

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

№ 2 (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/ABAC7746>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

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., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
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 Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/CHGV7314>

***Д. Д. Исабеков¹, В. Я. Бобров², В. П. Марковский³**

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

²АО «Казэнергокабель», Республика Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

В статье авторами представлена попытка решения одной из проблем современной электрической энергетики, которая заключается в построении токовых защит электрических установок, не использующих измерительные трансформаторы тока с металлическими сердечниками. Показано, что для построения таких защит можно использовать магнитоуправляемый элемент, такой как катушка индуктивности, установив ее вблизи токоведущих шин ячеек комплектных распределительных устройств (КРУ) или закрытых распределительных устройств (ЗРУ), к которым подключены электрический двигатель или линия электропередач из-за того, что ей свойственны преимущества, заключающиеся в том, что данная катушка может одновременно выполнять функции измерительного конвертора и органа защиты. Предложены новые схемы реализации токовых защит электродвигателей и линий электропередач на катушках индуктивности, подключенных к ячейкам КРУ и ЗРУ, обладающие при этом эффектом ресурсосбережения материалов. Рассмотрены их свойства и принцип действия, что подтверждает возможность построения токовых защит для различных электрических установок, подключенных к ячейкам КРУ и ЗРУ при установке катушек индуктивности внутри них.

Ключевые слова: катушка индуктивности, максимальная токовая защита, отсечка, электроустановка, ресурсосбережение.

Введение

Токковые защиты, такие как максимальная токовая защита (МТЗ) и отсечка в силу своей простоты и высокой надежности нашли свое широкое применение на промышленных предприятиях для защиты электродвигателей и линий электропередач, а также других электроустановок напряжением

6–35 кВ от коротких замыканий. Традиционно они получают информацию о токе в фазе защищаемой электроустановки, как и большинство других защит [1; 2] от трансформаторов тока (ТТ) с металлическими сердечниками. Эти трансформаторы тока имеют ряд общеизвестных недостатков [3; 4], из-за которых на всемирных советах по глобальным электросистемам (СИГРЭ) неоднократно отмечалось, например [5], что одной из актуальных задач электроэнергетики является разработка релейной защиты без вышеназванных ТТ. Работы по устранению указанных недостатков, созданию новых преобразователей тока, обладающих эффектом ресурсосбережения, без измерительных трансформаторов тока с металлическими сердечниками, берущие свое начало с середины прошлого столетия [6,7,8,9,10,11,12,13] продолжают и по сей день [14,15,16,17,18]. Для построения токовых защит без традиционных трансформаторов тока были выбраны катушки индуктивности [19]. В данной работе представлен принцип действия токовых защит на катушках индуктивности для линий электропередач и электродвигателей, выполненных в виде устройства, с рассмотрением варианта их установки на минимально допустимой дистанции, при этом отпадает необходимость в соблюдении мер минимального расстояния, а случайность их пробоя минимальна, при этом величина их срабатывания намного эффективнее осуществима (достигается это изменением расстояния от катушки индуктивности до токоведущей шины ячеек КРУ и ЗРУ).

Методы и результаты исследования

Тщательная проработка патентных баз и научных статей по данному вопросу в результате исследования, позволила предложить новое устройство токовых защит, обладающее эффектом ресурсосбережения материалов для линий электропередач и электродвигателей, которые также могут быть применимы и для других различных электрических установок, напряжением 6–35 кВ. Ресурсосбережение данных защит заключается в том, что для этих целей не используются дорогостоящие по цене и громоздкие по весогабаритным параметрам трансформаторы тока и токовые реле с металлическими сердечниками.

Результаты и обсуждение

Отсечка и максимальная токовая защита электрических установок. Максимальная токовая защита и отсечка электрических установок, представленные в виде устройства в своем составе имеют катушку индуктивности 1 с двумя парными выводами, подключенную к первому (У1)2 и второму (У2)3 усилителям напряжения, усиливающие значение напряжения, снимаемого с выводов катушки индуктивности 1 до необходимого. Первый усилитель напряжения 2 подключен к обмотке 4 реле времени 5, источник постоянного тока 6, с полюса «+» которого потенциал

поступает на контакт с выдержкой времени на замыкание 7 реле времени 5, к которому подключен первый вывод обмотки 8 первого промежуточного реле 9. Потенциал полюса «+» источника постоянного тока 6 поступает к контакту на замыкание 10 первого промежуточного реле 9, который в свою очередь подключен к первому выводу первого указательного реле (РУ)11, а с него к первому выводу обмотки катушки отключения (КО)12 выключателя электрической установки. Второй усилитель напряжения 3 подключен к обмотке 13 второго промежуточного реле 14, источник постоянного тока 6, с полюса «+» которого потенциал поступает к контакту на замыкание 15 второго промежуточного реле 14, который в свою очередь подключен к первому выводу второго указательного реле 16, а с него к первому выводу обмотки катушки отключения (КО)12 выключателя электроустановки. Второй вывод обмотки 8 первого промежуточного реле 9 и катушки отключения (КО)12 подключены к полюсу «-» источника постоянного тока 6 (рис.1).

