

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 4 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

---

<https://doi.org/10.48081/SMUR2431>

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.  
*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*  
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*  
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD*  
Омарова А.Р., *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 Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/MPPL9167>

**\*Г. Ерболкызы<sup>1</sup>, А. Б. Уахитова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,  
Қазақстан Республикасы, Астана қ.

e-mail: [a.uakhitova@mail.ru](mailto:a.uakhitova@mail.ru)

## **АНЫҚ ЕМЕС ҚАТЫНАСТАР ТЕОРИЯСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, РЕЛЕЛІК ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ ДҰРЫС ЖҰМЫС ІСТЕМЕУІНІҢ ҰЙЫМДЫҚ СЕБЕПТЕРІН АНЫҚТАУ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ**

*Бұл ғылыми мақалада энергия жүйесіндегі релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептері қарастырылған. Бұлғыр себеп-салдар байланыстары бар теңдеулер жүйесін пайдалана отырып, релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерін анықтау моделі әзірленді. Теңдеулер жүйесін шешу кезінде ықтимал ұйымдастырушылық себептердің басымдылығының векторлық бағаны анықталады, оның негізінде релелік қорғаныс пен автоматиканың жұмысындағы ақаулар мен қателерді анықтауға болады. Мақалада ұсынылған үлгі релелік қорғаныс және автоматика құралдарының зақымдануы кезінде дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себепін тез және дәл анықтауға мүмкіндік береді. Жұмыста соңғы жылдардағы статистикалық мәліметтер негізінде релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің негізгі сегіз ұйымдастырушылық себептерінің пайда болу ықтималдығы анықталды. Жүргізілген талдауға сәйкес, релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуі ықтималдығы жоғары ұйымдастырушылық себептерге байланысты туындайтыны анықталды: қажетті шараларды қолданбау немесе олардың уақтылы қабылданбауы, ондірістегі немесе орнатудағы кемшіліктер және басқа да себептер. Сондай-ақ осы мақалада авторлар энергия жүйесіндегі релелік қорғаныс пен автоматиканың сенімділігін арттыруға бағытталған ұсыныстар ұсынылды.*

*Кілтті сөздер: релелік қорғаныс, анық емес қатынас, себеп-салдар байланысы, техникалық себептер, матрица.*

## **Кіріспе**

Релелік қорғаныс және автоматика құрылғылары (РҚА) төтенше жағдайлар кезінде электр желілерінің жабдықтарын автоматты түрде өшіруде маңызды рөл атқарады. РҚА апаттық учаскені оқшаулауға және апаттың желінің басқа учаскелеріне таралуын болдырмауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде электр жабдықтарын үнемдейді және мүмкін болатын қауіптердің алдын алады [1]. Энергетикалық жүйелердегі электр жабдықтары маңызды және қымбат құрамдас болғандықтан, ішкі ақауларды тез анықтай алатын және қауіпсіз жұмыс істеуді қамтамасыз ететін сенімді және жылдам қорғаныс релелерін пайдалану өте маңызды [2, 3]. РҚА тиімді және жылдам әрекеті сәтсіздіктер жағдайында жүйе өнімділігінің нашарлауын болдырмауға көмектеседі. Релелік қорғанысты және автоматика құралдарын қолдану энергетикалық жүйелердегі электр жабдықтарының қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз етеді [4].

Энергетикалық жүйенің сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін релелік қорғаныс құрылғыларының жұмысын жүйелі түрде талдау қажет. Бұл олардың жұмысындағы ықтимал ақауларды анықтауға және оларды жою бойынша шаралар қабылдауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде энергия жүйесінің қауіпсіз және сенімді жұмысын қамтамасыз етеді. Релелік қорғаныс құрылғылары мен кешендерінің жұмысын талдау техникалық шешімдердің сәйкестігін тексеруді, құрылғылардың жұмыс көрсеткіштерін анықтауды, сонымен қатар техникалық есеп нәтижелерін қарауды қамтиды. Сондай-ақ жүйенің сенімді жұмыс істеуі үшін ұйымдастыру шараларының жеткіліктілігін тексеру қажет [5].

