

**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

№ 3 (2022)

ПАВЛОДАР

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/AFHU6838>

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

МАЗМҰНЫ

Амренова Д. Т., Барукин А. С., Калтаев А. Г.
Ажыратқыш істен шыққан кезде резервтеу құрылғыларын талдау 11

Байкадамова А. М.
Жаркент геотермалдық су кен орнының перспективті учаскілерінің геотермалдық суларының жылу энергетикалық әлеуетін бағалау 22

Дундуков М. М., Дубинец Н. А., Марковский В. П., Абдрахманов Б. Т., Габдулов А. У.
Феррокорытпаларды өндіру кезінде рудотермиялық пешті тиімді пайдалану 35

Звонцов А. С., Кислов А. П.
Цифрлық байланыс жүйелеріндегі торларды кодтаудың тиімділігін бағалау 45

Исабеков Д. Д.
Қуат трансформаторындағы май деңгейін бақылау 61

Исабеков Ж. Б., Исабекова Б. Б., Жантілесова А. Б., Жалмагамбетова У. К.
Таратушы электр желілеріндегі электр энергиясының коммерциялық шығындары 70

Исенов С. С., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. Қ., Шерязов С. Қ.
Жел энергиясын зерттеу автономиялы электр қамтамасыз жүйесінде 80

Искаков Р. М., Кубентаева Г. К., Қасым Р. Т., Акаев А. М.
Конвективті жылу беру ортасын электр жылытуының сипаттамасы 98

Кулакаева А. Е., Самсоненко А. И., Онгенбаева Ж. Ж., Қойшыбай С. С., Камал Р. Ж.
Белсенді фазаланған антенна торының қуат бөлгішін зерттеу 110

Мехтиев А. Д., Бузяков Р. Р., Шапенова З. Р.
Төмен қысымды бу электр жылытқышы 123

Мукат А. К.
Қысқартуықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштардың энерготиімділігін жоғарлату тәсілі 135

Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Приходько Е. В., Арипова Н. М., Карманов А. Е.
Құю шөміштерінің футеровкасының жұмысын талдау 142

Оразова Д. К., Лукпанов Р. Е., Сапенова Ж. К., Тлеуленова Г. Т.
Қазақстандағы жел энергетикалық қондырғысының негіздері мен іретасын зерттеу 155

Риттер Е. С., Савостин А. А., Риттер Д. В., Кошеков К. Т., Савостина Г. В. Айна рефлекторларының көмегімен микротолқынды сәулеленуді фокустау.....	165
Сарсикеев Е. Ж., Оразбекова А. К., Сулейменова Г. О. Бетон мен темірбетонда тұтану моделін жасау және электр разрядтарын дамыту.....	176
Ускенбаев Д. Е., Ногай А. С., Ускенбаев А. Д., Жетписбаев К. У., Турмантай С. Балқымадан алынатын жоғары температуралы асқын өткізгіш қосылыстардың түзілуіне және қасиеттеріне жағдайлардың әсерін зерттеу.....	187
Шарипова С. Е., Аканова А. С., Оспанова Н. Н., Шарипов Е. Б. Бидай өнімділігін болжау үшін кіріс деректерді қалыпқа келтіру зонтық желкенді электр станциясының жел энергиясын түрлендіру технологиясының және конструкциясының сипаттамасы.....	202
Шоланов К. С., Омаров А. С. Зонтық желкенді электр станциясының жел энергиясын түрлендіру технологиясының және конструкциясының сипаттамасы.....	211
Шумейко И. А., Касенов А. Ж., Нуркимбаев С. М. Аз қуаттылығы жоғары тиімді жел энергетикалық қондырғы дауылдан қорғанысымен.....	224
Юсупова Ә. О., Потапенко А. О. Сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштерін өлшеудің қолданыстағы схемаларын талдау.....	244
Кузнецова Н. С., Атякшева А. В., Рыбкина Н. В., Атякшева А. Д., Қоршаған ортаның қасиеттерін және арматуралық қаңқаның геометриясын ескере отырып, бетон мен темірбетондағы стохастикалық разрядты арналарды тұтату және дамыту моделін өзірлеу.....	254
Наубетов Д. А., Якубова М. З., Мирзакулова Ш. А., Т. Ф. Сериков Желілік қатынау трафигін бағалаудың параметрлік емес критерийлері.....	265
Нефтисов А. В., Саринова А. Ж., Талипов О. М., Кириченко Л. Н., Казамбаев И. М. Ашық архитектурада микропроцессорлы реле қорғау құрылғыларын құру мүмкіндігі.....	277
Жабалова Г. Г., Онищенко О. Н., Камарова С. Н., Леликова О. Н. «Арселормиттал Теміртау» АҚ 2-ЖЗО жағдайында күл-қож шығару жүйесін қайта жаңарту.....	293

Жакупов А. Н., Жакупова А. Т., Богомолов А. В. 09Г2С болатынан өнімдердің электромагнеттік параметрлерінің олардың механикалық қасиеттеріне тәуелділігі.....	304
Авторлар туралы ақпарат.....	313
Авторларға арналған ережелер.....	331
Жарияланым этикасы.....	342