Принцип действия данных защит базируется на воздействии магнитного потока Φ (показано стрелками), созданного током шины защищаемой электрической установки на катушку индуктивности 1 (рис.1). Представленный комплект защиты может устанавливаться внутри ячеек любых серий комплектного и закрытого распределительных устройств и в закрытых токопроводах для любой фазы в отдельности и там, где имеется наибольший магнитный поток.

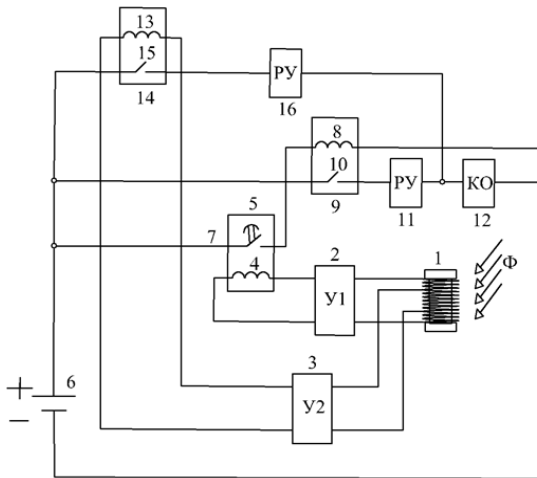


Рисунок 1 – Структурная схема максимальной токовой защиты и отсечки электрических установок

При возникновении короткого замыкания на подключенной электрической установке, ток в её шине внутри ячейки КРУ или ЗРУ возрастает, и катушка индуктивности 1, установленная на безопасной по Правилам устройства электроустановок дистанции от данной шины (0,12м) воспринимает изменения значения магнитного поля, и в ней индуцируется увеличенное значение электродвижущей силы (ЭДС) [20] (рис.1).

Когда реализуется функция МТЗ используется первый парный, а при выполнении функции отсечки – второй парный вывод катушки индуктивности 1. В силу того, что значение напряжения на выводах катушки индуктивности 1 при выполнении функции МТЗ имеет наибольшее значение, равное 5В, то оно повышается посредством первого усилителя напряжения (У)2 до $U=220$ В и подается на выводы обмотки 3 реле времени 4. В результате у данного реле срабатывает контакт с выдержкой времени (равный 0,02с.) на замыкание 6 и посылает потенциал «+» с источника постоянного тока 5 на первый вывод обмотки 7 первого промежуточного реле 9. Реле 9 сработав подаёт потенциал «+» через свой контакт на замыкание 10 на первый вывод катушки отключения (КО)12 выключателя электрической установки. В результате чего она отключается от электрической сети. Срабатывание МТЗ фиксируется первым указательным реле (РУ)11.

Выполняя функции отсечки, значение напряжения на выводах катушки индуктивности 1 имеет значение порядка 3В и оно повышается с помощью второго усилителя напряжения (У)3 до $U=220$ В и подается на первый вывод обмотки 13 второго промежуточного реле 14. В результате реле 14 сработав, подаёт посредством своего контакта на замыкание 15 потенциал «+» на первый вывод катушки отключения (КО)12 выключателя электрической установки. В результате подключенная электрическая установка отключается также от общей электрической сети. Срабатывание отсечки фиксируется вторым указательным реле (РУ)16 (рис.1).

В нормальном режиме работы подключенной электрической установки, параметры в двух усилителях напряжения отрегулированы так, чтобы они срабатывали лишь при появлении на их выводах напряжения 3 и 5 В, а при значении напряжения меньше этих, МТЗ и отсечка на отключение электрической установки не срабатывают.

Информация о финансировании

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №. AP14972954).

Выводы

Рассматривая представленные токовые защиты электрических установок надо сказать, что МТЗ и отсечка выполняют данные защиты с применением катушки индуктивности, которая при этом выполняет

функции нового комбинированного токового реле (как индукционные реле РТ-80, 90, но значительно меньше их по весогабаритным параметрам и намного дешевле по цене), реализующего максимальную токовую защиту и отсекку. Представленные токовые защиты полностью отвечают вопросам релейной защиты, таким как кибербезопасность - полная неподверженность кибератакам, из-за отсутствия интернет соединения; не используют в своем составе измерительные трансформаторы тока и напряжения с металлическими сердечниками, состоящих из дорогостоящих металлов, таких как сталь, медь и высоковольтной изоляции, которым свойственны также немалые весогабаритные параметры и это несомненно отвечает насущному вопросу релейной защиты – ресурсосбережению материалов. Данные защиты представляют из себя совершенно новый подход в реализации токовых защит для различных электрических установок с любым классом номинального напряжения, выполняемых с применением катушек индуктивностей.

Список использованных источников

- 1 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учебник для вузов. – Изд. 4-е, перер. и доп. – М. : Высшая школа, 2006. – 639 с.
- 2 **Шнеерсон, Э. М.** Цифровая релейная защита. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.
- 3 **Казанский, В. Е.** Трансформаторы тока в схемах релейной защиты. – М. : Энергия, 1969. – 184 с.
- 4 **Казанский, В. Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.
- 5 **Дьяков, А. Ф.** Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по матер. 39-й сессии СИГРЭ, Париж) // Энергетика за рубежом. – 2004. – №4. – С. 7–16.
- 6 **Кожович, Л. А., Бишоп, М. Т.** Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского // Современные направления развития релейной защиты и автоматики энергосистем: сб. докл. междунар. науч.-технич. конф. – М. : Научно-инженерное информационное агентство, 2009. – С. 39–48.
- 7 **Кожович, Л. А., Бишоп, М. Т.** Опыт эксплуатации дифференциальной защиты силовых трансформаторов с использованием катушки Роговского // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : сб. докл. междунар. науч.-технич. конф. – М. : Научно-инженерное информационное агенство, 2009. – С. 49–59.
- 8 **Котенко, Г. И.** Магниторезисторы. – Л. : Энергия, 1972. – 80 с.

9 **Кобус, А., Тушинский, Я.** Датчики Холла и магниторезисторы / пер. с польск. В. И. Тихонова, К. Б. Макидонский; под ред. О. К. Хомерики. – М. : «Энергия», 1971. – 352 с.

10 **Овчаренко, Н. И., Дорогунцев, В. Г., Басс, Э. И., Будкин, В. В.** Применение гальваномагнитных элементов в релейной защите и автоматике. – М. ; Л. : Энергия, 1966. – 120 с.

11 **Егиазарян, Г. А., Стафеев, В. И.** Магнитодиоды, магнитотранзисторы и их применение. – М. : Радио и связь, 1987. – 88 с.

12 **Карабанов, С. М., Майзельс, Р. М., Шоффа, В. Н.** Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе. – Долгопрудный : Издательский Дом Интеллект, 2011. – 408 с.

13 **Диковский, Я. М., Капралов, И. И.** Магнитоуправляемые контакты. – М. : Энергия, 1970. – 152 с.

14 **Исабеков, Д. Д.** Установка для исследования электромагнитного поля внутри комплектного распределительного устройства / Патент № 34420 Республики Казахстан, опубл. 26.06.2020, бюл. № 25.

15 **Исабеков, Д. Д., Клецель, М. Я., Кислов, А. П., Шолохова, И. И.** Устройство для токовой защиты электроустановки / Патент № 2704792 Российской Федерации, опубл. 31.10.19, бюл. №31.

16 **Исабеков, Д. Д., Клецель, М. Я., Талипов, О. М., Шолохова, И. И.** Устройство для крепления герконов в ячейках комплектных распределительных устройств / Патент № 2670720 Российской Федерации, опубл. 29.11.2018, бюл. №34.

17 **Исабеков, Д. Д., Клецель, М. Я., Никитин, К. И., Машрапов, Б. Е.** Устройство для токовой защиты электроустановок / Патент №2678189 Российской Федерации, опубл. 24.01.2019, бюл. №3.

18 **Issabekov, D. D., Kletsel, M. Ya., Zhantlesova, A. B., Mayshev, P. N. Mashrapov B. E.** New filters for symmetrical current components // Electrical Power and Energy Systems. – 2018. – № 101. – P. 85–91.

19 **Басс, Э. И.** Катушки реле защиты автоматики. – М. : Энергия, 1974. – 80 с.

20 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан : утв. 20 марта 2015 года, №230 [Электронный ресурс]. – adilet.zan.kz.

References

1 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashhita i avtomatika sistem e`lektrosnabzheniya: uchebnik dlya vuzov [Relay protection and automation of power supply systems]. Izd. 4-e, perer. i dop. [Text]. – Moscow : Vy`sshaya shkola, 2006. – 639 p.

2 **Shneerson, E. M.** Cifrovaya relejnaya zashhita [Digital relay protection] [Text]. – Moscow : E`nergoatomizdat, 2007. – 549 p.

3 **Kazanskij, V. E.** Transformatory` toka v sxemax relejnoj zashhity` [Current transformers in relay protection circuits] [Text]. – Moscow : E`nergiya, 1969. – 184 p.

4 **Kazanskij, V. E.** Izmeritel`ny`e preobrazovateli toka v relejnoj zashhite [Current transducers in relay protection] [Text]. – Moscow : E`nergoatomizdat, 1988. – 240 p.

5 **D`yakov, A. F.** E`lektroe`nergetika mira v nachale XXI stoletiya (po materialam 39-j sessii SIGRE`, Parizh) [Electric power industry of the world at the beginning of the XXI century (based on the materials of the 39 session of CIGRE, Paris) [Text]] // E`nergetika za rubezhom. – 2004. – № 4. –P. 7–16.

6 **Kozhovich, L. A., Bishop, M. T.** Sovremennaya relejnaya zashhita s datchikami toka na baze katushki Rogovskogo [Modern relay protection with current sensors based on the Rogowski coil] // Sovremenny`e napravleniya razvitiya relejnoj zashhity` i avtomatiki e`nergosistem : sb. dokl. mezhdunar. nauch.-texnich. konf. [Text]. – Moscow : Nauchno-inzhenernoe informacionnoe agentstvo, 2009. – P. 39–48.

7 **Kozhovich, L. A., Bishop, M. T.** Usus In Transformers operating differentiale tutela potestate usus est Rogowski coil // Life of progressionem trends in Automation Nullam tutela ac potestate est systems systems: collectione ad internationalis tradit scientifica et technica conf. [Modern relay protection with current sensors based on the Rogowski coil // Modern trends in the development of relay protection and automation of power systems: collection of articles. report international scientific and technical conf.]. – Moscow : Engineering scientific and Information Agency. – 2009. – P. 49–59.

8 **Kotenko, G. I.** Magnitorezistory` [Magnetoresistors] [Text]. – Leningrad : E`nergiya, 1972. – 80 p.

9 **Kobus, A., Tushinskij, Ya.** Datchiki Xolla i magnitorezistory` / per. s pol`sk. V. I. Tixonova, K. B. Makedonskij; pod red. O. K. Xomeriki [Hall sensors and magnetoresistors] [Text]. – Moscow : E`nergiya, 1971. – 352 p.

10 **Ovcharenko, N. I., Doroguntsev, V. G., Bass, E. I., Budkin, V. V.** Nullam application a galvanomagnetic elementa in praesidio et Automation [Application of galvanomagnetic elements in relay protection and automation]. – Moscow; L. : Energy, 1966. – 120 p.

11 **Egiazaryan, G. A., Stafeev, V. I.** Magnitodiody`, magnitotranzistory` i ix primenenie [Magnetodiodes, magnetotransistors and their applications] [Text]. – Moscow : Radio i svyaz`, 1987. –88 p.

12 **Karabanov. S. M., Majzel`s. R. M., Shoffa. V. N.** Magnitoupravlyaemy`e kontakty` (gerkony`) i izdeliya na ix osnove [Magnetically actuated contacts (reed

contacts) and products based on them] [Text]. – Dolgoprudny'j : Izdatel'skij Dom Intellekt, 2011. – 408 p.

13 **Dikovskij, Ya. M., Kapralov, I. I.** Magnitoupravlyaemy'e kontakty [Magnetic contacts] [Text]. – Moscow : E'nergiya, 1970. – 152 p.

14 **Isabekov, D. D.** Ustanovka dlya issledovaniya e'lektromagnitnogo polya vnutri komplektnogo raspreditel'nogo ustrojstva [Installation for studying the electromagnetic field inside the complete switchgear] / Patent № 34420 Respubliki Kazaxstan, opubl. 26.06.2020.

15 **Isabekov, D. D., Klecel', M. Ya., Kislov, A. P., Sholoxova, I. I.** Ustrojstvo dlya tokovoj zashhity' e'lektroustanovki [Device for current protection of an electrical installation] / Patent № 2704792 Rossijskoj Federacii, opubl. 31.10.19.

16 **Isabekov, D. D., Klecel', M. Ya., Talipov, O. M., Sholoxova, I. I.** Ustrojstvo dlya krepleniya gerkonov v yachejkax komplektny'x raspreditel'ny'x ustrojstv [Device for fixing reed switches in the cells of complete switchgear] / Patent № 2670720 Rossijskoj Federacii, opubl. 29.11.2018.

17 **Isabekov, D. D., Klecel', M. Ya., Nikitin, K. I., Mashrapov, B. E.** Ustrojstvo dlya tokovoj zashhity' e'lektroustanovok [Device for current protection of electrical installations] / Patent №2678189 Rossijskoj Federacii, opubl. 24.01.2019, byul. №3.

18 **Issabekov, D. D., Kletsel, M. Ya., Zhantlesova, A. B., Mayshev, P. N., Mashrapov, B. E.** «New filters for symmetrical current components» // Electrical Power and Energy Systems. – 2018. – №101. – P. 85–91.

19 **Bass, E'. I.** Katushki rele zashhity' avtomatiki [Automation protection relay coils] [Text]. – Moscow : E'nergiya, 1974. – 80 p.

20 Prikaz Ministra jenergetiki Respubliki Kazahstan. Pravila ustrojstva jelektroustanovok Respubliki Kazahstan: utv. 20 marta 2015 goda, №230 [Electronic resource]. – adilet.zan.kz.

Материал поступил в редакцию 20.06.23.

**Д. Д. Исабеков¹, В. Я. Бобров², В. П. Марковский³*

^{1,3}Торайгыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

²«Казэнергокабель» АҚ, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 20.06.23 баспаға түсті.

ЭЛЕКТРҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ РЕСУРСҮНЕМДЕЙТІН ТОК ҚОРҒАНЫСТАРЫ

Мақалада авторлар қазіргі заманғы электр энергетикасы мәселелерінің бірін шешу әрекетін ұсынады, ол металл өзектері бар өлшеуіш ток трансформаторларын пайдаланбайтын электр қондырғыларының ток қорғанысын құру болып табылады. Мұндай қорғаныстарды құрастыру үшін оны комплектік тарату құрылғысының (КТҚ) немесе жабық тарату құрылғысының (ЖТҚ) ұяшықтарының ток өткізетін шиналары жанына орнату арқылы индукциялық катушкалар сияқты магнитті басқарылатын элементті қолдануға болатыны көрсетілген. Электрқозғалтқышы немесе электржелісі қосылғандықтан, оның артықшылықтары бар, бұл катушкалар бір уақытта өлшеу түрлендіргіші мен қорғаныс құрылғысының функцияларын орындай алады. Комплектік таратушы және жабық тарату құрылғыларының ұяшықтарына қосылған индуктивті катушкалардағы электрқозғалтқыштары мен электржелілерін токтан қорғауды жүзеге асырудың жаңа схемалары ресурсты үнемдейтін материалдар әсерін тигізеді. Олардың қасиеттері мен жұмыс істеу принципі қарастырылады, бұл олардың ішіне индуктивті катушкаларды орнату кезінде комплектік таратушы және жабық тарату құрылғыларының ұяшықтарына қосылған әртүрлі электрқондырғылары үшін ток қорғанысын құру мүмкіндігін растайды.

Кілтті сөздер: индуктивті катушкалар, максималды ток қорғанысы, кесіп алу, электрқондырғысы, ресурстарды үнемдеу

**D. D. Issabekov¹, V. Ya. Bobrov², V. P. Markovskiy³*

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

²«Kazenergocable» JSC, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 20.06.23.

RESOURCE-SAVING CURRENT PROTECTIONS FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS

In the article the authors present an attempt to solve one of the problems of modern electrical engineering, which is to build current protections of electrical installations, which do not use current transformers with metal cores. It is shown that to build such protections it is possible to use a magnetically controlled element such as an

inductance coil, setting it near the current-carrying bars of cells of complete switchgear (CxS) or closed switchgear (CS), which is connected to an electric motor or power line because of the inherent advantages that this coil can simultaneously serve as a measuring converter and protection body. Proposed new schemes for the implementation of current protections of electric motors and power lines on the inductance coils connected to the cells of the switchgear CxS and CS, with the effect of resource-saving materials. Their properties and principle of operation are considered, which confirms the possibility of building current protections for various electrical installations connected to switchgear and switchgear cells with the installation of inductance coils inside them.

Keywords: Inductance coil, maximum current protection, cutoff, electrical installation, resource saving.

Теруге 20.06.2023 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2023 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

17,5 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,67. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4103

Сдано в набор 20.06 2023 г. Подписано в печать 30.06 2023 г.

Электронное издание

17,5 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,67. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 4103

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz