

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 (2021)

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/JBVN5702>

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/TQGM5106>

***Д. Д. Исабеков, И. А. Темиртаев, А. Б. Шокеев**

Торайғыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ НА МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ, НЕ ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА С ФЕРРОМАГНИТНЫМИ СЕРДЕЧНИКАМИ

В настоящей статье авторы рассматривают вопросы использования для устройств релейной защиты электроустановок от коротких замыканий различных магнитоуправляемых преобразователей без применения традиционных металлоемких трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками. Надо сказать, что исследования в этой области были начаты еще во второй половине прошлого столетия по рекомендации международного комитета по большим энергетическим системам СИГРЭ, которые остаются актуальными и по сегодняшний день. Как известно, сейчас широко внедряются и используются устройства релейной защиты, выполненные на микропроцессорах, надежность которых не выше, чем у электромеханических или полупроводниковых, а стоимость в десятки, а то и сотни раз выше. Одним из перспективных путей построения устройств релейной защиты без трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками является использование магнитных трансформаторов тока, катушек Роговского, магниторезисторов, магнитодиодов, датчиков Холла, герконов, имеющих каждый по отдельности и в целом свои преимущества в сравнении с защитами выполненных с использованием вышеуказанных трансформаторов тока. Рассмотренные токовые защиты с применением данных преобразователей тока, предлагают новый подход в выполнении релейной защиты различных электроустановок.

Ключевые слова: магнитоуправляемые преобразователи, трансформатор тока, токовые защиты.

Введение

Построение релейной защиты систем электроснабжения без традиционных трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками, как указывалось неоднократно на сессиях СИГРЭ, считается одной из принципиально нерешенной проблемой современной энергетики [1]. Одним из перспективных направлений решения данной задачи является создание релейной защиты различных электроустановок на магнитоуправляемых преобразователях, имеющих, в зависимости от их типа преимущества перед другими такими же магнитоуправляемыми преобразователями [2-10]. В данной работе рассмотрены их преимущества и недостатки присущие каждому из них, а также варианты их применения для реализации токовых защит различных электроустановок.

Материалы и методы

Объект и предмет исследования – релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Целью применения и назначением является построение релейной защиты различных электроустановок на магнитоуправляемых преобразователях, а также использование их вместо традиционных и широко применяемых в промышленности устройств токовых защит. Результат исследования и проработки научных статей и патентов по данной тематике позволил предложить токовые защиты на магнитоуправляемых преобразователях для различных электроустановок.

Результаты и обсуждение

Токовые защиты с датчиками тока, выполненных на катушке Роговского. Данная катушка – это провод, намотанный на сердечник из немагнитного материала, размещённый вокруг проводника, в котором требуется измерить протекаемый по нему ток [2, 3]. На рисунке 1 представлена данная катушка.

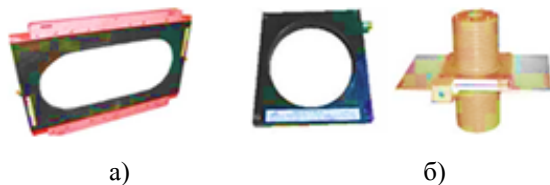


Рисунок 1 – Катушка Роговского:

а) с разборным; б) с неразборным сердечником

Катушка Роговского в отличие от традиционного трансформатора тока с ферромагнитным сердечником не содержит данный сердечник и соответственно ей не свойственно насыщение [2]. Сдвиг угла фаз между I в первичной цепи и U во вторичной обмотке катушки составляет $\approx 90^\circ$. Отличие от 90° обусловлено индуктивностью обмотки.

Токовые защиты на магнитных трансформаторах тока. При использовании магнитного трансформатора тока (МТТ), по сути являющегося катушкой, для питания цепи релейной защиты током, пропорциональным току, протекающему в одной из фаз линии электропередачи, необходимо учитывать помимо всего влияние токов и других фаз [4]. Нашедший своё применение МТТ – на рисунке 2, типа «ТВМГ», в котором магнитный датчик встроен в двойную гирлянду подвесных изоляторов. П-образным сердечником является коромысло 5, серьги 1 и 2 гирлянды с заземленной стороны траверсы опоры [5]. На сами серьги надеты катушки 3 и 4, являющимися полюсами сердечника. Магнитная связь провода с катушками улучшена в следствии того, что магнитный поток, вызывающий ЭДС полезного сигнала, проходит, хоть и не полностью по металлическим частям изоляторов. Представленный МТТ предназначен для установки на линии электропередачи.

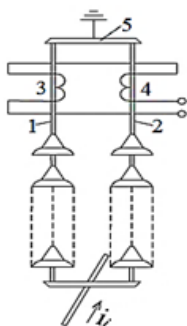


Рисунок 2 – Схема установки магнитного трансформатора тока

Токовые защиты на магниторезисторах. Магниторезистор обладает своей основной характеристикой – зависимостью сопротивления от индукции [6]. При внесении полупроводника с протекающим по нему током в магнитное поле меняется его сопротивление и данное явление связано с действием сил Лоренца, так называемый эффект Гаусса. Данный эффект максимален у полупроводниковых материалов, обладающих малым удельным сопротивлением [7].

Токовые защиты на магнитодиодах. Магнитодиодный эффект является самым известным эффектом, возникающим при помещении полупроводника с неравновесной проводимостью в магнитное поле, проявляющийся инжекцией носителей из р-п-перехода при пропускании прямого тока в диодах [8]. С применением данного эффекта выполняется магнитодиод-полупроводник с невыпрямляющим контактом и р-п-переходом – где и располагается область высокоомного полупроводника.

Токовые защиты на датчиках Холла. При воздействии магнитного поля на ток, который протекает через полупроводник возникает эффект Холла [7]. Основным свойством датчика Холла является способность развивать ЭДС при помещении его в магнитное поле, если через него протекает ток, а также возникновение полезного напряжения в поперечном по отношению к сигналу направлении. На датчиках Холла реле защиты, используя две электрические величины могут осуществляться по принципу их сравнения [9]. При реализации таких реле, сравниваемые величины, к примеру E_1 и E_2 (рисунок 3) должны быть функциями двух – напряжения U_p и тока I_p в реле, или одной из этих двух величин. Поэтому структурная схема данного реле защиты содержит следующие элементы: 1) ЭФ1 и ЭФ2 – формирователи электрических величин E_1 и E_2 из подведенных – напряжения U_p и тока I_p ; 2) усиления Y_1 и Y_2 – ограничения абсолютных значений сравниваемых величин E_1 и E_2 , если данное усиление или ограничение возможно; 3) СЭ – сравнения величин E_1 и E_2 по абсолютному значению или же по фазе на самих датчиках; 4) контактный или бесконтактный элемент реагирования ЭР-нуль-индикатор направленного действия. Исходя из предельной мощности срабатывания ЭР, чувствительность данного реле определяется чувствительностью СЭ.

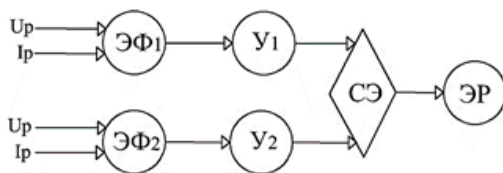


Рисунок 3 – Структурная схема реле с использованием датчиков Холла

Токовые защиты на герконах. Геркон являясь элементом электрической цепи выступает в качестве измерительного органа. Под воздействием на него внешнего магнитного поля, созданного токопроводящей шиной концы контактов геркона намагничиваются разноименно, их концы изгибаясь притягиваются, замыкая электрическую цепь [10]. Достоинствами геркона при его выборе в качестве элементной базы для реализации токовых защит с его применением является: возможность выполнения одновременно функций токового реле и трансформатора тока; управляющий сигнал передается по цепям управления; большой срок службы.

Выводы

К защитам выполненным на магнитоуправляемых преобразователях присущи и недостатки. К примеру защитам на магнитных трансформаторах

тока присущи такие недостатки, как насыщение сердечника при значительной кратности тока, обладают низкой мощностью на выходе. Магниторезисторы же, реагируя на модуль магнитного поля не получили широкого распространения для измерения тока. Недостатками магнитодиодов при измерении токов, является то, что им присущи нелинейности. У датчиков Холла измерительные схемы нуждаются в стабильном питании своих цепей, подвержены влиянию токов соседних фаз электроустановки и в необходимости в компенсации влияния температуры. Геркону также присущи недостатки, но они легкоустраняемы, если геркон дополнить катушкой управления и отстройкой от внешних помех.

Список использованных источников

1 **Дьяков А.Ф.** Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по матер. 39-й сессии СИГРЭ, Париж) [Текст] // Журнал «Энергетика за рубежом» – 2004. – №4. – С. 7-16.

2 **Казанский В.Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.

3 **Казанский В.Е.** Трансформаторы тока в схемах релейной защиты. – М.: Энергия, 1969. – 184 с.

4 **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.

5 **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.

6 **Котенко Г.И.** Магниторезисторы. – Л.: Энергия, 1972. – 80 с.

7 **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.

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

9 **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.

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

11 **Клецель М.Я., Мусин В.В.** Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах // Промышленная энергетика – 1990. – №4. – С. 32-36.

References

1 **Dyakov A.F.** 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] // Energy abroad. - M., 2004. - No. 4. - p. 7-16.

2 **Kazansky V.E.** Measuring current transducers in relay protection [Text] // - M.: Energoatomizdat, 1988, 240 p.

3 **Kazansky V.E.** Current transformers in relay protection circuits. - M.: Energiya, 1969. -- 184 p.

4 **Kozhovich L.A., Bishop M.T.** (Cooper Power Systems, USA). Modern relay protection with current sensors based on the Rogowski coil [Text] // Journal “Modern trends in the development of relay protection and automation of power systems” - Collection of reports of the conference CIGRE - M.: Scientific and Engineering Information Agency, 2009, p.49-59.

5 **Kozhovich L.A., Bishop M.T.** 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. - M.: Scientific and Engineering Information Agency, 2009. - S. 39-48.

6 **G. I. Kotenko.** Magnetoresistors. - L.: Energy, 1972.- 80 p.

7 **Kobus A., Tushinsky J.** Hall sensors and magnetoresistors / per. from Polish IN AND. Tikhonova, K.B. Macidonian; ed. OK. Khomeriki.- M.: “Energy”, 1971. - 352 p.

8 **Egiazaryan G.A., Stafeev V.I.** Magnetodiodes, magnetotransistors and their applications. - M.: Radio and communication, 1987.- 88 p.

9 **Ovcharenko N.I., Doroguntsev V.G., Bass E.I., Budkin V.V.** Application of galvanomagnetic elements in relay protection and automation. - M.; L.: Energy, 1966.-120 p.

10 **Karabanov S.M., Maisels R.M., Shoffa V.N.** Magnetically operated contacts (reed switches) and products based on them. - Dolgoprudny: Publishing House Intellect, 2011.- 408 p.

11 **Kletsel M.Ya., Musin V.V.** Selection of the operating current of the overcurrent protection without current transformers on reed switches [Text] // Journal «Industrial Energy» - 1990. - No. 4. - P. 32–36.

Материал поступил в редакцию 12.06.21.

**Д. Д. Исабеков, И. А. Темиртаев, А. Б. Шокеев*

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 12.06.21 баспаға түсті.

ФЕРРОМАГНЕТИКАЛЫҚ ӨЗЕКТЕРІ МЕН ТОК ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫ ПАЙДАЛАНБАҒАН МАГНИТТЫҚ БАҚЫЛАУ ТҮРЛЕНДІРГЕШТЕРДІН ТОКТЫҚ ҚОРҒАУ

Бұл мақалада авторлар ферромагниттік өзектері бар дәстүрлі металл сыйымды ток трансформаторларын пайдаланбай, қысқа тұйықталудан электр қондырғыларына арналған релелік қорғаныс құрылғылары үшін әртүрлі магниттік басқарылатын түрлендіргіштерді қолдану мәселелерін қарастырады. Бұл бағыттағы зерттеулер өткен ғасырдың екінші жартысында CIGRE ірі энергетикалық жүйелер жөніндегі халықаралық комитеттің ұсынысы бойынша басталды деп айту керек, олар осы күнге дейін өзектілігін жоғалтпайды. Өздеріңіз білетіндей, қазіргі кезде микропроцессорларда жасалған релелік қорғаныс құралдары кеңінен енгізіліп, қолданылуда, олардың сенімділігі электромеханикалық немесе жартылай өткізгіштіккінен жоғары емес, ал құны ондаған, тіпті жүздеген есе жоғары. Ферромагниттік өзектері бар ток трансформаторлары жоқ релелік қорғаныс құрылғыларын құрудың перспективалы әдістерінің бірі - магниттік ток трансформаторларын, Роговский катушкаларын, магниторезисторларды, магнит диодтарын, Холл датчиктерін, геркондарды, әрқайсысы жеке және жалпы алғанда өз артықшылықтарына ие жоғарыда аталған ток трансформаторларының көмегімен жасалған қорғаныстар. Осы ток түрлендіргіштерін қолдана отырып қарастырылған ток қорғаныстары әр түрлі электр қондырғыларының релелік қорғанысын жүзеге асырудың жаңа әдісін ұсынады.

Кілтті сөздер: магниттік басқарылатын түрлендіргіштер, ток трансформаторы, ток қорғаулар.

**D. D. Issabekov, I. A. Temirtaev, A. B. Shokeev*

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 12.06.21.

CURRENT PROTECTION ON MAGNETICALLY CONTROLLED CONVERTERS NOT USING CURRENT TRANSFORMERS WITH FERROMAGNETIC CORE

In this article, the authors consider the use of various magnetically controlled converters for relay protection devices for electrical installations against short circuits without the use of traditional metal-intensive current transformers with ferromagnetic cores. It must be said that research in this area began in the second half of the last century on the recommendation of the international committee for large energy systems CIGRE, which remain relevant to this day. As you know, relay protection devices made on microprocessors are now widely introduced and used, the reliability of which is not higher than that of electromechanical or semiconductor ones, and the cost is tens, or even hundreds of times higher. One of the promising ways to build relay protection devices without current transformers with ferromagnetic cores is the use of magnetic current transformers, Rogowski coils, magnetoresistors, magnet diodes, Hall sensors, reed switches, each individually and generally having its own advantages in comparison with the protections made using the above-mentioned transformers current. The considered overcurrent protection with the use of these current converters, offer a new approach to the implementation of relay protection of various electrical installations.

Keywords: magnetically controlled converters, current transformer, current protection.

Теруге 12.06.2021 ж. жіберілді. Басуға 24.06.2021 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

6,28 Мб RAM

Шартты баспа табағы 15,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Р. Омарова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3792

Сдано в набор 12.06.2021 г. Подписано в печать 24.06.2021 г.

Электронное издание

6,28 Мб RAM

Усл. печ. л. 15,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Р. Омарова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3792

«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