

–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

---

№ 1 (2024)

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/KOTB8442>

---

**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)*

Кошкеков 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

МРНТИ 44.29.31

<https://doi.org/10.48081/WCHV2081>**\*Д. Д. Исабеков, Н. Б. Исаяев***Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар**\*e-mail: [Dauren\\_pvl2012@mail.ru](mailto:Dauren_pvl2012@mail.ru)*

## **АЛЬТЕРНАТИВНАЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА**

*В статье авторами представлено раскрытие основного вопроса современной энергетики, которым является реализация защит для электрооборудования, не использующих традиционные трансформаторы тока (ТТ). Показано, что для построения таких защит можно использовать катушку индуктивности, установив её вблизи токоведущих шин электроустановки, так как она обладает следующими свойствами: нет необходимости в уменьшении влияния температуры, одномоментно работает, как измерительный преобразователь и измерительный органа защиты. Представлена инновационная схема реализации максимальной токовой защиты (МТЗ) электроустановок на катушках индуктивности, подключенных к ячейкам комплектных распределительных устройств (КРУ), обладающая при этом эффектом ресурсосбережения используемых материалов. Рассмотрен принцип действия альтернативной ресурсосберегающей МТЗ. Ресурсосберегаемость данной защиты заключается в использовании катушек индуктивностей, являющихся, как по стоимости, так и по весогабаритным параметрам на порядок дешевле и меньше по размеру и весу, чем вышесказанные традиционные трансформаторы тока. Представленная новая схема её реализации, собирающаяся из простых и легкодоступных элементов, ещё раз подтверждает возможность построения токовых защит для различных электроустановок, подключенных к ячейкам КРУ, напряжением 6–10 кВ, при установке катушек индуктивности внутри них.*

*Ключевые слова: МТЗ, катушка индуктивности, ячейка, ресурсосбережение, электроустановка.*

## **Введение**

Токовая защита, такая как максимальная токовая защита в силу своей простоты и высокой надежности нашла свое широкое применение на промышленных предприятиях для защиты электроустановок напряжением 6–35 кВ от коротких замыканий. Традиционно она получает информацию о токе в фазе защищаемой электроустановки, как и большинство других защит [1;2] от измерительных трансформаторов тока (ТТ) с металлическими сердечниками. Эти трансформаторы тока имеют ряд общеизвестных недостатков [3], из-за которых на международных советах по большим электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ) неоднократно отмечалось, например [4], что одной из актуальных задач электроэнергетики является разработка релейной защиты без вышеназванных ТТ. Работы по устранению указанных недостатков, созданию новых преобразователей тока, а также альтернативных ресурсосберегающих защит, не использующих измерительные трансформаторы тока с металлическими сердечниками, начатые во второй половине прошлого столетия [5; 6; 7; 8] актуальны и сейчас. [9; 10; 11]. Для построения альтернативной максимальной токовой защиты без традиционных трансформаторов тока были выбраны катушки индуктивности [12]. В данной работе рассмотрен принцип действия разработанной МТЗ для различных электроустановок, выполненной в виде устройства.

## **Материалы и методы**

Проработка различных источников в результате исследования, позволила предложить новое альтернативное традиционным защитами устройство МТЗ, обладающее эффектом ресурсосбережения и применимое для различных электроустановок, напряжением 6–10 кВ. В таких защитах катушка индуктивности выполняет одновременно функции датчика тока и измерительного органа защиты и реагируют на магнитное поле, создаваемое токами в фазах электроустановки. Для восприятия магнитного поля катушка индуктивности может крепиться вблизи токоведущих шин [9;10]. В данной работе рассматривается вариант крепления катушки

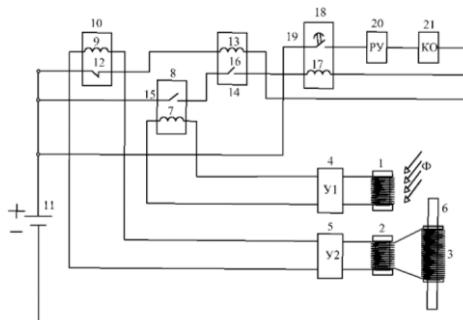
индуктивности на безопасном расстоянии по ПУЭ, так как тогда не нужны специальные мероприятия по обеспечению безопасности, значительно меньше вероятность её пробоя, при этом проще и точнее регулировать параметры срабатывания защиты-уставки (осуществляется это изменением дистанции  $h$  от катушки индуктивности до токоведущей шины ячейки) [13].

