

Индекс  
75678



ISSN 1561-4212  
июнь, 2020 г.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ■ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

Д. Серікбаев  
атындағы  
Шығыс Қазақстан  
мемлекеттік техникалық  
университетінің

**ХАБАРШЫСЫ**



**ВЕСТНИК**

Восточно-Казахстанского  
государственного технического  
университета  
имени  
Д. Серикбаева

2

ISSN 1561-4212. Вестник ВКГТУ. 2020. N 2

Регистрационный № 145-ж

№ 2 (88), июнь, 2020

Основан в 1998 году

Выходит 4 раза в год

Ғылыми журнал

Д. Серікбаев атындағы  
Шығыс Қазақстан техникалық университетінің

**ХАБАРШЫСЫ**



**ВЕСТНИК**

Восточно-Казахстанского технического университета  
им. Д. Серикбаева

Научный журнал



Бас редакторы – Главный редактор

***Ж.К. Шаймарданов***

доктор биологических наук, профессор

## Редакция алқасы – Редакционная коллегия:

Заместитель главного редактора:

О.Д. Гавриленко, канд. геол.-мин. н.

Ответственный секретарь – О.Н. Николаенко

### Члены коллегии:

Абрахам Атта Огву, профессор (Великобритания)

Д.Л. Алонцева, к.ф.-м н., профессор (Казахстан)

Ю.В. Баталов, д.э.н., профессор (Казахстан)

Бешо Масахико, Dг.PhD, профессор (Япония)

Е.В. Блиная, к.т.н., доцент (Казахстан)

Ю.А. Веригин, д.т.н., профессор (Казахстан)

М.В. Дудкин, д.т.н., профессор (Казахстан)

Б.А. Дьячков, д.г.-м.н., профессор (Казахстан)

Н.К. Ердыбаева, д.ф.-м.н. (Казахстан)

Т.Т. Ипалаков, д.т.н., профессор (Казахстан)

В.А. Кескинов, к.т.н., доцент (Россия)

Е.А. Колос, д.э.н., доцент (Казахстан)

В.П. Колпакова, д.т.н., доцент (Казахстан)

К.К. Комбаев, Dг.PhD (Казахстан)

Н.А. Куленова, к.т.н., асс. профессор (Казахстан)

Г.В. Кустарев, к.т.н., профессор (Россия)

С.В. Мамяченков, д.т.н., профессор (Россия)

О.А. Манцуров, полковник (Казахстан)

М.А. Мизерная, к.г.-м.н., доцент (Казахстан)

С.И. Миргородский, к.т.н., доцент (Казахстан)

М. Млынчак, Dг. hab, профессор (Польша)

Ж.С. Оналбаева, Dг.PhD (Казахстан)

С.В. Плотников, д.ф.-м.н., профессор (Казахстан)

А.Д. Погребняк, д.ф.-м.н., профессор (Украина)

Н.В. Прохоренкова, Dг.PhD (Казахстан)

М.А. Саденова, к.х.н., доцент (Казахстан)

Я. Стрычек, Dг. hab, профессор (Польша)

Б.В. Сырнев, д.т.н., профессор (Казахстан)

З.К. Тунгушбаева, к.т.н. (Казахстан)

Г.К. Уазырханова, Dг.PhD (Казахстан)

Н.А. Чарыков, д.х.н., профессор (Россия)

В.Ю. Чернавин, к.т.н., профессор (Казахстан)

Ю.Н. Шапошник, д.т.н., профессор (Россия)

ISSN 1561-4212

© Восточно-Казахстанский  
технический университет  
им. Д. Серикбаева,  
2020

24. Орлов И.Г. и другие Центрифуга для разделения жидкого навоза и помета // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1996. – № 6.
25. Проспекты фирмы «FAN Engineering» (1998...2000 гг).
26. Кереев К.М., Стяжкин В.И. Разработка критерия эффективности процесса сепарации жидкого помета: труды ВНИИМЖ. – Подольск, 2001. – Т. 10. – Ч. 2.

Получено 10.04.2020

МГТАА 44.29.31

**А.С. Барукин<sup>1</sup>, М.Я. Клецель<sup>1</sup>, Д.Ә. Әмірбек<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

<sup>2</sup>Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қ.

#### **ТҮРЛЕНДІРУШІ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ДӘСТҮРЛІ ЖӘНЕ ЖАҢА ҚОРҒАНЫСТАРЫНЫҢ ДАЙЫН БОЛМАУ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІН ЕСЕПТЕУ**

*Релелік қорғаныс құрылғыларын ток трансформаторларынсыз құрастыру мәселесі өзекті болып табылатындығы, оны түрлендіруші қондырғылар үшін бітеу түйіспелі және магнитті резисторлы қорғаныс көмегімен шешу ұсынылатындығы белгіленген. Бұл қорғаныс үшін шешілмеген маңызды сұрақтардың бірі аппараттық сенімділікті бағалау және оны дәстүрлі қорғаныс сенімділігімен салыстыра отырып талдау жасау болып табылатындығы көрсетілген. Бағалау мақсатында, дайын болмау коэффициенттерінің шамасы анықталатын, логика-ықтималдылықты әдісті пайдалану ұсынылады. Түрлендіруші қондырғылар ажыратқыштарының іске қосылудан істен шығу жиілігін ескерудің дәстүрлі және жаңа қорғаныстардың дайын болмау коэффициенттерінің қосынды мәніне әсері қарастырылған.*

*Констатируется, что проблема построения устройств релейной защиты без трансформаторов тока является актуальной, и предлагается её решение для преобразовательных установок с помощью защиты на герконах и магниторезисторе. Отмечено, что одним из ключевых нерешенных вопросов для этой защиты является оценка аппаратной надежности и её сравнительный анализ с надежностью традиционной защиты. Для оценки предлагается использовать логико-вероятностный метод, в котором определяются величины коэффициентов неготовности. Рассмотрено влияние учета частоты отказов выключателя преобразовательной установки на суммарные коэффициенты неготовности её традиционной и новой защит.*

*It is stated that the problem of building relay protection devices without current transformers is relevant, and its solution is proposed for converter plants with the help of protection on reed switches and a magneto-resistor. It is noted that one of the key unresolved issues for this protection is the assessment of hardware reliability and its comparative analysis with the reliability of traditional protection. For evaluation, it is proposed to use a logical-probabilistic method, in which the values of unavailability coefficients are determined. The effect of taking into account the frequency of failures of the converter unit breaker on the total unavailability coefficients of its traditional and new protection is considered.*

**Түйін сөздер:** релелік қорғаныс, бітеу түйіспелер, ток трансформаторы, сенімділік, дайын болмау коэффициенті.

Түрлендіруші қондырғыларды (ТҚ) қысқа тұйықталудан (ҚТ) қорғау үшін дәстүрлі түрде, қарапайымдылығымен, сенімділігімен және аса қымбат еместігімен ерекшелінетін, бірақ кейбір жағдайларда жүктеме токтарынан шеттетілу қажеттілігінен ТҚ-дың аса ауыр зақымдануына (оның толық істен шығуына) дейін әкелуі мүмкін жеткіліксіз сезімталдыққа ие, уақыт ұстанымынсыз максималды тоқтық қорғаныс қолданылады [1]. Ресейде [2], АҚШ-та [3] және Қытайда [4] орындалған зерттемелердегі дифференциалды қорғаныс (ДҚ) барынша сезімтал болуы мүмкін. Қазіргі уақытта АВВ фирмасымен дайындалған ТҚ-дың дифференциалды қорғанысы [5] кең таралған. Дегенмен, онда ([2]-[4] қорғаныстардағы сияқты) металды көп қажет ететін ток трансформаторлары (ТТ) қолданылады. ТТ сондай-ақ баршаға белгілі басқа да кемшіліктерге ие, сол үшін де 2006 жылдан бастап үлкен энергетикалық жүйелер бойынша Халықаралық конференцияларда (CIGRE) релелік қорғаныс құрылғысын ток трансформаторынсыз құрастыру мәселесі әлемдік электр энергетикасының принципіалды шешілмеген бірден-бір тапсырмасы

ретінде ерекшелінеді. Бұл тапсырманы шешу бағыттарының бірі магнит өрісіне сезімтал элементтерді пайдалану болып табылады. Сондай-ақ, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінде де, жылдам әрекеттілігі жағынан [5] қорғанысынан кем түспейтін және ол қорғаныстан автоматты түрде реттелетін іске қосылу ұстанымының болуы себепті сезімталдылығы жағынан асып түсетін ТҚ-дың ТТ-сыз, бітеу түйіспелерде және магнит резисторларда орындалған дифференциалды қорғаныс құрылғысы [6] дайындалған. Бірақ айтылған қорғаныстың аппараттық сенімділігіне салыстырмалы талдау әлі жүргізілмеген. Бұл жұмыс осы мәселені шешуге бағытталған.

