

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің  
**ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

---

# **ПМУ ХАБАРШЫСЫ**

**Энергетикалық сериясы**  
1997 жылдан бастап шығады



# **ВЕСТНИК ПГУ**

**Энергетическая серия**  
Издается с 1997 года

ISSN 1811-1858

**№ 4 (2019)**

---

**Павлодар**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

**Энергетическая серия**

выходит 4 раза в год

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**О постановке на учет, переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 17022-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

**Тематическая направленность**публикация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,  
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,  
электромеханики и теплоэнергетики**Подписной индекс – 76136****Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Нефтисов А. В., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Шапкенов Б. К., *к.техн.н., профессор***Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Боровиков Ю. С., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
 Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*  
 Борошенко В. А., *д.т.н., профессор*  
 Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
 Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
 Марковский В. П., *к.т.н., доцент*  
 Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*  
 Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

**МАЗМҰНЫ**

<b>Абишев К. К., Касенов А. Ж., Сарсембаев Д. Ж., Хамитова Г. Ж.</b> Қазақстанның көлік саласын дамыту перспективалары мен талдауы .....	15
<b>Айткенова Г. Т., Есбенбетова Ж. Х.</b> Әуе көлігі кәсіпорнының мысалында Қазақстан Республикасындағы кәсіби тәуекелдерін бағалау және басқару .....	22
<b>Аканова А. С., Оспанова Н. Н.</b> Нейрондық желілерде қолданылатын PIL алгоритмі .....	28
<b>Акимжанов Т. Б., Герасименко Т. С.</b> Ақмола облысының ауылдық электр желілеріндегі электр энергиясының сапасын бағалау .....	37
<b>Алибиев Д. Б., Хакимзянов Г. С., Кажикенова А. Ш., Сетимбетова А. Б.</b> Алдын ала і жалын предиктор-түзеткіш схемасы бойынша кеңейту .....	47
<b>Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г.</b> «Қазхром «ТҰК» АҚ филиалы – Ақсу ферроқорытпа зауытында баламалы энергия көздерін пайдалана отырып, энергия үнемдейтін жылу сорғыш технологияларды қолдану перспективалары» .....	54
<b>Арынгазин К. Ш., Карпов В. И., Акишев К. М.</b> Құрылыс саласында математикалық статистиканың имитациялық модельдері мен әдістерін қолданудың қазіргі шетелдік және отандық әзірлемелерін талдау .....	64
<b>Барукин А. С., Калтаев А. Г., Клецель М. Я.</b> Бітеу түйіспелі қорғаныс сенімділігін есептеу әдістемесін жетілдіру .....	75
<b>Баубек А. А., Жумагулов М. Г., Картджанов Н. Р.</b> Құйынды жанарғы құрылғыны сынау .....	83
<b>Болатова А. Б., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К., Касенов А. Ж., Хусан Б.</b> Астынатүсу қабатты жүйемен пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының сенімділік параметрлері ...	90
<b>Герасименко Т. С.</b> Кернеуі 10/0,4 кВ болып келетін трансформаторлар мен электрлік желілеріндегі электр энергиясын жоғалтуын айзату бойынша іс-шараларының кешені .....	99
<b>Глазырина Н. С., Фураева И. И., Нью В. В.</b> Өсімдіктердің жерсіз өсіру үшін атқару және бағдарламалық қамтамасыз кешені дамыту .....	108
<b>Глазырина Н. С., Фураева И. И., Омаров Д. К.</b> WCAG 2.0 стандартының сапасы бойынша мобильді ақпараттық қосмашын дамыту .....	119
<b>Демьяненко А. В., Горькаева Е. Ю.</b> Қазақстанның электр энергетика саласын цифрландыру. Smart Grid тұжырымдамасы: алғышарттары, болашағы мен қиындықтары .....	129