### **Результаты и обсуждение**

Представленная ресурсоберегающая максимальная токовая защита, выполненная в виде устройства, в своем составе содержит первую 1, вторую 2 и третью 3 катушку индуктивности, причем первая 1 подключена выводам первого усилителя напряжения (У1)4, а вторая 2-к выводам второго усилителя напряжения (У2)5 (рис.1). Первый 4 и второй 5 усилители напряжения увеличивают значение напряжения, снимаемого с выводов двух катушек индуктивностей: первой 1 и второй 2 до требуемого. Третья катушка индуктивности 3, состоящая из первичной и вторичной обмоток, намотана на токоведущую шину 6, у которой вывод вторичной обмотки подключен ко входу второй катушки индуктивности 2 (рис.1). Первая катушка индуктивности 1 располагается в кабельном отсеке любой серии ячеек КРУ и напротив их токоведущей шины 6, а вторая катушка индуктивности 2 – в релейном шкафу данных ячеек. Выход первого усилителя напряжения 4 подключен к обмотке 7 первого промежуточного реле 8, а выход второго усилителя напряжения 5 подключен к обмотке 9 реле минимального напряжения 10, источник постоянного тока 11, с полюса «+» которого положительный потенциал поступает к контакту на размыкание 12 реле минимального напряжения 10, к которому подсоединён первый обмотки 13 второго промежуточного реле 14. К контакту на замыкание 15 первого промежуточного реле 8 подключен контакт на замыкание 16 второго промежуточного реле 14, который в свою очередь подключен к обмотке 17 реле времени 18. Положительный потенциал полюса «плюс» источника постоянного тока 11 приходит к контакту с выдержкой времени на замыкание 19 реле времени 18, а данный контакт в свою очередь подключен к указательному реле (РУ)20, а с него к первому выводу катушки отключения (КО)21 выключателя электроустановки. Второй вывод обмотки: 13 второго реле 14; 17 реле

времени 18 и катушки отключения (КО)21 подключены к полюсу «минус» источника постоянного тока 11 (рис.1).

Принцип действия альтернативной ресурсосберегающей МТЗ в момент короткого замыкания на защищаемой электроустановке базируется на влиянии магнитного потока «Ф», созданного током шины 6 на первую катушку индуктивности 1 и снятия со вторичной обмотки третьей катушки 3 вторичного напряжения и подачи его на вторую катушку индуктивности



2 (рис.1).

Рисунок 1 – Функциональная схема альтернативной ресурсосберегающей МТЗ

Устройство представляет из себя комплект защиты, устанавливаемый в ячейках комплектных и закрытых распределительных устройств, и в токопроводах для каждой фазы своим пакетом. Первая катушка индуктивности 1 устанавливается напротив шины 6 и в том месте, где выявляется наибольшее значение «Ф».

При повреждении на присоединённой электроустановке, ток в ее шине 6 увеличивается, и первая 1 и третья 3 катушки индуктивности реагируют на изменения магнитного поля, при чем первая катушка индуктивности 1 установлена на безопасном по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) расстоянии от данной шины 6, и в результате на первой катушке индуктивности 1 и на вторичной обмотке третьей катушки индуктивности 3 индуцируется напряжение, подаваемое на вторую катушку индуктивности 2 [14] (рис.1). Так как значения снимаемого

