Az. s. 6-8.
3. *Kərimov E.Ə.,* İrSi_3 – Si əsasında fotoelementin alınma texnologiyası // Fizika jurnalı, 2011, cild XVII, № 3, seriya: Az. s. 29 – 30.
4. *Kərimov E.Ə., Əliyev H.S., Musayeva S.N.* IRSI–SI kontaktı əsasında günəş batareyalarının xarakterik parametrlərinin ölçülməsi sistemi.

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ В СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ

КЕРИМОВ Э.А., МУСАЕВА С.Н.

Теоретически показано, что коэффициент полезного действия кремниевых фотоэлементов с э.-д. переходами при преобразовании солнечного излучения и температуре фотоэлемента, равной 25^0C, может достигать 24,7%. Незначительное охлаждение приводит к повышению к.п.д. Казалось бы, что еще большего увеличения к.п.д. можно достигнуть, увеличивая интенсивность и снизив коэффициент отражения, достигающий для кремния 28%. Однако следует учитывать, что при больших концентрациях избыточных носителей заряда время жизни их снижается, что приводит к замедлению роста к.п.д. с интенсивностью.

Ключевые слова: полупроводник, фотоэлемент, кристалл кремния, энергия излучения, энергия поглощения.

APPLICATION OF SILICON BASED PHOTOCELLS IN SUN BATTERIES

KERIMOV E.A., MUSAEVA S.N.

It has been theoretically shown that the efficiency of silicon photocells with e-h. transitions when converting solar radiation and a temperature of the photocell equal to 25^0C, can reach 24.7%. Slight cooling leads to increased efficiency It would seem that an even greater increase in efficiency can be achieved by increasing the intensity and lowering the reflection coefficient, which reaches 28% for silicon. However, it should be borne in mind that at high concentrations of excess charge carriers, their lifetime decreases, which leads to a slowdown in the growth of efficiency with intensity.

Keywords: semiconductor, photocell, silicon crystal, radiation energy, absorption energy.

УДК.621.313

DƏNİZİN DALĞALANMASINI NƏZƏRƏ ALMAQLA SİNXRON VAL-GENERATORUN STATOR CƏRƏYANININ VƏ REAKTİV GÜCÜNÜN RƏQSLƏRİNİN ANALİZİ

[1]ABDULKADIROV A.İ., ƏLİYEV N.A., [2]RÜSTƏMOV R.M., QANİYEVA N.A.

[1]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
Bakı, AZ1010, Azadlıq prospekti 20
[2] Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası,
Bakı, A1000, Z.Əliyeva küç 18
Email: ramiz.rüstəmov@mail.ru

Bu məqalənin müəllifləri tərəfindən [1,2]-də müəyyən edilmişdir ki, dənizin dalğalanması nəticəsində, avar vintinin müqavimət momentində dövrü olaraq dəyişən (fluktasion) mürəkkəbin olması səbəbindən sinxron val-generator qurğusu məcburi rəqs edir. Bununla əlaqədar olaraq eyni zamanda sinxron generatorun stator cərəyanı və reaktiv gücü də rəqs edir. Bu da öz növbəsində gəmi elektroenergetik sistemin işinə mənfi təsir göstərir və sinxron val-generatorun dizel generatorla paralel işlənməsini qeyri-mümkün edir. Bu məqalədə sinxron val generatorun rotorunun rəqslərinin müxtəlif üsullarla dempferlənməsinə baxılır və analiz edilir. Müəyyən edilmişdir ki, sinxron generatorun təsirlənmə cərəyanını tənzim etməklə rototun aralanma buçağını sıfıra gətirmək olar ($\Delta\delta = 0$). Lakin bu öz növbəsində sinxron generatorun stator cərəyanının və reaktiv gücün daha böyük rəqslərinə gətirib çıxarır. Tədqiqatların nəticəsi göstərir ki, standart konstruksiyalı sinxron generator rəqslərin dempferlənməsi məsələsini rezonans zamanı həll edə bilmir.

Açar sözlər: gəmi val generator qurğusu; sinxron generator; məcburi rəqslər; elektromexaniki rezonans; rəqslərin dempferlənməsi.

Giriş.

Dənizin dalğalanması səbəbindən avar vintinin müqaviməti momentinin dövrü olaraq dəyişməsi səbəbindən sinxron val-generatorun rotorun rəqsləri yaranır və buna uyğun olaraq stator cərəyanı və reaktiv gücü rəqs edir.

Təbii olaraq, bu gəmi elektroenergetik sisteminin işinə mənfi təsir göstərir. Dəqiq olaraq bu özünü val-generatorun dizel generatorlarla paralel işini yerinə yetirə bilməməsi ilə nəticələnir. Bəzi hallarda val-generatorun açılmasına gətirib çıxarır.

Əvvəlcə stator cərəyanının rəqsləri məsələsinə baxaq. Bu məsələ, dənizin dalğalanmasını öyrənən zaman sinxron generatorun işinin əsas məsələlərindən biridir. Stator cərəyanının rəqsi əlavə itgilər və qızma yaradır, əlavə qızma izolyasiya parametrlərinin, xüsusilə stator dolağının üst hissələrinin pisləşməsinə gətirib çıxarır.

Bundan əlavə rotorun rəqsi və onunla əlaqədar stator cərəyanının rəqsləri, stator dolağının üst hissələrində əlavə elektrodinamiki qüvvələrin yaranmasına, bununla da izolyasiyasının əlavə pisləşməsinə səbəb olur. Bunun təsdiqi olaraq, rəqsi rejimlərdə işləyən sinxron maşınların qəzalarının analizi göstərir ki, çox zaman stator dolağının üst hissələrinin izolyasiyası deşilir [**2**].

Bəzi qurğularda, məsələn kəsici maşınlarda, kompressor qurğularında və s. rəqslərin məhdudlaşdırılması üçün əlavə kütlənin val üzərində quraşdırılmasının əvvəllər istifadə edilən bu üsulu, verilmiş hədlərdə stator cərəyanının məhdudlaşdırılması məqsədi daşıyırdı. Bu hədd $\Delta \boldsymbol{i_{max}} \leq \mathbf{0,33}\ \mathrm{İ}_{\boldsymbol{nom}}$–ı aşmamalıdır [2,3].

Rotor rəqslərinin məhdudlaşdırılması üsulundan asılı olmayaraq, mahiyyətcə ilk növbədə stator cərəyanının rəqsləri məhdudlaşmalıdır.

Sinxron val-generatorunun iş şəraiti belədir ki, onun üçün baxılan hədd, azalma istiqamətinə tərəf yenidən nəzərdən keçirilməlidir. Həm də bu əhəmiyyətli dərəcədə olmalıdır.

Əsas hissə. Əvvəlcə təsirlənməsi tənzimlənməyən sinxron generator üçün stator cərəyanının rəqs məsələsinə daha ətraflı nəzər salaq.

Sinxron maşınların ümumi nəzəriyyəsinə əsasən (Park-Qoryev tənlikləri) təsirlənmə olmadıqda ($\Delta U_f = 0$) stator cərəyanının mürəkkəbələri aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir [2]:

$$\Delta i_d = R_e[\Delta\psi_d / X_d(j\omega_v)]\ ; \qquad \Delta i_q = R_e\left[\Delta\psi_q / X_q(j\omega_v)\right] \tag{1}$$

burada $\Delta\psi_d$ və$\Delta\psi_q$ maqnit ilişmələrinin artımları, $X_d(j\omega_p)$ və $X_q(j\omega_d)$ d və q oxları üzrə induktiv müqavimətləridir.

Nəzərə alsaq ki, $\Delta\psi_d = \psi_d - \psi_{d0}$, $\Delta\psi_q = \psi_q - \psi_{q0}$ və$\psi_d = U cos\delta$,

$\psi_q = -U sin\delta$, $\psi_{d0} = U cos\delta_0$, $\psi_{q0} = -U sin\delta_0$, onda alarıq:

$$\Delta\psi_d = U(cos\delta - cos\delta_0); \quad \Delta\psi_q = -U(sin\delta - sin\delta_0\ ) \tag{2}$$

Kiçik rəqslər olduqda: $cos\delta \approx cos\delta_0 - sin\delta_0 \cdot \Delta\delta, sin\ \delta = sin\delta_0 + cos\delta_0 \cdot \Delta\delta$, qeyd edək ki, $\delta = \delta_0 + \Delta\delta$

Göstərilən şərtlər daxilində cərəyanların kompleks ifadələri belə olur:

$$\Delta i_d = \frac{-U sin\delta_0 \cdot \Delta\delta}{X_d(j\omega_v)}; \qquad \Delta i_q = \frac{-U cos\delta_0 \Delta\delta}{X_q(j\omega_v)} \tag{3}$$

(2) –i nəzərə almaqla

$$\Delta i = \sqrt{(\Delta i_d)^2 + (\Delta i_q)^2} = K_i \cdot \Delta\delta \tag{4}$$

burada

$$K_1 = U\sqrt{\left(\frac{sin\delta_0}{|X_d(j\omega_v)|}\right)^2 + \left(\frac{cos\delta_0}{|X_q(j\omega_v)|}\right)^2} \tag{5}$$

Buraxıla bilən (5-10)% xəta ilə qəbul etmək olar ki,

$$|X_d(j\omega_v)| \approx \left|X_q(j\omega_v)\right| \approx (X'_d + X_q)\ /\ 2 \tag{6}$$

Onda

$$K_i = 2U/(X'_d + X_q) \tag{7}$$

Nəticə olaraq alarıq:

$$\triangle\ i = 2\text{U}\cdot\ \Delta\delta/(X'_d + X_q) \tag{8}$$

Belə bir məsələyə baxaq: Sinxron generatorun nominal gücü $P_{nom} = 500\ kVt$, fırlanma tezliyi $n_s = 1500 d/dəq$-dir. İnduktiv müqavimətləri belədir.

$X_d = 1,075\ n \cdot v\ ;\ X_q = 0,736\ n \cdot \text{в}\ ;\ X'_d = 0,351\ n \cdot \text{в}$

İki variant üçün: a) $\Delta i_{gon} = 0,33\ n \cdot \text{в}$; b) $\Delta i_{gon} = 0,15\ \text{в} \cdot \text{в}$ hallarında, nominal gərginlik $U = 1\ n$ olduqda, (7) ifadəsinə əsasən K_i-ni və rotorun dönmə bucağının artımını təyin etməli. Həll belədir:

$$K_i = 2U/(X'_d + X_q) = 2 \cdot 1/(0,351 + 0,736) = 1.84$$

a) variantı: $\Delta\delta_{gon} = \frac{\Delta i_{gon}}{K_i} = \frac{0,33}{1,84} = 0,18\ rad$ və ya elektrik dərəcəsi ilə 10,3 el.dər. (bu generator üçün rotorun dönmə bucağı nominal rejimdə $\delta_{nom} = \pi/8\ rad = 22,5\ el.dər$)

b) variant: $\Delta\delta_{gon} = 0,15/1,84 = 0,081\ rad = 4,7\ el.dər$.

Alınmış nəticələrin analizini aparaq. (4) ifadəsindən görünür ki, tənzim olunmayan sinxron generatorun statorundakı əlavə cərəyan, rotorun meyl bucağının artımına mütənasibdir. Əgər əvvəl baxdığımız üsulla (valda əlavə kütlə qoymaqla) rotorun rəqslərini tam yox etsəydik, onda $\triangle\ i_d = 0$, $\triangle\ \text{i}_q = 0$, $\triangle\ i = 0$ alardıq. Başqa sözlə, desək statorun əlavə cərəyanlarından tam azad olardıq.

Lakin təcrübədə belə edilmir. Rotor rəqslərinin tamamilə aradan qaldırılması üçün çox böyük kütlə tələb olunduğundan qurğunun qiyməti baha başa gəlir. Ona görə də kompromis qərar qəbul edilir. Yəni stator cərəyanını müəyyən həddə qədər məhdudlaşdırırlar.

İndi bu məsələyə val-generator qurğusunun sinxron generatorunun tənzimlənməsi halında baxaq. Bu halda, rotor rəqslərinin tamamilə aradan qaldırılması üçün, yəni elektromexaniki rezonansın yox edilməsi üçün (1) əsasən $\triangle \dot{M}_{ef} = \triangle \dot{M}_{v}$ şərti ödənilir. Belə olduqda statorun əlavə cərəyanı $\triangle i_d$ yalnız rotorun meyl bucağı artımımı $\triangle \delta$- dan deyil, həm də təsirlənmə cərəyanı artımı Δi_f – dən də asılı olacaqdır. Bu halda statorun əlavə eninə cərəyanı Δi_q isə yalnız $\triangle \delta$ – dən asılı olur.

Göstərilən $\triangle i_d$ və Δi_q cərəyanları aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$\Delta i_d = R_e\left\{\left[\frac{\Delta\psi_d}{X_d(j\omega)}\right] + \left[\frac{G_d(j\omega)}{X_d(j\omega)} \cdot \Delta U_f\right]\right\}, \tag{9}$$

$$\Delta i_q = R_e\left[\frac{\Delta\psi_q}{X_q(j\omega)}\right], \tag{10}$$

$$G_d(j\omega) = \frac{X_{ad}/r_f}{1+j\omega T_{d0}}; \tag{11}$$

(9) ifadəsində $G_d(j\omega)$ kompleks kəmiyyətini (11) ifadəsi ilə təyin edirlər. (9) və (10) ifadələrinə $\Delta\psi_d, \Lambda\psi_q$ (2) ifadələrini qoymaqla, həm də

$$X_d(j\omega) = X_d\frac{1+j\omega T'_d}{1+j\omega T_{d0}}; \quad X_q(j\omega) = X_q \tag{12}$$

nəzərə almaqla, stator cərəyanının mürəkkəbələrinin amplitud qiymətlərini tapırıq:

$$\Delta i_{d\Delta\delta} = \frac{U sin\delta_0}{X_d} \cdot \Delta\delta, \ \Delta i_q = \frac{U cos\delta_0}{X_q} \cdot \Delta\delta \tag{13}$$

$$\Delta i_{df} = \frac{X_{ad}(\Delta U_f/r_f)}{X_d\sqrt{1+(\omega T'_d)^2}} \tag{14}$$

(12) ifadəsində X_d və X_q *d* və *q* oxları üzrə induktiv müqavimətlər, T_{d0} və T'_d - isə təsirlənmə dolağının zaman sabitləridir.

Rotor rəqslərinin tamamilə yox edilməsi zamanı $\Delta\delta = 0$, cərəyan mürəkkəbələri $\Delta i_{d\Delta\delta} = 0$ və $\Delta i_q = 0$ olduğundan yalnız təsirlənmənin tənzimi səbəbindən yaranan mürəkkəbə Δi_{df} qalır.

Cərəyanların (sıfırlanması) yox olması faktı yaxşı haldır. Lakin stator cərəyanının mürəkkəbəsi Δi_{df} (14)-ə görə müqayisədə böyük alınır. Bu cərəyanın amplitud qiyməti, hesablamalar göstərir ki, hətta statorun nominal cərəyanından da çox ola bilər.

Beləliklə, elektromexaniki reonansı söndürmək məqsədi ilə təsirlənmə cərəyanının tənzimlənməsi zamanı rotorun meyl bucağının rəqsi əvəzinə statorun cərəyanının rəqslərini aldıq.

Reaktiv güc artımı ΔQ aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$\Delta Q = U_q\Delta i_d - U_d\Delta i_q \tag{15}$$

$U_d = U sin\delta_0$ və $U_q = U sin\delta_0$ olduğunu, eyni zamanda (12) və (13) ifadələrinə əsasən cərəyanları nəzərə alsaq, ΔQ üçün nəticə ifadəni alarıq:

$$\Delta Q = \frac{U^2}{2X_d} sin2\delta_0 \cdot (\Delta\delta) + \frac{U cos\delta_0 \Delta U_f/r_f}{X_d\sqrt{1+(\omega T'_d)^2}} \tag{16}$$

İfadədən görünür ki, rotor rəqslərinin tam yox edilməsi zamanı ($\Delta\delta = 0$) reaktiv gücün birinci mürəkkəbəsi sıradan çıxır, lakin təsirlənmənin tənzimlənməsi səbəbindən yaranan ikinci hissə qalır.

NƏTİCƏ

Beləliklə, alınmış nəticələrə əsasən aşağıdakı qənaətə gəlirik. Val-generator qurğusunun adi ifalı sinxron generatoru , rezonans və ona yaxın tezliklərdə rotorun rəqslərini tam həcmdə aradan qaldırmaq qabiliyyətinə malik deyil. Əgər mümkün olursa, belə ($\Delta\boldsymbol{\delta} \rightarrow \mathbf{0}$) əvəzində stator cərəyanının və reaktiv gücün rəqsləri yaranır. Sonuncu vəziyyət isə yuxarıda qeyd edildiyi kimi həm generatora, həm də gəmi elektroenergetik sistemə mənfi təsir göstərir və dizel generator val-generatorun paralel işini praktiki olaraq mümkünsüz edir.

---

1. *Abdulkadırov A.İ., Əliyev N.A., Rüstəmov R.M.* Sinxron val-generator qurğusunda məcburi rəqslər / Energetikanın problemləri, 2019, №2, s.3-6.
2. *Абдулкадыров А.И., Рустамов Р.М.* Математическое моделирование в электромеханике / Lambert Academic Publishing (LAP), Германия, 2015, с.314
3. *Abdulkadirov A.İ., Əliyev N.A.* Xüsusi elektrik maşınları / Monoqrafiya, Bakı, Bakı, “Elm” nəşriyyatı, 2018, 215s.
4. *Абдулкадыров А.И., Рустамов Р.М.* Применение энергосберегающих принципов управления в судовых электрических установках/ Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», Россия, 2014, №21.

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ТОКА СТАТОРА И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ВАЛОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ ВОЛНЕНИЯ ТОКА

АБДУЛКАДЫРОВ А.И., АЛИЕВ Н.А., РУСТАМОВ Р.И., ГАНИЕВА Н.А.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что синхронный генератор стандартный конструкции валогенераторной установки не способен демпфировать колебания при резонансной и близкой к ней частотах в полном обьеме. Если даже удается гасить колебания ротора ($\Delta\delta \approx 0$), то в замен начинают совершать большие колебания ток статора и реактивная мощность синхронного генератора. Последнее обстоятельство оказывает отрицательное влияние на работу судовой электроэнергетической системы и делает невозможной параллельную работу валогенератора с дизель-генераторами.

Ключевые слова: Синхронный вало-генератор, вынужденные колебания, электромеханический резонанс, демпфинирование колебаний.

ANALYSİS OF FLUCTUATİONS İN STATOR CURRENT AND REACTİVE POWER OF A SYNCHRONOUS GENERATOR OF A SHAFT-GENERATİNQ UNİT TAKİNG İNTO ACCOUNT SEA WAVES

ABDULKADYROV A.I., ALIEV N.A., RUSTAMOV R.I., GANIEVA N.A.

The results obtained allow us to conclude that the synchronous generator of the standard design of the shaft-generating unit is not able to damp oscillations at the resonant and close frequencies in full. Even if it is possible to dampen the rotor vibrations ($\Delta\delta \approx 0$), then in return the stator current and the reactive power of the synchronous generator begin to make large fluctuations. The latter circumstance has a negative effect on the operation of the ship’s electric power system and makes it impossible to parallel operation of the shaft generator with diesel generators.

Key words: Synchronous shaft generator, forced oscillations, electromechanical resonance, vibration damping.

UOT 621.315

TAC BOŞALMASININ AZALDILMASI ÜSULLARININ TƏHLİLİ

MƏRUFOV İ.M., MİRZƏYEVA L.S., KƏRİMOVA S.M.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
ilkinmarifov@mail.ru

Verilmiş məqalədə yüksək gərginlikli veriliş xətlərində tac boşalmasının analizi və eyni zamanda tac boşaldılmasının azaldılması məsələsinə baxılmışdır. Tac itkilərinin hesablanması üçün formulalar verilmiş və taclama prosessinin yaranma səbəbləri göstərilmiş.

Açar sözlər: Tac boşalması, veriliş xətləri, tac itkiləri, radiomaneələr.

GİRİŞ

Dəyişən cərəyanlı xüsusən də yüksək gərginlikli hava elektrik veriliş xətlərində (HEVX) işçi gərginliklərdə daimi olaraq, tac boşalması prosesləri baş verir.

Real şəraitlərdə HEVX tac boşalması U_1-qiymətindən aşağı gərginliklərdə fasiləsiz olaraq cərəyan impulslarının təsiri nəticəsində inkişaf edən və sönən strimerlər hesabına yaranır. Bu zaman tezlikləri 1-100 MHs-ə bərabər olan yüksək tezlikli impulslar yaranır. Nəticədə taclanan xətdə elektrik enerjisi itkiləri və radioqəbuledicilər, televiziya və rəbitə kanallarına maneələr yaranır.

Tac itkiləri yaxşı hava şəraitində ümumi itkilərin 7-25%-ni təşkil edır. Bu səbəbdən belə xəttlərdə tac itkiləri azaldılmalı və radiomaneələr buraxılabilən həddə qədər məhdudlaşdırılmalıdır.

Bütün məftili əhatə edən tac boşalması sahə gərginliyinin E_b başlanğıc qiymətində özünü göstərməyə başlayır E_b məftilin radiusundan, havanın nisbi sıxlığından və məftilin nahamarlılıq əmsalından asılı olur. Polad-alüminium məftillərinin əsas markaları üçün normal hava şəraitində E_b=30-32 kV/san-dir. Əgər məftilin elektrik sahə gərginliyinin maksimal qiyməti E_m boşalma gərginliyi E_b-dən böyük olarsa ($E_m>E_b$) xətdə ümumi taclanma baş verir. Ümumi taclanma zamanı çox yüksək radiomaneələr və tac itkiləri yaranır buda yol verilməz haldır.Ona görədə xəttin ən yüksək işçi gərginliyində $E_m<E_b$ şərti ödənilməlidir.

Məsələnin qoyuluşu.

Taclama prosesi özünü daha çox 330 kV-luq və daha yüksək gərginliklərdə bürüzə verir. Yüksək gərginlikli HEVX-də çoxlu sayda ayrı ayrı məftillərdən ibarət hazırlandığına görə məftili məftili səthi dalğavari olmaqla yanaşı,nahamarlılıq, cızıqlar və kiçik çıxıntılar olur. Bu səbəbdən məftilin hamarlılığı aşağı düşür və yerli taclanma baş verir. Məftilin radiususnun artırılması başlanğıc gərginliyin qiymətini çox cüzi şəkildə azaldılmasına səbəb olur. Xəttlərdə tac itkilərini və radiomaneələri azaltmaq məqsədilə adətən parçalanmış şəkilli məftillərdən istifadə edirlər. Belə məftillərdə xəttin xüsusi induktivliyi aşağı düşür və məftillin elektrik enerjisi ötürmə qabiliyyəti yüksəlir. Yeni çəkilmiş xətlərdə cızıqların, mexaniki zədələnmələrin və s. təsiri nəticəsində tac itkiləri daha çox olur və yalnız təxminən 4-5 ildən sonra tac itkiləri qərarlaşmış qiymətini alır.

Tac itkilərinin azaldılması üsullarından biri də faz məftillərinin diametrlərinin genişləndirilməsidir. Lakin belə məftillərin sənaye miqyasında istehsalı tam mənimsənilməmişdir.