<sup>3</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

*Мақалада байланыс саласындағы математикалық статистиканың Имитациялық модельдері мен әдістерін қолданудың қазіргі жай-күйін талдау қарастырылған. Имитациялық модельдеу мен математикалық статистиканы пайдаланумен байланысты жұмыстарға шолу жүргізілді, онда Имитациялық модельдеу мүмкіндіктері жиі пайдаланылатын құрылыс саласы, қарастырылатын Имитациялық модельдердің, қолданылатын бағдарламалық өнімдердің артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалау орындалды.*

*The article analyzes the current state of application of simulation models and methods of mathematical statistics in the communications industry. The review of works related to the use of simulation and mathematical statistics, the sphere of the construction industry, where the most commonly used simulation capabilities, evaluated the advantages and disadvantages of the simulation models used software products.*

FTAMP 44.29.31

**А. С. Барукин<sup>1</sup>, А. Г. Калтаев<sup>2</sup>, М. Я. Клецель<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>PhD, аға оқытушы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

<sup>2</sup>PhD, аға оқытушы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

<sup>3</sup>т.ғ.д, профессор, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы

e-mail: alexbarukin@mail.ru

### **БІТЕУ ТҮЙІСПЕЛІ ҚОРҒАНЫС СЕНІМДІЛІГІН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІН ЖЕТІЛДІРУ**

*Ток трансформаторын пайдаланбайтын, бітеу түйіспелі қорғаныстар сенімділігін бағалау қажеттілігі көрсетіледі. Қорғаныстың, оның жұмыс істеуінің сенімсіздігінен келетін залалды есепке алатын келтірілген шығындарының шамасын анықтауға негізделген бағалау әдістемесі қарастырылған. Бұл әдістемені, ажыратқыштардың істен шығу жиілігін және қосарланған қорғаныстардың іске қосылуға дайын болмау коэффициенттерін есептеуді ескере отырып толықтыру ұсынылады. Оларды анықтауға арналған формулалар қорытылып шығарылған. Бітеу түйіспелі қорғаныстардың іске қосылуға дайын болмау коэффициенттері дәстүрлі қорғаныстардың сондай коэффициенттеріне жиі жол беретіні анықталды және оларды қосарлауды, үшеулеуді және, әсіресе мажоризациялауды пайдалану арқылы озуга болатындығы анықталды. Түрлендіргіш қондырғылардың дифференциалды, электр қозғалтқыштарының дифференциалды-фазалық және трансформаторлардың максималдық токтық бітеу түйіспелі қорғаныстары сұлбаларының бір комплектілі және қосарланған нұсқалары үшін, дайын болмау коэффициенттерін есептеу нәтижелері келтірілген кесте көрсетілген.*

*Кілтті сөздер: релелік қорғаныс, бітеу түйіспелер, ток трансформаторы, сенімділік, дайын болмау коэффициенті, залал, резервтеу.*

#### **КІРІСПЕ**

Электр энергетикасының түбегейлі шешілмеген мәселелерінің бірі [1] ток трансформаторларын (ТТ) қолданбай релелік қорғаныс құрылғыларын

(РҚК) құрастыру болып табылады. Біз қазірдің өзінде [1], кернеуі 6÷110 кВ электр қондырғыларына арналған, ақпарат алу үшін ТТ қажет етілмейтін бітеу түйіспелі максималдық тоқтық қорғаныстарды, дифференциалдық және дифференциалды-фазалық, дистанциялық қорғаныстарды құрастыру принциптері мен модельдерін ұсындық. Шамамен жүргізілген есептеулер көрсеткендей, бітеу түйіспелі қорғаныстар дәстүрліден (ТТ-мен бірге) кемінде 2–3 есе арзан, өлшемі 30–50 есе, салмағы 50–200 есе аз болады.

Бұл қорғаныстардың кейбіреулері жылдам әрекеттілік, сезімталдық және селективтілігі бойынша дәстүрліден кем емес, басқалары жылдам әрекеттілігі бойынша озатын болса, ал кейбіреулерінің сезімталдылығы төмен. Аппараттық жабдықтың сенімділігін бағалауға келсек, ол жүргізілмеген. Бұл жұмыста осы олқылықты жоюға әрекет жасалды.