*Релелік қорғаныс құрылғысы сенімділігінің көрсеткіші*

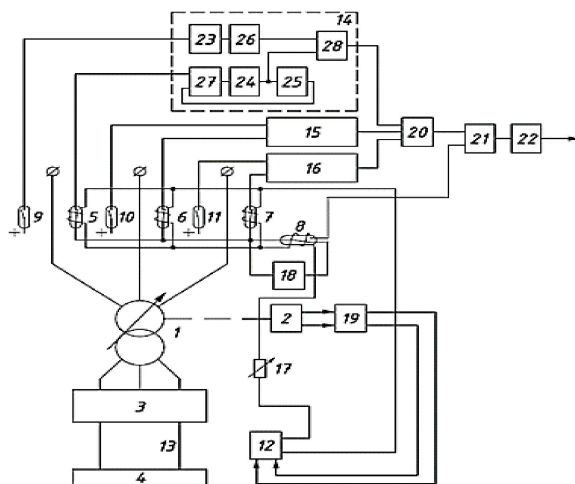
[7-9] әдістемесіне сәйкес, қорғаныс сенімділігінің қосынды көрсеткіштерін анықтау іске қосылуға дайын болмау коэффициентін (іске қосылудан істен шығуды сипаттаушы)  $Q_{\Sigma i \kappa, б.т}$  және іске қосылмауға дайын болмау коэффициентін (жалған іске қосылуды сипаттаушы)  $Q_{\Sigma ж.і \kappa}$  анықтауға әкеледі. Қорғанысты құрайтын элементтер тобының дайын болмау коэффициенттерін (ДБК) анықтау үшін ықтималдылықтарды қосу және көбейту теоремасын қолдануға негізделген белгілі [8] әдісті, сондай-ақ барынша қысқа жол ережесін пайдаланамыз. Мұнда  $i$ -ші элементтің ДБК келесідей анықталады:

$$q_i = 1 - p_i, \quad (1)$$

мұндағы  $p_i$  –  $i$ -ші элементтің, оны тағайындалуы бойынша пайдалану қажеттілігі туындаған еркін алынған уақыт мезетінде жұмысқа қабілетті болуының ықтималдылығы;  $p_i$  қарапайым істен шығу ағыны  $\Omega$  жағдайында [7, 8]  $p_i = \exp(-\Omega t)$  экспоненциалды функциясымен есептелінеді; мұндағы  $t$  – релелік қорғаныс құрылғыларын профилактикалық тексерулер арасындағы уақыт интервалы, [10] сәйкес  $t = 1 \div 8$  жыл. Қажет кезінде дайын болмау коэффициенттерін, көптеген елдерде [11] РҚ сенімділігі бағаланатын жай ғана істен шығу жиіліктерімен  $\lambda$ , теңестіруге болатындығын айта кету қажет. Ары қарайғы есептеулерде, қарастырылған әдістемелер мен қорғаныс элементтері және түрлендіруші қондырғылардың мүмкін болатын зақымдануларына талдау жасаудың негізінде бізбен алынған формулалар пайдаланылады.

*Түрлендіруші қондырғыларың бітеу түйіспелер және магнит резисторлар негізіндегі дифференциалды қорғаныстарының дайын болмау коэффициенттерін анықтау.*

Қорғаныс [6] (1-сурет) келесідей элементтерден тұрады: кернеуді реттегіші бар 2 трансформатор 1; жүктемелі 4 түрлендіргіш 3; басқарылатын орамды 5-8 бітеу түйіспелер және 9-11 орамсыз бітеу түйіспелер; 13 ток өткізуші сымдағы, оның магнит өрісінде бекітілген ток өлшейтін 12 блок (магнит резисторлы Уитстон көпірі); трансформатордың 1 магниттелуінің секірмелі тоғынан шеттетілу 14-16 блокторы; реттелетін резистор 17; дабыл блогы 18; қорғаныстың іске қосылу тоғын реттеу блогы 19; 20 НЕМЕСЕ және 21 ЖӘНЕ элементтері; 22 шығыс органы.