Beləliklə, yüksək gərginlikli HEVX-də tac itkiləri və radiomaneələrin məhdudlaşdırılması üçün işçi gərginliyin qiymətinə əsasən təbii şərait nəzərə alınmaqla məftilin en kəsiyi düzgün seçilməli, parçalanmış şəkilli məftillərdən istifadə olunmalı və xüsusən də quraşdırılma işləri zamanı məftillərin zədələnməsinə yol verilməməlidir. Tac itkilərini

tamamilə aradan qaldırmaq mümkün deyil. Tac itkisi arzu olunmazdır. Lakin HEVX-də aldırını ifrat gərginlikdə tac itkisini hesabına ildırımın təsiri azalır. Bircinsli olmayan sahədə sahə intensivliyinin güclü olduğu elektrod yaxınlığında tam boşalmadan əvvəl yerli boşalma-tac boşalması yaranır. Elektrod ətrafında tacaoxşar parlaq işıltı yarandığından bu boşalmaya tac boşalması deyilir.

Tac boşalmasının təbiəti, adətən, iynə-müstəvi və ya koaksial silindr elektrodları sistemində öyrənilir. Hələ tac boşalmasının ilk tədqiqatları zamanı elektrodlar arasında döyünən tac cərəyanının mövcüd olması müşahidə edilmişdir. Qiymətcə bir neçə mikroamperə bərabər olan tac mənfi qütblükdə səlis, müsbət qütblükdə isə xaotik döyünmələrdən ibarətdir. Tac gərginliyini artdıqca döyünmələrin amplitud qiyməti yox, tezliyi artır. Tac boşalmasının yüksək gərginlik xətlərində yaranması xətdə güc itkilərinin yaranmasına səbəb olur.

Radiusu *r* olan və bir-birindən s>>r məsafədə duran iki yüksək gərginlik xəttində, yaxud yer müstəbisindən böyük məsafədə duran xətdə tacın yaranması üçün başlanğıc sahə intensivliyi

$$E_b = 29{,}8\delta\left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{\delta r}}\right) \quad (1)$$

və gərginliyi

$$U_b = E_\delta r ln\frac{s}{r} \quad (2)$$

düsturları ilə təyin edilə bilər. E_δ-nı tapmaq üçün təklif olunan empirik düsturun müəllifi Amerika mühəndisi Pik olduğundan bu ifadələrə Pik düsturları deyilir. Burada δ-havanın nisbi sıxlığıdır. Sabit gərginlikdə tac itkiləri elektrodlar arasında yaranan cərəyanla əlaqədar olduğundan bu itkiləri müəyyən etmək üçün tacın volt-amper xarakteristikasını İ=f(U) bilmək lazımdır. Burada İ-taclanan xəttin vahid uzunluğuna düşən cərəyan, U-həmin cərəyan qiymətindəki gərginlikdir. Tacın volt-amper xarakteristikasını analitik üsullarla təyin etmək çox çətindir. Odur ki, güc itkilərini hesablamaq üçün tacın volt-amper xarakteristikası təcrübəli üsullarla tapılır.

Dəyişən gərginlikdə tac itkiləri elektrodlar arasında axan cərəyanla deyil, daha mürəkkəb proseslərlə əlaqədardır. Dəyişən gərginlikdə ətrafında tac yaranan elektrodun potensialı qiymət və işarəcə sinusoid qanunu üzrə dəyişir, yeni işarəyə malik tac əvvəlki yarımdalğadakı tacdan qalan həcmi yüklərini neytrallaşdıraraq öz yeni işarəli həcmi yüklərini yaratmalı olur. Bu zaman sərf olunan enerji dəyişən gərginlikdə tac itkilərinin əsas mahiyyətini təşkil edir. Odur ki, dəyişən gərginlikdə tac itkilərini müəyyən etmək üçün volt-kulon xarakteristikasını bilmək lazımdır.

Sinusoidin müsbət yarımdalğasında xətt ətrafında müsbət tac boşalması əmələ gəlir. Tac ətrafında öz işarəsinə uyğun, yəni müsbət ionlardan ibarət həcmi yüklər yaranır. Bu yüklərin sıxlığı sinusoidin maksimal qiymətində ən böyük qymət alır.

Dəyişən cərəyanlı yüksək gərginlikli elektrik verilişi xətlərində tac itkilərini müəyyən etmək üçün müxtəlif empirik düsturlar da mövcüddur. Bir fazadakı tac itkilərini Pik tərəfindən təqdim edilmiş aşağıdakı empirik düsturla müəyyən etmək olar

$$P = \frac{241}{\delta}(f + 25)\sqrt{\frac{r}{s}}\left(U_f - U_0\right)^2 \cdot 10^{-5}\text{, Vt/m·faza} \quad (3)$$

burada *r*-naqilin radiusu; *s*-məftillər arasındakı məsafə; U_f-faza gərginliyinin təsiredici qiyməti; U_0-tac itkiləri yarada biləcək gərginlikdir.

U_0-ın qiyməti digər Pik düsturu ilə müəyyən edilə bilər.

$$U_0 = 21{,}2\delta m_1 m_2 r ln\frac{s}{2}, \text{ kV} \quad (4)$$

burada m_1-xəttin səthini, m_2-havanın vəziyyətini xarakterizə edir.

İdeal səth üçün m_1 vahiddirsə, real burulmuş bir neçə naqildən ibarət xətlər üçün m_1=0,8-0,9-dur. Tac gərginliyinin qiyməti və onunla əlaqədar olan tac itkilərinin qiyməti havanın vəziyyətindən çox asılıdır. Aydın və quru hava şəraiti üçün m_2=1, dumanlı, yağışlı hava üçün m_2=0,8 qiymətləri götürülür. Radiomaneələr və həmçinin tac itkiləri məftilin səthində elektrik sahə gərginliyinin qiyməti artdıqca yüksəlir. Radiomaneələr həm də pis hava şəraitində də artır.

Radiomaneələrin hesablanma üsulu istismarda olan hava elektrik veriliş xətlərində çoxsaylı ölçmələr nəticəsində V.V.Burqsdorf və E.N.Juravlev tərəfindən təklif edilmişdir. Şəkil 1-də yaxşı hava şəraitində yağışlı $\eta_{yağ}$ və qarlı η_{qar} vaxtları da nəzərə almaqla buraxıla bilən radiomaneələrin səviyyəsi y_{bur} göstərilmişdir.

$$\eta_{yağ} = \frac{T_{yağ}}{8760}$$

$$\eta_{qar} = \frac{T_{qar}}{8760}$$

y_{bur} - parametrinin qiyməti 50mkV~20lg$\frac{50}{l} = 94dt$-yə bərabər olan 0,5÷2,5MqHs tezlik üçün ildə

0,05·8760=440 saat

müddət üçün seçilmişdir.

y_{bur} –qiyməti ilə hesabatdan alınmış və yaxud da ölçülmüş yaxşı hava üçün y_{yax} – qiymətlə müqayisə olunur.

y_{yax} – parametrinin hesabat qiyməti xəttin kənar fazasından 50m məsafədə almaqla aşağıdakı emprik düstur vəsitəsilə təyin edilir.

$$y_{yax} = y_{baz} + 45\frac{\sqrt{r_0}-\sqrt{r_{baz}}}{\sqrt{r_0 r_{baz}}} - 80\frac{E_b - E_m}{E_{n\,baz}} \quad (4)$$

burada r_0-dəstədə olan məftillərin radiusu; E_m-məftillərdəki elektrik sahə gərginliyinin maksimal qiyməti; y_{baz}, r_{baz}, E_{baz}, $E_{n.baz}$-500kV-luq xəttin bazis qiymətləridir. 3×ACO-330-məftili üçün. y_{baz}=30db; E_{baz}=28,4kV/sm; r_{baz}=1,26 sm; $E_{n.baz}$=31,5 kV/sm. Xəttdəki radiomaneələr o vaxt buraxıla bilən hesab olunur ki,

$$y_{yax} \leq y_{bur}$$

İndi isə 500kV-luq xətt üçün radomaneələrin xəttin fəaliyyət zonası üçün aşağıdakı parametrləri qəbul edək:

-yağmurlu havanın davametmə müddəti:

$$\eta_{yağ}=0{,}057$$

-qarlı havanın davametmə müddəti

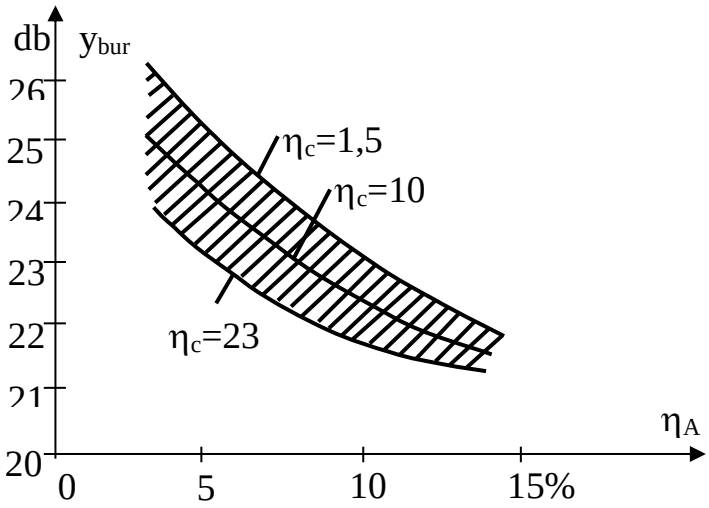
$$\eta_{qar}=0{,}091$$

Şəkil 1-dəki əyridən y_{bur}=24db olduğunu təyin edirik.

(5) ifadəsinə əsasən

$$y_{yax} = 30 + 45\frac{\sqrt{1,51} - \sqrt{1,26}}{\sqrt{1,51 \cdot 1,26}} - 80\frac{28,4 - 24,2}{31,5} = 22,7\ db$$

y_{yax}=22,7db < y_{bur}=24db



Şək.1. $\eta_{yağ}$ və η_{qar} hava əmsallarından asılı olaraq radiomaneələrin buraxılabilən həddləri.

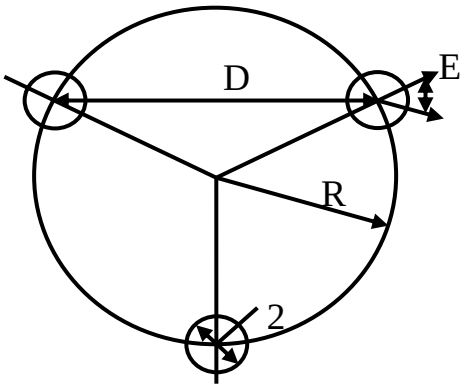
Müqayisədən görünür ki, radiomaneələr buraxılabilən həddədir.

Tac boşalmasının təsirinin azaldılması tədbirləri: Tac itkiləri ilə mübarizə aparılması yüksək gərginlik texnikası qarşısında duran əsas məsələlərdən biridir. Tac hadisəsi sahə intensivliyinin yüksək olduğu hissələrdə yarandığından birinci növbədə sahənin bircinsli sahəyə yaxın olaraq paylanmasını təmin edirlər. Yüksək gərginlik aparatlarında sivri uclar, konstruktiv çıxıntılar kürə və ya oval şəkilli hazırlanır. 330kV və daha yüksək gərginlik xətlərində izolyatorların dayaqlara və xətlərə birləşdiyi hissələrə gərginliyin müntəzəni paylanmasını təmin edən ekranlar bərkidilir.

(1) düsturundan göründüyü kimi, tac itkilərini yarada biləcək gərginlik xəttin diametrindən asılılıdır; *r* böyüdükcə tac itkiləri daha yüksək gərginliklərdə yarana bilər. Bu səbəbdən yüksək gərginlik sinifli veriliş xətlrində faza naqilinin parçalanmış şəkildə (şəkil 2) istifadə edilməsi geniş tətbiq olunur.

Gərginlik sinfindən asılı olaraq naqili 2, 3 və ya 4 hissəyə parçalayırlar. Bu zaman parçalanmış naqilin ekvivalent radiusundan istifadə edilir:

$$r_e = \sqrt[n]{r_0 D_1 D_{n-1}} \tag{5}$$



Şək.2. Parçalanmış məftillərin dəstə şəklində yerləşməsi.

burada r_0-parçalanmış naqilin radiusu; D_1D_{n-1}-bir naqildən digər naqillərə qədər olan məsafə; n-parçalanmış naqillərin sayıdır.

Qeyd edək ki, tac itkiləri güc itkisi kimi zərərli olmaqla bərabər xüsusi hallarda müsbət təsirə də malikdir. Məsələn, veriliş xətlərində ifrat gərginlik dalğası yaranarsa bu gərginlik U_b qiymətindən xeyli böyük olduğundan xətdə tac hadisəsi yaranır. Bu zaman yaranan tac itkiləri izolyasiya üçün qorxulu olan ifrat gərginliyin qiymətini azaldır.

NƏTİCƏ

Məqalədə tac boşalmasının təhlili aparılaraq tac itkilərinin hesablanması və azaldılması ilə bağlı müxtəlif təkliflər verilmişdir. Tac hadisəsi sahə intensivliyinin yüksək olduğu hissələrdə yarandığından birinci növbədə sahənin bircinsli sahəyə yaxın olaraq paylanması təmin olunmalıdır. Xətlərdəki tac itkilərini və radiomaneələri azaltmaq məqsədilə parçalanmış şəkilli məftillərdən istifadə edilməsi daha əlverişlidir. Belə olan halda məftillərdə xəttin xüsusi induktivliyi aşağı düşür və məftillin elektrik enerjisi ötürmə qabiliyyəti yüksəlir.

---

1. *Долгинов А.И.* «Техника высоких напряжений в электроэнергетике», М. «Энергия» 1968, 464 с.
2. Техника высоких напряжений, под редакцией М.В. Костенко, учеб. Пособие для вузов, М., «Высшая школа», 1973, 528 с.
3. *Степанчук К.Ф., Тиняков Н.А.* Техника высоких напряжений. Высшая школа, 1982, 367 с.
4. *Salamzadə M., Şaxtaxtinskiy T.İ.* və baş. Yüksək gərginliklər texnikası, Bakı, Maarif.
5. *Phillips CO, Wright SM, Kern DE, Singa RM, Shepperd S, Rubin HR.* Comprehensive discharge planning with postdischarge support for older patients with congestive heart failure: a meta-analysis. JAMA. 2004; 291:(11):1358–1367. [PubMed] [Google Scholar.
6. *Naylor MD, Brooten D, Campbell R, Jacobsen BS, Mezey MD, Pauly MV, Schwartz JS.* Comprehensive discharge planning and home follow-up of hospitalized elders: a randomized clinical trial. JAMA. 1999; 281(7): 613–620. doi: 10.1001/jama. 281. 7. 613. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar].
7. *Hyde CJ, Robert IE, Sinclair AJ.* The effects of supporting discharge from hospital to home in older people. Age Ageing. 2000; 29(3): 271–279. doi: 10. 1093 /ageing/ 29. 3. 271.[PubMed] [CrossRef] [Google Scholar].

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ КОРОННОГО РАЗРЯДА

МАРУФОВ И.М., МИРЗАЕВА Л.С., КАРИМОВА С.М.

В данной статье рассматривается анализ коронного разряда на высоковольтных линиях электропередачи, а также снижение коронного разряда. Представлены формулы для расчета потерь кроны и причины возникновения процесса кроны.

Ключевые слова: коронный разряд, линии электропередачи, коронные потери, радиостанции.

ANALYSIS OF CROWN DİSCHARGE REDUCTION METHODS

MARUFOV I.M, MIRZAYEVA L.S, KARIMOVA S.M

This article addresses the analysis of crown discharge on high-voltage transmission lines, as well as the reduction of crown discharge. The formulas for the calculation of crown losses are presented and the reasons for the occurrence of the crown process.

Keywords: Crown discharge, transmission lines, crown losses, radio stations.

УДК 621.336.01

КОМПЕНСИРОВАННАЯ КОНТАКТНАЯ ПОДВЕСКА С ДВОЙНЫМ НЕСУЩИМ ТРОСОМ ДЛЯ СКОРОСТНЫХ ЛИНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

РАГИМОВ Р.Г., РАГИМОВ С.Р., РАГИМОВ А.Р.

"АТЕФ Группа компаний "
E-mail: ragim1953@ mail.ru

Разработана новая компенсированная контактная подвеска с двойным несущим тросом. Исследовано взаимодействие токоприемника с новой контактной подвеской. Определено влияние натяжения двух несущих тросов и других параметров на качество токосъема. Получены экспериментально мгновенные значения контактного нажатия для анкерного участка натяжением несущего троса (2х16,5 кН) для скорости движения 140 км/ч. По полученным гармоническим составляющим построены амплитудно-частотные характеристики для исследуемых анкерных участков. Установлено, что влияние параметров контактной подвески находится в диапазоне до 10 Гц. В местах, где гармоники имеют меньшие значения, среднеквадратическое отклонение контактного нажатия находится в меньших диапазонах, что сказывается на лучшем взаимодействии.

Ключевые слова: контактная сеть, несущий трос, контактный провод, качество токосъема, динамические параметры взаимодействия контактного провода и токоприемника.

В связи с увеличением скоростей движения и ростом объема перевозок на электрифицированных железных дорогах нашей страны, в том числе, совмещения на некоторых участках грузовых и пассажирских перевозок, контактная сеть испытывает значительные термические и механические нагрузки. Интенсивность увеличения движения приводит к тому, что более длительное воздействие тока и более высокие его значения вызывают продолжительный нагрев проводов контактной сети, при этом температура близка к предельным допустимым значениям. В то же время при разработке новых проектов для скоростного и высокоскоростного движения предполагается повышение величин натяжений проводов в контактной подвеске. Все это приводит к снижению коэффициента запаса по механической прочности проводов и увеличению риска их разрушения при существующих нормативах [3]. Вместе с тем, необходимо обеспечивать надежную передачу тока к электроподвижному составу по контактной сети. С увеличением скорости движения процесс динамического взаимодействия токоприемника и контактной подвески существенно усложняется. Значительную роль начинают играть колебательные и волновые явления в контактной подвеске, приводящие к изменению в широких пределах силы контактного нажатия и, как следствие, резкому ухудшению качества токосъема. Для уменьшения разброса силы Fк от значения провеса контактного провода, требуется совершенствование конструкций контактной подвески и токоприемников, оптимизация их параметров – уменьшение стрел провеса и равной жесткости контактного провода в пролете для обеспечение прямолинейности траектории проследование токоприемника. Еще одним фактором, влияющим на качество токосъема при компенсированных подвесках, является значение стрелы провеса контактных проводов. Экспериментальные исследования проведенные в РФ показали, что при скоростях движения 160—200 км/ч наилучшие условия взаимодействия токоприемника с контактной подвеской создаются, когда между крайними простыми струнами контактный провод имеет стрелу провеса равную 0,001 от этой длины. По выбранной оптимальной стреле провеса регулируют контактные провода компенсированной подвески.

Исследования так же показали, что для повышения качества токосъема необходимо увеличение значений натяжений, как в контактном проводе, так и в несущем тросе. Но, с учетом имеющегося коэффициента запаса для несущего троса, это рискованно реализовывать.

Анализ результатов проведенных испытаний показал, что для XIII анкерного участка с повышенным натяжением в контактном проводе 21 кН и натяжением в несущем тросе 18 кН полученные динамические параметры оказались выше и с большим запасом, в отличие от XI анкерного участка с пониженным натяжением в контактном проводе 16,5 кН и повышенным натяжением в несущем тросе 20,5 кН. Это связано с тем, что скорость распространения поперечной волны зависит от натяжения проводов контактной подвески. При повышенном натяжении в контактном проводе увеличивается жёсткость контактной подвески и скорость распространения поперечной волны в проводах.

При опытных поездках в Германии со скоростями до 280 км/ч [32] была исследована эффективность увеличения натяжения контактного провода сечением 120мм 2 в подвеске Re250 с 15 до 21 кН. Такое изменение позволило улучшить показатели качества токосъема, в частности, снижение наибольшего значения контактного нажатия токоприёмника на контактный провод изменилось с 220 до 180 Н.

В контактной подвеске одним из основных элементов являются контактные провода. При выборе материала для контактных проводов необходимо учитывать, что провода должны обладать высокой механической прочностью, износостойкостью, электропроводностью, а также нагрев стойкостью. При высокой механической прочности проводов появляется возможность задавать большие значения натяжений.

Контактная сеть и токоприемники ЭПС как постоянно взаимодействующие между собой системы должны обеспечивать надежный и экономичный токосъем, то есть безотказность работы и минимальный износ контактных проводов и токоприемников.

Важность параметров механического взаимодействия движущегося токоприемника и контактной подвески определяется тем, что ухудшение условий механического воздействия, в частности, нарушение контакта, приводит к отказам контактной сети и токоприемников.

Влияние характеристик токоприемника на качество токосъема. Основным критерием качества механического взаимодействия токоприемника и контактной подвески является степень постоянства контактного нажатия, т. е. усилие нажатия в контакте между токоприемником и проводом в процессе движения ЭПС.

При разработке конструкций контактных подвесок для обеспечения хорошего токосъема стремятся к тому, чтобы эластичность подвески во всех точках пролета была одинаковой. Однако большинство новых контактных подвесок переменного тока 27,5кВ, смонтированных на Азербайджанских электрифицированных железных дорогах, такому требованию не удовлетворяют, т. к. стрела провеса несущего троса, изменяется при изменении температуры окружающего воздуха, и поэтому большую часть времени контактный провод располагается не равно эластично и не прямолинейно.

Оба этих обстоятельства -неодинаковая эластичность и наличие стрелы большого провеса контактного провода—являются причинами того, что траектория движения полоза обычно получается нелинейной, которая приводит к возрастанию амплитуды изменения контактного нажатия т. е. токоприемник в каждом пролете движется с вертикальным ускорением в итоге нарушается стабильный токосъем. Влияние натяжение проводов на динамические параметры системы, скорость распространения волны можно выразить в модели выбранной контактной подвески с использованием принципа Гамильтона для вывода уравнений движения провода в средине пролета. Для этого рассмотрим пролет длиной L, работа на деформации A, а также кинетическая

энергия E выражается через перемещение точки оси провода. Дифференциальные уравнения r-ной обобщенной координаты, выглядит таким образом.

$$m_1\ddot{q}_1 + (\frac{пr}{L})^2\ [E_1\ I_1(\frac{пr}{L})^2 + T_1]q_1 + \frac{a}{L}(q_1 - q_2)\sum_{d=1}^{d} K_d = \frac{2}{L}P(t)\sin\frac{rпvt}{L}]; \quad (1)$$

$$m_2\ddot{q}_2 + (\frac{пr}{L})^2\ [E_2\ I_2(\frac{пr}{L})^2 + T_2]q_2 + \frac{a}{2L}q_2\ \sum_{d=1}^{d} S_d + \frac{a}{L}(q_2 - q_1)\sum_{d=1}^{d} K = 0; \quad (2)$$

где индексы; 1-контактный провод; 2-несущий трос; E- натяжение проводов; M-погонная масса провода; L -длина пролета; E I-изгибная жесткость провода; E – модуль упругости, I- осевой момент инерции поперечного сечения провода; q- обобщенная координата системы, a-количество пролетов в анкерном участке; $К_д$- значения минимальных индексов жесткостей струн; d- разные значения $К_д$; P(t)-сосредоточенная сила действия на провод со стороны лыжи токоприемника; t- момент времени перемещения точек оси провода; V-скорость движения; S-жесткость консоли; e-разные значения S. Уравнение (1) отражает динамическое взаимодействие контактного провода и токоприемника. Уравнение (2) описывает состояние несущего троса.