напряжения с выводов катушек индуктивностей 1 и 2 равны 5 и 1В, то они увеличиваются с помощью первого 4 усилителя до 220В, а с помощью второго 5 усилителя до значения, равного  $U=100В$ . После этого данные значения напряжения с первого усилителя напряжения 4 подаются на обмотку 7 первого промежуточного реле 8, а со второго усилителя 5-к обмотке 9 реле минимального напряжения 10 (рис.1). В результате у реле 8 срабатывает контакт на замыкание 15, отправляя потенциал «+» с источника постоянного тока 11 к контакту на замыкание 16 реле 14, с которого этот потенциал «+» приходит на обмотку 17 реле времени 18. После потенциал «+» источника 11 приходит к контакту 19 реле времени 18. Одновременно с реле 8 срабатывает реле минимального напряжения 10, у которого размыкается контакт 12, в результате чего обмотка 7 реле 14 теряет питание и это реле срабатывает. С контакта 19 реле времени 18 потенциал «+» источника 11 приходит к указательному реле (РУ)20, которое сработав подаёт потенциал «+» на первый вывод обмотки катушки отключения (КО)21 выключателя. И как итог, защищаемая электроустановка отключена от общей электросети (рис.1). Второй вывод: обмотки13 второго промежуточного реле 14; обмотки 17 реле времени 18 и (КО)21 присоединены к полюсу «минус» источника 11 (рис.1).

В симметричном цикле работы электроустановки, значения напряжения в первом 4 и втором 5 усилителях отрегулированы так, чтобы они срабатывали лишь при появлении на их выводах напряжения 5 или 1В, а при значениях менее этого, сигнал на отключение электроустановки не поступает.

### **Информация о финансировании.**

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

### **Выводы**

Альтернативная ресурсосберегающая максимальная токовая защита, реализуется применением первой и второй катушек индуктивностей, а третья катушка индуктивности, состоящая из первичной и вторичной обмоток, намотанная на токоведущую шину выполняет функции трансформатора напряжения. Вторая катушка индуктивности при этом предназначена для повышения чувствительности защиты. Данная

максимальная токовая защита выполняется с двумя пусковыми органами: первой и второй катушками индуктивности, как в традиционной МТЗ с такими же пусковыми органами, только тока и минимального напряжения. Разработанная защита не содержит в своём составе традиционные измерительные ТТ.

## 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.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.
- 4 **Дьяков, А. Ф.** Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по матер. 39-й сессии СИГРЭ, Париж) // Энергетика за рубежом. – 2004. – №4. – С. 7–16.
- 5 **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.
- 6 **Котенко, Г. И.** Магниторезисторы. – Л.: Энергия, 1972. – 80 с.
- 7 **Егиазарян, Г. А., Стафеев, В. И.** Магнитодиоды, магнитотранзисторы и их применение. – М. : Радио и связь, 1987. – 88 с.
- 8 **Карабанов, С. М., Майзельс, Р. М., Шоффа В. Н.** Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе. – Долгопрудный : Издательский Дом Интеллект, 2011. – 408 с.
- 9 Патент № 2704792 Российской Федерации, МПК H02N 3/08. Устройство для токовой защиты электроустановки / М. Я. Клецель, Д. Д. Исабеков, А. П. Кислов, И. И. Шолохова; опубл. 31.10.19, бюл. №31.
- 10 Патент № 2670720 Российской Федерации, МПК H02N 3/08. Устройство для крепления герконов в ячейках комплектных распределительных устройств / М. Я. Клецель, Д. Д. Исабеков, О. М. Талипов, И. И. Шолохова; опубл. 29.11.2018, бюл. №34.
- 11 **Issabekov, D. D, Kletsel, M. Ya., Zhantlesova, A. B., Mayshev, P. N., Mashrapov, V. E.** «New filters for symmetrical current components» // Electrical Power and Energy Systems. – 2018. – №101. – P. 85–91.
- 12 **Басс, Э. И.** Катушки реле защиты автоматики. – М. : Энергия, 1974. – 80 с.

13 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан: утв. 20 марта 2015 года, №230 // [adilet.zan.kz](http://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.

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

3 **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.

4 **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.

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

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

6 **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 Intellect, 2011. – 408 p.

7 **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.

8 **Isabekov, D. D., Klecel`, M. Ya., Talipov, O. M., Sholoxova, I. I.** Ustrojstvo dlya krepleniya gerkonov v yachejkax komplekny`x raspreditel`ny`x ustrojstv [Device for fixing reed switches in the cells of

complete switchgear] / Patent № 2670720 Rossijskoj Federacii, opubl. 29.11.2018.

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

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

11Prikaz Ministra e`nergetiki Respubliki Kazaxstan. Pravila ustrojstva e`lektroustanovok Respubliki Kazaxstan [Order of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan. Rules for the device of electrical installations of the Republic of Kazakhstan] [Text] : utv. 20 marta 2015, №230 // adilet.zan.kz.

Поступило в редакцию 10.01.24.

Поступило с исправлениями 09.02.24.

Принято в печать 05.03.24.

*\*Д. Д. Исабеков, Н. Б. Исаев*

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

10.01.24 ж. баспаға түсті.

09.02.24 ж. түзетулерімен түсті.

05.03.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

## **АЛЬТЕРНАТИВТІК РЕСУРС ҮНЕМДЕЙТІН МАКСИМАЛДЫ ТОК ҚОРҒАНЫСЫ**

*Мақалада авторлар қазіргі заманғы энергетиканың негізгі мәселесін ашуды ұсынады, ол дәстүрлі ток трансформаторларын (ТТ) пайдаланбайтын электр жабдықтарын қорғауды жүзеге асыру болып табылады. Мұндай қорғаныстарды құру үшін электр қондырғысының ток өткізетін шиналарының жанына орнату арқылы индуктивті катушкаларды қолдануға болады, өйткені ол келесі қасиеттерге ие: температураның әсерін азайтудың қажеті жоқ, ол бір уақытта жұмыс істейді. өлшеу түрлендіргіші және өлшеуді қорғау элементі ретінде. Пайдаланылған материалдардың ресурс үнемдеу әсеріне ие, комплектік тарату құрылғыларының (КТК) ұяшықтарына қосылған электр қондырғыларының индуктивтілік катушкаларындағы максималды ток қорғанысын*

*(МТҚ) іске асырудың инновациялық схемасы ұсынылған. Альтернативтік ресурстарды үнемдейтін максималды ток қорғанысының жұмыс істеу принципі қарастырылған. Бұл қорғаныстың ресурс үнемділігі жоғарыда аталған дәстүрлі ток трансформаторларына қарағанда құны бойынша да, салмақ өлшемдері бойынша да шамасы мен салмағы бойынша арзанырақ және аз болатын индуктивтілік катушкаларын пайдаланудан тұрады. Қарапайым және оңай қол жетімді элементтерден жиналатын оны іске асырудың жаңа схемасы олардың ішіндегі индукторларды орнату кезінде кернеуі 6-10 кВ болатын комплекттік тарату құрылғыларының ұяшықтарына қосылған әртүрлі электр қондырғылары үшін ток қорғанысын құру мүмкіндігін тағы бір рет растайды.*

*Кілтті сөздер: МТҚ, индуктивтік катушка, ұяшық, ресурстыүнемдеу, электрқондырғысы.*

*D. D. Issabekov, N. B. Isaev*

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, с. Pavlodar

Received 10.01.24.

Received in revised form 09.02.24.

Accepted for publication 05.03.24.

## **ALTERNATIVE RESOURCE-SAVING MAXIMUM CURRENT PROTECTION**

*In the article the authors present the disclosure of the main issue of modern power engineering, which is the realization of protections for electrical equipment that do not use traditional current transformers (CTs). It is shown that for construction of such protections it is possible to use an inductance coil, having installed it near current-carrying busbars of an electrical installation, as it possesses the following properties: there is no necessity to reduce the influence of temperature, it works simultaneously as a measuring transducer and a measuring organ of protection. The innovative scheme of realization of maximum current*

*protection (MCP) of electrical installations on inductive coils connected to cells of complete switchgear (CSG) is presented, possessing at the same time the effect of resource saving of used materials. The principle of operation of alternative resource-saving maximum current protection is considered. The resource-saving feature of this protection is the use of inductance coils, which are, both in terms of cost and weight and dimensional parameters, an order of magnitude cheaper and smaller in size and weight than the aforementioned traditional current transformers. The presented new scheme of its realization, assembled from simple and easily accessible elements, once again confirms the possibility of building current protections for various electrical installations connected to the cells of complete switchgears, voltage 6-10 kV, when installing inductance coils inside them.*

*Keywords: MCP, Inductance Coil, Cell, Resourceconservation, electrical installation.*

Теруге 06.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол 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

Тапсырыс №4204

Сдано в набор 06.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 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

Заказ № 4204

«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