СОДЕРЖАНИЕ

Амренова Д. Т., Барукин А. С., Калтаев А. Г. Анализ устройств резервирования при отказе выключателя.....	11
Байқадамова А. М. Оценка теплоэнергетического потенциала геотермальных вод перспективных участков жаркентского месторождения геотермальных вод.....	22
Дундуков М. М., Дубинец Н. А., Марковский В. П., Абдрахманов Б. Т., Габдулов А. У. Эффективное использование рудно-термической печи при производстве ферроспалов.....	35
Звонцов А. С., Кислов А. П. Оценка эффективности решетчатого кодирования в цифровых системах связи.....	45
Исабеков Д. Д. Контроль уровня масла в силовом трансформаторе.....	61
Исабеков Ж. Б., Исабекова Б. Б., Жантлесова А. Б., Жалмагамбетова У. К. Коммерческие потери электрической энергии в распределительных электрических сетях.....	70
Исенов С. С., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Шерьязов С. К. Исследование ветроустановки в системе автономного электроснабжения.....	80
Искаков Р. М., Кубентаева Г. К., Қасым Р. Т., Акаев А. М. Характерные особенности электронагрева теплопередающей среды конвективной сушилки.....	98
Кулакаева А. Е., Самсоненко А. И., Онгенбаева Ж. Ж., Қойшыбай С. С., Камал Р. Ж. Исследование делителя мощности активной фазированной антенной решетки.....	110
Мехтиева А. Д., Бузяков Р. Р., Шапенова З. Р. Паровой электрообогреватель низкого давления.....	123
Мукат А. К. Способ повышения энергоэффективности асинхронных двигателей с коротко замкнутым ротором.....	135
Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Приходько Е. В., Арипова Н. М., Карманов А. Е. Анализ работы футеровок разливочных ковшей.....	142
Оразова Д. К., Лукпанов Р. Е., Сапенова Ж. К., Тлеуленова Г. Т. Исследование оснований и фундаментов ветроэнергетической установки в Казахстане.....	155

Риттер Е. С., Савостин А. А., Риттер Кошекков К. Т., Савостина Г. В. Фокусировка микроволнового излучения с помощью зеркальных рефлекторов.....	165
Сарсикеев Е. Ж., Оразбекова А. К., Сулейменова Г. О. Создание модели зажигания и развития электрических разрядов в бетоне и железобетоне.....	176
Ускенбаев Д. Е., Ногай А. С., Ускенбаев А. Д., Жетписбаев К. У., Турмантай С. Исследование влияния условий на образование и свойства висмутовых высокотемпературных сверхпроводящих соединений, получаемых из расплава.....	187
Шарипова С. Е., Аканова А. С., Оспанова Н. Н., Шарипов Е. Б. Нормализация входных данных для прогнозирования урожайности пшеницы.....	202
Шоланов К. С., Омаров А. С. Описание конструкции и технологии преобразования энергии ветра электростанцией с зонтовым парусом.....	211
Шумейко И. А., Касенов А. Ж., Нуркимбаев С. М. Высокоэффективная ветроэнергетическая установка малой мощности с буревой защитой.....	224
Юсупова А. О., Потапенко А. О. Анализ существующих схем измерения емкостных измерительных преобразователей.....	244
Кузнецова Н. С., Атякшева А. В., Рыбкина Н. В., Атякшева А. Д. Разработка модели зажигания и развития стохастических разрядных каналов в бетоне и железобетоне с учетом свойств окружающей среды и геометрии арматурного каркаса.....	254
Наубетов Д. А., Якубова М. З., Мирзакулова Ш. А., Сериков Т. Ф. Непараметрические критерии оценки тенденции сетевого трафика доступа.....	265
Нефтисов А. В., Саринова А. Ж., Талипов О. М., Кириченко Л. Н., Казамбаев И. М. Возможность построения микропроцессорных устройств релейной защиты на открытой архитектуре.....	277
Жабалова Г. Г., Онищенко О. Н., Камарова С. Н., Леликова О. Н. Реконструкция системы золошлакоудаления в условиях ТЭЦ-2 АО «Арселормиттал Темиртау».....	293

Жакупов А. Н., Жакупова А. Т., Богомолов А. В.
 Зависимость электромагнитных параметров
 изделий из стали 09Г2С от их механических свойств304

Сведения о авторах313

Правила для авторов331

Публикационная этика342

CONTENT

Amrenova D. T., Barukin A. S., Kaltaev A. G.
 Analysis of redundancy devices in the failure of the breaker 11

Baikadamova A. M.
 Assessment of the thermal energy potential of geothermal
 waters of promising areas of the Zharkent geothermal water field.....22

**Dundukov M. M., Dubinets N. A., Markovskiy V. P.,
 Abdrakhmanov B. T., Gabdulov A. U.**
 Efficient use of the ore-thermal furnace in the production of ferrospals35