Таким образом, модель токосъема, максимально приближена к реальным условиям токосъема. Также было проанализировано влияние натяжения двух несущих тросов на динамические параметры системы.

Расчеты показывают, что эластичность подвески на участке от створа опоры до первой струны изменяется слабо, поэтому на эпюре эластичности (рис.2.) этот участок представлен горизонтальной прямой, а в средней части пролета эластичность подвески изменяется по параболе.

На линиях переменного тока удовлетворительное качество токосъема при компенсированных подвесках где подвеска имеет один контактный провод, с рассчитанных на скорости движения до 160 км/ч, обеспечивается установкой первых простых струн на расстоянии 10 м от опор, достаточен рессорный провод длиной 12 м. Еще одним фактором, влияющим на качество токосъема при компенсированных подвесках, является стрела провеса контактных проводов. Экспериментальные исследования показали, что при скоростях движения 160—200 км/ч наилучшие условия взаимодействия токоприемника с контактной подвеской создаются, когда между крайними простыми струнами контактный провод имеет стрелу провеса, равную 0,001 от этой длины. По выбранной оптимальной стреле провеса регулируют контактные провода компенсированной подвески.

Условия механического взаимодействия ухудшаются при увеличении расстояния между соседними струнами, что объясняется значительным увеличением стрел провеса контактного провода в между пролетах струн. Эти стрелы можно было бы уменьшить увеличением натяжения контактного провода, но таких возможностей на участках АЖД нет, поскольку применена компенсированная контактная подвеска типа М120 +МФ100, натяжения проводов в подвеске уже приняты максимальными, в частности по условиям обеспечения наибольшей ветроустойчивости подвески. В настоящее время на электрифицированных участках Баку- Беюк кясик монтировано компенсированная контактная подвеска типа М-120+МФ-100 обеспечивающая скорость движения поездов равного 140км/час. Повышенную скорость поездов 160-200км/час требует повышенный мгновенную мощность тяговой сети. Существующая контактная подвеска М120+МФ100 по механическим характеристикам не большое натяжение несущего троса -16500Н не рассчитана на скорость более160км/час.

С целью повышения скорости на участке Баку– Беюк кясик автором разработана контактная подвеска с двойным несущим тросом. Результирующая натяжения несущего троса составляет 2х16500Н (рис.1.) Такое натяжение несущего троса

полностью обеспечит до минимального значения стрелы провеса контактного провода, что положительно скажется в образовании прямолинейности траектории токоприемника электроподвижного состава. Проведено исследование, и технические результаты приведены ниже.

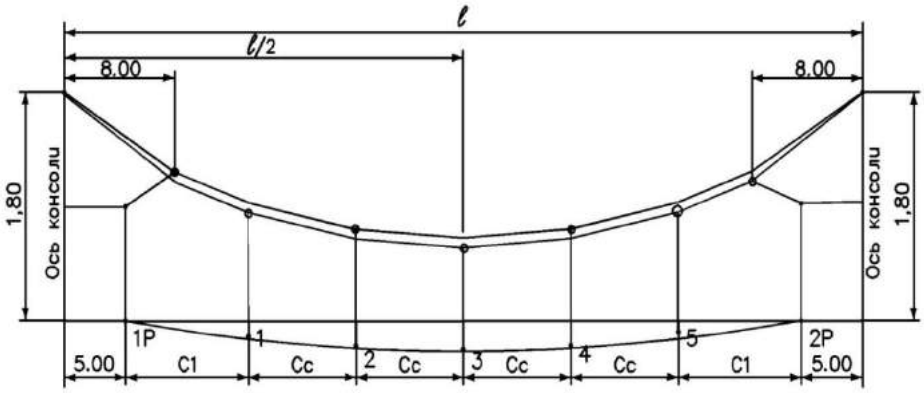


Рис.1. Компенсированная рессорная подвеска переменного тока с двойным несущим тросом 2хМ-120+МФ-100 для пролетов 40-60м.(7 струн).

Статистические характеристики:
Несущий трос 2М-120,Т=2х16500Н.
Контактный провод МФ-100,К=12000Н.
Рессорный трос М-35, $H_р$=3000Н
Коэффициент неравномерности эластичности в пролете ($E_{мах}/E_{min}$)-1,2
Коэффициент эластичности в пролете ($\frac{E_{мах}}{E_{мах+}}+\frac{E_{min}}{E_{min}}$ 100%) - 12,4%.
Динамические характеристики при скорости ЭПС 160км/час.

Скорость распространения поперечной волны км/ч- 432
Коэффициент отражения волны …….0.514
Коэффициент Доплера …… 0.46
Коэффициент усиления ……. 1.118
Схема расположения струн в пролетах длиной 61-70м(9струн)

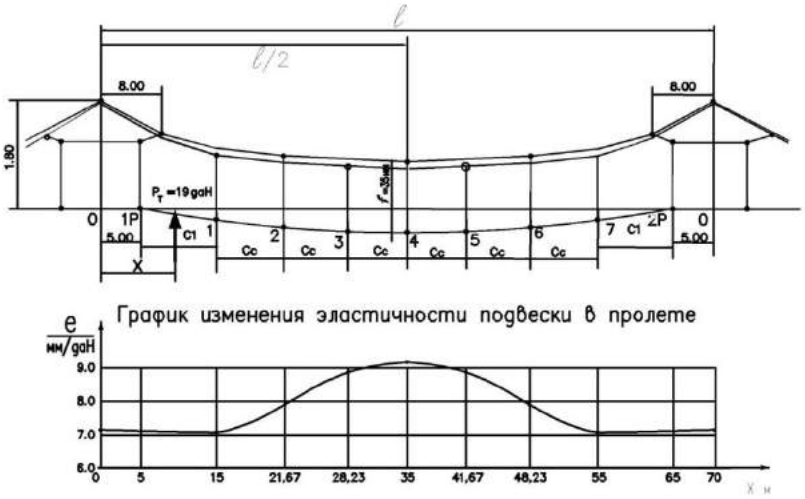


Рис.2. Компенсированная рессорная подвеска переменного тока с двойным несущим тросом 2хМ-120+МФ-100 для пролетов 60-70м. (9 струн).

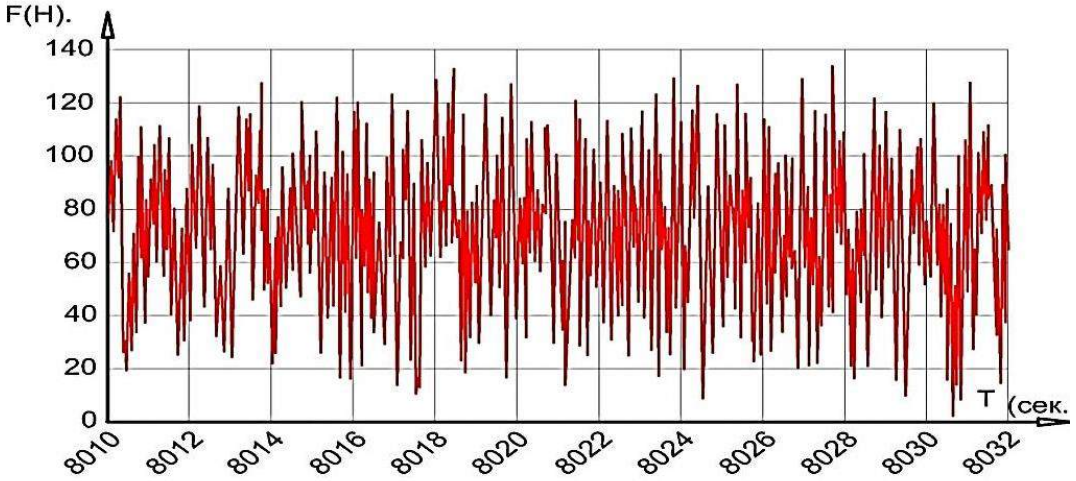
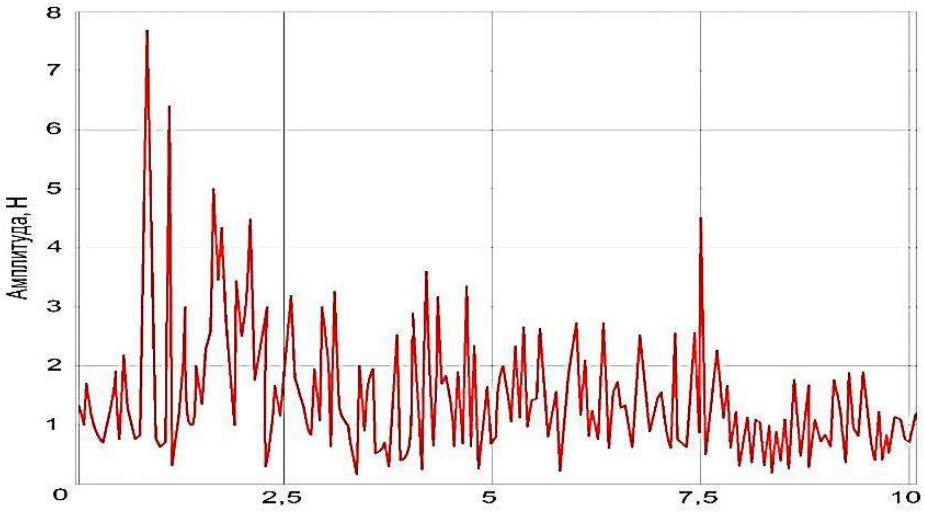


Рис.3. Изменение мгновенных значений контактного нажатия F- контактного нажатия токоприемника на анкерном участке с натяжением контактного провода 12кН, несущего троса 2х16,5кН.



Таким образом, на основе выбранной физико-математической модели с параметрами взаимодействующих подсистем, максимально приближенными *F*ср и его среднеквадратичное отклонение σ с учетом скорости и направления движения:

$$M(F)= F_{ср} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} F\ i$$

где *n* — количество измерений; *i* — номер измерения.

Качество токосъема оценивается после обработки опытных данных по диаграмме зависимости среднеквадратичного отклонения контактного нажатия от скорости движения в реальных условиях. Чем меньше значение среднеквадратичного отклонения контактного нажатия, тем лучше качество токосъема.

Результаты исследования влияния натяжения несущего троса на качество токосъема показали, что применение контактной подвески с двойным несущим тросом позволил улучшить динамические параметры контактной подвески, уменьшается термомеханическая нагрузка на несущий трос без снижения нагрузочной способности и качество токосъема.

Применение контактной подвески с двойным несущим тросом дает возможность повысить в перспективе скорости движения поездов до 200км/час на участке Баку – Беюк кясик АЖД.

Заключения:

1. Разработана новая компенсированная контактная подвеска с двойным несущим тросом.
2. Исследовано взаимодействие токоприемника с новой контактной подвеской.
3. Определено влияние натяжения двух несущих тросов и других параметров на качество токосъема.
4. Получены экспериментально мгновенные значения контактного нажатия для анкерного участка натяжением несущего троса (2х16,5 кН) для скорости движения 140-200 км/ч.
5. По полученным гармоническим составляющим построены амплитудно-частотные характеристики контактной подвески с двойным несущим тросом для исследуемых анкерных участков.
6. Установлено, что применение компенсированной контактной подвески с двойным несущим тросом даст возможность путем модернизации повысить скорости движения поездов 200км/ и выше на существующих контактных подвесках, не производя замену на новые контактные подвески по себестоимости несколько превышающие предложенные.

---

1. *Рагимов Р.Г.* Полукомпенсированная контактная подвеска с двумя несущими тросами и поперечной компенсацией их линейных деформаций. Дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук. М.: ВНИИЖТ, 1994. 127 с.
2. *Рагимов Р.Г.* Авто компенсированная подвеска. //Электрическая и тепловозная тяга. 1989, № 5. С. 45.
3. *Рагимов Р.Г.* Совершенствование контактных подвесок. //Электрическая и тепловозная тяга. 1989, № 7. С. 43-44.
4. *Рагимов Р.Г.* Совершенствование полукомпенсированных контактных подвесок на электрифицированных участках постоянного тока. //Повышение эффективности эксплуатации контактной сети: Сб. науч. тр. М.: Транспорт, 1990. С. 36-41.
5. *Рагимов Р.Г., Рагимов С.Р., Рагимов А.Р.* Реконструкция системы тягового электроснабжения на линии Баку - Беюк Кясик журнал. Железнодорожный транспорт г. Москва № 12-2015г.с.73-75
6. *Рагимов Р.Г., Рагимов С.Р., Рагимов А.Р.* Об обеспечении качественного токосъема. журнал. Железнодорожный транспорт г. Москва № 01,2018г.с.75-77
7. *Вологин В.А.* Разработка методики определения влияния несущего троса на среднеквадратичное отклонение контактного нажатия [Текст] /Вологин В.А., Изергина М.Н. //Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2012. – № 2. – С. 47-48.
8. *Тюрнин П.Г.* Изучение влияния параметров контактной подвески на качество токосъема при различных скоростях движения на основе спектрального анализа изменения контакного нажатия [Текст] /Тюрнин П.Г., Емельянова М.Н. //Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2014. – № 3.– С. 46-49.
9. *Миронос Н.В.* К вопросу о допустимой термомеханической нагрузке на контактный провод [Текст] /Миронос Н.В., Тюрнин П.Г., Гершман И.С. //Токосъем и тяговое электроснабжение при высокоскоростном движении на посто-янном токе: сб. науч. тр. ОАО «ВНИИЖТ» /Под ред. Н.В. Мироноса, П.Г. Тюрнина – Москва: Интекст, 2010. – С. 164-172.

SÜRƏTLİ ELEKTRİKLƏŞDİRİLMİŞ DƏMİR YOLLARI ÜÇÜN İKİLİ DAŞIYICI TROSLY KOMPENSASİYALI KONTAKT ŞƏBƏKƏSİ ASQISI

RƏHİMOV R.Q., RƏHİMOV S.R., RƏHİMOV A.R.

İşdə yeni, ikiqat troslu, kompensə olunmuş kontakt asılqanı işlənilməsi şərh olunur. Cərəyan qəbuledicinin yeni kontakt asılqanın qarşılıqlı təsirləri tədqiq edilmişdir. Yük daşıyan iki trosun mexaniki dartılmasının və digər parametrlərin cərəyan qəbuletmənin keyfiyyətinə təsiri müəyyən edilmişdir.

Açar sözləri: sürət, dəmir yol, kontakt, amplitud-tezlik xarakteristikası, kontakt naqili, dinamik parametrlər, cərəyan, qəbuledici, kontakt şəbəkəsi, qarşılıqlı təsir.

COMPENSATED CONTACT SUSPENSION WITH DOUBLE SUSPENSION CABLE FOR HIGH-SPEED RAIL LINE

RAGIMOV R.G., RAGIMOV S.R., RAGIMOV A.R.

Developed a new compensated contact suspension with double suspension cable. The interaction of the current collector with the new contact suspension was investigated. The effect of the tension of two supporting cables and other parameters on the current collection quality was determined. The experimentally obtained instantaneous values of contact pressure for the anchor section were determined by the tension of the supporting cable (2x16.5 kN) for a speed of 140 km / h. According to the obtained harmonic components, amplitude-frequency characteristics for the studied anchor sections were constructed. It has been established that the influence of contact suspension parameters is in the range of up to 10 Hz. In places where harmonics have smaller values, the standard deviation of contact pressure is in smaller ranges, which affects the best interaction.

Keywords: contact network, carrying cable, contact wire, current collection quality, dynamic parameters of the interaction of the contact wire and the current collector.

UOT. 621.311

TURBİN-GENERATORLARDA KEÇİD PROSESLƏRİNİN BƏZİ RƏQƏMSAL İDARƏ MƏSƏLƏLƏRİ

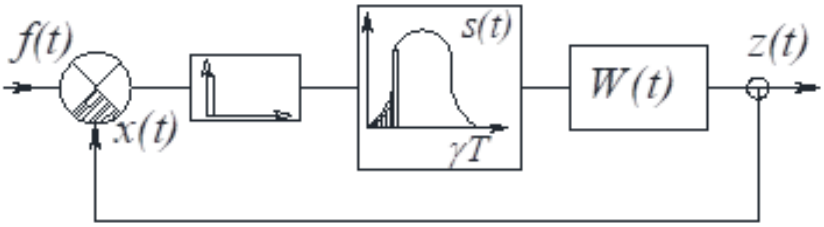
HƏSƏNOV Q.Ə.

Azərbaycan Texniki Universiteti
garahasanov@gmail.com

Turbinlərin idarə olunmasında tətbiq edilən proqramlar düzbucqlı impulslardan ibarət olan xüsusi formalı siqnallar əsasında qurulur. Energetika sistemlərinin strukturasının və avtomatlaşdırılmasının mürəkkəbləşməsinə səbəb olan bəzi proseslər, həm də qəza rejimlərinin idarə edilməsində əlavə çətinliklər yaradır. Bu mənada inkişaf edən energetika sistemlərində rəqəmsal texnologiyalar, impuls nəzəriyyələr texnika və sistemlərinin yeni üsullarının tətbiqi bir daha aktuallaşır.

Açar sözlər: əks əlaqə, keçid prosesləri, zaman sabiti, turbin-generator, blok, qazan, klapan yerdəyişmə, qızdırma, texnoloji mühafizə.

Sürət tənzimlənməsinin düzbucaqlı impuls təsirləri ilə aparılması elektrik intiqallarında geniş yayılmış bir üsuldur. Düzbucaqlı impuls siqnalları turbinlərin güclərinin sürətlə azaldılmasını təmin etməklə yanaşı, onlardan ikinci və sonra gələn qalıq, əksəlaqə xəta siqnalları turbinlərin sürətli yüklənmələri nəticəsində baş verən yırğalanmaların qarşısını alır, şək.1.



Şək. 1. İmpuls nəzəriyyəsi elementlərinin sadə struktur sxemi.

İdarəetmədə xətti impuls sistemlər nəzəriyyəsi kifayət qədər inkişaf etmişdir [1]. Həmin nəzəriyyəyə əsasən, impuls xarakteristikası *W(t)*, çıxışında *x(t)* kimi kəsilməz xətaları *T* periodlu siqnallara çevirir və təkrarlanan ardıcıl impulslar kimi formalaşdırıcı s(t)-yə verir. Çevrilən *x(t)* siqnallarının *s(τ)* formasının, təsir müddəti γT, ötürmə ədədi k_{im} olduğu qəbul edilir. *t=nT diskret zaman anlarında* siqnal impulslarının amplitudası əks əlaqədən çıxan *x(t)* funksiyasına mütənasib olacaqdır. Onda *mT* zamanında tətbiq edilən vahid impulsa, kəsilməz hissənin göstərdiyi reaksiya aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$z(t)=\begin{cases} k_{im}\cdot x(mt)\cdot\int\limits_{mT}^{t}W(t-\tau)s(\tau)d\tau & mT\le t\le(m+\gamma)T, \\ k_{im}\cdot x(mT)\cdot\int\limits_{mT}^{(m+\gamma)T}W(t-\tau)s(\tau)d\tau & (m+\gamma)T\le t\lhd\infty \end{cases};$$

(1)

(1) ifadəsinin birinci tənliyi impulsun qiymət aldığı intervalda kəsilməz hissənin reaksiyasını, ikinci tənliyi isə, impulsun olmadığı və ya kəsildiyi halda olan reaksiyasını göstərir. İmpuls sistemlər nəzəriyyəsinin, diskret çevirmələrlə, həllinin turbin-generator blokunun idarə sxeminə tətbiqi, şək.2 əlverişlidir.

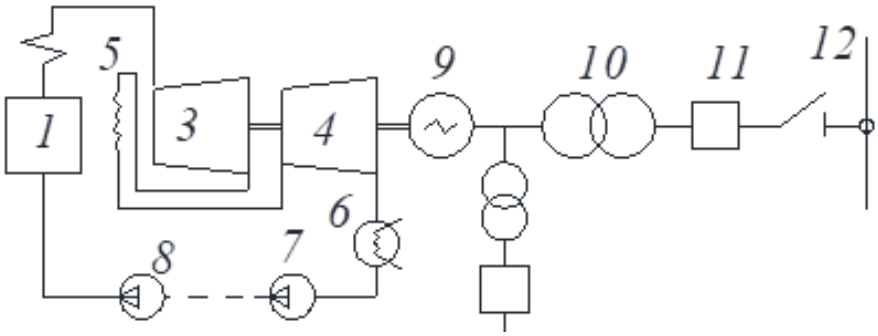
Rəqəmsal idarə sistemləri aşağıdakı bir sıra üstün xüsusiyyətləri ilə fərqlənirlər.

- çox saylı obyektlərə məqsədyönlü təsirlərinə görə;
- etibarlılığın bütün sistemdə bərabər dərəcədə artırılması üçün idarə etmənin adaptivliyi;
- energetik obyektlər, stansiya və yarımstansiyalardan alınan məlumatların xüsusi emal bazasında mərkəzləşmiş idarə sistemləri;
- idarə edilə bilən proseslərin, digər proseslər və ya elementi başqa elementlə əlaqəli idarə olunan (mühafiz edilən) sxemləri;
- əks qəza üsul və vasitələrinin arsenalının genişləndirilməsi;
- avtomatik və avtomatlaşdırılmış idarə sistemlərində yüksək hesab əməliyyat və məntiqi imkanları ilə fərqlənən elektron hesablama – rəqəmsal hibrid qurğular, mikroprosessorlar və texnologiyaların istifadə edilməsi.

Keçid proseslərinin rele mühafizəsi və əks qəza avtomatikasında tətbiq edilən belə kompleks idarə qurğuları qəza situasiyaları və qəzaların silsilə artımlarının qarşısını alan əks qəza idarə sistemləridir. Baxılan idarə sistemlərində seçilən məhdudlaşdırıcı kriteriyalar qəza və qəzadan sonrakı rejimlərin təhlükəli hədlərə çatmadığı intervallarda dəyişir. Bu sistemlər funksional və ərazi yayılma ekspertlərinə görə keçid proseslərini idarə edir. Onlar enerji sistemlərinin etibarlılığının təmin edilməsində həlledici və artan əhəmiyyətlərə malikdirlər.

Ölkəmizdə Mingəçevir AZ DRES-də işləyən, 300 MVt gücündə İES kondensasiya bloku və onun gücünün idarəetmə struktur sxemi şək. 2 və 3- də göstərildiyi kimi modulyasiya edilmişdir. Blokun iş rejimi bir sıra texnoloji parametrlərlə təyin edilir: - qazan qızdırıcısına verilən hava və yanacağın xarakteristikaları, qidalandırıcı suyun təzyiq və temperaturu, buxarın təzyiq və temperaturu, turbin klapanlarının açılması. Bu parametrlər müəyyən hədlərdə dəyişə bilər. Parametrlərin qiymət artımları texnoloji mühafizənin işləməsinə və blokların açılmasına səbəb olur. Texnoloji parametrlər öz aralarında enerji blokunun riyazi modelinə uyğun tənliklərlə əlaqələndirilir. Riyazi modellər təyinatlarına görə az və ya çox dərəcədə xətalarla qurulur. Enerji sistemlərində Elektromexaniki keçid proseslərinin analizində modellər enerji blokunun daxili proseslərini yalnız təqribən nəzərə alır. Ona görə verilmiş struktur sxemi xeyli sadələşdirilmişdir.

Kondensasiya istilik elektrik stansiyalarının real texnoloji sxemində, hər blokun reaksiyasına və keçid prosesinə görə zaman sabitlərinə baxaq, şək.2.