Бұл жұмыста релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының сенімділігін арттыру мақсатында анық емес қатынастар теориясына негізделген релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істеуінің ұйымдастырушылық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді және релелік қорғаныс құралдарының дұрыс жұмыс істеуінің ұйымдастырушылық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді және релелік қорғаныс құралдарының дұрыс жұмыс істеуінің ұйымдық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді және релелік қорғаныс құралдарының дұрыс жұмыс істеуінің ұйымдастырушылық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді және бұлыңғыр қатынастар теориясына қатысты ұсыныстар ұсынылды. электр жабдықтарына қызмет көрсететін персоналдың релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істеуінің ұйымдастырушылық себептері. Ұйымдастырушылық себептер деп РҚА

құрылғыларына техникалық қызмет көрсетудегі кемшіліктерден, РҚК нұсқаулығындағы кемшіліктерден, РҚК құрылғыларының параметрлерін есептеу мен таңдаудағы кемшіліктерден және т.б. туындаған РҚК құрылғысының дұрыс жұмыс істемеуі себептерін айтады [6].

### **Материалдар мен тәсілдер**

РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерін анықтау моделін жасау үшін біз анық емес себеп-салдар байланыстары бар теңдеулер жүйесін қолданамыз. Анық емес қатынастар – белгісіз, нақты емес және анық емес деректерді модельдеу үшін қолданылатын математикалық құрал. Жиынның әрбір элементіне белгілі бір мән берілген дәстүрлі қатынастардан айырмашылығы, анық емес қатынастар элементтер арасындағы қатынастарды көрсетуге мүмкіндік береді, мұнда мәндер анық емес немесе анық емес болуы мүмкін.

Жұмыс контекстінде анық емес қарым-қатынастар көрсетілген техникалық себеп туындаған кезде персоналдың әрбір түріне белгілі бір ұсыныстың ұсынылу дәрежесін сипаттау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл деректердің белгісіздігі мен анық еместігін есепке алуға және оларды болашақта неғұрлым негізделген шешімдер қабылдауға пайдалануға мүмкіндік береді [7].

РҚА құрылғысының дұрыс жұмыс істемеуі кезінде анықталған ақаулар келесідей болсын:

$y_1$  – кернеу трансформаторының қайталама тізбектеріндегі ажыратқыштың дұрыс жұмыс істемеуі, бұл қорғаныстың дұрыс жұмыс істемеуіне немесе оның блокталуына әкеліп соғады және аварияның салдарын ауырлатуы мүмкін;

$y_2$  – желідегі қысқа тұйықталу кезінде жабдықтың уақтылы тоқтатылмауына әкелетін қысқа тұйықталу токтарынан қорғаныстың бұзылуы;

$y_3$  – трансформатордың қызып кетуіне және оның істен шығуына әкелуі мүмкін шамадан тыс жүктеме қорғанысының істен шығуы;

$y_4$  – оқшауланған бейтарапты желілерде жерге тұйықталу қорғанысының істен шығуы, бұл жабдықтың бұзылуына, адамдардың кернеудің жоғарылауына әкелуі мүмкін;

$y_5$  – сыртқы қысқа тұйықталу және маңызды тұтынушыларды өшіру жағдайында жалған жұмыс істеуге әкелуі мүмкін қуат бағыты релесі дұрыс жұмыс істемеуі.

Ұйымдастырушылық себептердің тізімі:

$x_1$  – реле қорғаныс және автоматика құрылғыларына қызмет көрсетудегі кемшіліктер (реттеу және тексеру әдістемесінің кемшіліктері, сынау құрылғыларындағы кемшіліктер, техникалық қызмет көрсетуді белгіленген

мерзімде орындамау, ағымдағы жөндеу жұмыстарының көлемін нормативтік-техникалық құжаттарға сәйкес орындамау);

$x_2$  – РҚА бойынша нұсқаулардың кемшіліктері (РҚА бойынша қате нұсқаулар, РҚА бойынша нұсқаулықтардың болмауы, РҚА бойынша нұсқаулықтарға уақтылы енгізілмеуі);

$x_3$  – реле қорғаныс пен автоматика құрылғыларының параметрлерін есептеу мен таңдаудағы кемшіліктер (алғашқы деректердің дұрыс еместігі, есептеу әдістемесіндегі және баптауларды таңдаудағы кемшіліктер);