Zvontsov A. S., Kislov A. P.
 Evaluation of trellis-coded modulation efficiency in digital
 communication systems45

Issabekov D. D.
 Monitoring the oil level in the power transformer61

**Issabekov J. B., Issabekova B. B.,
 Zhantlessova A. B., Zhalmagambetova U. K.**
 Commercial losses of electric energy in distributive electric networks70

Issenov S. S., Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Sheryazov S. K.
 Wind power research In the system of autonomous power supply80

Iskakov R. M., Kubentaeva G. K., Kasym R. T., Aksev A. M.
 Characteristic features of the electric heating
 of the heat transfer medium of a convective dryer98

**Kulakayeva A. Ye., Samsonenko A. I., Ongenbaeva Zh. Zh.,
 Koysyhybai S. S., Kamal R. Zh.**
 Research of the power divider of the active phased antenna array 110

Mekhtiev A. D., Buzyakov R. R., Shapenova Z. R.
 Low pressure steam electric heater.....123

Mukat A. K.
 A method for improving the energy efficiency |
 of asynchronous motors with a short-circuited rotor135

**Nikiforov A. S., Kinzhibekova A. K., Prikhodko E. V.,
 Aripova N. M., Karmanov A. E.**
 Analysis of the lining of filling ladles142

Orazova D. K., Lukpanov R. E., Sapenova Zh. K., Tleulenova G. T.
 Research of the grounds and foundations
 of a wind power plant in Kazakhstan155

**Ritter E. S., Savostin A. A., Ritter D. V.,
 Koshekov K. T., Savostina G. V.**
 Focusing microwave radiation using mirror reflectors165

Sarsikeyev Ye. Zh., Orazbekova A. K., Suleimenova G. O.
 Creating a model of ignition and development
 of electric discharge in concrete and reinforced concrete176

Uskenbaev D., Nogai A., Uskenbaev A., Zhetpibayev K., Tursyntay Serua	
Investigation of the influence of conditions on the formation and properties of bismuth high-temperature superconducting compounds obtained from the melt.....	187
Sharipova S., Akanova A., Ospanova N., Sharipov Ye.	
Normalization of input data for wheat yield prediction.....	202
Sholanov K. S., Omarov A. S.	
Description of the construction and technology of wind energy conversion by the power plant with an umbrella sail.....	211
Shumeiko I. A., Kassenov A. Zh., Nurkimbayev S. M.	
Highly efficient low-power wind power plant with storm protection.....	224
Yussupova A. O., Potapenko A. O.	
Analysis of existing measurement schemes of capacitive measuring transducers.....	244
Kuznetsova N. S., Atyaksheva A., Ryvkina N. V., Atyaksheva An.,	
Model achievement for ignition and development of stochastic discharge channels in concrete and reinforced concrete taking into account the properties of the medium and the geometry of the reinforcing frame.....	254
Naubetov D. A., Yakubova M. Z., Mirzakulova S. A., Serikov T. G.	
Nonparametric criteria for assessing the trend of network access traffic.....	265
Neftisov A. V., Sarinova A. Zh., Talipov O. M., Kirichenko L. N., Kazambaev I. M.	
Possibility of building microprocessor relay protection devices on open architecture.....	277
Zhabalova G. G., Onishchenko O. N., Kamarova S. N., Lelikova O. N.	
Reconstruction of the ash and slag removal system in CHP-2 of JSC «Arselormittal Temirtau»	293
Zhakupov A., Zhakupova A., Bogomolov A.	
Dependence of electromagnetic parameters of products from steel 09G2S on their mechanical properties.....	304
Information about the authors.....	313
Rules for authors	331
Publication ethics.....	342

<https://doi.org/10.48081/WZBW5273>

***Д. Т. Амренова¹, А. С. Барукин², А. Г. Калтаев³**

^{1,2,3}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПРИ ОТКАЗЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Упоминается, что устройства резервирования при отказе выключателя широко используются уже на протяжении последних 50 лет. Констатируется, что эти устройства обладают одними из самых низких показателей надежности срабатывания среди всех устройств релейной защиты и автоматики. Приводятся процентные показатели неправильных действий устройств резервирования при отказе выключателя, а также основные причины их возникновения. Анализируются три устройства резервирования при отказе выключателя. Первое из них отличается от известных ускоренным отключением короткого замыкания и блокировкой действия устройства путем использования реле снижения тока, второе – использованием датчика срабатывания, прикрепляемого к элементу привода выключателя, третье – увеличением выдержки времени резервных защит генератора. Рассматриваются структурные схемы этих устройств и их работа при возникновении коротких замыканий в электроустановках. Отмечается, что в первом устройстве последовательное включение элементов не только улучшает надежность несрабатывания, но одновременно с этим ухудшает надежность срабатывания. Во втором устройстве некоторые вопросы вызывает механическая прочность введенного датчика срабатывания. Увеличение выдержки времени резервных защит генератора, используемое при реализации третьего устройства, повышает вероятность больших разрушений.

Ключевые слова: УРОВ, выключатель, отказ, надежность срабатывания, надежность несрабатывания, пусковой орган.

Введение

Отказ выключателя является одним из видов повреждений, которые могут возникнуть в электроэнергетической системе. Под отказом выключателя

подразумевают неспособность выключателя разомкнуть свои контакты тогда, когда релейная защита (РЗ) посылает сигнал на его отключение. В результате протекание тока короткого замыкания (КЗ) по электроустановке не прекращается, в этом случае необходимо как можно быстрее отключить другие выключатели (смежные с отказавшим). Для этого в комплект защиты выключателя вводится функция (алгоритм), формирующая команду на отключение других выключателей, называемая устройством резервирования при отказе выключателя (УРОВ) [1].

УРОВ широко применяются уже на протяжении последних 50 лет [2]. УРОВ предназначены для ликвидации повреждений (сопровождающихся отказом выключателей) с минимальными потерями [3] и относятся к системе ближнего резервирования [4–6]. Благодаря УРОВ обеспечивается отключение всех ближайших к отказавшему выключателей, тем самым повреждение локализуется [2; 4]. Согласно [7], все электроустановки напряжением 110–500 кВ должны оснащаться УРОВ.

Неправильные действия (ложные и излишние срабатывания) УРОВ чреваты тяжелыми последствиями для энергосистемы и ее потребителей в целом, т.к. могут вызывать нарушение работы электрической станции (подстанции). Для предотвращения ложной работы устройство снабжается двумя независимыми друг от друга пусковыми органами (ПО). Роль первого ПО выполняет РЗ присоединения, вторым является пусковое устройство (выполняется с помощью реле напряжения или тока), отстраиваемое от тока КЗ [5]. УРОВ запускается при действии РЗ присоединения и имеет выдержку времени большую, чем время отключения выключателя присоединения – если выключатель присоединения не отключился, то УРОВ отключает смежные с ним выключатели, по которым протекает ток КЗ [3]. Для того, чтобы УРОВ не действовало при нормальном отключении выключателя, уставка времени срабатывания выбирается из условия [5]:

$$t_{\text{УРОВ}} = t_{\text{откл.в}} + t_{\text{РЗ}} + t_{\text{РВ}} + t_{\text{зап.}}$$

где $t_{\text{откл.в}}$ – время отключения выключателя; $t_{\text{РЗ}}$ – время возврата РЗ; $t_{\text{РВ}}$ – время, учитывающее погрешность реле времени УРОВ; $t_{\text{зап.}}$ – время запаса.

Выдержка времени УРОВ варьируется в пределах $t_{\text{УРОВ}} = 0,3-0,5$ с [5].

УРОВ должны, в зависимости от топологических схем (мостик, четырехугольник, две системы шин и т.д.), от места повреждения и отказавшего выключателя, реагировать избирательно и посылать сигналы на отключение разных выключателей [2].

Материалы и методы

Несмотря на простоту принципа действия УРОВ [8], на практике построение реальных схем устройства является трудоемким процессом, а сами схемы получаются довольно сложными. Сложность схем обусловлена непрерывной работой по повышению надежности устройств, т.е. для того, чтобы достичь снижения (в идеале исключения) количества ложных и излишних срабатываний, схемы устройства постоянно совершенствуются [3] (как правило, при этом увеличивается количество элементов).

Процент неправильных действий УРОВ составляет 20–30 % [2]. Можно выделить несколько основных причин неправильных действий УРОВ [2]:

- при выводе защиты из работы из-за ее неисправности или по режиму оперативный персонал не отключает пуск УРОВ от этой защиты. В дальнейшем при ее излишнем срабатывании происходит неправильное действие УРОВ;

- при отключении присоединения и не отключенных защитах во время проверки исправности токовых цепей первичным током срабатывают защиты и с учетом появления тока в трансформаторах тока происходит ложная работа УРОВ;

- после отключения выключателя реле из-за механических повреждений (изнашивание контактов, сгорание катушки и т.д.) не возвращаются в исходное до срабатывания состояние;

- сложность исполнения оперативных схем УРОВ, за счет большого количества переключателей выявление всех возможных ошибок при проверке схемы затруднительно.

Для предупреждения выше перечисленных причин неправильных действий УРОВ на практике используют две типовые схемы устройства, которые отличаются друг от друга способами предотвращения этих действий. В первой схеме используют реле положения «Включено» выключателя с дублированием пуска от защиты, во второй контролируют исправность выключателя (для этого подают сигнал на его отключение [3]).

Большинство разработок по УРОВ были выполнены в начале второй половины 20-го века. В основу используемых в настоящее время схем легли разработки [9–11] коллектива (А. Б. Барзам, А. М. Федосеев, Э. П. Смирнов, В. М. Ермоленко, Б. Я. Смелянская, Н. Е. Рибель, В. Н. Красева, Е. В. и др.) «Сектор релейной защиты и устойчивости Теплоэлектропроект» (СРЗиУ ТЭП), который в последующем был переименован в «Отдел релейной защиты, автоматики, устойчивости и моделирования Энергосетьпроект» (ОРЗАУМ ЭСП). В Великобритании в этом направлении известны, например, работы А. Р. Варрингтона [12, 13]. Устройство [14] лучше и надежнее предшествующих

– оно более компактное, не имеет обходных схем, использует меньшее количество реле-повторителей.

УРОВ обладают одними из самых низких показателей надежности срабатывания среди всех устройств релейной защиты и автоматики. Согласно [15], вероятность отказа в срабатывании УРОВ равна $q_{\text{УРОВ}} = 36 \cdot 10^{-3}$ что является вторым показателем по ненадежности (менее надежными являются только устройства автоматического включения резерва).

Целью новых разработок УРОВ является повышение надежности несрабатывания. Для этого вводят всевозможные виды блокировок [2], для каждого выключателя в схему защиты вводятся по два токовых реле (с последовательно соединенными контактами) [5].

Результаты и обсуждение

В [16] автор предлагает ускоренное отключение КЗ и блокировку действия УРОВ путем использования реле снижения тока, т.е. в момент начала отключения выключателя реле снижения тока срабатывает и тем самым разрывает цепь формирования сигнала, посылаемого на реле времени, поэтому выдержка времени выбирается без учета времени работы выключателя.

В структурную схему устройства [16] входят (рисунок 1): присоединения 1-3, подключенные к шинам 4 с помощью выключателей 5-7, соответственно; ТТ 8, вторичной обмоткой подключенный к входу блока 9 РЗ присоединения 1 и к входу реле 10 тока; блок 11 выходных реле; первый 12 (И1) и второй 13 (И2) логические элементы И; реле 14 времени и реле 15 снижения тока.

Устройство [16] работает следующим образом. При КЗ в зоне действия РЗ присоединения 1 (точка К1) запускается блок 9 РЗ и посылает сигнал на отключение выключателя 5. Одновременно срабатывает реле 10 тока и со своего первого выхода посылает сигнал на второй вход логического элемента И 12, на первый вход которого сигнал поступает с выхода блока 9. Элемент И 12 посылает дополнительный сигнал на отключение выключателя 5. Если выключатель 5 отказал в отключении, то через логический элемент И 13, на входы которого сигналы поступают с выхода логического элемента И 12 и с выхода реле 15 снижения тока, запускается реле 14 времени, по истечении выдержки времени подающее сигнал на блок 11. Последний посылает сигналы в цепи отключения выключателей 5-7.

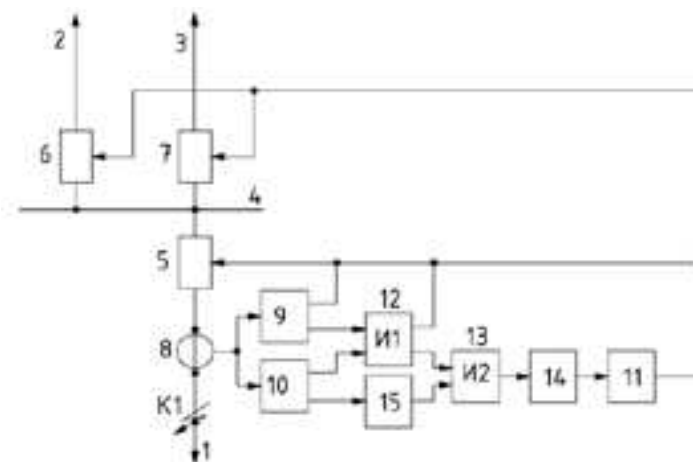


Рисунок 1 – Структурная схема УРОВ

Если выключатель 5 отключится от сигнала блока 9 РЗ и дублирующего сигнала от элемента И 12, то ток в реле 10 протекать не будет. Реле 15 снижения тока срабатывает (размыкает свои контакты), тем самым на входах логического элемента И 13 сигналы будут отсутствовать. Следовательно, реле 14 времени и блок 11 выходных реле не запускаются. УРОВ не работает.

Устройство [16] обеспечивает ускоренную локализацию места повреждения при КЗ, необходимую для повышения стабильности работы энергосистемы. Введение дополнительных последовательно включенных элементов (по схеме И), как известно, улучшает функции несрабатывания, но при этом ухудшаются функции срабатывания.

В [17] предложено устройство ускоренного резервирования при отказе выключателя, которое содержит (рисунок 2, где 1 – линия; 2-4 – выключатели; 5 – сборные шины) блок 6 управления, таймер 7, датчик 8 срабатывания, блок 9 фиксации отключения и логический блок 10. Выключатели 3 и 4 применяют как резервирующие при возникновении КЗ на линии 1. Выход блока 6 управления подключен к цепям управления выключателя 2, входу таймера 7, блоку 9 фиксации отключения и первому входу логического блока 10. Выход таймера 7 подключен ко второму входу блока 10. Датчик 8 срабатывания расположен на приводе выключателя 2. Выход датчика 8 подключен к измерительному входу блока 9. Выход блока 9 подключен к третьему входу блока 10. Выход блока 10 подключен к цепям управления резервирующими выключателями 3 и 4. Первая часть датчика 8 зафиксирована на элементе привода выключателя 2 и содержит метку

положения, перемещение первой части датчика 8 связано с перемещением полюса выключателя. Вторая часть (находится в статическом положении) содержит приемный элемент. Последний реагирует, когда метка положения датчика перемещается.

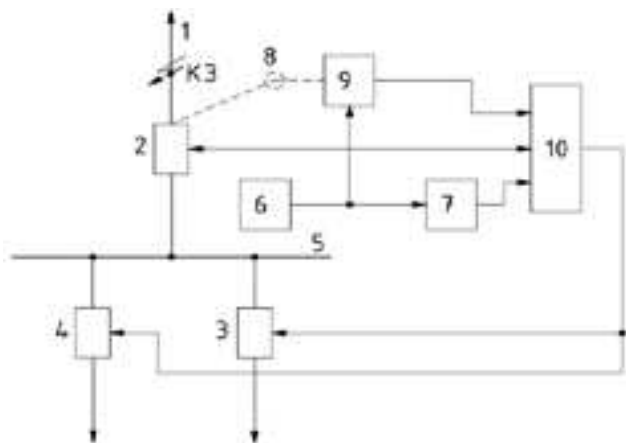


Рисунок 2 – Функциональная схема ускоренного резервирования

Устройство [17] работает следующим образом. При возникновении КЗ на линии 1 и срабатывании ее РЗ, блок 6 управления посылает сигнал в цепи управления выключателем 2, на вход таймера 7, на вход блока 9, а также на вход логического блока 10. Если выключатель 2 отключился, то на вход блока 9 поступает информация от датчика 8 об изменении положения привода (перемещении полюса) выключателя 2. Далее блок 9 посылает сигнал на вход логического блока 10, но так как выключатель 2 отключился, сигнал от таймера 7 на вход логического блока 10 поступать не будет (устройство резервирования работать не будет). Если по какой-либо причине выключатель 2 откажет в отключении (полюс выключателя 2 не переместится), то блок 9 не будет посылать сигнал на вход логического блока 10. По истечении выдержки времени таймера 7 блок 10 посылает сигнал на отключение резервирующих выключателей 3 и 4. Надежность работы датчика (устанавливаемого на приводе выключателя) вызывает вопросы.

Отказ в отключении выключателя при возмущениях, возникающих вследствие КЗ на линиях электропередач или на шинах электрической станции (подстанции), влечет за собой отключение выключателей, примыкающих к

отказавшему, т.е. действие УРОВ, а отказ в срабатывании УРОВ чреват отключением синхронных генераторов из-за действия их резервных защит.

При внешних КЗ выдержка времени резервной защиты выбирается из условия селективности с защитами присоединений, но в некоторых случаях, как в [18], для сохранения устойчивости работы электроэнергетической системы и с целью надежного отключения генератора предлагают увеличение выдержки времени его резервных защит, что увеличивает вероятность больших разрушений.

Выводы

Несмотря на то, что устройства резервирования при отказе выключателя разрабатываются и совершенствуются уже 50 лет, они по-прежнему занимают второе место по отказам в срабатывании среди всех устройств релейной защиты и автоматики. При этом новые схемы УРОВ, разработанные в последнее время, не только не решают эту проблему в полной мере, но и в некоторых случаях усугубляют её. В связи с этим актуальными продолжают оставаться исследования, направленные на разработку новых, более надежных УРОВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шнейерсон, Э. М. Цифровая релейная защита. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 431 с.
- 2 Таубес, И. Р. Устройство резервирования при отказе выключателя в сетях 110-220 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 88 с.
- 3 Федосеев, А. М. Федосеев, М. А. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. для вузов. – Изд. 2-е, перер. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.
- 4 Рубинчик, В. А. Резервирование отключения коротких замыканий в электрических сетях – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 120 с.
- 5 Чернобровов, Н. В., Семенов, В. А. Релейная защита энергетических систем. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.
- 6 Киреева, Э. А., Цырук, С. А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. – М. : издательский центр «Академия» 2010 – 288 с.
- 7 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан. Правила устройства электроустановок: утв. 20 марта 2015 года, № 230.
- 8 Чернобровов, Н. В. Релейная защита. – Изд. 4-е, перер. и доп. – М. : Изд-во Энергия, 1971. – 624 с.

9 **Смелянская, Б. Я., Файзуллова, Б. Г.** Устройство для резервирования отказа выключателя / А.с. 1001271 СССР. МПК H02H 3/00, опубл. 28.02.83, Бюл. № 8. – 4 с.

10 **Смирнов, Э. П., Файзуллова, Б. Г.** Устройство резервирования при отказе выключателей для подстанций с двойной системой шин / А.с. 545030 СССР. МПК H02H 3/00, опубл. 30.01.77, Бюл. № 4. – 2 с.

11 **Абраменков, В. Н.** Устройство для резервирования отказа выключателя / А.с. 657500 СССР. МПК H02H 3/00, опубл. 18. 04. 79, Бюл. № 14. – 3 с.

12 **Warrington, A. R., Van, C.** Резервная защита. – В кн. : Релейная защита (СИГРЭ, 1960), М. – Л., Госэнергоиздат 1963, с. 13-33.

13 **Warrington A. R., Van, C.** Protective Relays Their Theory and Practice: V. 2. Chapman and Hall. London, 1966. p. 490.

14 **Клецель, М. Я., Ламонов, И. М., Поляков, В. Е.** УРОВ на диодной сетке // Электрические станции. – 1975. – № 9. с. 60–63.

15 **Конюхова, Е. А., Киреева, Э. А.** Надежность электроснабжения промышленных предприятий. М. : – НТФ «Энергопресс», 2001. – 92 с.

16 **Кузник, Ю. С.** Устройство для резервирования отказа выключателя / Пат. 2007810 РФ МПК H02H 3/05; опубл. 28.02.1992.

17 **Горожанкин, П. А., Наровлянский, В. Г.** Способ ускоренного резервирования при отказе выключателя и устройство для его осуществления / Пат. 2634710 РФ МПК H02H 3/05; опубл. 03.11.2017.

18 **Сивокобыленко, В. Ф., Меженкова, М. А.,** Анализ поведения резервных защит генераторов блочных электростанций при внешних симметричных коротких замыканиях // Электротехника і енергетика. – Донецьк: ДонДТУ. – 2000. – Вип. 21. – С.120–122.

REFERENCES

1 **Schneerson, E. M.** Cifrovaya relejnaya zashchita [Digital relay protection]. – М. : Energoatomizdat, 2007. – 431 p.

2 **Taubes, I. R.** Ustrojstvo rezervirovaniya pri otkaze vyklyuchatelya v setyah 110-220 kV [Redundancy device in case of switch failure in 110-220 kV networks]. – М. : Energoatomizdat, 1998. – 88 p.

3 **Fedoseev, A. M. Fedoseev, M. A.** Relejnaya zashchita elektroenergeticheskikh sistem [Relay protection of electric power systems: textbook for universities]. – 2nd Ed., transl. and additional – М. : Energoatomizdat, 1992. – 528 p.

4 **Rubinchik, V. A.** Rezervirovanie otklyucheniya korotkih замыканій v elektricheskikh setyah [Redundancy of short circuit disconnection in electrical networks]. – М. : Energoatomizdat, 1985. – 120 p.

5 **Chernobrov, N. V., Semenov, V. A.** Relejnaya zashchita energeticheskikh sistem [Relay protection of energy systems]. – М.: Energoatomizdat, 1998. – 800 p.

6 **Kireeva, E. A., Tsyruk S. A.** Relejnaya zashchita i avtomatika elektroenergeticheskikh sistem [Relay protection and automation of electric power systems]. – М. : publishing center «Academy» 2010. – 288 p.

7 Order of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan. Pravila ustrojstva elektroustanovok [Rules for the installation of electrical installations]: approved on March 20, 2015, No. 230.

8 **Chernobrov, N. V.** Relejnaya zashchita [Relay protection]. – Ed. 4th, transl. and an additional one. – М. : Energia Publishing House, 1971. – 624 p.

9 **Smelyanskaya, B. Ya., Fayzullova, B. G.** Ustrojstvo dlya rezervirovaniya otkaza vyklyuchatelya [A device for reserving a switch failure] / C.c. 1001271 USSR. IPC N02N 3/00, publ. 28.02.83, Bul. No. 8. – 4 p.

10 **Smirnov, E. P., Fayzullova, B. G.** Ustrojstvo rezervirovaniya pri otkaze vyklyuchatelej dlya podstancij s dvojnjoj sistemoj шин [Redundancy device in case of failure of switches for substations with a double bus system] / C.c. 545030 USSR. МПК N02N 3/00, publ. 30.01.77, Byul. No. 4. – 2 p.

11 **Abramenokov, V. N.** Ustrojstvo dlya rezervirovaniya otkaza vyklyuchatelya [Device for redundancy of switch failure] / C.c. 657500 USSR. IPC N02N 3/00, publ. 18.04.79, Bul. No. 14. – 3 p.

12 **Warrington, A. R., Van, C.** Rezervnaya zashchita [Backup protection]. – In the book: Relay protection (SIGRE, 1960), М.–Л., Gosenergoizdat, 1963– P. 13–33.

13 **Warrington, A. R., Van, C.** Protective Relays Their Theory and Practice: V. 2. Chapman and Hall. – London, 1966. – P. 490.

14 **Kletsel, M. Ya., Lamonov, I. M., Polyakov, V. E.** UROV na diodnoj setke [Redundancy devices in case of failure of the switch on a diode grid] // Electric stations. - 1975. – No.9. P.60–63.

15 **Konyukhova, E. A., Kireeva, E. A.** Nadezhnost' elektrosnabzheniya promyshlennyh predpriyatij [Reliability of power supply of industrial enterprises]. М. :NTF «Energoress», 2001. – 92 p.

16 **Kuznik, Yu. S.** Ustrojstvo dlya rezervirovaniya otkaza vyklyuchatelya [A device for reserving a switch failure] / Пат. 2007810 RF IPC N02N 3/05; publ. 28.02.1992.

17 **Gorozhankin, P. A., Narovlyansky, V. G.** Sposob uskorennogo rezervirovaniya pri otkaze vyklyuchatelya i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya [A method of accelerated redundancy in case of a switch failure and a device for its implementation] / Пат. 2634710 RF IPC N02N 3/05; publ. 03.11.2017.

18 **Sivokobylenko, V. F., Mezhenkova, M. A.** Analiz povedeniya rezervnyh zashchit generatorov blochnyh elektrostancij pri vneshnih simmetrichnyh korotkih

zamykaniyah [Analysis of the behavior of backup protections of generators of block power plants with external symmetrical short circuits] // Elektrotehnika i energetika. – Donetsk : DonDTU. – 2000. – Vip. 21. – pp.120–122.

Материал поступил в редакцию 15.09.22.

*Д. Т. Амренова¹, А. С. Барукин², А. Г. Калтаев³

^{1,2,3}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 15.09.22 түсті.

АЖЫРАТҚЫШ ІСТЕН ШЫҚҚАН КЕЗДЕ РЕЗЕРВТЕУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫН ТАЛДАУ

Соңғы 50 жыл бойы ажыратқыштардың істен шығуын резервтеу құрылғылары кеңінен қолданылғаны айтылған. Бұл құрылғылар барлық релейлік қорғаныс және автоматика құрылғыларының ішінде жұмыс сенімділігінің ең төменгі көрсеткіштерінің біріне ие екендігі айтылған. Ажыратқыш істен шыққан кезде артық құрылғылардың дұрыс емес әрекеттерінің пайыздық көрсеткіштері, сондай-ақ олардың пайда болуының негізгі себептері келтірілген. Үш ажыратқыштың істен шығуын резервтеу құрылғысы талданады. Олардың біріншісі белгілілерден қысқа тұйықталуды жеделдетіп ажыратумен және тоқты азайту релесін қолдану арқылы құрылғының жұмысын блоктаумен, екіншісі автоматты ажыратқыш жетек элементіне бекітілген өшіру датчигін қолданумен, үшіншісі уақыт кідірісін арттырумен ерекшеленеді. Генератордың резервтік қорғанысы. Бұл құрылғылардың құрылымдық схемалары және олардың электр қондырғыларындағы қысқа тұйықталу кезіндегі жұмысы қарастырылады. Бірінші құрылғыда элементтерді дәйекті түрде қосу сәтсіздіктің сенімділігін арттырып қана қоймай, сонымен бірге жұмыс істеу сенімділігін нашарлататыны атап өтілген. Екінші құрылғыда кейбір сұрақтар кіріс сенсорының механикалық күшімен көтеріледі. Үшінші құрылғыны іске асыруда қолданылатын генератордың резервтік қорғаныстарының кешігу уақытының ұлаюы үлкен бұзылу ықтималдығын арттырады.

Кілтті сөздер: ажыратқыш, істен шығу, жұмыс істеу сенімділігі, жұмыс істемеу сенімділігі, іске қосу элементі.

*D. T. Amrenova¹, A. S. Barukin², A. G. Kaltaev³

^{1,2,3}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 15.09.22.

ANALYSIS OF REDUNDANCY DEVICES IN THE FAILURE OF THE BREAKER

It is mentioned that breaker failure redundancy devices have been widely used for the past 50 years. It is stated that these devices have one of the lowest indicators of operation reliability among all relay protection and automation devices. The percentage indicators of incorrect actions of redundant devices in the event of a circuit breaker failure, as well as the main reasons for their occurrence, are given. Three breaker failure redundancy devices are analyzed. The first of them differs from the known ones by accelerated short circuit disconnection and blocking of the device operation by using a current reduction relay, the second by using a trip sensor attached to the circuit breaker drive element, and the third by increasing the time delay of the generator backup protections. The block diagrams of these devices and their operation in the event of short circuits in electrical installations are considered. It is noted that in the first device, the sequential inclusion of elements not only improves the reliability of failure, but at the same time worsens the reliability of operation. In the second device, some questions are raised by the mechanical strength of the input sensor. The increase in the delay time of the generator backup protections used in the implementation of the third device increases the likelihood of large destruction.

Keywords: breaker, switch, failure, reliability of operation, reliability of non-operation, starting element.

Теруге 15.09.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3 Mb RAM

Шартты баспа табағы 19,8. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3989

Сдано в набор 15.09.2022 г. Подписано в печать 30.09.2022 г.

Электронное издание

3 Mb RAM

Усл. печ. л. 19,8. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3989

«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