### НЕГІЗГІ БӨЛІМ

**РҚК-ның сенімділігін есептеу.** Ықтималдылықты қосу және көбейту туралы теоремаларды қолдануға негізделген [2] әдіске сәйкес (логикалық-ықтималдылық әдісі) РҚК-ның, оның жұмысының сенімділігін ескере отырып оңтайлы нұсқасын таңдау критерийі – келтірілген шығындар минимумы болып табылады:

$$Z=0,186 \cdot K_{\Sigma} + y_0 \cdot \Delta P \cdot (q_{\Sigma_{ж.б.т}} + q_{\Sigma_{ж.ік}}), \quad (1)$$

мұндағы 0,186 – қаржы салымының тиімділігін ескеретін коэффициент;  $K_{\Sigma}$  – РҚК үшін жалпы капиталдық шығындар;  $y_0$  – залалдың меншікті шамасы;  $\Delta P$  – қорғалатын электр қондырғының жоғалтатын қуаты;  $q_{\Sigma_{ж.б.т}}$  және  $q_{\Sigma_{ж.ік}}$  – қорғаныстың іске қосылуға және іске қосылмауға дайын болмау коэффициенттері.

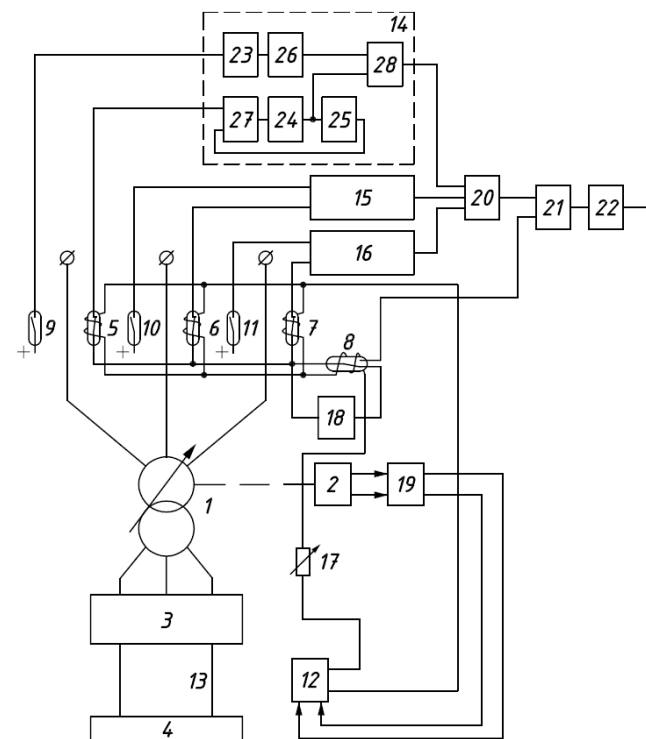
(1)-дегі екінші қосынды толығымен дайын болмау коэффициенттерімен (ДБК) анықталатын, сенімсіздіктен болатын залалды сипаттайды.

**Бітеу түйіспелі қорғаныс үшін ДБК мен 3 шамаларын анықтау.**

**Түрлендіргіш қондырғының (ТҚ) дифференциалдық қорғанысы (ДК) [3] (1-сурет)** кернеуді реттегіші бар 2 трансформатордан 1; жүктемелі 4 түрлендіргіштен 3; басқарылатын орамды 5–8 бітеу түйіспелер мен орамсыз 9–11 бітеу түйіспелерден; 13 ток өткізуші сымдағы, оның магнит өрісінде бекітілген ток өлшейтін 12 блоктан (магнит резисторлы Уитстон көпірі); трансформатордың 1 магниттелуінің секірмелі тоғынан шеттетілу 14–16 блокторынан; реттелетін резистордан 17; дабыл 18 блогынан; қорғаныстың іске қосылу тоғын реттеу 19 блогынан; 20 НЕМЕСЕ және 21 ЖӘНЕ элементтерінен; 22 шығыс органынан [3] тұрады.