Şək.2. KES blokunun prinspial sxemi, 1-buxargenerator, 2-buxarqızdırıcı, 3-turbin yüksək təzyiq hissəsi, 4-turbin orta təzyiq hissəsi, 5-aralıq buxarqızdırıcı, 6-kondensator, 7-kondensat nasosu, 8-buxargenerator qidalanma nasosu, 9-generator, 10-yüksəldici transformator, 11-blok açarı, 12-stansiyanın yığım şinləri, 13-xüsusi sərfiyyat transformatoru

Bu sxem qazan – turbində hadisələrin əsas gedişatını əks etdirir. Baxılan texnoloji ardıcıllıqda bir sıra proseslər nəzərdən atılmışdır. Baxılan KES blokuna uyğun şək.3–də verilmiş struktur sxemi aşağıdakı tənliklərlə ifadə edilir:

Sürət tənzimləyicisi üçün riyazi model:

$$\frac{d\mu_*}{dt} = \left(\frac{S}{\sigma} - \mu_* + \mu_{0*}\right)/T_C \; ;$$

$$\mu_{min} \leq \mu_* \leq \mu_{maks} \; ; \qquad (2)$$

$$\mu_* = \frac{\mu}{\mu_{nom}} \; ; \quad \mu_{0*} = \frac{\mu_0}{\mu_{nom}} \; ; \quad S = (f_{ilk} - f)/f_{ilk}$$

burada σ - turbinin fırlanma sürətinin tənzimləyicisinin statizm əmsalı, T_C - turbin klapanlarını hərəkət etdirən servomotorun zaman sabitidir; μ_* - turbinin ekvivalent tənzimləyici klapanın yerdəyişməsinə nəzərən servomotorun cari və nisbi yerdəyişməsidir; μ_{nom} - turbinin nominal gücünə uyğun olan blok rejiminin nominal parametrində servomotun nominal yerdəyişməsidir; μ_{0*} - servomotorun ilkin vəziyyətinin başlanğıc qiymətidir; s - sürüşmə; f, $f_{baş}$ - tezliyin cari və başlanğıc qiymətləri; μ_{min} , μ_{maks} – servomotorun aşağı və yuxarı yerdəyişmələrinin hədləridir. Turbin riyazi modelinin yazılışı:

$$D = \mu_* P_T$$

$$P_{YTH} = D K_{YTH} \qquad (3)$$

$$\frac{dP_{OTH}}{dt} = [D(1 - K_{YTH}) - P_{OTH}]/T_{aq} \; ; \; P_{bt} = P_{YTH} + P_{OTH}$$

burada D – turbindən keçən buxar sərfiyyatının cari qiyməti; P_T - turbin girişində buxarın təzyiqi; T_{aq} - ara qızdırıcının zaman sabitidir; K_{YTH} - turbinin yüksək təzyiq hissəsinin güc payı; turbinin P_{OTH} - orta və aşağı təzyiqli hissələrində hasil olunan güc; P_{bt} - buxar turbinin gücüdür.

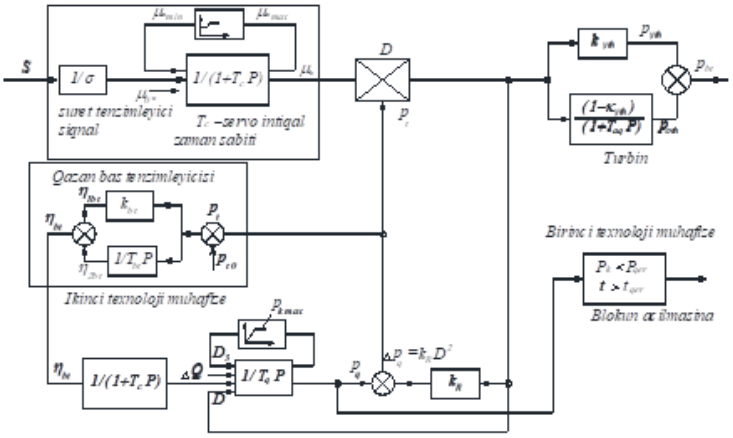
Qazan üçün riyazi modelin yazılışı:

$$\frac{dP_q}{dt} = (D_V - D - \Delta Q)/T_q$$

$$P_t = P_k - K_R D^2 \qquad (4)$$

burada P_q - qazanın buxar generasiya hissəsində buxarın çıxış təzyiqi; T_q - qazanın buxar generasiya hissəsinin zaman sabiti; K_R - qazanla turbin arasında təzyiqlər düşküsünün xarakterizə edən əmsal; D_V - turbindən keçən buxar sərfiyyatının verilmiş qiyməti; ΔQ - əsas tənzimləyicinin təsirilə, qazana verilən istilik dəyişməsi.

Şək.3-də verilmiş sxemdə turbinin texnoloji hissələrinin əsas dinamiki düyünləri (manqalar) nəzərə alınmışdır: - sürət tənzimləyicisi, turbin, qazan, qazanın əsas tənzimləyicisi, qızdırma, texnoloji mühafizə.



Şək.3 300 MVt gücündə kondensasiya turbinlərinin əsas texnoloji sxemi-tənzimləmə.

Yanma və qızdırma bloklarının riyazi modeli:

$$\frac{d\Delta Q}{dt} = (\eta_{bt} - \Delta Q)/T_T \quad (5)$$

burada T_T - yanacağın yanmasından alınan enerji, qızdırıcı qazlarda istiliyin akkumlyasiyası, qaynar borulardan keçən istilik və s. manqaların zaman sabitləri; η_{bt} - baş tənzimləyicinin çıxış siqnalıdır. Göründüyü kimi T_T zaman sabitində bir sıra elementlərin riyazi fiziki halı cəmləşmişdir. Bu, keçid prosesində reaksiya mexanizmləri və hesablamaları üçün müəyyən xəta verməlidir.

Baş tənzimləyici modelin riyazi tənlikləri:

$$\eta_{1bt} = -K_{bt}(P_{to} - P_T)$$

$$\frac{d\eta_{2bt}}{dt} = -\frac{P_{to} - P_T}{T_{bt}} \quad (6)$$

$$\eta_{bt} = \eta_{1bt} + \eta_{2bt}$$

burada k_{bt} -baş tənzimləyicinin gücləndiricisinin ötürmə əmsalı, T_{bt} -baş tənzimləyicinin zaman sabiti; η_{1bt}; η_{2bt}- baş tənzimləyici qovşağın gücləndirici və inteqrallayıcılarının uyğun siqnallarıdır.

Texnoloji mühafizənin şərtləri:

$$P_q \leq P_{qər}\,; \quad t > t_{qər}\,; \quad P_q \leq P_{qmaks} \quad (7)$$

burada $P_{qər}$, $t_{qər}$ - uyğun olaraq təzyiq və zamana görə texnoloji mühafizənin qoyğuları. Qoyğular qoşulmuş siyirtmələrin girişindəki təzyiq və temperatura aiddir. P_{qmaks} - buxar generasiya hissəsinin sonunda təzyiqin artmasına görə texnoloji mühafizə qoyğusudur.

"Sürət tənzimləmə" blokunu sadə olaraq avtomatik sürət tənzimləyicisinin bir hissəsi kimi və $1/\sigma$ ötürmə əmsalı ilə götürürlər. Turbin klapanlarının tənzimlənməsinin hidravlik servointiqalının ötürmə funksiyası $\frac{1}{1+T_C P}$ kimi göstərilir. Burada p Laplas çevirmə operatorudur. Zaman oblastında servointiqalın ifadəsi $\frac{1}{T_C} \cdot e^{-t/T_C}$ olur. Bu manqanın girişinə S – sürüşməsi verilir, onun çıxışında servomotorun yerdəyişməsi üçün μ_0 siqnalı alınır. Servomotorun yerdəyişməsi yuxarıdan μ_{max} və aşağıdan μ_{min} məhdudlaşdırılır.

Buxarın ara qızdırıcıları böyük akkumlyasiya tutumuna malik olan turbinlər biri gücləndirici, digəri ətalətli iki paralel manqa ilə modelləşdirilir. Gücləndirici manqa turbinin yüksək təzyiq hissəsi (YTH), tənzimləyici klapanlarla ara qızdırıcı arasında turbin pilləsidir. YTH tənzimləyici klapanların vəziyyəti dəyişdikdə klapanın arxasında buxar həcmi, 0,2 – 0,4 san zaman sabitilə təyin edilir. Şəkildə göstərilmiş blok sxemdə, bu dəyişmə üçün ətalətlilik nəzərdən atıldığından güc P_{YTH} və ötürmə əmsalı K_{YTH} sabitilə götürülür. Turbinin digər pilləsində aşağı və orta təzyiq hissəsinin gücü P_{OTH} və K_{OTH} əmaslı qəbul edilmişdir. Bu hissənin parametrləri ara qızdırıcının tutumu ilə təyin edilir və turbin $(1 - K_{YTH})/(1 + T_{aq}P)$ $\frac{(1-k_{yth})}{T_{aq}} \cdot e^{-t/T_{aq}}$ ətalət momentilə modelləşdirilir.

Qazanın generatorun yükünə təsiri (enerji blokunun enerji sisteminə verdiyi güc) klapanların verilmiş açılma həddi və buxarın təzyiqinin dəyişməsi ilə təyin edilir. Ona görə turbin qazan tənzimləyici orqanlarının vəziyyət dəyişməsilə buxarın təziqinin dəyişməsini ifadə edən qazan aqreqatının ötürmə funksiyası modelləşdirilir.

Düzaxınlı qazan zaman sabiti T_q olan bir tutumla əvəz edilir. Bu isə, inteqrallayıcı birləşmədir:- $(\frac{1}{T_q P})$ ⊶ $1(t)/T_q$ sabitinə çevrilir. Bu manqanın girişinə verilmiş buxarın D_V və cari buxarın sərfiyyat fərqləri təsir edir, şək.3. Blok manqasının çıxışında – buxarın təzyiqi qaz generasiya hissəsinin çıxışındakı buxarın P_q təzyiqinə bərabərdir.

Turbindən əvvəl buxarın təzyiqi P_T, qazanın P_q təzyiqindən, qazandan turbinə qədər məsafədəki təzyiq düşküsü qədər az olur: $\Delta P_q = P_q - P_T$ - buxar sərfiyyatı D kvadratı ilə mütənasib olub K_R əmsalı ilə təyin edilir, şək.3.

Qəzanın baş (əsas) tənzimləyicisi, mütənasib – inteqral tipli tənzimləyicidir. Bu tənzimləyici turbinin girişində buxar təzyiqinin meyletməsinə və qoyğu qiymətinə uyğun keçid prosesindəki cavab reaksiyasına görə düzəlişlərlə işləyir.

Tənzimləyici işləyərkən, qidalandırıcı su və yanacağın verilişini turbində buxarın təzyiqi ilkin qiymətinə bərpa olunana qədər davam etdirir. Baş tənzimləyici iki paralel blokla modelləşdirilir: - biri siqnal gücləndiricisi (η_{1bt} - çıxış siqnalı ilə); - digəri inteqrallayıcı (η_{2bt} - çıxış siqnalı ilə). Baş tənzimləyicinin giriş siqnalları η_{1bt} və η_{2bt} , siqnalların cəmi kimi, sxemin ətalətli odluğuna verilir. Bu riyazi üsulla yanacağın verilməsinin ətalətliliyi modelləşdirilir. Eyni zamanda yanacaq qazlarında istilik akkumlyasiyası, istiliyin qaynar borularla ötürülməsi və s. kimi ətalətli proseslərə çevrilir. Sxemin bu blokunun çıxışında, qazana verilən istiliyin ΔQ dəyişməsi, baş tənzimləyicinin təsirindən meydana gəlir.

Sxemə görə iki texnologi mühafizə modelləşdirilir: birincisi qazanda buxarın P_{qoy} təzyiqinin düşməsilə blokun açılmasını təmin edən geçikməli t_{qoy} müddətilə işləyir; ikincisi buxarın P_{qmaks} qazan təzyiqinin maksimal qiymətində qoruyucu klapanların açılması və təzyiqin sonrakı artımlarının qarşısını alır.

NƏTİCƏ

1. Enerji blokunun baxılan struktur sxemi onun əsas iş rejimini əks etdirir və baza modeli kimi qəbul edilə bilər.
2. Bəzi dəyişikliklər edərək, baza modelini enerji blokunun hər hansı köməkçi rejiminə uyğunlaşdırmaq olar.
3. O cümlədən tənzimlənməyən, "özünə qədər" tənzimləyicili, buxarın sürüşmə ilə dəyişən parametrləri, qidalandırıcı elektrik nasoslu halları və.s kimi idarə təsirləri vardır.
4. İmpuls nəzəriyyələr texnikasının tətbiqi fiziki proseslərin komputer modelləşdirilməsi, avtomatik idarə sistemləri üçün əlverişli və asan variantların yaradılmasına imkan verir.
5. İmpuls idarə sistemlərində verilən məhdudlaşdırıcı kriteriyalar, qəza və qəzadan sonrakı rejimlərin təhlükəli hədlərə çatmaması şərtilə seçilməlidir.

---

1. *Цыпкин Я. З.* «Теория импульсных систем» Москва Энергоатомиздат 1976 г.
2. *Павлов Г. М.* «Автоматизация энергетических систем» Изд. ЛГУ, 1977 г.
3. *Веников В. А.* «Электрические системы» Высщая школа, Москва, 1982 г.
4. *Həsənov Q. Ə.* "Yüksək gərginliklər və elektrik izolyasiya texnikası" Dərslik Bakı 2009

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТУРБОГЕНЕРАТОРАХ

ГАСАНОВ К. А.

Программы основанные на прямоугольные импульсы особой формы, широко применяются для управления и регулирование турбин. Сигналы состоящие из последовательных импульсов позволяет применить цифровые технологии к

управлению турбин большой мощности. Усложнения структур и процессов енергетических систем, причиняют дополнительно затруднения в управлении противоаварийных режимов. В этом смысле применение новых методов развивающей системы цифровой технологии и теория импульсных систем в электроенергетике вновь становится актуальной.

Ключевые слова: Обратная связь, переходный процесс, постоянное времени, турбин-генератор, блок, котёл, перемещение клапана, топка, технологическая защита.

SOME QUESTIONS OF DIGITAL CONTROL OF TRANSIENT PROCESSES IN TURBINE GENERATORS

HASSANOV G.A.

Programs based on rectangular pulses of a special shape, are widely used to control and regulate turbines. Signals consisting of consecutive pulses make it possible to apply digital technologies to the control of high-power turbines. Complications of the structures and processes of energy systems cause additional difficulties in managing emergency response regimes. In this sense, the application of new methods of developing digital technology systems and the theory of pulsed systems in electric power industry are becoming relevant again.

Keywords: Feedback, transient process, time constant, turbine generator, unit, boiler, valve movement, furnace, process protection.

UÖT 620.9: 004

ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

АБДУЛЛАЕВ В.Г., ХАЛИЛОВ М.Э.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
abdulvugar@mail.ru

В данной статье рассматривается преимущества применения кибер-физических систем в системах снабжения электроэнергией. Кроме этого, кибер-физические системы дают возможность для создания умной системы снабжения электроэнергией. Также рассмотрены элементы умной сети.

Ключевые слова: industry 4.0, электроэнергия, кибер-физические системы, SCADA, миркосеть, умная сеть, цифровая подстанция.

Введение.

Сейчас мы живем накануне четвертой промышленной революции. За всю историю человечества можно выделить три промышленные революции:

1. Великую индустриальную революцию. Она характеризируется переходом общества от аграрного к индустриальному строю.
2. Технологическая революция началась с внедрением недорогого бессемеровского способа выплавки стали. Главными достижениями этой революции являются распространения химикатов, электричества, железных дорог, производство бумаги из древесины и др. [1].
3. Цифровая революция началась с появлением первых ЭВМ. Особенностью этой революции является переход от аналоговых технологий к цифровым. Основной движущей силой здесь является широкое распространение вычислительных устройств [2].

Четвертая промышленная революция, или как некоторые ее по-другому называют Индустрия 4.0 (Industry 4.0), это прогнозируемая революция, где предполагается массовое внедрение кибер-физических систем в производство и для обслуживания человеческих потребностей. Основные технологии, способствующие этому, являются передовые информационные технологии: интернет вещей, большие данные, распределенные системы, облачные вычисления, параллельные вычисления, искусственный интеллект [3].

Сами же, «Кибер-физические системы»—это системы, позволяющие соединить физические процессы, непрерывно управляемые в режиме реального времени, с цифровыми системами [4].

При внедрении кибер-физических систем, к ним предъявляют следующие требования:

- Поддержка разнородности данных. Они могут негативно повлиять на эффективность системы. Для предотвращения этого необходимо, чтобы система поддерживала большое количество форматов данных;
- Надежность. Если учесть, что кибер-физические системы фактически напрямую влияют на окружающую среду, то одним из главных требований к этим системам будет надежность. А если учесть, что окружающая среда непредсказуема, то она должна адаптироваться к среде в непредвиденных обстоятельствах;

- Управление данными. Кибер-физические системы должны хранить и анализировать большое количество данных за короткий промежуток в реальное время;
- Конфиденциальность. Для предотвращения утечки персональных данных пользователей кибер-физические системы должны содержать инструменты для сохранения конфиденциальности;
- Безопасность. Одним из требований к кибер-физическим системам является обеспечение безопасности коммуникаций. Поскольку кибер-физические системы постоянно расширяются, механизмы обеспечения безопасности усложняются. Из-за этого, необходимо применять передовые средства безопасности;
- Реальное время. Кибер-физические системы должны обладать мощными инструментами, поддерживающими распределенные и параллельные вычисления, для обработки больших данных, поступающих от датчиков в реальном времени так, как физические процессы протекают вне зависимости от времени обработки и результатов вычислений [5].

Принцип работы кибер-физических систем можно сформулировать таким образом: в качестве «мозга» системы выступают передовые информационные технологии, которые получают данные из сенсоров, осуществляющих наблюдения за текущими физическими процессами [5].

В качестве примера применения кибер-физических систем можно привести системы управления автономным транспортом, медицинское оборудование, «умные здания», «умные города», средства автоматизации процессов в сельском хозяйстве и др. Также, на данный момент во многих станах мира происходит внедрение кибер-физических систем в системах электроснабжения для создания умных сетей.

В современном мире в сфере электроэнергетики можно выделить следующие глобальные проблемы, которые необходимо решить:

1. Рост энергопотребления. Так как благосостояние жителей развивающихся стран улучшается и происходит рост населения земли, это приведет к увеличению спроса электроэнергии;
2. Изменения качественных характеристик энергопотребления. В рамках Industry 4.0 индустриализация будет происходит на новой технологической базе (цифровые системы, аддитивные и высокоточные производства), которая чувствительна к надежности снабжения и качеству электроэнергии;
3. Экологические проблемы. Согласно Международному энергетическому агентству, электроэнергетика является источником 42% выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ. Решением этой проблемы является применение возобновляемых источников энергии;
4. Инвестиционные затраты. Энергосистема в нынешнем виде требует большие затраты на поддержание, обновления и модернизацию. Традиционные системы снабжения строились благодаря мощным госинвестициям, которые сейчас не доступны. В этом случае необходим поиск инвестиций;
5. Урбанизация. В связи с ростом городского населения появляется необходимость к переходу городской энергетики нового поколения: с высокой концентрацией мощностей, существенным запасом прочности и возможности роста [6].

Умная сеть.

На данный момент в Азербайджане функционирует централизованная система электроснабжения, где присутствуют вышеперечисленные проблемы. Система, которая способна решить эти проблемы полностью или частично, является умная сеть (smart grid). Умные сети – это система электроснабжения, основанная на кибер-физических системах. Эти средства способны производить сбор информации об производстве и

потреблении электроэнергии, которые повышают эффективность, надежность, экономическую выгоду [7].

Основными элементами умной сети являются интеллектуальные счетчики и датчики, которые собирают необходимые данные, объединенные в единую сеть, называемой интернет вещей (Internet of things, IoT). В основном для того, чтобы построить умную сеть применяют SCADA. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition, диспетчерское управление и сбор данных) – это инструмент для создания и контроля систем сбора, обработки, отображения и архивирования информаций о наблюдаемом объекте в режиме реального времени. По сути SCADA представляет собой кибер-физическую систему, которая является первым шагом для реализации концепции «Интернет энергии» [8].

Основными функциями системы SCADA являются:

- Сбор данных о параметрах процесса;
- Обработка и хранение полученных данных с устройств и датчиков;
- Представление текущих процессов системы в графическом виде;
- Оповещения об изменениях состоянии процессов, особенно предаварийных и аварийных ситуаций;
- Формирование отчетов о текущих процессов;
- Автоматическое управления процессами сети на основе заданных алгоритмов [9].

SCADA дает возможность определить места нехватки электричества, где необходимо построить электростанции и места избытка электричества, где необходимо перераспределить ее. Это позволяет создать распределенную электросеть, где главным элементом является микросеть. Микросеть (micro-gird)–это система электроснабжения, которое осуществляет управление распределенными источниками энергии и объединяет производителей электроэнергией, систем аккумулирования и потребителей, с помощью двух сетевых структур: технического (регулирование частоты и напряжения) и коммерческой (продажа электроэнергии на оптовой рынок) [10].

Чтобы соединить микросети в единую сеть и ее элементов между собой внутри самой миркосети применяют энергетические роутеры. Энергетические роутеры обеспечивают стабильную работу устройств генерирующих, накапливающих и потребляющих электроэнергию. Энергетические роутеры выполняют функции управления потоками электроэнергии и обмена информации [11].

Для повышения надежности функционирования, наблюдаемости электроэнергетических объектов, точности измерений состояния процессов микросети необходима цифровая подстанция. Цифровая подстанция – это подстанция нового поколения, где процесс обмена информацией между элементами программно-аппаратного комплекса течет в цифровом виде. Также, эти подстанции позволяют узнать о сбое до того, как произойдет авария. Цифровые подстанции реализуются согласно стандартам МЭК 61850, из-за чего к силовому оборудованию предъявляется следующие условия:

- Применение цифровых трансформаторов тока и напряжения согласно протоколу МЭК 61850-9-2;
- Применение систем диагностики и мониторинга состояния компонентов подстанции согласно протоколу МЭК 61850-8-1;
- Применение средств управления компенсации реактивной мощности с контроллерами согласно МЭК 61850-8-1;
- Применение средств коммуникации напряжением 6-750 кВ согласно МЭК 61850-8-1;
- Применение в щитах постоянного тока средств сиглализации и контроля согласно МЭК 61850-8-1 [12].

Умные сети дают возможность реализовать концепцию «Интернет энергии» (Internet of Energy, IoE, также Transactive Energy, Energy Cloud). Интернет энергии – это децентрализованная система электроэнергии с интеллектуальным распределенным управлением, который осуществляется благодаря трансакций между ее участниками. Особенностями IoE являются:

- Распределенный характер энергосистемы;
- Возможность двунаправленных потоков мощности и динамического изменения роли участником системы;
- Наличие электрических и информационных связей между устройствами электроэнергии;
- Внедрение распределенного интеллектуального управления;
- Наличие децентрализованного рынка;
- Осуществление всех процессов и их управление через прямые трансакции между пользователями [13].

Из выше сказанного следует, что интернет энергия–это одноранговая электроэнергетика, где все процессы между производителями и потребителями электроэнергии проходят благодаря прямых трансакций между ними.