$x_4$  – қажетті шараларды қолданбау немесе оларды уақтылы қабылдамау (РҚА құрылғыларының қызмет ету мерзімін ұзарту немесе жабдығы мен қосалқы элементтерін ауыстыру, қосалқы бөлшектермен қамтамасыз ету, РҚА құрылғыларын орнату тапсырмасын шығару, орындау, орындау нормативтік құжаттардың және нұсқаулық құжаттаманың талаптарын, жобалау және жобалау ұйымдарымен, жабдықты өндірушімен, жедел диспетчерлік бақылау субъектісімен, анықталған ақауды немесе ақаулықты жою бойынша шараларды келісу);

$x_5$  – персоналдың қате немесе дұрыс емес әрекеттері (персоналдың қате немесе дұрыс емес әрекеттері);

$x_6$  – жобалаудың кемшіліктері (жобаның ақаулары);

$x_7$  – өндірістің немесе монтаждаудың кемшіліктері (конструкцияның, дайындаудың ақаулары, монтаж ақаулары);

$x_8$  – басқа себептер (басқа ұйымдастырушылық себептер, себеп анықталмаған);

$x_i$  и  $y_i$  арасында кейбір анықталмаған себептер бар  $rij = xi \rightarrow yi$ , элементтері бар кейбір R матрицасы ретінде ұсынылуы мүмкін  $rije \in [0,1]$ . Нақты кірістер (алғышарттар) мен шығулар (қорытындылар) X және Y кеңістігінде бұлыңғыр A және B жиындары ретінде қарастырылуы мүмкін [8].

Бұл анық емес жиындардың қатынасын келесідей белгілеуге болады

$$B = A \cdot R,$$

мұндағы «•» белгісі анық емес тұжырымдардың композиция ережесін білдіреді [9].

Бұл жағдайда қорытындыларға қатысты шешімнің бағыты ережелердің қорытындыларының бағытына кері болады, яғни диагностика кезінде R матрицасы (сарапшылық білім) және кірістер (немесе факторлар) бар. анықталады. Бұлыңғыр қатынастар теориясын пайдалана отырып, себеп-салдар байланыстарын талдап көрейік.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, анық емес қатынастар теориясын және ықтимал ұйымдастырушылық себептердің сараптамалық

бағасын пайдалана отырып, РРА дұрыс жұмыс істемеуі мен олардың ұйымдастырушылық себептері арасындағы анық емес қатынастар матрицаларының блок-схемасын құруға болады.

Кесте 1 – Ұйымдастыру себептері мен зақымдануы керек-жарақтар

		Ұйымдастырушылық себептер							
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
Зақым	$Y_1$	0.8	0.4	0.6	0.2	0.3	0.4	0.2	0.5
	$Y_2$	0.2	0.7	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.6
	$Y_3$	0.7	0.6	0.5	0.3	0.4	0.4	0.2	0.4
	$Y_4$	0.3	0.4	0.4	0.6	0.2	0.3	0.3	0.7
	$Y_5$	0.5	0.3	0.2	0.1	0.8	0.4	0.2	0.4

Себеп пен салдар арасындағы детерминистік қатынастар 1, байланыстың болмауы 0, басқа бұлыңғыр қатынастар 0 мен 1 арасындағы аралық мәндер ретінде қарастырылады. РҚА құрылғыларын пайдалану жөніндегі сарапшының себептері мен салдарының анық емес қатынастары түріндегі білімі мынадай түрге ие делік

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} Y_1 & Y_2 & Y_3 & Y_4 & Y_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_8 \end{matrix} & \left[ \begin{array}{ccccc} 0.8 & 0.2 & 0.7 & 0.3 & 0.5 \\ 0.4 & 0.7 & 0.6 & 0.4 & 0.3 \\ 0.6 & 0.3 & 0.5 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.8 \\ 0.4 & 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0.4 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.5 & 0.6 & 0.4 & 0.7 & 0.4 \end{array} \right] \end{matrix}, \quad (1)$$

Мұнда матрицаның әрбір элементі белгілі бір себептің (жолдың) белгілі бір ақауға (бағанға) сәйкес келу ықтималдығын білдіреді. Мысалы, бірінші жолдағы және бірінші бағандағы (0,8) элемент  $Y_1$  істен шығуы (кернеу трансформаторының қайталама тізбектеріндегі ажыратқыштың дұрыс жұмыс істемеуі), себебі  $X_1$  болса (релеге техникалық қызмет көрсетудің болмауы) 0,8 ықтималдығына ие екенін білдіреді).