Берілген [8] РҚ элементтерінің істен шығу ағыны бойынша мәліметтерді және жоғарыда сипатталған әдістемені пайдалана отырып, мысал ретінде, УАҚЫТ 23-25, ЕМЕС 26, ЖАДЫ 27, ЖӘНЕ 28 элементтерінен тұратын 14 блоктың ДБК-н анықтаймыз (аталған t шамасымен):

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



Сурет 1 – ТҚ-ның бітеу түйіспелі дифференциалдық қорғанысы

Трансформатор шығыстарындағы фаза аралық қысқа тұйықталу кезіндегі және ТҚ түрлендіргіштеріндегі зақымдану кезіндегі ТҚ қорғанысының элементтер тобының ДБК-і дәл осылай анықталады  $q_{к,3} = q_{к,2} = q_{к,т} = 9 \cdot 10^{-4}$ . Шығыс тізбегінің ДБК-і  $q_{шт} = 8 \cdot 10^{-4}$ . ТҚ қорғанысының іске қосылуға ДБК-нің жалпы жиынтығы, [2] әдіс негізінде, қосындылар жиынтығы түрінде алынған:

$$q_{\Sigma_{\text{ж.б.т}}} = 2 \cdot q_{\Sigma_{\text{ж.б.т},3}} + 6 \cdot q_{\Sigma_{\text{ж.б.т},2}} + 6 \cdot q_{\Sigma_{\text{ж.б.т},1}} \quad (3)$$

$$m\text{ұндағы } q_{\Sigma_{\text{ж.б.т},3}} = q_{\text{к},3} + q_{\text{ШТ}}; q_{\Sigma_{\text{ж.б.т},2}} = q_{\text{к},2} + q_{\text{ШТ}}; q_{\Sigma_{\text{ж.б.т},1}} = q_{\text{к},1} + q_{\text{ШТ}} \quad (4)$$

– жоғарыда көрсетілген зақымданулар кезіндегі қорғаныстың 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 мүмкін болатын ақауларын ескереді, үшінші қосындыдағы 6 көбейткіші – түрлендіргіштегі кез-келген диодтың зақымдануы кезіндегі (әдетте алты диодты үш фазалы тізбек түрінде орындалады). Қорғаныстың іске қосылмауға ДБК:

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

mұндағы  $q_{\text{к,ж.ік}}$  – қорғаныстың зақымданулары, олардың жалған іске қосылуына әкелуі мүмкін элементтер тобының ДБК-і ([2] бойынша анықталған).

Өртүрлі зақымданулар кезіндегі электр қозғалтқышының бітеу түйіспелі дифференциалды-фазалық қорғанысы (ДФК) [4] және трансформатордың бітеу түйіспелі максималдық тоқтық қорғанысының (МТК) [5] элементтері тобының ДБК-і жоғарыда қарастырылған әдіспен анықталған. Барлық осы қорғаныстардың іске қосылуға және іске қосылмауға ДБК-інің мәндері 1-кестеде келтірілген. Дәстүрлі қорғаныстардың, дәл осындай әдіспен, [2] мәліметтерін пайдалану арқылы анықталған ДБК-і тең: ТҚ-ның ДҚ-ы үшін –  $q_{\Sigma_{\text{ж.б.т}}} = 84 \cdot 10^{-3}$  және  $q_{\Sigma_{\text{ж.ік}}} = 8,5 \cdot 10^{-3}$ ; ЭҚ-тың ДФК-ы үшін –  $q_{\Sigma_{\text{ж.б.т}}} = 3,21 \cdot 10^{-3}$  және  $q_{\Sigma_{\text{ж.ік}}} = 1,8 \cdot 10^{-3}$ ; ТР-дың МТК-ы үшін –  $q_{\Sigma_{\text{ж.б.т}}} = 8,8 \cdot 10^{-3}$  және  $q_{\Sigma_{\text{ж.ік}}} = 0,6 \cdot 10^{-3}$ . Берілген сандарды 1-кестеде келтірілген мәліметтермен салыстырудан, бітеу түйіспелі қорғаныстардың ДБК-і көптеген жағдайларда дәстүрлі қорғаныс ДБК-нен төмен (ТҚ-дың дифференциалдық қорғаныстарынан басқалары) болатындығын көруге болады. Сонымен бірге (1) формулада  $u_0 = 1,5$  долл./кВт мәнін (бұл әлемдік тәжірибеде мүмкін болатын ең төмен мән болып саналады) пайдаланып есептеу нәтижесі, егер олардың ДБК-інің мәні заманауи ең сенімді қорғаныстың мәніне тең болса ( $q_{\Sigma_{\text{ж.б.т}}} = 1,4 \cdot 10^{-3}$ ,  $q_{\Sigma_{\text{ж.ік}}} = 5,9 \cdot 10^{-3}$  [6]), төмендетілген шығындар  $1,2 \pm 6$  есе азаятындығын көрсетеді. Төменде дәлелденгендей, егер қосарлау қолданылса, бұған қол жеткізу оңай.