1-сурет – ТҚ-ның бітеу түйіспелі және магнит резисторлы дифференциалды қорғаныс құрылғысы

Берілген [8] РҚ элементтерінің істен шығу ағыны бойынша мәліметтерді және жоғарыда келтірілген әдістемені пайдалана отырып, мысал ретінде, УАҚЫТ 23-25, ЕМЕС 26, ЖАДЫ 27, ЖӨНЕ 28 элементтерінен тұратын 14 блоктың ДБК анықтаймыз (уақыт интервалы  $t$  ретінде, ары қарай да, 1 жылды қабылдаймыз):

$$q_{14} = q_{24} + q_{26} + q_{27} + q_{28} = (5 + 1 + 1 + 1) \cdot 10^{-4}. \quad (2)$$

Осыған ұқсас, трансформатор шығысындағы фаза аралық қысқа тұйықталу кезінде және ТҚ түрлендіргіштеріндегі зақымдану кезінде ТҚ қорғанысының элементтер тобының ДБК ( $q_{к,3} = q_{к,2} = q_{к,Т} = 9 \cdot 10^{-4}$ ,  $q_{ШО} = 8 \cdot 10^{-4}$  шығыс органының ДБК), сондай-ақ ТҚ қорғанысының іске қосылуының қосынды ДБК анықталған:

$$q_{\Sigma_{іқ,б.т}} = 2 \cdot q_{\Sigma_{іқ,б.т,3}} + 6 \cdot q_{\Sigma_{іқ,б.т,2}} + 6 \cdot q_{\Sigma_{іқ,б.т,Т}} = 23,8 \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

мұндағы  $q_{\Sigma_{іқ,б.т,3}} = q_{к,3} + q_{ШО}$ ;  $q_{\Sigma_{іқ,б.т,2}} = q_{к,2} + q_{ШО}$ ;  $q_{\Sigma_{іқ,б.т,Т}} = q_{к,Т} + q_{ШО}$  (4)

– жоғарыда келтірілген зақымданулар кезіндегі дайын болмау коэффициенттері.

(3) өрнекте бірінші және екінші қосындыдағы 2 және 6 көбейткіштері ТҚ трансформаторының жоғары және төменгі кернеу шығыстарындағы фаза аралық ҚТ кезіндегі қорғаныстың іске қосылудан мүмкін болатын істен шығуларын ескереді. Үшінші қосындыдағы 6 көбейткіші түрлендіргіштегі кез келген диодтың зақымдануы кезіндегі қорғаныстың іске қосылудан мүмкін болатын істен шығуын ескереді. Қорғаныстың іске қосылмауға ДБК:

$$q_{\Sigma_{ж.іқ}} = q_{к,ж.іқ} = 8,7 \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

мұндағы  $q_{к,ж.іқ}$  – қорғаныстың, зақымданулары олардың жалған іске қосылуына әкелуі мүмкін элементтер тобының ДБК.

*Түрлендіруші қондырғылардың дәстүрлі дифференциалды қорғаныстарының дайын болмау коэффициенттерін анықтау.*

Қорғаныс [5] алты ТТ-дан, үш аралық ток трансформаторынан, үш RET 670 релесінен және бір шығыс аралық реледен тұрады. РҚ элементтерінің істен шығу ағындары бойынша мәліметтерді [8] пайдаланып, зақымданудың әрбір түрі үшін ДБК анықтаймыз:

$$q_{\Sigma_{іқ,б.т,3}} = (2 \cdot q_{ТТ} + q_{АТТ} + q_{RET670})^3 + q_{ШО} = 6 \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

$$q_{\Sigma_{іқ,б.т,2}} = q_{\Sigma_{іқ,б.т,Т}} = (2 \cdot q_{ТТ} + q_{АТТ} + q_{RET670})^2 + q_{ШО} = 6 \cdot 10^{-3}. \quad (7)$$

Қорғаныстың іске қосылуға ДБК қосынды мәні (3) бойынша анықталады және  $q_{\Sigma_{іқ,б.т}} = 84 \cdot 10^3$  тең, ал іске қосылмауға ДБК қосынды мәні - (5) бойынша, бірақ  $q_{к,ж.іқ} = 8,5 \cdot 10^{-3}$ .

Алынған нәтижелер, екі қорғаныстың да аппараттық сенімділік бойынша заманауи талаптарға сай келетіндігін (егер, олай болмаған жағдайда қорғаныс сенімділігін арттыру үшін еселеу [7] қолданылады) көрсетеді. Алайда, ДБК шамаларын бір-бірімен салыстыру, екі қорғаныстың да жалған іске қосылу ықтималдылығы шамамен бірдей болған уақытта, ТҚ бітеу түйіспелі және магнит резисторлы дифференциалды қорғанысының іске қосылудан істен шығу ықтималдылығының 3,5 есе төмен болатындығын көрсетеді.

Қорғаныстың сенімділік көрсеткіштерін бағалау кезінде, олар әсер ететін ажыратқыштардың істен шығу жиілігін ескеру өте маңызды болып табылады, себебі ажыратқыш ҚТ өшірмейінше, қорғаныс өзіне тағайындалған міндетін орындады деп есептеуге болмайды (қазіргі уақытта дәстүрлі әдістемелерде [7-9] ол ескерілмейді). Осыған байланысты жоғары да қарастырылған екі қорғаныстың қосынды дайын болмау коэффициенттеріне ажыратқыш сенімділігінің әсерін анықтаймыз, сол үшін (4), (6) және (7) өрнектеріне ( $q_{KYAT} + q_{ЖMQ}$ ) қосындыларын енгіземіз, ал (5)  $-q'_{KYAT}$  (мұндағы  $q_{KYAT} = q'_{KYAT} = 1 \cdot 10^{-3}$  және  $q_{ЖMQ} = 4 \cdot 10^{-3}$  – ажыратқыштың ажырату электр магниті катушкасы мен оның жетекті механизмінің іске қосылуға және іске қосылмауға ДБК). Есептеулер нәтижесі, ажыратқыштардың істен шығу жиілігін ескеру, сәйкесінше ТҚ-ның дәстүрлі дифференциалды қорғанысы үшін және ТҚ-дың бітеу түйіспелі және магнит резисторлы дифференциалды қорғанысы үшін 1,8 және 3,9 есе артатын қорғаныстың іске қосылуға ДБК

косынды мәніне ең көп әсер ететіндігін, ол кезде іске қосылмауға ДБК қосынды мәні аз ғана – 1,1 есе артатындығын көрсетеді.

Дәстүрлі және жаңа қорғаныстың жалпы тиімділігін салыстыру үшін олардың құнын, габаритін және салмағын есептеуді жүргіземіз. АБВ фирмасы мен ток трансформаторларының Свердлов зауытының (Ресей Федерациясы) каталогты мәліметтері негізінде дәстүрлі қорғаныс элементтерінің, сондай-ақ алты ток трансформаторлары мен ТҚ-ның ток өткізуші сымдарындағы ток шамасы туралы ақпаратты алатын үш аралық ТТ-ның қосынды құны 1740 долларды құрайды; осыған ұқсас бітеу түйіспелі және магнит резисторлы қорғаныстың көрсеткіштері (оларды бекіту құрылымының құнын қоса есептегенде) – 324 доллар. Дәстүрлі қорғаныстың алатын жалпы көлемі келесідей анықталуы мүмкін:

$$V_{\Sigma \text{дәст.}} = 6 \cdot V_{\text{ТТ}} + 3 \cdot V_{\text{АТТ}} + 3 \cdot V_{\text{RET670}} + V_{\text{ШО}} = 6 \cdot 0,008 + 3 \cdot 0,004 + 3 \cdot 0,001 + 0,001 = 0,064 \text{ м}^3, \quad (8)$$

мұндағы  $V_{\text{ТТ}}$ ,  $V_{\text{АТТ}}$ ,  $V_{\text{RET670}}$  және  $V_{\text{ШО}}$  – сәйкесінше, ток трансформаторының, аралық ТТ-ның, RET 670 релесінің және шығыс органының көлемі.

Жоғарыдағы (8) өрнек бойынша анықталған бітеу түйіспелі және магнит резисторлы қорғаныстың алатын жалпы көлемі  $V_{\Sigma \text{біт.түй}} = 0,003 \text{ м}^3$  құрайды, бұл дәстүрлі қорғаныс қорғанысы үшін қажетті көлемнен 21 есе аз. Дәстүрлі қорғаныстың қосынды салмағы (8) бойынша («V»-ны «m»-мен алмастыру арқылы) анықталады және  $m_{\Sigma \text{дәст.}} = 196 \text{ кг}$  тең; ал жаңа үшін –  $m_{\Sigma \text{біт.түй}} = 3 \text{ кг}$ .

#### Қорытынды.

1. Бұл жұмыста бізбен алынған өрнектер бойынша есептеулер, түрлендіруші қондырғылардың бітеу түйіспелі және магнит резисторлы дифференциалды қорғаныстарының іске қосылуға дайын болмау коэффициенттерінің қосынды мәні дәстүрлі қорғанысқа қарағанда бірнеше есе төмен, ал іске қосылмауға дайын болмау коэффициенті аз ғана ерекшеленетіндігін көрсетті. Сонымен қатар, бітеу түйіспелі және магнит резисторлы қорғаныс барынша арзан және габариті мен салмағы бойынша бірнеше есе кішкентай.

2. Қорғаныстың аппараттық сенімділігін бағалау кезінде, олар әсер ететін ажыратқыштардың істен шығу жиілігін ескеру қажет. Себебі, оның ескерілмеуі іске қосылуға дайын болмау коэффициенттерінің қосынды мәндерінің бірнеше есе (әсіресе бітеу түйіспелі қорғаныстарда) төмендеуіне әкелуі мүмкін, осыған байланысты ажыратқышты еселеу қажеттілігінің мәселесі туындайды. Есептеу кезіндегі іске қосылмауға дайын болмау коэффициентін ескермеуге болады.

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің №AP05131351 гранттық жоба аясында орындалды.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с. : ил.
2. Глух Е.М., Зеленов В.Е. Защита полупроводниковых преобразователей. – М.: Энергоиздат, 1982. – 152 с.
3. Pat. 9584007 US. Current source converter differential protection method and relay protection device / Q. Zhang, J. Chen, W. Yan, X. Shi, G. Wang, W. Liu, Q. Shen; опубл. 28.02.2017. – 19 p.
4. Pat. 101764394A CN. Direct current differential protection method of rectification unit / F. Xiaowei, L. Gang, Z. Dong; опубл. 30.06.10. – 5 p.
5. Gajić Z. Practical Experience with Differential Protection for Converter Transformers // Study Committee B5 Colloquium CIGRE. – 2013.
6. Патент на изобретение № 29769 РК. Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки / Клецель М.Я., Барукин А.С., Кислов А.П. – Опубл. БИ. – 2015. – №4.
7. Федосеев А. М. Релейная защита электроэнергетических систем (защита сетей): Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 520 с., ил.
8. Шалин А. И. Надежность и диагностика релейной защиты энергосистем: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 384 с.
9. Гук Ю.Б. Теория надежности. Введение: Учеб. пособие / Ю.Б. Гук, В.В. Карпов, А.А. Лапидус. – Спб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 171 с.

10. РД 153-34.3-35.613-00. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты электрических сетей 0,4-35 кВ. – М.: ОРГРЭС, 2000.
11. Allan R. N. Reliability evaluation of power systems // Springer Science & Business Media, 2013.

Қабылданды 10.04.2020

МРНТИ 004.942

**Е.В. Блинаева, Г.В. Попова, С.С. Смаилова, В.С. Яковлев**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск

#### **СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ СЕРЫ И ПАРАФИНА ИЗ ОБРАЗЦОВ СЫРОЙ НЕФТИ**

*В статье проводится сравнительный анализ систем акустического моделирования и основных его компонентов. Предложена функциональная структура программного комплекса для проведения компьютерного моделирования акустических процессов.*

*Мақалада акустикалық моделдеу жүйелері мен оның негізгі компоненттерінің салыстырмалы талдауы жүргізіледі. Акустикалық процестерді компьютерлік модельдеу үшін бағдарламалық кешеннің функционалдық құрылымы ұсынылды.*

*The article makes a comparative analysis of acoustic modeling systems and its main components. The functional structure of the program complex for computer modeling of acoustic processes is offered.*

**Ключевые слова:** акустическое моделирование, программное обеспечение для акустического моделирования.

Компьютерное акустическое моделирование, как и обычное классическое, базируется на аналогичных принципах расчета. Однако его отличительной особенностью является возможность учета реальных условий акустики. Так, классический расчет, основанный на физической модели с равномерным распределением в диффузионном поле отражающих и поглощающих поверхностей, не всегда является корректным. Причиной этого выступает тот факт, что изучаемые реальные акустические объекты могут иметь различные физико-химические свойства. Все это приводит к тому, что при использовании классического способа акустического проектирования результаты расчетов могут значительно отличаться от реального состояния объекта [1].