РҚА пайдалануды ұйымдастыруды тексеру нәтижесінде сарапшы оның ұйымдық жағдайын ықтимал себептер мен салдарлардың келесі қатынастары арқылы бағалайды делік:

$$V = 0.8/Y_1 + 0.4/Y_2 + 0.6/Y_3 + 0.2/Y_4 + 0.3/Y_5. \quad (2)$$

Осы формуладағы 0.8 коэффициенті электр жабдығының техникалық жай-күйін жалпы бағалауға кернеу трансформаторының ( $y_1$ ) қайталама тізбектеріндегі Автоматты ажыратқыштың ақаулығының үлесін білдіреді. Қандай да бір ақаулық ( $Y$ ) алдында коэффициент мәні неғұрлым жоғары болса, бұл ақаулық жалпы бағалауға соғұрлым көп үлес қосады. Бұл жағдайда  $y_1$  ақаулығы трансформатордың техникалық күйіне әсер ететін негізгі себептердің бірі болып табылады, сондықтан оның коэффициенті басқа ақауларға қарағанда жоғары.

Мұның мүмкін себепін теңдеу негізінде анықтау қажет

$$A = a_1/X_1 + a_2/X_2 + a_3/X_3 + a_4/X_4 + a_5/X_5 + a_6/X_6 + a_7/X_7 + a_8/X_8.$$

Енгізілген бұлыңғыр жиындардың бұлыңғыр қатынастарының теңдеуін келесідей көрсетуге болады

$$[0.8 \ 0.4 \ 0.6 \ 0.2 \ 0.3] = [a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4 \ a_5 \ a_6 \ a_7 \ a_8] \cdot \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0.7 & 0.3 & 0.5 \\ 0.4 & 0.7 & 0.6 & 0.4 & 0.3 \\ 0.6 & 0.3 & 0.5 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.8 \\ 0.4 & 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0.4 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.5 & 0.6 & 0.4 & 0.7 & 0.4 \end{bmatrix},$$

Немесе бұлыңғыр баған векторлары түрінде транспозициялау арқылы



$$\begin{bmatrix} 0.8 \\ 0.4 \\ 0.6 \\ 0.2 \\ 0.3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} 0.8 & 0.4 & 0.6 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.5 \\ 0.2 & 0.7 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.6 \\ 0.7 & 0.6 & 0.5 & 0.3 & 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.4 & 0.6 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.7 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.8 & 0.4 & 0.2 & 0.4 \end{bmatrix}$$

(Max – min) – композицияны қолданған кезде (минимумнан максимумды алу) соңғы қатынас түрге айналады

$$\begin{aligned} 0.8 &= (0.8\lambda_{a_1}) \vee (0.4\lambda_{a_2}) \vee (0.6\lambda_{a_3}) \vee (0.2\lambda_{a_4}) \vee (0.3\lambda_{a_5}) \vee (0.4\lambda_{a_6}) \vee (0.2\lambda_{a_7}) \vee (0.5\lambda_{a_8}) \\ 0.4 &= (0.2\lambda_{a_1}) \vee (0.7\lambda_{a_2}) \vee (0.3\lambda_{a_3}) \vee (0.4\lambda_{a_4}) \vee (0.2\lambda_{a_5}) \vee (0.3\lambda_{a_6}) \vee (0.3\lambda_{a_7}) \vee (0.6\lambda_{a_8}) \\ 0.6 &= (0.7\lambda_{a_1}) \vee (0.6\lambda_{a_2}) \vee (0.5\lambda_{a_3}) \vee (0.3\lambda_{a_4}) \vee (0.4\lambda_{a_5}) \vee (0.4\lambda_{a_6}) \vee (0.2\lambda_{a_7}) \vee (0.4\lambda_{a_8}) \\ 0.2 &= (0.3\lambda_{a_1}) \vee (0.4\lambda_{a_2}) \vee (0.4\lambda_{a_3}) \vee (0.6\lambda_{a_4}) \vee (0.2\lambda_{a_5}) \vee (0.3\lambda_{a_6}) \vee (0.3\lambda_{a_7}) \vee (0.7\lambda_{a_8}) \\ 0.3 &= (0.5\lambda_{a_1}) \vee (0.3\lambda_{a_2}) \vee (0.2\lambda_{a_3}) \vee (0.1\lambda_{a_4}) \vee (0.8\lambda_{a_5}) \vee (0.4\lambda_{a_6}) \vee (0.2\lambda_{a_7}) \vee (0.4\lambda_{a_8}) \end{aligned}$$