Релелік қорғаныстың сенімділігін арттыру үшін қазіргі кезде көбінесе бір мезетте НЕМЕСЕ сұлбасы бойынша қосылған – екі (қосарлау сұлбасы), кейде үш (үшеулік сұлбасы) қорғаныс комплектісін қатар орнату арқылы іске қосылуды қосарлау жиі қолданылады. Бірақ бұл қорғаныстың жалған іске қосылу ықтималдығын арттырады. [2] көрсетілгендей, релелік қорғаныстың үш жиынтығынан тұратын мажоритарлық сұлба іске қосылудың да, іске

қосылмаудың да сенімділігін жақсартады. ТҚ-дың, трансформаторлардың, ЭҚ-дың бітеу түйіспелі қорғаныстарының – қосарланған, үшеулік немесе мажоритарлық сұлбаларының қайсысы сенімділікті арттыру арқылы ең аз келтірілген шығындарды алуға мүмкіндік беретіндігін анықтаймыз. Екі нұсқаны қарастырамыз – қорғаныс блоктары да және оның шығыс органдары да қосарланады, немесе тек блоктар ғана. Барлық үш сұлбаның шығыс органдарымен бірге қосарлануы кезіндегі іске қосылуға ДБК-і (3) формула негізінде анықталады. Сонымен қатар әрбір құраушысы  $q_{\Sigma_{\text{ж.б.т},i}}$  квадратқа (қосарлану кезінде) немесе кубқа (үшеулену кезінде) еселенеді. Мажоритарлық сұлба үшін

$$q_{\Sigma_{\text{ж.б.т},i}} = 3 \cdot (q_{\text{к},i} + q_{\text{ШТ}})^2 - 2 \cdot (q_{\text{к},i} + q_{\text{ШТ}})^3. \quad (6)$$

Іске қосылмауға ДБК-і (5) бойынша анықталады, бірақ қосарлану және үшеулену сұлбалары үшін 2 және 3 көбейткіштері енгізіледі, ал мажоритарлық сұлба үшін  $q_{\Sigma_{\text{ж.ік}}} = 3 \cdot q_{\text{к,ж.ік}}^2$ . Қарастырылған қорғаныстардың тек қорғаныс блоктары ғана резервтелуі кезіндегі іске қосылуға және іске қосылмауға ДБК-і осыған ұқсас анықталады.

Кесте 1 – ДБК-і  $q_{\Sigma_{\text{ж.б.т}}}$ ,  $q_{\Sigma_{\text{ж.ік}}}$  және ТҚ-ның ДҚ-ы, ЭҚ-тың ДФК-ы (екінші сан) және трансформатордың МТК-ы (үшінші) үшін капиталдық шығындар  $K_{\Sigma}$  мәндері

Бітеу түйіспелі қорғаныс сұлбаларының орындалу нұсқалары	$q_{\Sigma_{\text{ж.б.т}}} \times 10^{-3}$	$q_{\Sigma_{\text{ж.ік}}} \times 10^{-3}$	$K_{\Sigma}$ , долл
Бір комплектілі	23,8; 45,9; 8,86	8,7; 27; 2,6	324; 430; 286
Қосарланған	0,04; 0,55; 0,01	17; 54; 5,2	648; 860; 572
Үшеуленген	$7 \cdot 10^{-5}$ ; 0,01; $1 \cdot 10^{-5}$	26; 80; 7,8	972; 1290; 858
Мажоритарлық	0,12; 1,65; 0,03	0,23; 2,2; 0,02	972; 1290; 858