Выводы

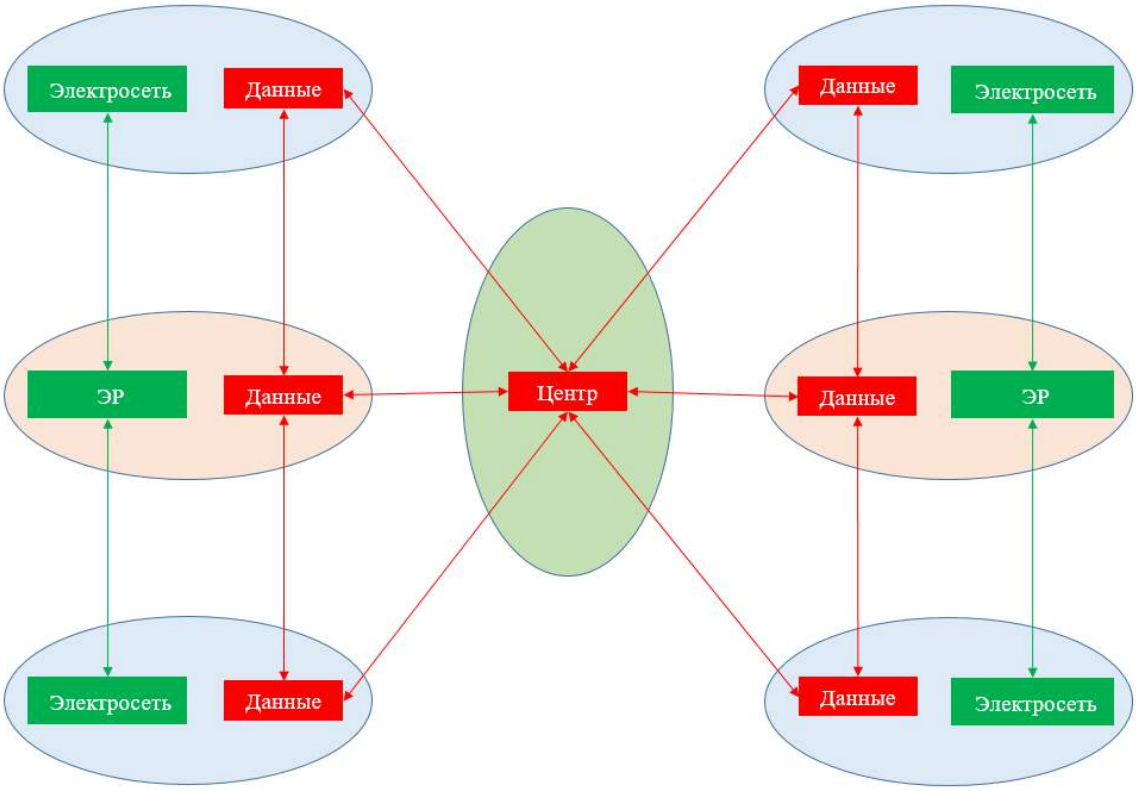


Рис. 1. Схема цифровой распределенной системы снабжения электрической энергии.

В связи с грядущей четвертой промышленной революцией происходит оцифровка многих секторов экономики. Этот процесс не может обойти стороной энергетический сектор. Есть возможность создания распределенной системы снабжения при помощи кибер-физических систем (рис. 1).

Для начала, необходимо построить новые электростанции на основе возобновляемых источников энергии и электросети на основе SCADA-системы четвертого поколения, чтобы появилась возможность создания микросети, а для соединений микросети нужны энергетические роутеры. При помощи энергетических роутеров появляется возможность построить распределенную систему электро-

снабжения и установить датчики для наблюдения за энергетическими роутерами и распределенной электросетью, использовать и передовые достижения в области кибер-физических системах для сбора и анализа данных в цифровых подстанциях.

---

1. Вторая промышленная революция, https://ru. wikipedia.org/wiki/ Вторая промышленная революция.
2. Цифровая революция, https://ru.wikipedia.org/wiki/ Цифровая революция.
3. Четвёртая промышленная революция, https://ru.wikipedia.org/wiki/ Четвёртая промышленная революция.
4. Кибер-физические системы в современном мире, https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/438262.
5. Кибер-физические системы и разумные города, https://www.ibm.com/developer-works/ru/library/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/index.html.
6. *Княгинин В.Н., Холкин Д.В.,* Цифровой переход в электроэнергетике России, 2017.
7. The Smart Grid, https://www.smartgrid.gov/the smart grid/smart grid.html.
8. *Морозова И.М.,* Особенности программного обеспечения SCADA-систем.
9. Общая характеристика SCADA-систем, http://mc-plc.ru/scada/obshaya-harakteristika-scada-sistem.htm.
10. *Кечкин А.Ю., Соснина Е.Н., Шалухо А.В.,* Вопросы создания виртуальных станций в масштабе micro-grid. Журнал «Вестник НГИЭИ», 2015.
11. *Соснина Е.Н., Шалухо А В., Шумский Н.В., Ковтин С.А.,* Разработка энергорутера – базового элемента «энергетического интернета». Журнал «Наука. Мысль: электронный периодический журнал» №5, 2017.
12. *Курьянов В.Н., Кущ Л.Р., Горбунова Н.Р., Бондарев И.В., Цыпик В.В.,* «Цифровые подстанции. Опыт реализации». Журнал «Наука, образования и культура», 2018.
13. *Холкин Д.,* «Архитектура Интернета энергии: три в одном», https://medium.com/internet-of-energy/87224da0b72b.

ELEKTROENERGETİKADA KİBER-FİZİKİ SİSTEMLƏRİNİN TƏTBİQİN FAYDALARI

ABDULLAYEV V.H., XALİLOV M.E.

Bu məqalədə elektrik enerjisinin təchizat sistemlərində kiberfiziki sistemlərin tədbiqinə baxılır. Bundan başqa kiberfiziki sistemlər ağıllı elektrik enerjisinin təchizat sistemlərini yaratmaqa imkan veir. Həmdə ağıllı şəbəkənin elementlərinin baxılıb.

Açar sözlər: industry 4.0, elektrik enerjisi, kiberfiziki sistemlər, SCADA, micro-grid, smart grid, rəqəmsal altstansiya.

ADVANTAGES OF IMPLEMENTING CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN ELECTRIC POWER INDUSTRY

ABDULLAYEV V.H., KHALILOV M.E.

That is discussed the use of cyber-physical systems in electricity supply systems in this article. In addition, cyber-physical systems provide an opportunity to create a smart power supply system. Smart network elements are also discussed.

Keywords: industry 4.0, electricity, cyber-physical systems, SCADA, micro-grid, smart grid, digital substation.

УДК 621 548 (81237)

ОСОБЕННОСТИ ПОРЫВОВ И МИКРО ПОРЫВОВ ВЕТРА В НАХЧЫВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

КАЗЫМОВ М.Г.

Нахичеванское отделение НАН Азербайджана
AZ 7000, г. Нахичевань, проспект Г. Алиева 35
mahbubkazimov@yahoo.com

В статье рассмотрены процессы формирование и развитие порывов и микро порывов ветра в Нахчыванской котловине. Показаны результаты научных исследований по формированию и развитию порывов и микро порывов ветра на территории Нахчыванской АР. Рассмотрены особенности порывов ветров, в зависимости от географических условий региона. Анализирована динамика потерь скорости при зигзагообразном обтекании через горные ущелья и узкие проходы и влияние этих потерь на характеристику порывов ветра. Проведенные исследования полностью подтвердили серьезную опасность порывов и микро порывов ветра на территории Нахчыванской АР. Полученные результаты подтвердили существование сильных нисходящих порывов и микро порывов ветра в Нахчыванской котловине.

Ключевые слова: порыв ветра, микро порыв, ливень, гроза, завихрение, ураганная сила, температура воздуха, рельеф местности, высота.

Введение.

Нахчыванская котловина Азербайджанской Республики занимает южную часть Кавказского перешейка и расположена между 38°51’- 39°52’ с. ш. и 44°37’ - 46°13’ восточной долготы, на юго-западном склоне Малого Кавказа.

На степень состояния атмосферного воздуха в Нахчыванской котловине влияют облачность, туманы, застой ветра (штиль). Облачность препятствует турбулентному обмену в атмосфере котловины.

В солнечные дни нагревание и охлаждение территории расположенной в котловине Нахчыванской АР происходит не только снизу, но и с боков. Поэтому суточные амплитуды температуры воздуха в котловине бывает, гораздо больше. Склоны гор и холмы днем поглощают солнечное излучение и отдают его в виде теплового излучения. Вследствие неравномерного нагрева, поверхность земли, склоны гор и горные ущелья нагреваются не равномерно.

Поэтому, несмотря на сравнительно близкое расстояние, суточная температура в г. Шарур сильно отличаются от температуры г. Шахбуза и в селе Абракунис Джульфинского района.

На территории Нахчыванской АР преобладающими ветрами являются горно-долинные ветры и они имеют свою локальные особенности. Днем нагревший солнцем ветер по долинам рек и ущельям дует из долины вверх к горам. Ночью воздух, быстро охлаждаясь над склонами, становится более плотным и стекает обратно в долину. Такой сток холодного воздуха на территории Нахчыванской котловины происходит резко и климат называется резко континентальным. Скатывающийся ночью со склон гор холодный воздух снижает температуру на 10^0C-15^0C. Эти ветры, также играют роль вентиляции, прогоняя из долин и ущелий застаивающийся в них воздух.

В летнее время вследствие воздействия этих процессов на территории Нахчыванской АР возникают сильные и резкие порывы ветра. Порывом ветра называется резкое увеличение скорости ветра, (англ. *downburst - нисходящий взрыв*).

Порывом ветра является холодный поток ветра, скорость, которой бывают намного выше. В порывах ветра с грозовым ливнем возникают интенсивные воздушные потоки, создающие на поверхности земли ветер разрушительной силы.

На каждый грамм конденсирующейся воды в атмосфере освобождается около 600 калорий тепла. При замерзании капель, на каждый грамм дополнительно освобождаются 80 калорий тепла. Освобожденная тепловая энергия (100 миллионов кВт-час.) преобразуется в кинетическую энергию.

Когда в нисходящем потоке порыва ветра происходит обратный процесс, ледяные частицы начинают таять и испаряться, поток становится ещё холоднее. По мере приближения на земную поверхность окружающий снаружи облака более сухой воздух, в районе высоты замерзания, вызывает испарение опускающихся вниз капель и они дополнительно охлаждают окружающий воздух и тем самым еще более ускоряют скорость порывов ветра.

Возникший на высоте нисходящий холодный поток порыва ветра достигает поверхности земли с заметно большей скоростью. Во время порывов, передняя часть сильно охлажденного в горах холодного ветра мгновенно и резко подрезает теплый, менее плотный воздух, достигает земли и продвигается вдоль земной поверхности. Не испарившиеся полностью капли выпадают из кучево-дождевого облака в виде дождя, сопровождающегося сильным, порывистым ветром.

На земле порыв ветра с грозой образует зону глубиной от 500 метров до 2 км и за 5 мин. температура воздуха понижается на 15°С и больше.

Несмотря на то, что порывы ветра известны с давних пор, на территории Нахчыванской АР, его структура до сих пор подробно не был изучена.

Из- за температурной инверсии на малой высоте происходит сдвиг ветра, когда холодный воздух застаивается в предгорных долинах, а теплый перемещается над холодной воздушной массой. При сдвиге ветра в атмосфере наблюдаются большие градиенты температуры воздуха (Рис.1.):

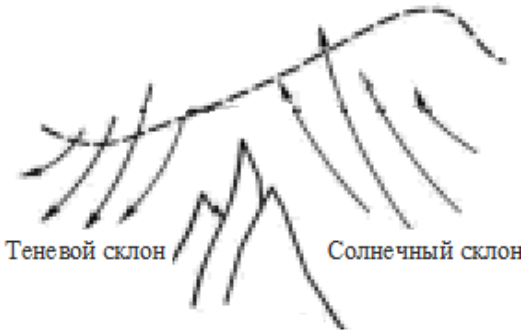


Рис.1. Температурный сдвиг ветра.

Сдвиг ветра 6 м/с на 30 метров высоты является очень опасным. Например, если пик порыва ветра составляет 12 м/с, то сдвиг ветра будет 25 м/с. Это показатель является разрушительной силой:

Сдвиг ветра достигает максимальной интенсивности через 5 мин после контакта нисходящего потока с землей.

Часто сдвиг ветра имеет значительно меньшие величины, но они бывают еще более опасными в связи с большой частотой проявлений. Даже небольшие сдвига ветра (0,5 м/с), в сочетании с порывами ветра бывают крайне опасными.

Опасность сдвига ветра в том, что его очень сложно определить. Во многих странах на прогнозирование этой «невидимой опасности» были потрачены огромные

средства и к сожалению, обнаружение этой «невидимой опасности» оставляет желать лучшего.

Експериментальный процесс.

В Нахчыванской котловине июнь-август месяцы наблюдаются сухие и горячие ветры «суховеи». Относительная влажность при суховеях падает до 15 ÷ 20%.

Температура воздуха достигает + 45^{0}С и выше [1].

Мгновенная скорость порыва ветра ($V_м$) определяется по формуле:

$$V_м = V_{ср} \cdot n$$

Где: $V_{ср}$ – средняя скорость ветра;

n – переменный коэффициент.

На практике среднее значение ($V_{ср}$) определяется за 10 минут наблюдения.

Масштабы турбулентности порывов ветра, определяется по формуле:

$$L_x = 0{,}25 \cdot V_{3600} \cdot G_{xx} / \sigma_v^2$$

Где: G_{xx} – плотность скорости ветра нулевой частоты;

σ_v – среднеквадратичное отклонение скорости ветра,

V_{3600} – средняя скорость ветра за час.

В зависимости от характера местности для определения максимального значения скорости порыва ветра используют функцию распределения Вейбулла:

$$\Phi\ (V_{max}) = k/c\ (V_{max}/c)^{k-1}\ \exp\ [-\ (V_{max}/c)^k]$$

Где: Ф – функция распределения Вейбулла;

V_{max} – максимальное значение скорости порыва ветра.

k – коэффициент, для Нахчыванской АР k = 1,9 – 2,0;

c – параметр определяется по формуле:

$$c = 1 / V_{ср}\ (1 + 1 / k)$$

Вследствие нисходящего движения по склону извилистых горных хребтов движение порыва ветра в Нахчыванской котловине имеет извилистую форму и его максимальное плотность определяется по формуле:

$$P_{мах} = V_{max} / \overline{V}_{3600}$$

Где: $p_{мах}$ – безразмерный порыв ветра;

V_{max} – максимальный скорость порыва ветра;

$\overline{V}_{3600}$ – среднечасовое значение скорости ветра.

Фактор порыва ветра (G) определяется с помощью формулы:

$$G = 1 + g\ \frac{\sigma_x}{X}$$

Где: X – максимальные скорости ветра в течение времени (T);

g – пиковый фактор;

σ_x – значение среднего квадратичного отклонения.

Максимальная скорость ветра в течение времени (T) будет:

$$\overline{X}_{max} = X + g\sigma_x$$

Длительность порывов ветра (τ), при (*n)* количестве определяется по формуле:

$$\tau = \Delta\tau \cdot \sum_i D(t)_i$$

Где: τ – длительность порыва ветра;

i – номер один из выбранных порывов ветра;

Δt – интервал времени между двумя порывами;

D(t) – вспомогательный сигнал.

Порыв ветра образуется из-за стекающего вниз по склону более холодного и плотного воздуха, который соприкасается ниже более теплым, менее плотным воздухом. Обычно оно сопровождается грозовым ливнем и с вихревыми движениями. Между облаками и поверхностью земли возникают электрические разряды, с усиленным порывом ветра, ливневым дождём и грозой (Рис.2.):

Рис.2. Порыв ветра с грозовым ливнем.

На поверхности земли нисходящий поток порыва ветра создает ветер разрушительной силы и приносит разрушения домам, строениям и посевам.

При практическом рассмотрении нисходящих порывов ветра, нами обнаружилось меньшие нисходящие порывы ветра "микро порывы". Сильное кратковременное нисходящее движение воздуха сопровождавшийся с грозой, называется микро порывом (по англ. *microburst - микровзрыв*).

Микро порывами являются мощные локализованные вертикальные колонны ветра, которые случаются при очень быстром охлаждении и опускании воздуха к земле. После того как столб воздуха достигает земли и начинает выдуваться наружу, образуя горизонтальные ветры, которые достигают скорости до 35 км.

Жизненный цикл микропорыва от15 до 20 мин, , на территории с радиусом до 2 км. Со стороны это выглядит так, как будто бы в дождевом облаке образовалась дыра и оно через эту дыру стремительно «выливается» на землю (рис.3.):

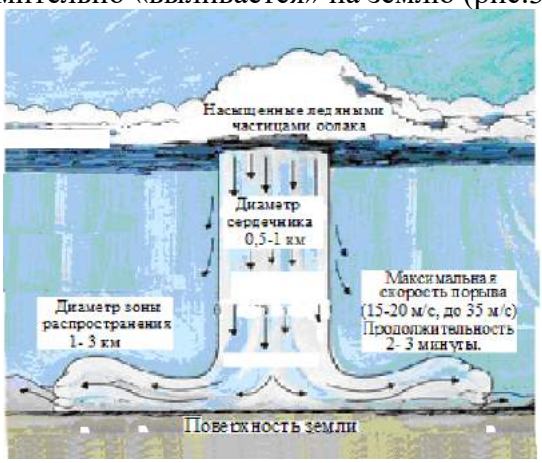


Рис.3. Формирование порыва (взрыва) ветра.

Порыв ветра ураганной силы возникающий на короткое время, наблюдается в узких зонах Шахбузских, Джульфинских и Ордубадских гор с шквалистыми ветрами, ливневыми осадками и грозами. Такие порывы обладают значительно большей разрушающей силой и могут полностью уничтожить строение, разрушить домов и повалить деревья (Рис.4.):

Рис.4. Разрушительные силы Порыв ветра с разрушительной силой (Шахбузский р-н).

Продолжительность поступления солнечного сияния на Нахчыванской АР достаточно высок и составляет в июле 470 час, августе 470 час. Это способствует повышению интенсивности испарение вод на озере Ганлыгел и искусственных водоемах Вайхыр, Араз, Арпа, Бананияр и Сираб. Испарение этих озёр делает воздух котловины влажным. Резко увеличивается количество содержащихся в воздухе частицы водяного пара, что способствует формированию и повышении интенсивности порывов ветра.

На территории Нахчыванской АР почти все грозы сопровождаются микро порывами. Связанные с ними нисходящие воздушные потоки распространяются в зоне размерами от 500 м до одного километра. Микро порывы в жаркую погоду наблюдались во вторую половину дня, под вечер. В жаркую погоду в горах под кучево-дождевыми облаками наблюдались сухие микро порывы.

Формирование порывов ветра происходит на высоте от 2500 – 3500 м Даралаязско –Зангезурского высокогорья и проходя через глубокие ущелья и устремляется вниз по склону и руслу (Рис.5.):

Рис.5. Микро порыв в сухом воздухе.

В Аразской долине с влажным климатом (12-18 г/кг), наблюдались "влажные" микро порывы. Высота кучево-дождевых облаков от 3 до 4 км. Когда из облака

начинает выпадение осадков, они соприкасаясь с сухим воздухом, испаряются и столб дождя и воздуха становится холоднее окружающей атмосферы.

Результаты исследований:

В результате проведенных нами исследований (июль, август 2019 г.) выяснилось, что порывы и микро порывы ветра в Нахчыванской котловине возникают высоко в

Таблица 1.

Июль	Средняя температура воздуха (^{0}C) (с 10^{00} по 18^{00} час)	Примечание
1	26,4^{0}C	
2	27,4^{0}C	
3	31,1^{0}C	
4	32,4^{0}C	
5	33^{0}C	
6	33^{0}C	
7	35^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Джульфинский р-н)
8	33^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Ордубадский р-н)
9	32,5^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Шахбузский р-н)
10	29^{0}C	
11	35^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (г.Нахчыван, Шахбузский р-н)
12	36^{0}C	
13	36,5^{0}C	
14	35,5^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Орвгбадский р-н, Джульфинский р-н)
15	34^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Шахбузский р-н)
16	35^{0}C	Сухой порыв ветра в горах (Шфхбузский, Джульфинский р-н)
17	35^{0}C	
18	36^{0}C	
19	36,5^{0}C	
20	35,5^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Орвгбадский р-н, Джульфинский р-н)
21	36,4^{0}C	
22	38^{0}C	
23	37,5^{0}C	
24	36,4^{0}C	
25	36,5^{0}C	
26	34,5^{0}C	Сухой порыв ветра в горах (Шахбузский р-н)
27	34^{0}C	
28	33,5^{0}C	Порыв ветра с сильными ливневыми дождями и с грозой, (г.Нахчыване и в горач Джульфинский р-н)
29	30,5^{0}C	
30	38,5^{0}C	
31	40^{0}C	

Таблица 2.

Август	Средняя температура воздуха (^{0}C) (с 10^{00} по 18^{00} час)	Примечание
1	39^{0}C	
2	37,5^{0}C	
3	38 ^{0}C	Порыв ветра с сильными ливневыми дождями и с грозой, (Джульфинский р-н)
4	35^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Ордубадский р-н)
5	34,5^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Шахбузский р-н)
6	30^{0}C	
7	31^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Джульфинский и Ордубадский р-н)
8	27^{0}C	
9	29^{0}C	
10	31^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Джульфинский и Шахбузский р-н)
11	31^{0}C	
12	32^{0}C	
13	32,5^{0}C	
14	33,5^{0}C	
15	36^{0}C	
16	37^{0}C	
17	35,5^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Джульфинский и Шахбузский р-н)
18	33,5^{0}C	
19	35,5^{0}C	
20	36,4^{0}C	
21	35,5^{0}C	
22	38^{0}C	
23	38^{0}C	
24	36,5^{0}C	
25	31^{0}C	Порыв ветра с сильными ливневыми дождями и с сильным грозой в горах
26	35^{0}C	
27	33^{0}C	
28	31^{0}C	
29	34^{0}C	Порыв ветра с ливневым дождем и с грозой в горах, (Ордубадский р-н)
30	32^{0}C	
31	29^{0}C	

горах (Батабат Шахбузский р-н, Лекетаг Джульфинский р-н, Агдере Ордубадский р-н) из нисходящих потоков грозового воздуха. Они продолжаются от10 до 15 мин, с зоной распространения диаметром от 0,5 до 1 км. Поток нисходящего из грозового облака воздуха (15 м/с, до 35 м/с) продолжается до 10-15 минут (Таблицы 1, 2):.

Измерения были проведены при помощи анемометра и термометра. Проведенные исследование показали что, при повышении температуры воздуха +35^{0}C и выше (среднее температура воздуха измерялось с 10^{00} по18^{00}часов) в горах накапливаются облака с насыщенными ледяными частицами и происходить порыв ветра с грозовым дождями, создающие на поверхности земли ветер разрушительной силы. Обычно эти

сильные кратковременные порывы ветра с грозовыми дождями, происходили, после 17 часов в горных местах Шахбузского, Джульфинского и Ордубадского районов. При температуре воздуха +30^{0}С и ниже порывы ветра не наблюдались.

Проведенные нами на территории Нахчыванской АР исследования полностью подтвердили серьезную опасность порывов и микро порывов ветра на территории Нахчыванской АР. Сильные порывы ветра способны создавать хаос на расстоянии 2 километров, сбивая деревья, линии электропередач и нанося серьезный ущерб сооружениям. Сильный микро порыв может полностью уничтожить крышу зданий, повредить и разрушить домов, промышленных объектов и автомобилей, повалить деревья.