Бұл анық емес теңдеулер жүйесінде  $\vee$  – логикалық максимум операциясы,  $\wedge$  – логикалық минимум операциясы.

Алынған теңдеулер жүйесін шеше отырып, біз келесі қорытындыларды аламыз.

Бұлыңғыр теңдеулер жүйесін шешуде бұлыңғыр жиындардың қатынасы қолданылады. Бұл жағдайда теңдеулер жүйесіндегі әрбір айнымалының бұлыңғыр мәні бар, яғни нақты сан емес, керісінше градация немесе мәндер ауқымы. Теңдеулер жүйесін шешуде « $\wedge$ » логикалық минимум операциясы, « $\vee$ » логикалық максимум операциясы және терістеу операциясы, анық емес жиындардың қатынасы сияқты анық емес логикалық операциялар қолданылады.

Теңдеулер жүйесін шешіп аламыз

$$\begin{aligned} 0.8 &\geq 0.8 \wedge a_1, a_1 \leq 1 \\ 0.4 &\geq 0.7 \wedge a_2, a_2 \leq 0.6 \\ 0.6 &\geq 0.7 \wedge a_1, a_1 \leq 0.86 \\ 0.2 &\geq 0.7 \wedge a_8, a_8 \leq 0.3 \\ 0.3 &\geq 0.8 \wedge a_5, a_5 \leq 0.4. \end{aligned}$$

Теңдеулер жүйесін шешу ықтимал ұйымдастырушылық себептердің келесі басымдық бағандық векторын (ББВ) береді.

## Кесте 2– басымдық бағанының векторы

№	Ұйымдастырушылық себеп	ББВ
1	Релелік қорғаныс құрылғыларына қызмет көрсетудің кемшіліктері	0,86
2	РҚА бойынша нұсқаулардың кемшіліктері	0,6

Ұйымдастырушылық себептің ықтималдығын анықтайық. Соңғы 4 жылдағы әрбір ұйымдастырушылық себептермен байланысты РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу жағдайларының саны туралы мәліметтерді болашақта техникалық себептердің әрқайсысының пайда болу ықтималдығын бағалау үшін пайдалануға болады (3-кесте) [10].

Болашақта әрбір ұйымдық себептердің ықтималдығын анықтау үшін біз релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуі жағдайларының абсолютті санын пайдаланамыз:

Ықтималдық = соңғы 4 жылдағы осы ұйымдық себеппен байланысты РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу жағдайларының саны / соңғы 4 жылдағы РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуі жағдайларының жалпы саны.

Соңғы 4 жылда релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу жағдайларының жалпы саны:  $1606 + 1669 + 1681 + 1657 = 6613$ .

Мысалы, бірінші себеп бойынша «Релелік қорғаныс құрылғыларына техникалық қызмет көрсетудегі кемшіліктер»:

$$\text{Ықтималдық} = 498 / 6613 = 0,075$$

Статистикалық деректер бойынша әрбір ұйымдық себептердің пайда болу ықтималдығын есептеу әрбір себеп бойынша ақаулардың қаншалықты жиі болатынын және олардың релелік қорғаныс жүйесі үшін қаншалықты маңызды екенін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл қандай себептерге көбірек көңіл бөлуді және олардың алдын алу үшін күш салуды қажет ететінін дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Ол болашақ сәтсіздіктердің ықтималдығын азайту үшін әрекеттерге басымдық беруге көмектеседі. Дегенмен, өткен жылдардағы шектеулі тарихи деректерге негізделгендіктен, ықтималдық болжамы нақты болмауы мүмкін екенін атап өткен жөн.

### Кесте 3 – Реле қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдастырушылық себептері

№	РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерінің атауы	Код	2019	2020	2021	2022	Жалпы	Ықтималдық	Ықтималдық, %
1	Реле қорғаныс құрылғыларына қызмет көрсетудің кемшіліктері	201 202 203 204	100	109	124	165	498	0,075	7,5
2	РҚА бойынша нұсқаулардың кемшіліктері	205 206 207	20	25	19	16	80	0,012	1,2
3	РҚА құрылғыларының орнату параметрлерін (баптауларын) есептеу және таңдаудың кемшіліктері	208 209	15	33	19	27	94	0,014	1,4
4	Қажетті шараларды қолданбау немесе олардың уақтылы қабылданбауы	210 211 212 213 214 215	414	446	501	472	1833	0,277	27,7
5	Персоналдың қате немесе дұрыс емес әрекеттері	216	192	175	179	165	711	0,108	10,8
6	Жоба кемшіліктері	217	52	28	37	36	153	0,023	2,3
7	Өндірістің немесе монтаж кемшіліктері	218 219	264	243	289	262	1058	0,160	16,0
8	Прочие причины	220 221	549	610	513	514	2186	0,331	33,1

#### Нәтижелер және талқылау

Осы деректер негізінде РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеу қаупін азайту үшін ықтимал әрекеттерді қарастыруға болады. Біріншіден, сіз қандай себептердің ең ықтимал екенін анықтап, олардың алдын алуға назар аударуыңыз керек. Бұл жағдайда ықтималдық тұрғысынан ең ықтимал себептер 4, 7 және 8 болып табылады.

Релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуінің 4, 7 және 8-ші ұйымдастырушылық себептерінің пайда болу ықтималдығы жоғары. Осыған сүйене отырып, жағдайды жақсарту үшін қабылданатын қосымша шараларды қарастыру керек:

– №4 ұйымдастырушылық себептерге байланысты тозған бөлшектерді уақтылы жөндеуді және ауыстыруды жақсы ұйымдастыру ұсынылады. Сондай-ақ, ақауларды тез анықтауға және РРА құрылғыларының дұрыс жұмыс істемеуіне дер кезінде жол бермеуге мүмкіндік беретін қосымша тексерулер жүргізу мүмкіндігін қарастыруға болады.

– № 7 техникалық себептерге байланысты дайындалған немесе орнатылған схемалар мен құрылғыларды мұқият тексеру, диагностикалау ұсынылады. Сондай-ақ, істен шыққан жағдайда ақаулы тізбектің сақтық көшірмесін жасай алатын артық, артық тізбектерді қосымша сынау қарастырылуы мүмкін.

– № 8 техникалық себеп бойынша РҚА құрылғыларының жұмысындағы ақауларды тудыратын себептерге тереңірек талдау жасау, РҚА құрылғылары жұмыс істегеннен кейін мұқият талдау жүргізу ұсынылады. Сондай-ақ, нақты қысқа тұйықталулардың қолда бар авариялық осциллограммаларымен зертханалық жағдайларда қосымша тексерулер жүргізу, модельдеу мүмкіндігін қарастыруға болады, бұл қорғаныс схемалары мен логикасындағы кемшіліктерді анықтай алады және сол арқылы РҚА-ның дұрыс жұмыс істеуіне жол бермейді. болашақ. Сонымен қатар, қызметкерлерді РҚА құрылғыларына техникалық қызмет көрсету және диагностикалау бойынша оқытуды жүйелі түрде жүргізу, сондай-ақ ұсыныстардың орындалуын бақылау ұсынылады.