(1) формула бойынша  $u_0 = 1,5$  долл./кВт мәнін қолдану арқылы есептеу нәтижелеріне талдау жасау мажоритарлық сұлбаның қосарлану және үш еселенген сұлбадан қарағанда қосарланбаған сұлбаға (бір комплектілі сұлба) қатысты шығынды азайтуда айтарлықтай артықшылығын көрсетеді. Сонымен қатар, қорғаныс блоктарын шығыс органдарымен қатар қосарлаудың, тек блоктарды қосарлаумен салыстырғанда шығындарды азайтуға айтарлықтай әсер етеді. Қуаттылығы 4-тен 80 МВт-қа дейінгі түрлендіргіш қондырғылардың дифференциалдық қорғанысы үшін мажоритарлық шығындарды 1,4-тен 18 есеге, қуаттылығы 2-ден 8 МВт-қа дейінгі электр

қозғалтқыштадың ДФҚ-ы үшін 1,2-ден 3 есеге дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Трансформаторлардың МТҚ-ы үшін резервтеудің тиімділігі жоқтығын атап өтеміз.

### ҚОРЫТЫНДЫ

1 Релелік қорғаныстың сенімділігін есептеудің қарастырылған әдістемесі қайталанатын қорғаныстың дайын болмау коэффициенттерін (ДБК) есептеумен толықтырылуы керек, бұл осы немесе басқа түрдегі қайталанудың түрін қолданудың орындылығын бірден көрсетеді.

2 Осы жұмыста біз алған формулаларды қолдана отырып есептеулер, бітеу түйіспелі қорғаныстарының ДБК-і кейбір электр қондырғылары үшін дәстүрлі қорғаныстың ДБК-нен төмен, ал басқалары үшін – олардан асатындығын көрсетеді. Ең сенімді заманауи қорғаныс құралдарының ДБК-н көбінесе, егер тек қорғаныс блоктарын ғана емес, сондай-ақ оның шығыс органдарын үш еселеу арқылы мажоризациялауды пайдаланып озуға болады. Мажоризация қосарлауға қарағанда  $1,2 \div 10$  есе, ал үш еселеу –  $2 \div 16$  есе үнемді.

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің № ААР05131351 гранттық жобасы аясында жүзеге асырылды.

### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Клецель, М. Я.** Основы построения релейной защиты на герконах // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : Материалы 4-й Международной научно-технической конференции. – Екатеринбург. – 2013. – 3–7 июня.

2 **Шалин, А. И.** Надежность и диагностика релейной защиты энергосистем : Учеб. пособие. – Новосибирск : Изд-во НГТУ. – 2003. – 384 с.

3 Патент № 29769 РК. Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки // Клецель, М. Я., Барукин, А. С. – 2015, БИ № 4.

4 Патент № 29880 РК. Устройство для защиты электродвигателя и питающего его кабеля // Калтаев, А. Г., Клецель, М. Я., Машрапов, Б. Е. – 2015, БИ № 5.

5 Патент № 2624907 РФ. Устройство для максимальной токовой защиты электроустановки на герконах // Клецель, М. Я., Барукин, А. С., Машрапов, Б. Е. – 2017, БИ № 19.

6 **Кузьмичев, В. А., Коновалова, Е. В. Сахаров, С. Н.** Ретроспективный анализ работы устройств РЗА в ЕНЭС // Новое в российской электроэнергетике. – 2014. – №. 7. – С. 5–10.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

*А. С. Барукин<sup>1</sup>, А. Г. Калтаев<sup>2</sup>, М. Я. Клецель<sup>3</sup>*

**Совершенствование методики расчета надежности герконовых защит**

<sup>1,2</sup>Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан. Материал поступил в редакцию 29.11.19.

*A. Barukin<sup>1</sup>, A. Kaltaev<sup>2</sup>, M. Kletsel<sup>3</sup>*

**Improving the methodology for calculating the reliability of reed switches protections**

<sup>1,2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar state University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan. Material received on 29.11.19.

*Указывается на необходимость оценки надежности защит на герконах, не использующих трансформаторы тока, и рассматривается методика оценки, основанная на определении величины приведенных затрат, учитывающих ущерб от ненадежности их функционирования. Предлагается дополнить эту методику расчетом коэффициентов неготовности дублированных защит, и выводятся формулы для их определения. Установлено, что коэффициенты неготовности защит на герконах часто уступают аналогичным коэффициентам традиционных защит, и их можно превзойти при использовании дублирования, троирования и, особенно, мажорирования. Представлена таблица с результатами расчетов коэффициентов неготовности для однокомплектных и дублированных вариантов схем дифференциальной защиты преобразовательных установок, дифференциально-фазной защиты электродвигателей и максимальной токовой защиты трансформаторов на герконах.*

*The necessity of assessing the reliability of protection on reed switches that do not use current transformers is indicated, and an assessment technique based on determining the amount of reduced costs taking into account damage from unreliability of their operation is considered. It is proposed to supplement this technique with the calculation of the unavailability coefficients of duplicated defenses, and formulas are derived for their determination. It has been established that the unavailability*

*coefficients of protection on reed switches are often inferior to the similar coefficients of traditional defenses, and they can be surpassed by using duplication, tripling and, especially, majorization. A table is presented with the results of calculating the unavailability coefficients for single-set and duplicated versions of differential protection schemes of converting units, differential-phase protection of electric motors and maximum current protection of transformers on reed switches.*

ГРНТИ 44.31.35

### **А. А. Баубек<sup>1</sup>, М. Г. Жумагулов<sup>2</sup>, Н. Р. Картджанов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>PhD, доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан;

<sup>3</sup>магистр, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан

e-mail: <sup>1</sup>baubek.as@mail.ru; <sup>2</sup>zhmg\_9@mail.ru; <sup>3</sup>nurlan-k-e@yandex.kz

## **ИСПЫТАНИЯ ВИХРЕВОГО ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА**

*Статья описывает экспериментальные исследования вихревого горелочного устройства инновационной конструкции. Методика проведения эксперимента подробно описана. Приводятся результаты. Полученные значения анализируются. Обоснована работоспособность устройства подобного типа. Достигнутый уровень температуры горения в устройстве около 1500 °С позволяет эффективно сжигать топливо и использовать оборудование в качестве теплогенератора. Высокие скорости на выходе из камеры около 160 м/с обеспечивают улучшенное смесеобразование.*

*Ключевые слова: вихревое горелочное устройство, жидкое топливо, эксперимент, камера сгорания, термическое напряжение.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

16 февраля 2019 года сотрудники Евразийского национального университета производили «полевые» опытные испытания вихревого горелочного устройства (рис. 1). В качестве топлива было выбрано дизельное топливо.

Исходные данные:

– Тип топлива – дизельное топливо (зимнее);

– Состав топлива:

<b>C, %</b>	<b>H, %</b>	<b>S, %</b>	<b>O, %</b>	<b>N, %</b>	<b>Q<sub>n</sub><sup>p</sup>, МДж/кг</b>
86,3	13,3	0,3	0,05	0,05	42,4

Теруге 29.11.2019 ж. жіберілді. Басуға 23.12.2019 ж. қол қойылды.  
Пішімі 70x100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Кітап-журнал қағазы.  
Шартты баспа табағы 25,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы  
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова  
Тапсырыс № 3529

Сдано в набор 29.11.2019 г. Подписано в печать 23.12.2019 г.  
Формат 70x100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага книжно-журнальная.  
Усл. печ. л. 25,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы  
Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова  
Заказ № 3529

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
67-36-69  
e-mail: kereku@psu.kz  
www.vestnik.psu.kz