Нередко когда столб воздуха достигает земли, создается вертикальные завихрение, которое приводит к появлению турбулентности.

Присущие к Нахчыванской котловине вихровые микро порывы, он же смерч, представляют собой локальные и опасные явление. (по Азербайджански «бурулган» или «гасырга»). Облачный столб с диаметром 300- 400 м., который опускается на земную поверхность воронкообразным сужением и из земной поверхности поднимает пыли. Столб воздуха достигая земли создает вертикальные завихрения и кругами распространяется по поверхности земли со скоростью ветра 20- 30 м/с и на пути своего движения вызывает катастрофические разрушения, человеческие жертвы.

При скорости больше 20-25 м/с, этот ветер сносит плохо закреплённые конструкции и крыши домов, ломает рекламные щиты, ветки деревьев, вызывает обрыв линий электропередач и создаёт опасность для находящихся под ними людей, животных и автомобилей (Рис.6.):

Рис.6. Бурулган– гасырга (смерч) на земной поверхности.

Вышеуказанные научно-исследовательские работы полностью подтвердили реальность фронтов порывов и микро порывов и их серьезную опасность для линии электропередач, высотных сооружений, зданий, домов, промышленных объектов и деревьев.

Из-за механического воздействия препятствий (склоны гор, высотные строение, высотные конструкции и т.д.), с которыми сталкивается воздушный поток, может происходить сдвиг ветра. Сдвигом ветра (англ. *Wind Shear*) является повышенная скорость и направление ветра, когда они значительно изменяются на небольшом участке атмосферы. Сдвиг ветра присутствует вдоль передней кромки более холодного воздуха при его движении вниз по склону.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены особенности порывов и локальных микро порывов ветра в зависимости от теплового баланса, рельефа местности и географической особенности Нахчыванской котловины.
2. Анализирована динамика возникновения порывов и микро порывов ветра в Нахчыванской АР и их негативные последствия.

3. Определены интенсивность возникновения порывов и локальных микро порывов в зависимости от теплового баланса Нахчыванской котловины.

---

1. *Горшков В.Г., Макарьева А.М.,* Сила ветра в земной атмосфере. Российская Академия Наук, Петербургский Институт Ядерной Физики, Гатчина, 2008, с.21.
2. *Горохов Е.В., Казакевич М.И., Шаповалов С.Н., Назим Я.В.* Аэродинамика высотных конструкций, Донецк, 2000, с. 336.
3. *Фрик П. Г.* Турбулентность и сдвиг ветра, 2003, с. 292.
4. *Лукутин Б.В.,* Возобновляемые источники энергии, Томск, Издательство Томского политехнического университета, 2008, с.187.
5. *Савицкий Г.А.,* Ветровая нагрузка на сооружения, Москва, Стойиздат, 1998, с.34-75.

NAXÇIVAN MUXTAR RESPUBLİKASINDA KÜLƏYİN ANİ ŞİDDƏTİ VƏ MİKRO ŞİDDƏTLƏRİNİN MEYDANA GƏLMƏSİ

KAZIMOV M. H.

Məqalədə Naxçıvan çökəkliyində küləyin ani şiddəti və mikro şiddətlərinin yaranması və inkişafı proseslərinə baxılmışdır. Naxçıvan Muxtar Respublikası ərazisində küləyin ani şiddəti və mikro şiddətlərinin əmələ gəlmə səbəbləri və inkişafları ilə bağlı aparılan elmi tədqiqat işlərinin nəticələri göstərilmişdir. Bölgənin coğrafi şəraitindən asılı olaraq küləyin ani şiddətinin xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Küləyin ani şiddətinin dağ dərələri və dar keçidlərindən keçərkən sürət itkisinin dinamikası və bu itkilərin küləyin ani şiddətinin xüsusiyyətlərinə təsiri təhlil edilmişdir. Aparılan tədqiqatlar Naxçıvan Muxtar Respublikası ərazisində küləyin ani şiddəti və mikro şiddətlərinin təhlükəli olduğunu tamamilə təsdiqlədi. Əldə edilmiş nəticələr Naxçıvan çökəkliyində küləyin ani şiddəti və mikro şiddətlərinin vövçud olduğunu təsdiqləyir.

Açar sözlər: küləyin ani şiddəti, mikro şiddət, leysan, göy gurultusu, burulğan, qasırğanın gücü, havanın temperaturu, ərazinin relyefi, hündürlük.

FORMATION OF GUSTS AND MICRO GUSTS OF WIND IN THE NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

KAZIMOV M. H.

The article discusses the processes of formation and development of gusts and micro gusts of wind in the Nakhchivan basin. The results of scientific research on the formation and development of gusts and micro gusts of wind in the territory of the Nakhchivan Autonomous Republic are shown. The features of gusts of winds are considered, depending on the geographical conditions of the region. The dynamics of speed loss during a zigzag flow through mountain gorges and narrow passages and the effect of these losses on the characteristics of wind gusts are analyzed. The studies fully confirmed the serious danger of gusts and micro gusts of wind in the territory of the Nakhchivan Autonomous Republic. The obtained results confirmed the existence of strong downward gusts and micro wind gusts in the Nakhchivan basin.

Keywords: wind gust, micro gust, downpour, thunderstorm, turbulence, hurricane force, air temperature, terrain, height.

УДК 621.833

FORMATION OF PROBING LASER PULSES FOR IoT SYSTEMS

HAJIYEV Y.M.

Azerbaijan State Oil and Industry University
Baku, Azerbaijan
yhajiyev@gmail.com

In the Internet of Things systems developed for managing energy facilities, the introduction of sensors and transmitters based on fiber optical technologies creates unique opportunities for flexible and sustainable management. A key element of these systems are laser pulses. The article presents data from the point of view of the use of optimal devices for generating laser pulses as being a key element. The article presents experimental data on the use of optimal devices for generating laser pulses. The article presents experimental data on the created by the electro-optic modulator on the basis of GaSe optical material for the radiation of He-He laser pulses.

Keywords : internet of things, application layer protocols, fiber sensors, fiber networks, transmitting techniques.

Introduction.

In the previous article, the possibilities of using systems based on the Internet of Things (IoT) for managing, monitoring and managing industrial facilities and processes, in particular in the energy sector, have been shown. The IoT provides big opportunities for devices as for the aggregation of all the sensing modules that are linked to Internet to provide to customer the collected process specific information from them constantly from any place. That way manager will have absolute control of products and processes.

In terms of architecture, the structure of "Internet of Things" is a logical development of management ideas underlying the computer-integrated automated control and operating systems (CIMS) over technological processes and facilities. In CIMS the distributed sensor system measures the physical and other parameters of the controlled objects, and sensing signals are transmitted to the control and regulation unit.

In accordance with the developed solution in the node, the relevant control signals to be sent to the actuators to tune the technological regimes. Thus, the network infrastructure in SIMS is to provide bidirectional transmission of measured signals to the control unit, and also the control signals spread from the unit to the actuators.

Largely the IoT retains the same architecture of interaction between sensors, decision-making centers, and actuators. However the principal difference here is that in IoT systems the exchange of sensing and operating data/signals among sensors–controller unit – actuators is arranged through Internet. That imposes serious restrictions on devices could be used in IoT as sensors or actuators.

The properties and characteristics of any device to be integrated into the IoT must allow to [3]:

- Collect and transmit data: the devices are in environments in which information can be gathered and either be sent to other device or directly to Internet;
- Operate action-based devices ─ devices can be programmed to act relevantly to widely varying operating conditions;
- Receive information ─ integrated devices can be able to receive information from the network;

–Support communication – the device integrated to a network of devices that can communicate with each other through other nodes in the same network;

Only by employing such kind of special devices it is possible that the IoT would allow objects to communicate directly or indirectly to Internet. In terms of architecture, this implies that the full technological system to be event driven, and to be built from the bottom up based on the context of inherent processes and operations in real time. This implies that the Internet of Things would not be subject to certain rules and regulations, but be able to handle exceptions and evolve based on the context of the event, but could also be adapted to common standards, if necessary.

Generating of probing light pulses for IoT.

As it is seen from described in our previous paper the fiber-optical technology just the only one that is able to smoothly combine the sensing functions and the transmitting functions as well.

As in the case of pressure sensor, temperature sensors, and motion sensor, one of their critical components is the modulator that forms probing light pulses to be fed to sensor. The ratio and relative duration of the probing light/laser have to be tuned precisely and interval between probing pulses must be several time longer than interval between both reflected pulses.

Basic features of optical fiber allow to form variety of sensors that can monitor a wide range of physical and chemical parameters of explored objects and generate the relevant data that to be transferred to the Internet through the transmission fiber-optic network.

The key component of any optic-fiber based sensor is the light (laser) probing pulses that is used to acquire physical quantity and convert it to a signal suitable for transmitting.

The same type of light pulses is used to read out into fiber optical network the data accumulated in the sensor.

Thus, light pulses enable both sensing and transferring data.

There are many methods and techniques employed for forming and modulating of laser pulses [3, 4]. Typically Laser pulses are produced by electro-optical modulators that chops ray coming from LED or diode laser. The modulator is driven by electrical signals that are converted into an optical signal for transmission through a fiber.

External modulators are often based on acousto-optic, magneto-optic, electro-optic and/or electric field absorption type effects, thereby provides different options for IoT solutions.

External electro-optical (EOP) modulators are definitely well adjusted for tuning of ray pulses in broad frequency ranges and extremely wide modulation bandwidth span.

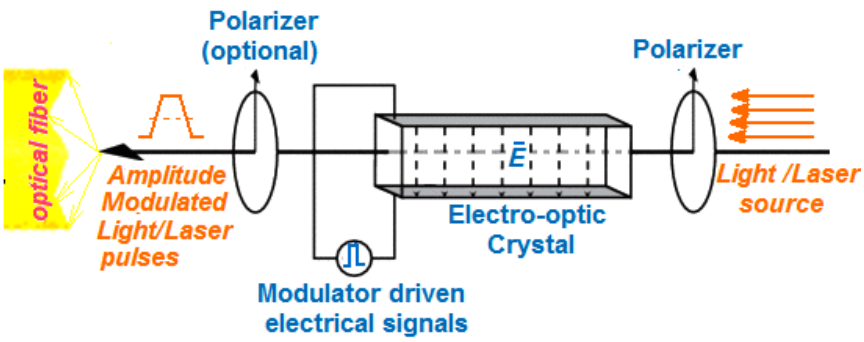


Fig. 1. Amplitude modulator in its simplest form.

An external amplitude modulator in its simplest form consists of an electro-optic crystal between top and bottom electrodes. Driven pulse signal is applied as a voltage across electrodes to produce light/laser pulses.

External modulation typically utilizes principles of Mach-Zehnder interferometric optical modulator (MZI). In MZI the input laser ray is branched into two coplanar waveguideins. Upon propagation the both splitted half beams will interfere with each other under derived modulation signal. However, MZI has intricate [6, 7] and cumbersome structure, and they are not easily can be integrated with optic-fiber based sensors and with transmit lines in IoT systems.

Other physical principle that utilized in EOP is Franz–Keldysh [4, 8] effect that based on a change in the absorption spectrum caused by an applied electric field, which changes the bandgap energy thus the photon energy of an absorption edge. This type of modulators has more convenient adaptability to fiber-optic networks, and high accuracy in the generation of laser pulses.

As it was discussed above, for continuous sensing of dynamically changing external temperature, pressure, displacements and etc. it is necessary to supply the sensors with light/laser pulse strings with precisely adjusted intervals between pulses, their frequencies and pulse ratio and etc.. To meet those requirements we've designed modulator, which is of a group of external electro-absorption modulator. As electro-optical material the transparent semiconductor with effect of shrinkage of band gap has been used.

Despite the shrinkage effect was discovered in many materials [1, 2, 3, 4], we've tried to find one of same type semiconductor materials that allow it to be of variable transparency for one of lasers that broadly used in fiber-optic communication. In that case the using of band-gap shrinkage effect will allow rippling the relevant laser ray propagation through that chosen optical material.

The desired combination of electro-optical properties we've revealed in He-Ne laser and GaSe optical material that ideally matched pair. The GaS and InSe crystals also demonstrate bandgap shrinkage effect in optical diapason, where no working lasers.

In normal condition the wave-length of stationary He-Ne laser is λ=632.8 nm.

The below experimental diagram depicts the two positions [5, 8] of optical-absorption edge GaSe monocrystal at E= 0 V/cm and E $\geq$ 0,5kV/cm.

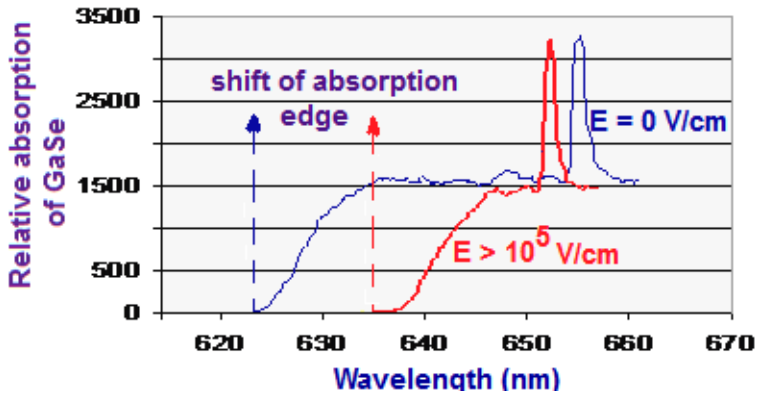


Fig. 2. Absorption edge of GaSe at two applied external electrical fields.

As it is seen from experimental curves when no external field is applied to GaSe, its absorption edge is λ=623nm (1.99eV). Normally, crystal is opaque for He-Ne laser rays having λ=632.8nm (1.96 eV).

At high applied voltage (E>10^5V/cm) (2>0V for GaSe strip 2μm thickness), because of bandgap shrinkage, the GaSe crystal reveals the enormously large shift on 20 nm (~ 63 meV) of their optical-absorption edge up to ~640 nm (~1.92eV). He-Ne laser wavelength becomes overlapped by extended GaSe absorption range. GaSe substrate becomes opaque for He-Ne laser ray.

As far as voltage is switched off the absorption edge jumps back to its normal magnitude and GaSe becomes transparent again for He-Ne laser.

This allows, sequentially turning on and off of applied voltage gets crystals to changeover from opaque [1, 5] to transparent modes and back for He-Ne laser beam (λ=632.8 nm).

When high electrical (E ≥ 0,5kV/cm) is applied, the large shift of about 10 nm in the absorption edge is occurred, and crystal becomes transparent for He-Ne laser rays.

This way by applying in succession the high and low voltages on GaSe, it does modulation of He-Ne laser ray coming through crystal.

Thus, if high voltage is applied —laser beam not pass crystal; if no voltage — beam easily pass crystal. Thereby the output laser pulses to be generated with intensity and timing parameters to be set by driving pulse voltage.

The modulation technique of He-Ne laser beam by means of GaSe crystal is depicted in below drawing.

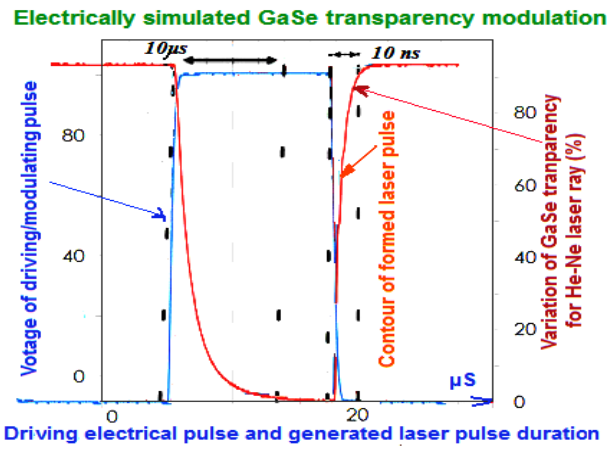


Fig.3. Pulse electrical field simulated modulation of GaSe transparency for He-Ne Laser radiation.

The experimental curves above show how the applied high-voltage pulse varies in controlled manner the GaSe transparency for the He-Ne laser rays. If no voltage is applied — left bottom part of blue line, the absorption edge of GaSe is normal, and He-Ne laser ray (λ=632.8 nm) pass through GaSe crystal. This way the top plank of laser pulse (red curve) is formed.

When high voltage is applied (top plank of blue curve), the absorption edge of GaSe is shifted, and the crystal becomes opaque for He-Ne laser — bottom plank of red line.

As far as applied voltage pulse drops to 0V, the absorption edge jumps back to its normal magnitude and GaSe becomes transparent again for laser ray.

He-Ne laser pulses being formatted in that way are in opposite phase to the applied modulating voltage pulses. Experimentally determined rate of modulated intensities of transmitted He-Ne laser beam in both pellucid and opaque states of GaSe was in order of 80% which also revealed pronounced modulator features.

The switching time [5, 7] between transparent and opaque states of GaSe for crossing He-Ne laser beam, was measured to be at the level of 80 ηs, which is short enough to employ the generated He-Ne ray pulses as probing pulses.

As explained above, the operation principle of the fiber optic pressure sensor, temperature sensor, displacement sensor and other sensors is based on the interference of two light pulses passing different paths.

A modulation based on GaSe features will be able to generate short laser pulses into IoT system with electrically tunable and varied duration, frequency and intervals, which in turn

will allow the sensors to measure the external parameters with high accuracy and reliability. In addition, the same pulses enable to read out accurately the accumulated data in the sensors and transmitting this information over fiber optic networks.

The successful interoperability of He-Ne laser and GaSe crystal in one optical diapason opens up very promising perspectives for producing on the base of GaSe the He-Ne laser modulator and wide implementing of that pair in IoT system.

Conclusions and outlook.

Internet of Things involves connecting things (technological objects and facilities, or home equipment) to the Internet in order to retrieve information from them at any time and from anywhere. The sensors and devices that well applicable to manage production facilities especially in energy industries are mostly based on fiber-optical applications. Despite the fact that each fiber based sensor has its own specific measurement segment, they all are working based on the use of laser pulses of variable duration and intensity. In this sense, our paper presents a way in which IoT designed for power producing and distribution objects are accessed through the fiber-optical network based communication and sensors system. Thus, laser pulses, being a key element of optical fiber sensors and transmitters, were carefully considered in this article from the point of view of using optimal devices for generating laser pulses. The article presents experimental data on the created by the electro-optic modulator on the basis of GaSe optical material for the radiation of He-He laser pulses.

---

1. *Massari N., Gottardi M.* "Photonic charge-pump device measures distance", Proc.SPIE, The International Society for Optical Engineering, 10.1117/2.1200606.0267, 2006.
2. *Massari N. and Gottardi M.,* "A new CMOS electrooptical modulator based on the charge pumping phenomenon" Proc. SPIE 6189, April 2006. doi:10.1117/12.662480.
3. Development and application space in the future. MAPPS/ASPRS Fall Conference, 11.6 – 10, 2006, San Antonio, Texas.
4. *Hajiyev Y.,* "Digital Modulator for fiber-optical networks", 8th IEEE Conference AICT,
1. Baku, Azerbaijan, 2015.
5. *Wu Jie, Xue Lingling,* Research and development of optical fiber sensor, *Laser Journal,* 8,5, 2007, pp. 4-5.
6. *Yasuo I., Moriyama M., Watanabe N.;* 'Anomalously Large Shift of Absorption Edge of GaSe-Based Layered Crystal by Applied Electric Field', Japanese Journal of Applied Physics, Vol.29, No.6, June, 1990, pp. L975-L976.
7. *Iwamura Y., Moriyama M and Watanabe N.* "New Light Modulator Using GaSe Layered Structure", Japanese Journal Of Applied Physics, 30, pp. L42-L44, 1991.
8. *Iwamura Y., Moriyama M. and Watanabe N.,* Japanese Journal Of Applied Physics, Vol. 29, L975, 1990.

IoT SİSTEMLƏR ÜÇÜN ZONDLU LAZER İMPULSLARININ FORMALAŞMASI

HACIYEV Y.M.

Enerji obyektlərinin idarə olunması üçün hazırlanmış "Əşyalar İnterneti" İnternet sistemində fiber optik texnologiyalara əsaslanan sensorlar və ötürücülərin tətbiqi elastik və davamlı idarəetmə üçün unikal imkanlar yaradır. Bu sistemlərin əsas elementi lazer pulslarıdır. Məqalədə əsas element kimi lazer impulsları yaranması üçün optimal cihazların istifadəsi baxımından məlumatlar verilmişdir. Məqalədə lazer impulsları yaratmaq üçün optimal cihazların istifadəsi üzrə eksperimental məlumatlar verilmişdir. Məqalədə, He-He

lazer paxlalarının radiasiya üçün GaSe optik materialının əsasında elektro-optik modulator tərəfindən yaradılmış eksperimental məlumatlar təqdim olunur.

Açar sözlər: əşyalar interneti, fiber optik şəbəkələr, tətbiqi səviyəli protokollar, fiber sensorlar, fiber üzərindən siqnalların paylanması, siqnalların ötürmə texnikaları.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОНДИРУЮЩИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ IoT СИСТЕМ

ГАДЖИЕВ Я.М.

В системах "интернет вещей" разрабатываемых для управления объектами энергетики внедрение сенсоров и и трансмиттеров основанных на фибер оптических технологиях создает уникальные возможноси для гибкого и устойчивого управления. Ключевым элементом этих систем являются лазерные импульсы. В статье, приведены данные с точки зрения применения оптимальных устройств для генерации лазерных импульсов являются будучи ключевым элементом. В статье приведены экспериментальные даные по применению оптимальных устройств для генерации лазерных импульсов. В статье приведены эксперименьальные даные по созданному электро-оптичкому модулятору на основе GaSe оптического материла для излучения He-He лазерных импульсов.

Ключевые слова: Интернет вещей, протоколы прикладного уровня, оптоволоконные датчики, оптоволоконные сети, методы передачи.

UÖT 621.313.333

ASİNXRON MÜHƏRRİKLƏRİN İSTEHSAL PROSESİNDƏ TƏHVİL–TƏSLİM SINAQLARININ AVTOMATLAŞDIRILMASI HAQDA

RƏHİMOVA N.Ə., ABDULLAYEV V.H., İMANOVA Z.B.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı

AM-in kütləvi istehsalında mühüm mərhələ olaraq TTS (təhvil-təslim sınaqları) keçirilir. Statistik məlumatlar göstərir ki, bu sınaqların əmək və vaxt tutumu AM-in istehsalına sərf olunan əmək və vaxt məsrəflərinin təxminən 13 %-ni təşvil edir. Ona görə də AM –in istehsalı proseslərinin avtomatlaşdırılması istiqamətində TTS-in avtomatlaşdırılması vacibdir. Normal olaraq bir EM-in təhvil-təslim sınaqlarına maşının tipindən asılı olaraq (3-35) saat vaxt tələb olunur. TTS-in avtomatlaşdırılması hesabına belə vaxt sərfini 15 dəqiqəyə endirmək mümkün olmuşdur. Məqalədə, istehsal prosesində keyfiyyətin yüksəldilməsi üçün TTS avtomatlaşdırılması zamanı optimallaşdırma kriteriləri verilmişdir.

Açar sözlər: asinxron mühərrik, təhvil-təslim sınaqları, optimallaşdırma, istehsal prosesi

AM-in istehsalı prosesində keyfiyyətə nəzarət və onun idarə olunması iki mərhələdə həyata keçirilən sınaqların nəticəsində əldə olunan informasiyaya əsaslanır:

- istehsal prosesində nəzarət, yoxlama və sınaqlar;
- hazır (yığılmış) maşınan təhvil-təslim sınaqları.

İstehsal prosesində həyata keçirilən sınaqların məqsədi AM-in vacib qovşaqlarının texniki normalara uyğunluğunun yoxlanması və maşının yük altında sınaqlara hazırlanmasıdır. Bu sınaqların gedişində müvafiq qovşaqların parametrlərinin nominal qiymətlərdən meyletmələri təyin edilir, eləcə də AM-in elektriki, maqnit və mexaniki simmetriyalarının dərəcələri (parametrlərin fazlara və qütblərə görə fərqlənməsi) müəyyənləşdirilir. Bu nəticələr AM-in yük altında sınaqlarından alınan nəticələrlə birlikdə istehsal texnologiyasının texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və onun təkmilləşdirilməsi tədbirlərinin işlənib həyata keçirilməsi üçün vacib informasiya hasil etməyə imkan verir.

İstehsal prosesində keyfiyyətə nəzarət öz-özlüyündə passivdir. Belə ki, hər-hansı mərhələdə məmulatın keyfiyyətinə nəzarət son nəticədə zay məmulatın yararlı məmulatdan ayrılması (sortlaşdırılma) deməkdir. Əsas problem isə keyfiyyətin idarə olunması – zay məmulatların əmələ gəlmə səbəblərini müəyyənləşdirib belə məhsulun sayını azaltmaqla (və ya mümkün qədər aradan qaldırmaqla) bağlıdır. Məsələnin bu şəkildə qoyuluşu aşağıdakı «qızıl» qayda ilə şərtləndirilir [1,4,5]:

Zay məhsulun aradan qaldırılması = sərmayə

Zay məhsulun bərpası = məsrəf.

TTS müxtəlif ölkələrdə müvafiq normativ baza əsasında keçirilir, lakin bu sınaqların standartları və proqramları arasında ümumi cəhətlər çoxdur. [1]

İstər maşınların istehsalı, istərsə də istismarı ilə məşğul olan işçilər adətən sınaq-diaqnostika proseslərinin avtomatlaşdırılması vasitələrinə aşağıdakı səciyyəvi tələblər qoyurlar [1,2] :

- xidmətin (istifadənin) sadəliyi;
- məlumat vericiləri və informasiya mübadiləsinin qeyri vasitələrinin yüksək etibarlılığı;
- maşında yerləşdirilən minimum əlavə vasitələr;
- minimum məsrəflə kifayət qədər yüksək səmərənin əldə olunması;
- nəzarət, sınaq və diaqnostikanın qeyri-dağıdıcı olması;
- nasazlığı tez-tez baş verən və ya daha vacib olan qovşaqların (stator, dolaqlar, izolyasiya və s. bu kimi) ön plana çəkilməsi.

Yuxarıda göstərilən texniki tələblər çərçivəsində EM-ın defektlərinin erkən üzə çıxarılması metodları iki qrupa bölünür

1) nəzarətin minimum (ştat) vasitələrinə əsaslanan metodları;
2) nəzarətin xüsusi vasitələrinə əsaslanan metodları.

TTS və istehsal prosesində maşının ayrı-ayrı vacib qovşaqlarının sınaqları vasitələri ştat nəzarəti vasitələrinə aiddir. Texniki diaqnostika vasitələri isə xüsusi vasitələr qrupuna aiddir.

Keyfiyyətə nəzarət və onun idarəolunması baxımından hər iki qrupa daxil olan üsul və vasitələr eyni məqsədə – məhsulun etibarlılığının yüksəldilməsinə yönəlmişdir. Lakin, maşının yığılması zamanı yerli nəzarət və sınaqlar defektlərin mənbəyinin üzə çıxarıb aradan qaldırılmasına yönəlmişdir. TTS bazara çıxarılan maşınların nominal parametrlərinin qiymətləndirilməsinə və zay məhsulun üzə çıxarılıb satışa (istehlakçıya) buraxılmamasına xidmət edir.

Kütləvi istehsalda AM-in keyfiyyətinə nəzarət və onun idarəolunmasının avtomatlaşdırılmasının səmərəliliyinin yüksəldilməsi baxımından ştat nəzarət-sınaq üsul və vasitələrinin funksional və texniki imkanlarının artırılması vacib məsələdir. Belə ki, ştat nəzarət sistemləri, bir qayda olaraq, texniki diaqnostika məsələlərini həll etməsə də, sonrakı mərhələdə – diaqnostikada istifadəsi vacib olan böyük həcmdə informasiya hasil edirlər. Məhz, bu informasiyanın alınması və sonrakı məqsədyönlü istifadəsi vacibdir. [6, 7]

Ştat nəzarəti üsul və vasitələrinin funksional və texniki imkanlarının artırılması aşağıdakı texniki-iqtisadi səmərəlilik göstəricilərinin yüksəldilməsinə yönəlmişdir:

- yüksək keyfiyyət kateqoriyalı çıxış məhsulunun həcminin artırılması;
- sonrakı diaqnostika və təmir-bərpa işlərinə məsrəflərin azaldılması;
- istehsal müəssisəsinin imicinin yüksəlməsi;
- istehlakçının məmnunluğu;
- reklamasiyaların və əlavə nəqliyyat xərclərinin azalması;
- qarantiya təmiri və servis məsrəflərinin azalması.

Səmərəliliyin ümumi göstəricisi kimi TTS nəticəsində zay məmulat kateqoriyasına daxil edilmiş AM-in sayının sınaqlardan keçirilən mühərriklərin ümumi sayına nisbəti istifadə oluna bilər. Belə meyarın AM-in hissə və qovşaqlarının hazırlanma və mühərriklərin yığılma prosesindəki ştat nəzarət-diaqnostika əməliyyatlarına aid edilməsi məqsədəuyğundur.

Ştat nəzarəti üsul və vasitələrinin səmərəliliyinin statistik göstəricisi kimi səhihlikdən, yəni aşağıdakı ehtimallardan da istifadə edilir [1, 4] :

1) istehsalçının riski – yararlı məmulatın zay hesab edilməsi ehtimalı;
2) istehlakçının riski – zay məmulatın yararlı hesab edilməsi ehtimalı.

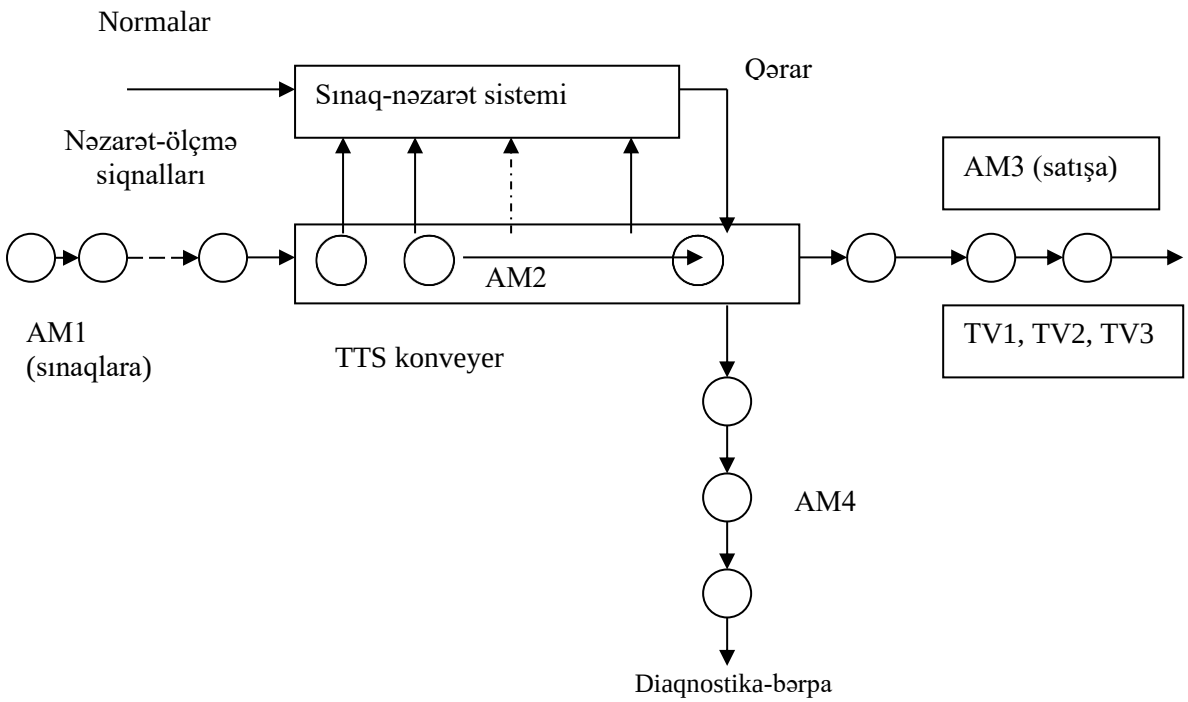
AM –in kütləvi istehsalında aparılan nəzarət – sınaq işləri iki mərhələdə yerinə yetirilir: istehsal (yığma) prosesində və yığılmış maşının TTS prosesində.

İstehsal prosesində nəzarət-sınaq işlərinin məqsədi AM-in bir sıra vacib qovşaqlarının parametrlərinin texniki normalara uyğunluğunun yoxlanması və maşının TTS-ə hazırlanmasıdır. Bu əməliyyatları yerli nəzarət-sınaq əməliyyatları adlandıra bilərik. Yerli nəzarət-sınaq əməliyyatları zamanı müvafiq parametrlərin nominal qiymətlərdən meylləri təyin edilir, maşının simmetriyası (elektrik, maqnit, mexaniki) yoxlanılır. Alınmış nəticələr TTS-in nəticələri ilə birlikdə AM-in və onun hazırlanma texnologiyasının texniki vəziyyəti barədə qənaət hasil etməyə imkan verir.

TTS zamanı mühərriklərin çeşidlənməsi prosesinin belə göstərmək olar [3]:

TV1 – saz vəziyyət (sazdır və işləmə qabiliyyətinə malkidir); TV2 – nasaz vəziyyət (nasazdır, lakin işləmə qabiliyyətini saxlayır); TV3 – işləmə qabiliyyətinə malik deyil (nasazdır və işləmir). Bu cəhətləri nəzərə alaraq TTS zamanı AM-in çeşidləmə prosesi sxematik formada şəkil 1 əsasında izah edilə bilər. Burada, AM1 yığılmış və sınaqlar üçün hazırlanmış mühərriklər qrupu; AM2- TTS konveyerində sınaqlardan keçirilən mühərriklər qrupu; AM3 – sınaqlar nəticəsində yararlı hesab edilmiş mühərriklər qrupu; AM4 – sınaqlar nəticəsində yararsız (zay) hesab edilmiş mühərriklər qrupudur.

TTS zamanı mühərriklərin çeşidlənməsi prosesi aşağıdakı ardıcıllıqla həyata keçirilir.



Şək.1. TTS zamanı mühərriklərin çeşidlənməsi prosesinin sxematik təsviri.

Yığılmış və sınaqlara hazırlanmış mühərriklər (AM1 qrupu) TTS konveyerinə ötürülür (nəql olunur). TTS proqramına uyğun olaraq konveyer boyu yerləşdirilmiş nəzarət-ölçü vasitələrindən (vericilərdən) müvafiq siqnallar sınaq-nəzarət sisteminə daxil olur. Sınaqlara məruz qalan mühərriklərin (AM2 qrupu) nəzarət olunan parametrləri müvafiq normalarla müqayisə olunaraq onların keyfiyyəti barədə qərar qəbul edilir və nominal parametrləri qiymətləndirilir. Qəbul edilmiş qərardan asılı olaraq yararlı mühərriklər (AM3 qrupu) satışa göndərilir, yararsız hesab olunmuş mühərriklər (AM4 qrupu) isə diaqnostika – bərpa sexinə nəql olunur.

Normal olaraq TTS nəticəsində AM3 qrupuna ancaq texniki vəziyyətləri TV1 şərtinə cavab verən, yəni AM3$\in$TV1 şərtini ödəyən mühərriklər daxil olmalıdır. AM4 qrupuna isə AM4 TV2 və AM4 TV3 şərtlərinə uyğun mühərriklər daxil olmalıdır. Lakin «gizli» defektlər (TTS zamanı üzə çıxarıla bilməyən defektlər) nəticəsində TV21 qrupuna daxil olan yararsız mühərriklər də satışa göndərilir. Eyni zamanda, TV23 qrupuna salınmış yararlı mühərriklər yararsız hesb edilərək AM4 qrupuna daxil edilir.

TTS zamanı nəzarət-sınaq prosesinin səmərəlilik və səhihlik göstəricilərini təyin etmək baxımından müxtəlif qruplara daxil olan mühərriklərin çeşidlənməsində aşağıdakı şərtləri qəbul edək:

N1 – AM1 qrupuna daxil olan mühərriklərin sayı;
N2 – AM2 qrupuna daxil olan mühərriklərin sayı;
N3 – AM3 qrupuna daxil olan mühərriklərin sayı;
N4 – AM4 qrupuna daxil olan mühərriklərin sayı;
N31 – AM3 $\in$ TV21 şərtini ödəyən yararlı mühərriklərin sayı;
N3.21 – AM3 $\in$ TV21 şərti şamil olunmuş «yararlı» mühərriklərin sayı;
N3.22 – AM3 $\in$ TV22 şərti şamil olunmuş «yararsız» mühərriklərin sayı;
N41 – AM4 $\in$ TV3 və AM4$\in$TV2 şərtlərini ödəyən yararsız mühərriklərin sayı;
N4.23 – AM4 $\in$ TV23 şərti şamil olunmuş «yararlı» mühərrikləri sayı
N4.33 – AM4 $\in$ TV24 şərti şamil olunmuş «yararsız» mühərriklərin sayı.

Səmərəlilik göstəriciləri kimi aşağıdakı meyarlardan istifadə etmək olar:

N1- yığma sexinin məhsuldarlığı (növbə və ya sutka ərzində yığılmış və sınaqlara hazırlanmış mühərriklərin sayı);
N2-TTS konveyerinin buraxma qabiliyyəti (növbə və ya sutka ərzində sınaqdan keçirilən mühərriklərin sayı);

$K_g = \frac{N_1}{N_2}$ - gözləmə (növbə) əmsalı.

Səhihlik göstəriciləri kimi aşağıdakı meyarlar maraqlıdır:

$K_s\% = \frac{N_{31} + N_{41}}{N_2} * 100\%$ - səhihlik əmsalı (haqqında səhih qərar qəbul edilmiş («gizli» defektləri olmayan) mühərrikləri sayının sınaqlardan keçən mühərriklərin ümumi sayına faizlə nisbəti):

$K_{qs}\% = \frac{N_{.3.21} + N_{.3.22} + N_{.4.23} + N_{.4.24}}{N_2} * 100\%$ - qeyri- səhihlik əmsalı (haqqında «şübhəli» qərar qəbul edilmiş («gizli» defektlərə malik) mühərriklərin sayının sınaqlardan keçən mühərriklərin ümumi sayına faizlə nisbəti):

$P_m = \frac{N_{4.23}}{N_{2.1}}$ - istehsalçının risqi, yəni, əsassız həyacan ehtimalı (əslində yararlı olan, lakin səhvən haqqında «yararsız» qərarı qəbul olunmuş mühərriklərin sayının sınaqlardan keçən mühərriklərin ümumi sayına nisbəti);

$P_c = \frac{N_{3.22}}{N_2}$ - istehlakçının risqi, yəni, «hədəfin buraxılması» ehtimalı (əslində yararsız olan, lakin səhvən haqqında «yararlı» qərarı qəbul olunmuş mühərriklərin sayının sınaqlardan keçən mühərriklərin ümumi sayına nisbəti).

Yuxarıda sadalanan meyarlar əsasında TTS zamanı sınaq-nəzarət sisteminin (prosesinin) optimallaşdırılması üçün aşağıdakı kriterilərdən istifadə olunması məqsədəuyğundur:

1) müəssisənin optimal məhsuldarlıq kriteri:

$$N_1 \to N_m; C_1 \le C_{\min}; I_1 \ge I_m; N_m \le D \qquad (1)$$

Burada, N1- mövcud istehsal gücü I_1 əsasında buraxıla bilən mühərriklərin sayı (növbə və ya sutka ərzində); Nm-mənfəətin maksimumuna uyğun gələn istehsal həcmi; C1–məsrəflər (N1 mühərrikin istehsalına və satışına çəkilən ümumi xərclər); Cmin–mənfəətin maksimuma uyğun minimum məsrəflər; I_m –maksimum mənfəətə uyğun istehsal gücü; D-məhsula bazarda mövcud tələbat (sifarişlər).

2) sınaq–nəzarət kompleksinin (sınaq-nəzarət sistemi və TTS konveyeri) maksimum buraxma qabiliyyəti

$$K_g - 1 \to \min, \quad C_t \le C_{bb}^t \qquad (2)$$

Burada, $C_t - N_2$ buraxma qabiliyyətində sınaq-nəzarət işlərinə məsrəflər; C $_{bb}$ – sınaq-nəzarət işlərinə buraxıla bilən məsrəflər.

3) mövcud texniki – iqtisadi məhdudiyyətlər nəzərə alınmaqla səhihliyin mümkün olan maksimum həddə çatdırılması

$$K_s \to \max, \quad K_{qs} \to \min, \quad P_m \to \min, \quad P_c \to \min \qquad (3)$$

Yuxarıda göstərilən optimallaşdırma məsələlərinin həlli kifayət qədər mürəkkəbdir və bir çox mərhələlərdə onlara yaxınlaşmaq mümkündür:

- AM-in və TP –in layihələndirilməsi və reallaşdırılması prosesində;
- istehsal prosesində;
- məhsulun sınaq-diaqnostika prosesində.

(1-3) kriteriləri, son nəticədə, nəzarət-sınaq işlərinin metroloji səmərəlilik göstəriciləri olmaqla əsasən TTS zamanı istifadə edilən metodikaların, nə dərəcədə əsaslı olmasından,

məhsulun keyfiyyətinə nəzarətin dərinliyindən, istifadə olunan normaların keyfiyyət və kəmiyyət baxımından obyektivliyindən, nəzarət-ölçü vasitələrinin dəqiqliyindən, personalın iş keyfiyyətindən və s. bu kimi vacib amillərdən asılıdır. Bu istiqamətdə mümkün yollardan biri TTS zamanı AM-in keyfiyyətinə nəzarət dərinliyinin və nəzarət-sınaq sisteminin texniki və funksional - texniki imkanlarının artırılmasıdır.

---

1. Автоматизация контролья параметров и диагностика асинхронных двигателей /Гольдберг О. Д., Абдуллаев И. М., Абиев А. Н.; Под ред. О.Д. Гольдберга – М: Энергоатомиздат, 1991. 160 с.Гольдберг О.Д. Испытания электрических машиню – М.: Высш. шк., 1990- 255 с.
2. *Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю.* Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2000.
3. *Цветков В.А.* Диагностика мощных генераторов. М.: Научно–учебный центр «НАС», 1995 – 235 с.
4. *Abdullayev V.H.* Asinxron mühərriklərin kütləvi istehsalında keyfiyyətə nəzarət və onun idarəolunması üçün vibrodiaqnostika sistemi, dissertasiya, Bakı, 2005.
5. *Гашимов М.А.* Основы теории и методы диагностики электрических машин Энергетической системы. Дисс.докт. Баку, 1992, 251с.
6. *Сидельников Леонид Григорьевич, Афанасьев Дмитрий Олегович.* Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации, https://elibrary.ru/item.asp?id=21681537.
7. *Mariana Iorgulescu, Robert Beloiu.* Vibration and Current Monitoring for Fault's Diagnosis of Induction Motors. Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 32, 2008; ISSN1842 -4805, https://pdfs.semanticscholar.org/f881/47e9879a4d849f7c538b84897d8924955762.pdf.

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПСИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

РАГИМОВА Н.А., АБДУЛЛАЕВ В.Г., ИМАНОВА З.Б.

Важным этапом в массовом производстве АД является ПСИ (приемо-сдаточные испытания). Статистические данные показывают, что трудовые и временные возможности этих испытаний составляют около 13% трудовых и временных затрат, связанных с производством АД. Поэтому автоматизация ПСИ важна в направлении автоматизации производственных процессов АД. Как правило, ПСИ АД занимает около 3-35 часов, в зависимости от типа машины. Благодаря автоматизации ПСИ удалось сократить потребление времени на 15 минут. В статье приведены критерии оптимизации автоматизации ПСИ для повышения качества производственного процесса.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, тестирование доставки, оптимизация, производственный процесс.

ABOUT AUTOMATION OF AT IN THE PRODUCTION PROCESS OF ASYNCHRONOUS ENGINES

RAHIMOVA N.A., ABDULLAEV V.H., IMANOVA Z.B.

An important step in the mass production of AE is AT (acceptance tests). Statistics show that the labor and time capabilities of these tests make up about 13% of the labor and time costs associated with manufacturing AE. Therefore, automation of AT is important in the direction of automating AE production processes. As a rule, AT AE takes about 3-35 hours, depending on the type of machine. Thanks to automation, the AT was able to reduce the time consumption by 15 minutes. The article presents the criteria for optimizing AT automation to improve the quality of the production process.

Keywords: asynchronous engine, delivery testing, optimization, production process.

MÜNDƏRİCAT

ELEKTROENERGETİKA

Cavadov N.M., Məmmədov A.İ., İbadov Ə.Ə. Şaxələnmiş mürəkkəb toplu parametirli elektrik dövrəsində keçid proseslərinin kompüter modelləşdirilməsi üçün ümumiləşdirilmiş ədədi üsul.....3

ELEKTROFİZİKA

Abaszadə R.Q. Qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoboruların raman analizi.....13

Əhədzadə Ş.M. ZnO-polietilen əsaslı kompozit varistorların elektrik və mexaniki xassələrinin təyini.....18

Zəkiyeva İ.H. Elektrik boşalmasında aktivləşdirilmiş təbii adsorbent vasitəsilə ağır elementlərdən təmizlənmiş tullantı suların keyfiyyət əmsalının dəyişməsi.....25

Səbzəliyeva Ç.E. Maqnetron tozlandırılma üsulu ilə alınmış GaAs/$CuIn_{0.7}Ga_{0.3}$ $(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ heterokeçidlərin elektrik və fotoelektrik xassələri.....31

Haciyeva F.V. Yarimkeçirici hibrid polimer nanokompozitlər və onların formalaşması metodları.....36

Cəfərov M.Ə., Məmmədova S.A. CdTe və CdS nazik təbəqələrinin alınması və fotoelektrik xassələri.....44

Əliyev H.S. Struktur heterogenliyinin kompozitlərin istilikkeçirməsinə təsiri.....50

Nəsirova A.Ş. Polimer nano Se əsaslı kompozitin quruluş və elektrofiziki xassələrinə optik şüalanmanın təsiri.....57

Rəhimova A.Ə., Məmmədov Ç.M. Ftorplast-4 əsaslı kompozisiyanın tribotexniki xassələrini yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə dispers doldurucuların istifadəsində mexaniki xassələrin təsirinin asılılığının öyrənilməsi.....60

Nuriyev R.A. Əks-əlaqə rabitəsinə malik sistemlər arasında xaotik rəqslərin qabaqlayıcı sinxronlaşması.....64

Dadaşov Z.A. Polimer-çoxkomponentli pyezofazaya malik kompozitlərdə pyezo-, piroelektrik effektlərin formalaşmasında istilik effektləri.....71

İbrahimova S.İ. Polietilen $|C_4H_8|_{1-x}(GaIn_3S_6)_x$ əsaslı nanoölçülü kompozitlərdə tezlikdən asılı bəzi parametrlərin təyini.....77

ENERJİ MƏNBƏLƏRİ

Musayeva S.N., Kərimov E.Ə. Elektrik enerjisi generasiyasının müasir metodları.....82

Məmmədov R.R. Günəş su nasos sistemləri və tətbiqi.....89

Kərimov E.Ə., Musayeva S.N. Silisium fotoelementlərinin günəş batareyalarında tətbiqi.....101

İŞ TƏCRÜBƏSİNDƏN

Abdulkadırov A.İ., Əliyev N.A., Rüstəmov R.M., Qaniyeva N.A. Dənizin dalğalanmasını nəzərə almaqla sinxron val-generatorun stator cərəyanının və reaktiv gücünün rəqslərinin analizi.....107

Mərufov İ.M., Mirzəyeva L.S., Kərimova S.M. Tac boşalmasının azaldılması üsullarının təhlili.....111

Rəhimov R.Q., Rəhimov S.R., Rəhimov A.R. Sürətli elektrikləşdirilmiş dəmir yolları üçün ikili daşıyıcı trosly kompensasiyalı kontakt şəbəkəsi asqısı.....116

Həsənov Q.Ə. Turbin-generatorlarda keçid proseslərinin bəzi rəqəmsal idarə məsələləri.....123

Abdullayev V.H., Xalilov M.E. Elektroenergetikada kiber-fiziki sistemlərinin tətbiqin faydaları.....129

Kazımov M. H. Naxçıvan Muxtar Respublikasında küləyin ani şiddəti və mikro şiddətlərinin meydana gəlməsi.....134

Haciyev Y.M. IoT sistemlər üçün zondlu lazer impulslarının formalaşması.....143

Rəhimova N.Ə., Abdullayev V.H., İmanova Z.B. Asinxron mühərriklərin istehsal prosesində təhvil–təslim sınaqlarının avtomatlaşdırılması haqda.....149

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Джавадов Н.Г., Мамедов А.И., Ибадов А.А. Обобщенный численный метод для компьютерного моделирования переходных процессов в сложных разветвленных электрических цепях с сосредоточенными параметрами.....3

ЭЛЕКТРОФИЗИКА

Абасзаде Р.Г. Анализ рамановского рассеяния углеродных нанотрубок легированных с помощью гадолиния.....13

Ахадзаде Ш.М. Определение электрических и механических свойств композитного варистора на основе ZnO-полиэтилена.....18

Закиева И. Г. Изменение качественных показателей сточных вод после очистки от различных элементов на природном адсорбенте, активированном в электрическом разряде.....25

Сабзалиева Ч.Э. Электрические и фотоэлектрические свойства гетероперехода $GaAs/CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$, полученного методом магнетронного распыления.....31

Гаджиева Ф.В. Гибридные полупроводниковые полимерные нанокомпозиты и методы их формирования.....36

Джафаров М.А., Мамедова С.А. Получение и фотоэлектрические свойства пленок CdTe и CdS.....44

Алиев Х.С. Влияние структурных гетерогенностей на теплопроводность композитов.....50

Насирова А.Ш. Влияние оптического излучения на структуру и электрофизическое свойство композита на основе полимер нано-Se.....57

Рагимова А.А., Мамедов Ч.М. Зависимость исследования триботехнических свойств фторпластовых композиций от дисперсности компонентов.....60

Нуриев Р.А. Опережающая синхронизация хаотических колебаний между системами с обратной связью.....64

Дадашов З.А. Термическое влияние на формирование пьезоэлектрических, пироэлектрических эффектов в композитах с многокомпонентной полимерной – пьезофазой.....71

Ибрагимова С.И. Исследование зависимости некоторых параметров наноразмерных композитов состава $|C_4H_8|_{1-x}(GaIn_3S_6)_x$.....77

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Мусаева С.Н., Керимов Э.А. Современные мотоды генерации электрической энергии.....82

Мамедов Р.Р. Солнечные водяные насосы и их применение.....89

Керимов Э.А., Мусаева С.Н. Применение фотоэлементов на основе кремния в солнечных батареях.....101

ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ

Абдулкадыров А.И., Алиев Н.А., Рустамов Р.И., Ганиева Н.А. Анализ колебаний тока статора и реактивной мощности синхронного генератора валогенераторной установки с учетом волнения тока.....107

Маруфов И.М., Мирзаева Л.С., Каримова С.М.Анализ методов снижения коронного разряда.....111

Рагимов Р.Г., Рагимов С.Р., Рагимов А.Р. Компенсированная контактная подвеска с двойным несущим тросом для скоростных линий железных дорог.....116

Гасанов К. А. Некоторые вопросы цифрового управления переходных процессов в турбогенераторах.....123

Абдуллаев В.Г., Халилов М.Э. Преимущества внедрения кибер-физических систем в электроэнергетике.....129

Казымов М.Г. Особенности порывов и микро порывов ветра в Нахчыванской Автономной Республике.....134

Гаджиев Я.М. Формирование зондирующих лазерных импульсов для IoT систем.....143

Рагимова Н.А., Абдуллаев В.Г., Иманова З.Б. Об автоматизации ПСИ в производственном процессе асинхронных двигателей.....149

CONTENTS

THE ELECTRICAL POWER ENGINEERING

Javadov N.H., Mamedov A.I., Ibadov A.A. Generalized numerical method for computer simulation of transient processes in complex electric circuits with concentrated parameters.....3

ELECTROPHYSICS

Abaszade R.G. Analysis of raman scattering of gadolinium doped carbon nanotubes.....13
Ahadzade Sh.M. Definition of electrical and mechanical properties of a composite varistor based on ZnO-polyethylene.....18
Zakiyeva I.G. Change in the quality indicators of wastewater after purification from various elements on a natural adsorbent activated in an electric discharge.....25
Sabzalieva Ch.E. Electrical and photoelectric properties of the $GaAs/CuIn_{0.7}Ga_{0.3}(Se_{0.9}S_{0.1})_2$ heterojunction obtained by the magnetron sputtering method.....31
Hajiyeva F.V. Hybrid semiconductor polimer nanocomposites and methods their Formation.....36
Jafarov M.A., Mamedova S.A. Fabrication and photoelectric properties of CdTe and CdS thin films.....44
Aliyev H.S. Influence of structural heterogeneity on composite heat conductivity.....50
Nasirova A.Sh. Effect of optical radiation at the structure and the physical property of the polymer-based nano-Se composite.....57
Ragimova A.A., Mamedov CH.M. Dependence of mechanical properties of fluoroplastic composition on the dispersion of the components.....60
Nuriyev R.A. Anticipating synchronization between feedback chaotic systems……64
Dadashov Z.A. Thermal influence on the formation of piezoelectric, pyroelectric effects in composites with a multicomponent polymer piezophase.....71
Ibrahimova S.I. The investigation of the dependence of nano-dimersional composite some parameters of $|C_4H_8|_{1-x}(GaIn_3S_6)_x$ composition.....77

ENERGY SOURCES

Musaeva S.N., Kerimov E.A. Modern electric power generation methods.....82
Mammadov R.R. Solar water pump systems and applications.....89
Kerimov E.A., Musaeva S.N. Application of silicon based photocells in sun batteries....101

FROM OPERATING EXPERIENCE

Abdulkadyrov A.I., Aliev N.A., Rustamov R.I., Ganieva N.A. Analysis of fluctuations in stator current and reactive power of a synchronous generator of a shaft-generatinq unit taking into account sea waves.....107
Marufov I.M, Mirzayeva L.S, Karimova S.M. Analysis of crown discharge reduction methods.....111
Ragimov R.G., Ragimov S.R., Ragimov A.R. Compensated contact suspension with double suspension cable for high-speed rail line.....116
Hassanov G.A. Some questions of digital control of transient processes in turbine generators.....123
Abdullayev V.H., Khalilov M.E. Advantages of implementing cyber-physical systems in electric power industry.....129
Kazimov M. H. Formation of gusts and micro gusts of wind in the Nakhchivan Autonomous Republic.....134
Hajiyev Y.M. Formation of probing laser pulses for IoT systems.....143
Rahimova N.A., Abdullaev V.H., Imanova Z.B. About automation of at in the production process of asynchronous engines.....149

MÜƏLLİFLƏRİN NƏZƏRİNƏ

1. Ümumi qaydalar.

"Energetikanın problemləri" "jurnalında energetikanın kompleks problemləri, elektroenergetika, istilik energetikası, elektrofizika, elektrotexnologiya, informatika və yeni texnika sahələrinə həsr olunmuş elmi-texnki məqalələr dərc edilir, eyni zamanda cari xronika da verilir.

Jurnalın əsas məqsədi yüksək elmi keyfiyyət kriteriyalarına cavab verən orijinal elmi-texniki məqalələrin dərc edilməsidir.

Jurnal eyni zamanda konfranslar, sinpoziumlar, elmi məktəblər, ümumiyyətlə elmi həyatda cərəyan edən hadisələr haqqında məlumatları da dərc edir.

Redaksiya heyəti, bu və ya digər səbəblərdən, jurnalın tələblərini təmin etməyən məqalələri dərc etməmək hüququnu üzündə saxlayır.

2. Məqalələrin təqdim edilməsi.

Bütün məqalələr aşağıda qöstərilən ünvana, jurnalın redaksiyasına göndərilməlidir:

Azərbaycan, Az-1143, Bakı, Hüseyn Cavid prospekti, 33
Azərbaycan MEA Fizika İnstitutu
Tel.: (994 12) 539 – 41 – 61; (994 12) 539 – 44 - 02; Faks : (994 12) 447 – 04 – 56

E – mail : arif @ physics.ab.az ;
Məsul katib Qurbanov Kamil Bəxtiyar oğlu.

3. Məqalələrin mətninin dili.

Məqalələr azərbaycan, rus və ingilis dillərində qəbul edilir. Respublika müəlliflərinin məqalələri yalnız azərbaycan və ya rus dillərində, yaxın xarici ölkələrdən olan müəlliflərin məqalələri yalnız rus dilində, uzaq xarici ölkələrin müəlliflərinin məqalələri isə yalnız ingilis dilində qəbul edilir.

4. Məqalələrin tırtib edilməsi qaydaları.

4.1. Məqalələr, jurnalın redaksiyasına disket təqdim etməklə, fərdi kompyüterdə, A4 formatlı ağ kağızda, səhifənin parametrləri: yuxarıdan və aşağıdan – 2sm, soldan və sağdan – 2,5 sm məsafə ilə, Times New Roman 12 şriftində yazılarasq, 1 nüsxədə, sətir aralığı 1 interval olmaq şərtilə çap edilərək, qoşulmuş CD disk ilə təqdim edilir.

4.2. Məqalələrin ümumi həcmi, qrafiki materiallar, fotolar, cədvəllər, düsturlar, ədəbiyyatın siyahısı və xülasələr də daxil olmaqla 8 səhifədən yuxarı olmamalıdır.

4.3. Məqalələrinin birinci səhifəsinin sol küncündə Universal onluq təsnifatı (UOT) üzrə indeksi göstərilməlidir. Sonra 1 interval aşağıdan, qalın və böyük hərflərlə məqalənin adı yazılır. Sonra 1 interval aşağıdan, qalın və böyük hərflərlə müəllifin (müəlliflərin) soyadı, adı və atasının adının baş hərfləri yazılır. 1 interval aşağıdan məqaləni təqdim edən təşkilatın adı yazılır. 1 interval aşağıdan, məqalənin mətninin dilinə uyğun olan, həcmi 10 sətirdən çox olmamaq şərtilə, 10 şrifti ilə çap edilən xülasə, açar süzlər (5-6 söz), məqalənin əsas mətninin önündə verilir. Sonra 1 interval aşağıdan məqalənin əsas mətni 12 şrifti ilə çap edilir. Bilavasitə məqalənin mətninin davamı olaraq, heç bir başlıq vermədən, yalnız 20-25 simvolluq xətt çəkərək, say sırası ilə istifadə edilən ədəbiyyatın siyahısı verilir. Sonra ardıcıl olaraq rus (və ya azərbaycan) və ingilis dillərində olan xülasələr və açar sözlər (10 şrifti ilə çap edilərək) verilir. Məqalənin

mətninin sonunda, əlaqə telefonları, telefakslar və E – mail-ı göstərməklə, müəlliflər məqaləni imzalayırlar.

4.4. Məqalənin qrafiki materialları, fotolar, cədvəllər, düsturlar mətnə uyğun yerlərdə yerləşdirilməlidir. Qrafiki materialların şərhinə aid olan yazılar məqalənin mətnində verilməlidir. Qrafiki materiallarda ədədi və ya hərfi işarələr göstərilərək, uyğun izahatlar mətnin içərisində verilməlidir. Qrafiki materialların aşağı hissəsində say sırası verilir və adı yazıla bilər (misal üçün, Şək.3. Sınaq qurğusunun sxemi).

4.5. Ədəbiyyat say sırası qeyd edilməklə, orijinalın dilində verilir. Müəlliflərin soyadı, adı və atasının adı kursivdən istifadə etməklə yazılır. Ədəbiyyatın siyahısı aşağıda verilən nümunələr üzrə tərtib edilir.

Kitablar

1. *Разевиг Д.В., Соколова М.В.* Расчет начальных и разрядных напряжений газовых промежутков. М.: Энергия, 1977.- 178 с.
2. *De Gennes P.G.* The Physics of Liquid Crystalls. London: Cambridge Univ. Press, 1974.

Jurnallar

3. *Аганов В.Г., Разевиг Д.В.* // Электричество.- 1972.- № 5.- с. 32-36.
4. *Ялякбяров О.З.* // Физика-1999-№ 3- с.44-49.

Depone edilmiş əl yazması.

5. *Иванов Л.П.* М., 1985. 40с. - Деп. в ВИНИТИ 25.10.85, №19233.

Dissertasiyalar

6. *Петров В.Г.* Дис. канд. физ.-мат. наук. Л.: Институт Высокомолекулярных соединений, 1985.
7. *Сидоров Н.В.* Дис. д-ра хим. наук. Новосибирск: Институт Химии, 1979.

Müəlliflik şəhadətnamələri və patentlər

8. *Алиев С.Г., Джалалов К.Х.* А.С. 163514 СССР // Б.И. 1988. № 4.с.50
9. Пат. 3386968 США // РЖ ФИЗ. 1970, 25,с. 400.
10. *Langsam M., Savoca A.C.L.* Pat. 4759776, USA,1988.

Konfranslar, simpoziumlar

11. *Медведев П.Т.* // Тез. докл. III Всесоюз. Совещ. по проблемам энергетики. Л.: Изд. ЛПИ, 1984, с.30.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. Общие правила.

В журнале “Проблемы Энергетики” публикуются научно - технические статьи в области комплексных проблем энергетики, электроэнергетики, теплоэнергетики, электрофизики, электротехнологии, информатики и новой техники, а также приводится текущая хроника.

Основной целью журнала является публикация оригинальных научно-технических статей, отвечающих требованиям высокого научного качества.

В журнале приводятся сведения о работе конференций, симпозиумов, различных научных школ, а также об интересных событиях, происходящих в научном мире.

Редакция сохраняет за собой право не публиковать материалы по тем или иным причинам, не удовлетворяющим требованиям журнала.

2. Представление статей.

Статьи должны быть представлены в редакцию журнала по следующему адресу:

Азербайджан, Аз-1143, Баку, пр. Г. Джавида, 33
Институт Физики НАН Азербайджана
Тел: (994 12) 539-41-61 ; (994 12) 539-44-02; Факс : (994 12) 447-04-56
E-mail: arif@ physics.ab.az ;
Ответственный секретарь - Гурбанов Кямиль Бахтияр оглы.

3. Язык статей.

Статьи принимаются на азербайджанском, русском и английском языках, причем статьи авторов из Азербайджана должны быть представлены на азербайджанском или русском языках, статьи авторов из стран СНГ - только на русском языке, статьи авторов из дальнего зарубежья - только на английском языке.

4. Правила оформления статей.

4.1. В редакцию журнала представляются статьи, набранные и напечатанные в одном экземпляре через один интервал на персональном компьютере, на белой бумаге формата А 4, шрифтом Times New Roman, размер шрифта 12, а также представляется в электронном виде на CD диске. Поля сверху и снизу - 2 см, слева и справа - 2,5 см.

4.2. Объем статьи не должен превышать 8 страниц, включая графические материалы, фото, таблицы, формулы, список литературы и аннотации.

4.3. В верхнем левом углу первой страницы статьи указывается индекс УДК. Через 1 интервал ниже помещается название статьи жирным и заглавным шрифтом. Через 1 интервал помещается фамилия (фамилии), и инициалы автора (авторов) жирным и заглавным шрифтом. Через 1 интервал указывается наименование организации. Через 1 интервал помещается аннотация на языке статьи объемом не более 10 строк и ключевые слова (5-6 слов) шрифтом 10. Через 1 интервал помещается основное содержание статьи шрифтом 12. В конце основного текста статьи

проводится прочерк длиной 20-25 символов, после чего помещается список литературы без какого-либо названия, в порядке нумерации ссылок в тексте статьи. После этого через 1 интервал помещаются аннотации на двух других языках – русском (или азербайджанском), английском и ключевые слова (5-6 слов) шрифтом 10.

В самом конце статьи помещаются контактные телефоны, факсы и E – mail, а также подписи всех авторов.

4.4. Графические материалы, фото, таблицы, формулы помещаются в соответствующих разделах текста статьи. Надписи, относящиеся к графическим материалам, помещаются в тексте статьи. В графическом материале указываются буквенные и цифровые обозначения, а их комментарии помещаются в тексте статьи. В нижней части графического материала указывается номер и может указываться название материала (напр., Рис.3. Схема установки….)

4.5. Список цитированной литературы приводится на языках оригиналов. Фамилии и инициалы авторов печатаются курсивом. Список литературы оформляется по образцу, приведенному ниже:

Книги

1. *Разевиг Д.В., Соколова* М.В. Расчет начальных и разрядных напряжений газовых промежутков. М.: Энергия, 1977.- 178 с.
2. *De Gennes P.G.* The Physics of Liquid Crystalls. London: Cambridge Univ. Press,1974.

Журналы

3. *Аганов В.Г., Разевиг Д.В.* // Электричество.- 1972.- № 5.- с. 32-36.
4. *Ялякбяров О.З.* // Физика-1999-№ 3- с.44-49.

Депонированные рукописи

5. *Иванов Л.П.* М., 1985. 40с. - Деп. в ВИНИТИ 25.10.85, №19233.

Диссертации

6. *Петров В.Г.* Дис. канд. физ.-мат. наук. Л.: Институт Высокомолекулярных соединений, 1985.
7. *Сидоров Н.В.* Дис. д-ра хим. наук. Новосибирск: Институт Химии, 1979.

Авторские свидетельства и патенты

8. *Алиев С.Г., Джалалов К.Х.* А.С. 163514, СССР // Б.И. 1988. № 4.с.50
9. Пат. 3386968 США // РЖ. ФИЗ. 1970, 25, с. 400.
10. *Langsam M., Savoca A.C.L.* Pat. 4759776, USA, 1988.

Конференции, симпозиумы

11. *Медведев П.Т.* // Тез. докл. III Всесоюз. Совещ. по проблемам энергетики. Л.: Изд. ЛПИ, 1984, с.30.

FOR THE ATTENTION OF AUTHORS

1. General Rules.

The **Journal of Electric Power** is dedicated to publicize scientific research articles reflecting the current problems in the electric power systems, heat transfer, technology and information technology, and digests.
The main purpose of the Journal is publishing of the original scientific articles, meeting high quality requirements.
The journal also informs about the results of conferences, seminars, various scientific schools, and the events taking place in the scientific society.
The editorial board reserves the right not to publish the submitted documents, which for various reasons do not satisfy the requirements of the Journal.

2. Submission of the papers.

The papers must be submitted to the editorial body at the following address:

Azerbaijan, Az-1143, Baku, pr.G.Javid, 33
Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Azerbaijan
Tel: (994 12) 539-41-61 ; 539-44-02; Fax : (994 12) 447-04-56
E-mail: arif@physics.ab.az;
For the Attention of K.B.Kurbanov – the Responsible Secretary

3. The Language

The papers can be accepted in either of Azeri, Russian or English. The papers submitted by Azerbaijani authors must be submitted in Azeri and Russian, the papers of those from CIS countries–in Russian, and those originated from the countries outside CIS-in English.

4. The papers must be submitted in the following format.

4.1. The hard copy of the paper must be submitted on the A4 format in 1-line interval, typed in “Times New Roman”, in 12 font, with the borders from top and bottom – 20 mm, from left and right – 25 mm. The electronic copy on a CD-disk should be submitted along with the hard copy.

4.2. The paper must not contain more than 8 pages of text, inclusive of any graphs, photos, formulas, reference lists and annotations.

4.3. In the upper left corner of the paper the index of UDC must be indicated. Below that, omitting one line, the name of the article must be placed printed in a **BOLD CAPITAL LETTERS.** Underneath the name of the paper, omitting 1 line, the name of the author(s) printed in capital letters must be printed. Below that, omitting 1 line, the name of the organization must be indicated, which supported the research. The abstract follows that, leaving 1 line of blank space, which must be no more than 10 lines,and keywords (5-6 words) of font 10. The text of the paper follows the abstract, leaving 1 line. Drawing a line with the length 20-25 symbols must indicate the end of the text. The reference list is printed below the line, following the same order as it was referred to in the text. Below

the reference list, the summaries and keywords (5-6 words) in Russian and English must follow.
At the end of the paper, the contact details must be placed, and also all the authors must put their signatures.

4.4. All graphic materials, photos, tables, formulas must be placed in the corresponding place of the text. The legends must be placed in the text. All the keys to the symbols must be given in the text of the paper. Below the graphic material the number can be indicated followed by the name of the material (e.g. Fig. 3. Schematic drawing of the installation…)

4.5. The cited materials must be referred to using their original language. The names of authors must be given in *italics.* The reference list must follow the example below:

Books

1. *De Gennes P.G.* The Physics of Liquid Crystalls. London: Cambridge Univ. Press,1974.

Journals

2. *Price D.A., Lucas I.L., MoruzziJ.D. // J.Phys.D(Appl.Phys),1973,v.6,No.12,p.1514-1524.*

3. *Ялякбяров О.З.* // Физика-1999-№ 3- с.44-49.

Patents

4. Langsam M., Savoca A.C.L. Pat. 4759776, USA, 1988.

QEYD ÜÇÜN

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

elmi – texniki jurnal

№ 4 2019

Jurnal aşağıdakı əməkdaşlar tərəfindən yığılıb, nəşrə hazırlanmışdır:

Az. MEA – nın Fizika İnstitutu - **Z.A.Tağiyeva**

Qeydiyyat №-si: B 507 Tiraj 50 nüsxə

Bakı, «Elm» nəşriyyatı

Redaksiyanın ünvanları : Bakı, Az-1143, H.Cavid prospekti, 33, Az.MEA Fizika İnstitutu

Bakı, Az -1602, H.Zərdabi prospekti, 94, Az.ETE və ELİ