### **Қорытынды**

Бұл жұмыста бұлыңғыр себеп-салдар байланыстары бар теңдеулер жүйесін пайдалана отырып, релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істеуінің ұйымдастырушылық себептерін анықтауға арналған модель әзірленді. Бұлыңғыр байланыстар теориясын және ықтимал зақымдану себептерін сарапшылық бағалауды пайдалана отырып, зақымданулар мен олардың ұйымдық себептері арасындағы анық емес байланыстар матрицасының блок-схемасы құрастырылды. Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, электр жабдықтарында немесе РРА құрылғыларында ақаулардың кейбір белгілері болса, сондай-ақ осы белгілердің лингвистикалық анық емес бағасы болса, сарапшылар РРА құрылғыларының жұмыс істеуіне себеп болған техникалық себептер туралы негізгі қорытындыларды жасай алады. Ұсынылған модель РРА құрылғыларының белгілі бір зақымданулар кезінде дұрыс жұмыс істеуінің техникалық себепін тез және дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының дұрыс жұмыс істеуінің негізгі 8 ұйымдық себепінің пайда болу ықтималдығы соңғы жылдардағы статистикалық мәліметтер бойынша анықталды. Жүргізілген талдауға сәйкес, релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс жұмыс істеуінің жоғары ықтималдығы ұйымдастырушылық себептерге байланысты туындайтыны анықталды: қажетті шараларды қолданбау немесе олардың уақтылы қабылданбауы; өндірістегі немесе орнатудағы кемшіліктер; басқа себептер (тиісінше 27,7 %, 16 %, 33,1 %). РҚА құрылғыларының дұрыс жұмыс істеуінің ұйымдастырушылық себептерін талдауға сәйкес РҚА

сенімділігін арттыруға бағытталған ұсыныстар ұсынылады. Кадрлар үшін өндіруші зауыттың оқу орталықтарында білім деңгейін және техникалық даярлығын арттыру ұсынылады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Ataei, M. A.** Multi-agentbased protection scheme using current-only directional overcurrent relays for looped/meshed distribution systems / M. A. Ataei, M. Gitizadeh, M. Lehtonen, R. Razavi-Far // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2022. – № 16. – P. 1567–1581.

2 **Bkhaitawi, A. H.** Presenting an adaptive restraint method to improve performance of ground differential protection of power transformer / A.H. Bkhaitawi, A. A. Abdoos, A. Ebadi // International Journal of Engineering. – 2022. – № 35. –P. 2213–2219.

3 **Gurevich, V.** Reliability of microprocessor-based relay protection devices: Myths and reality / V. Gurevich // Serbian Journal of Electrical Engineering. – 2009. № 6. – P. 167–186.

4 **Ying, L.** Research on state evaluation and risk assessment for relay protection system based on machine learning algorithm / L. Ying, Y. Jia, W. Li // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2020. – № 14. – P. 3619–3629.

5 ГОСТ Р 56865-2016. Оперативно-диспетчерское управление. релейная защита и автоматика. технический учет и анализ функционирования. – М. : Стандартинформ, 2016. – С. 22.

6 Инструкция по учету и оценке работы релейной защиты и автоматика электрической части энергосистем: РД 34.35.516-89. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1990. – С. 27.

7 Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide COPYRIGHT. 1995–2016.

8 **Манусов, В. З.** Анализ технического состояния электрооборудования систем электроснабжения на основе нечетких признаков / В. З., Манусов, Д. С., Ахъев, Д. В. Орлов // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2017. – № 3. – С. 109–123.

9 **Manusov, V. Z.** Technical diagnostics of electric equipment with the use of fuzzy logic models / V. Z., Manusov, J. S. Ahyoev // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – № 792. – P. 324–329. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.792.324>.

10 [Электронный ресурс]. – <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-base/rza/rza-account-analys/rza-results-info/2022/>

## REFERENCES

1 **Ataei, M. A.** Multi-agentbased protection scheme using current-only directional overcurrent relays for looped/meshed distribution systems / M.A. Ataei, M. Gitizadeh, M. Lehtonen, R. Razavi-Far // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2022. – № 16. – P. 1567–1581.

2 **Bkhaitawi, A. H.** Presenting an adaptive restraint method to improve performance of ground differential protection of power transformer / A.H. Bkhaitawi, A. A. Abdoos, A. Ebadi // International Journal of Engineering. – 2022. – № 35. – P. 2213–2219.

3 **Gurevich, V.** Reliability of microprocessor-based relay protection devices: Myths and reality / V. Gurevich // Serbian Journal of Electrical Engineering. – 2009. – № 6. – P. 167–186.

4 **Ying, L.** Research on state evaluation and risk assessment for relay protection system based on machine learning algorithm / L. Ying, Y. Jia, W. Li // IET Generation, Transmission & Distribution. – 2020. – № 14. – P. 3619–3629.