Таким образом, современное акустическое моделирование представляет собой комплексный процесс построения модели конкретного процесса на основе расчета акустических критериев, что дает возможность получить ответ на вопрос, какого рода процессы могут происходить в среде, подвергаемой акустическому воздействию.

В данной статье проведен сравнительный анализ систем акустического моделирования и основных его компонентов. Была собрана и сопоставлена информация о наиболее распространенных программных продуктах.

В настоящее время наиболее популярными из подобных решений для проведения акустического моделирования являются следующие программные продукты:

- COMSOL Multiphysics;
- k-Wave;
- EASE;
- CATT-Acoustic;
- ODEON;
- AIST-3D.

Одной из общих особенностей данного сектора ИТ-решений является тот факт, что все перечисленные программы, согласно классификации программного обеспечения по доступности исходного кода, относятся к проприетарным программным продуктам. Это означает, что все права на их использование, а также базовые принципы реализации основных расчетов можно получить



ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ
<i>Абылкалыкова Р.Б., Жапарова М.С., Иманжанова К.Т., Нуркенова Б.Д.</i> Динамикалық жүктеме кезінде темір негізіндегі металл жүйелердегі механо-химиялық процестер	<i>Абылкалыкова Р.Б., Жапарова М.С., Иманжанова К.Т., Нуркенова Б.Д.</i> Механохимические процессы в металлических системах на основе железа при динамических нагрузках
<i>Абылкалыкова Р.Б., Квеглиц Л.И., Иманжанова К.Т., Нуркенова Б.Д., Жапарова М.С.</i> Ионды имплантация кезіндегі танталдағы массатасымалдау ерекшеліктері	<i>Абылкалыкова Р.Б., Квеглиц Л.И., Иманжанова К.Т., Нуркенова Б.Д., Жапарова М.С.</i> Особенности массопереноса в тантале при ионной имплантации
<i>Айтказина А.К., Галкина Д.К., Нугуманов Д.Т.</i> Бетон беріктігінің статистикалық сипаттамаларын анықтау	<i>Айтказина А.К., Галкина Д.К., Нугуманов Д.Т.</i> Определение статистических характеристик прочности бетона
<i>Аубакирова Д.М., Ердьбаева Н.К., Сагдолдина Ж.Б., Пичугин В.Ф.</i> Реактивті магнетронды тозаңдату әдісімен өсірілген титан оксинитридті жабындыларының фазалық құрамын зерттеу	<i>Аубакирова Д.М., Ердьбаева Н.К., Сагдолдина Ж.Б., Пичугин В.Ф.</i> Исследование фазового состава оксинитридных покрытий титана, выращенных методом реактивного магнетронного распыления
<i>Баймолданова Л.С., Уазырханова Г.К., Гриценко Б.П., Сабиева М.К.</i> Алтынмен имплантациялау нәтижесінде көпқабатты (TiAlYSi)N/CrN жабынындағы элементтердің қайта таралуы	<i>Баймолданова Л.С., Уазырханова Г.К., Гриценко Б.П., Сабиева М.К.</i> Перераспределение элементов многослойного покрытия (TiAlYSi)N/CrN в результате имплантации золота
<i>Балғынова А.М.</i> Роторлық центрифуганың белгіленген жұмыс режимінің шарттарын негіздеу	<i>Балғынова А.М.</i> Обоснование условия установившегося режима работы роторной центрифуги
<i>Балғынова А.М., Мерекеқызы А.</i> Сұйық органикалық материалдарды ортадан тебу арқылы сусыздандыру бойынша әзірлемелердің негізгі тенденциялары мен техникалық деңгейі	<i>Балғынова А.М., Мерекеқызы А.</i> Основные тенденции и технический уровень разработок по центробежному обезвоживанию жидких органических материалов
<i>Барукин А.С., Клецель М.Я., Әмірбек Д.Ә.</i> Түрлендіруші кондырғылардың дәстүрлі және жаңа қорғаныстарының дайын болмау коэффициенттерін есептеу	<i>Барукин А.С., Клецель М.Я., Әмірбек Д.Ә.</i> Расчет коэффициентов неготовности традиционной и новой защит преобразовательных установок
<i>Блинаева Е.В., Попова Г.В., Смаилова С.С., Яковлев В.С.</i> Шикі мұнай үлгілерінен күкірт пен парафинді бөлу процесінің деректерін өңдеу жүйесі	<i>Блинаева Е.В., Попова Г.В., Смаилова С.С., Яковлев В.С.</i> Система обработки данных процесса выделения серы и парафина из образцов сырой нефти
<i>Вдовин В.Н.</i> Жүктің шағын партияларын өңдеуге арналған терминалдарды орналастыру міндеті	<i>Вдовин В.Н.</i> Задача размещения терминалов по переработке мелких партий груза
<i>Григорьева С.В., Алимханова А.Ж., Дмитриева Т.С., Елеусизова К.А.</i> Заттардың оптикалық интернеті	<i>Григорьева С.В., Алимханова А.Ж., Дмитриева Т.С., Елеусизова К.А.</i> Оптический интернет вещей
<i>Дудкин М.В., Ким А.И., Мұйысзак М., Дудкина Е.Л., Жанабаева М.О.</i> Жолдарды қысқы күтіп ұстау үшін мұзжарғыштың тәжірибелік-өнеркәсіптік үлгісін әзірлеу және дайындау. Шешімдерді түзету (АР05130653 жобасы)	<i>Дудкин М.В., Ким А.И., Мұйысзак М., Дудкина Е.Л., Жанабаева М.О.</i> Разработка и изготовление опытно-промышленного образца льдоскалывателя для зимнего содержания дорог. Корректировка решений (проект АР05130653)
<i>Дудкин М.В., Ким А.И., Мұйысзак М., Гурьянов Г.А., Дудкина Е.Л.</i> АР05130653 жобасы бойынша табиғи эксперименталды зерттеулер және жолдар мен тротуарларды қысқы күтіп ұстауға арналған мұзжарғыштың тәжірибелік өнеркәсіптік үлгісінің құрылымын түзету	<i>Дудкин М.В., Ким А.И., Мұйысзак М., Гурьянов Г.А., Дудкина Е.Л.</i> Натурные экспериментальные исследования по проекту АР05130653 и корректировка конструкции опытного промышленного образца льдоскалывателя для зимнего содержания дорог и тротуаров

**Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің  
ХАБАРШЫСЫ**

Ғылыми журнал  
1998 жылы шыға бастады.  
Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркеліп,  
1998 ж. 27 ақпанында № 145-ж куәлігі берілген.

---

**ВЕСТНИК**

**Восточно-Казахстанского технического университета имени Д. Серикбаева**

Научный журнал  
Издается с 1998 г.  
Зарегистрирован Министерством информации и общественного согласия  
Республики Казахстан. Свидетельство № 145-ж от 27 февраля 1998 г.

---

Редакторлар – Редакторы  
О.Н. Николаенко, С.С. Мамыраздыкова  
Корректорлар – Корректоры  
О.Н. Николаенко, С.С. Мамыраздыкова  
Руководитель издательства О.Н. Николаенко

---

Материалдарды компьютерде терген  
және беттеген

---

Набор, верстка,  
изготовление оригинал-макета  
С.С. Мамыраздыкова

---

Басуға 27 шілде 2020 ж. қол қойылды.  
Форматы 84×108/16. Офсет қағазы.  
Көлемі: шартты баспа табағы 20,16, есептік баспа табағы 19,97.  
Таралымы 350 дана. № 1060-2020 тапсырыс.  
Бағасы келісім бойынша.

---

Подписано в печать 27 июля 2020 г.  
Формат 84×108/16. Бумага офсетная.  
Объем: усл. печ. л. 20,16, уч.-изд. л. 19,97.  
Тираж 350 экз. Заказ № 1060-2020.  
Цена договорная.

---

Шығыс Қазақстан техникалық университеті  
070004, Өскемен қаласы, Протозанов көшесі, 69

Восточно-Казахстанский технический университет  
070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69