5 GOST R 56865-2016. Unified energy system and isolated energy systems. Operational dispatch control. Relay protection and automation. Technical accounting and analysis of functioning [Operativno\_dispatcherskoe upravlenie. releinaya zaschita i avtomatika. tehniceskii uchet i analiz funkcionirovaniya]. – Moscow : Standartinform, 2016. – P 22.

6 Instructions for recording and evaluating the operation of relay protection and automation of the electrical part of power systems: RD 34.35.516-89 [Instrukciya po uchetu i ocenke raboti releinoi zaschiti i avtomatiki elektricheskoi chasti energosistem]. – Moscow : SPO Soyuztehenenergo, 1990. – P 27.

7 Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide COPYRIGHT. 1995–2016.

8 **Manusov, V. Z.** Analiz tehniceskogo sostoyaniya elektrooborudovaniya sistem elektrosnabjeniya na osnove nechetkih priznakov [Analysis of the technical condition of electrical equipment of power supply systems based on fuzzy features] / V.Z. Manusov, D.S. Akhyoev, D.V. Orlov // Collection of scientific papers of the Novosibirsk State Technical University. – 2017. – No. 3. – P. 109–123.

9 **Manusov, V. Z.** Technical diagnostics of electric equipment with the use of fuzzy logic models / V.Z., Manusov, J. S. Ahyoev // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – № 792. – P. 324–329. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.792.324>.

10 [Electronic resource]. – <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-base/rza/rza-account-analys/rza-results-info/2022/>

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

\*Г. Ерболкызы<sup>1</sup>, А. Б. Вахитова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет

имени С.Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана

Принято к изданию 28.11.23.

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ПРИЧИН НЕПРАВИЛЬНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ ОТНОШЕНИЙ**

*В данной научной статье рассмотрены организационные причины неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики в энергетической системе. Разработана модель определения организационных причин неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики с использованием системы уравнений с нечеткими причинно-следственными отношениями. При решении системы уравнений определен вектор столбец приоритетности возможных организационных причин, на основе которого можно выявить неисправности и ошибки в работе релейной защиты и автоматики. Предложенная в статье модель позволяет быстро и точно определить организационную причину неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики при возникновении повреждений. В работе, на основе статистических данных за последние годы, была определена вероятность возникновения основных восьми организационных причин неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики. Согласно проведенному анализу установлено, что высокая вероятность неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики возникает из-за организационных причин: непринятие необходимых мер или несвоевременное их принятие, недостатки производства или монтажа, прочие причины. Также в данной статье авторы представили рекомендации, направленные на повышение надежности релейной защиты и автоматики в энергосистеме.*

*Ключевые слова: релейная защита, нечеткая связь, причинно-следственная связь, технические причины, матрица.*

\*G. Yerbolkyzy<sup>1</sup>, A. Uakhitova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University,

Republic of Kazakhstan, Astana,

Accepted for publication on 28.11.23

---

**DEVELOPMENT OF A MODEL FOR IDENTIFYING ORGANIZATIONAL CAUSES OF MALFUNCTIONS IN PROTECTION RELAYS AND AUTOMATION DEVICES USING FUZZY RELATION THEORY**

*This scientific article explores the organizational causes of malfunctions in protection relays and automation devices in the energy system. A model for identifying organizational causes of malfunctions in protection relays and automation devices is developed using a system of equations with fuzzy causality relations. By solving the system of equations, a priority vector of possible organizational causes is determined, which allows detecting faults and errors in the operation of protection relays and automation devices. The proposed model in the article enables a quick and accurate identification of the organizational cause of malfunction in the event of damage. Based on statistical data from recent years, the work determines the probability of the eight main organizational causes of malfunction in protection relays and automation devices. The analysis shows that the high probability of malfunction in protection relays and automation devices arises from organizational causes such as failure to take necessary measures or delayed action, production or installation defects, among others. The article also proposes recommendations to improve the reliability of protection relays and automation devices in the power system.*

*Also in this article, the authors presented recommendations aimed at improving the reliability of relay protection and automation*

*Keywords: relay protection, fuzzy connection, cause-and-effect relationship, technical reasons, matrix.*



Теруге 28.11.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.12.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4175

Сдано в набор 28.11.2023 г. Подписано в печать 29.12.2023 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4175

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz