

Максимальная токовая защита электроустановок

^{1*}**ИСАБЕКОВ Даурен Джамбулович**, PhD, ассоциированный профессор, Dauren_pvl2012@mail.ru,

¹**ШОКЕЕВ Алишер Балгаулы**, магистрант, a.shokeev@gqe.kz,

¹НАО «Торайгыров университет», Казахстан, Павлодар, ул. Ломова, 64,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Представлен принцип действия разработанной максимальной токовой защиты, назначением которой является защита высоковольтных электроустановок от коротких замыканий. Представленная защита выполнена без использования широко применяемых в электроэнергетике токовых реле и трансформаторов тока (ТТ) с ферромагнитными сердечниками (в том числе и встроенных в выключатель), обладающих большим весом и габаритными параметрами, а также высокой стоимостью в сравнении с магниточувствительными элементами, такими, как герконы. Предлагаемая защита выполнена с использованием герконов. Токовые защиты электроустановок с применением герконов могут использоваться на данный момент времени лишь в качестве дублирующих по отношению к традиционным защитами, так как еще нет их широкого внедрения в производство и опыта эксплуатации таких защит, то есть необходимы статистические данные по этим защитами. При этом надо сказать, что по быстродействию такие защиты ничуть не уступают традиционным. Представленная защита характеризует инновационный подход в реализации релейной защиты и обладает эффектом ресурсосбережения материалов. Ресурсосберегаемость данной защиты заключается в использовании герконов, являющихся как по стоимости на порядок дешевле, так и по весу и габаритным параметрам намного меньшими, чем вышеназванные ТТ. Предложенная максимальная токовая защита выполняется в виде устройства, с установкой ее внутри выключателя, расположенного в ячейке закрытого распределительного устройства (ЗРУ) с напряжением, равным 35 кВ.

Ключевые слова: максимальная токовая защита, геркон, продольное и поперечное перемещение, ресурсосбережение, электроустановка, встроенные трансформаторы тока, магнитное поле.

Введение и актуальность исследования

Вопрос ресурсосбережения в электроэнергетике, который неоднократно поднимался на международных конференциях по большим энергетическим системам, остается актуальным и по сегодняшний день, в том числе и для реализации ресурсосберегающей релейной защиты различных электроустановок от коротких замыканий, без применения дорогостоящих и обладающих большим весом и габаритными параметрами металлосодержащих ТТ и токовых реле с ферромагнитными сердечниками [1].

Для повышения надежности традиционных токовых защит, выполненных как на электромеханической, полупроводниковой, так и микропроцессорной базе, целесообразно применять дублирование защит, а для получения максимального эффекта необходимо дублировать само устройство защиты и самих преобразователей тока [2, 3]. В качестве альтернативы применения ТТ и традиционных защит на их основе возможно рассмотрение различных магниточувствительных элементов, таких как датчики Холла, магниторезисторы, магнитодиоды, магнитотранзисторы, катушки индуктивности, герконы (герметизиро-

ванные контакты), а также катушки Роговского [4-6].

Для построения релейной защиты электроустановок без вышеназванных ТТ были выбраны герконы. Они одновременно могут выполнять функции аналого-дискретного и измерительного преобразователя, а также измерительного органа защиты. Работы по созданию ресурсосберегающих токовых защит без использования ТТ с ферромагнитными сердечниками на основе герконов ведутся еще с 60-х годов прошлого столетия [7]. За последние десятилетия появился ряд разработанных токовых защит с использованием герконов [8-12]. В статье рассмотрен принцип действия максимальной токовой защиты (МТЗ), предлагаемой в виде устройства и применимой для различных электроустановок. Выполнение МТЗ производится на примере ее реализации на базе бакового выключателя, напряжением 35 кВ, типа С-35-630-10 [13].

Максимальная токовая защита электроустановок

Как известно, герконы применяются в качестве элементной базы в различных реле, кнопках,

переключателях и т.д. [4]. При воздействии на геркон магнитного поля, созданного к примеру токоведущей шиной, концы его контактов намагничиваются и притягиваются к друг другу, замыкая электрическую цепь. В представляемой МТЗ используются герконы типа КМ-2.

Структурная схема токовой защиты электроустановок, базирующейся на герконе, представлена на рисунке 1. В состав защиты входят следующие элементы: 1 – геркон, 2 – расширитель импульсов, 3 – реле времени, 4 – промежуточное реле.

Представленная структурная схема аналогична структуре традиционных токовых защит с ТТ и токовыми реле с ферромагнитными сердечниками. Элементы данной схемы взаимодействуют между собой и работают в следующей последовательности. При возникновении короткого замыкания на выводах защищаемой электроустановки возникает ток короткого замыкания, который в разы больше номинального тока электроустановки. Изменение величины тока влечет за собой изменение величины магнитного поля. В связи с тем, что геркон располагается в зоне действия данного магнитного поля, то, соответственно, из-за его влияния контакты геркона замыкаются или размыкаются в зависимости от исходных условий. Контакты геркона КМ-2 в данном случае замыкаются, передавая сигнал к расширителю импульсов, а от него сигнал поступает на реле времени, которое через определенную выдержку времени, в свою очередь, от своих контактов на замыкание передает сигнал на промежуточное реле, от которого после его срабатывания сигнал поступает на катушку отключения выключателя электроустановки.

Наладка и принцип работы устройства МТЗ

На рисунке 2 представлено устройство максимальной токовой защиты электроустановки, а на рисунке 3 – расположение данного устройства внутри бака высоковольтного выключателя.

Максимальная токовая защита электроустановок представлена в виде устройства, содержащего в своем составе пластину 1, на наружной стороне которой под разными углами к плоскости поперечного сечения токоведущего стержня 5 выключателя 6 закреплены три геркона 2, 3 и 4 (рисунки 2 и 3).

Сама же пластина с герконами установлена и крепится внутри герметизированного маслостойкого кожуха 7, который в своей верхней части крепится к центральной оси 8, а по бокам с помощью упек 9 к боковым осям 10 (рисунок 2). Герметизированный маслостойкий кожух с имеющейся внутри него пластиной с герконами устанавливаются параллельно токоведущему стержню (рисунок 3). Герметизированный маслостойкий кожух расположен выше уровня масла, имеющегося в баке выключателя. Герметизированный маслостойкий кожух имеет возможность продольного или по-

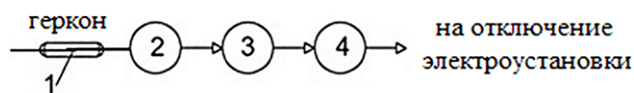


Рисунок 1 – Структурная схема токовой защиты на герконе

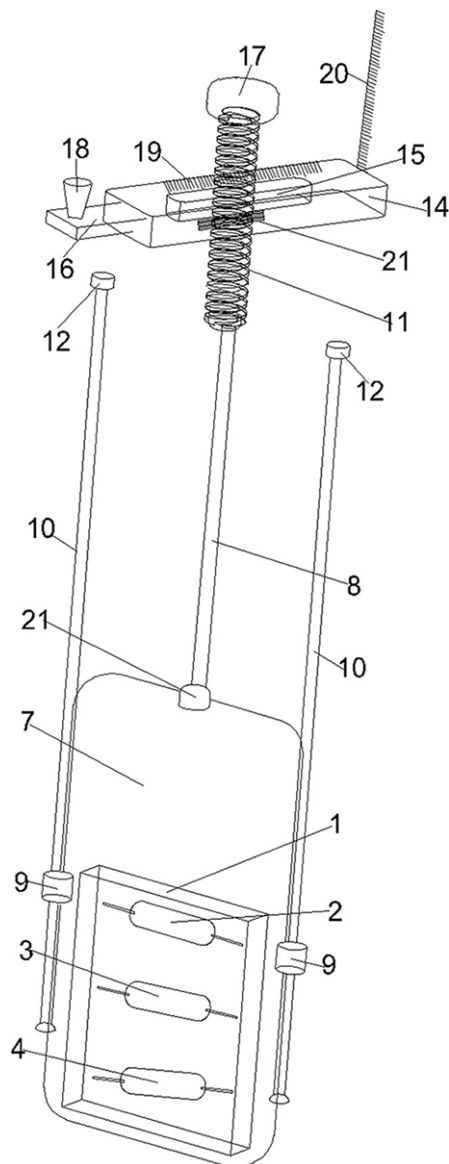


Рисунок 2 – Устройство максимальной токовой защиты электроустановок

перечного перемещения относительно токоведущего стержня (рисунок 3).

Центральная ось устройства жестко связана с первым концом вращающегося вала 11. Боковые же оси в верхней части с помощью втулок 12 прикреплены к крышке 13, на которой для крепления к ней герметизированного маслостойкого кожуха установлена первая планка 14 с продольным отверстием 15. Имеющаяся в составе устройства вторая планка 16 располагается внутри первой, а на втором конце вращающегося вала установлен

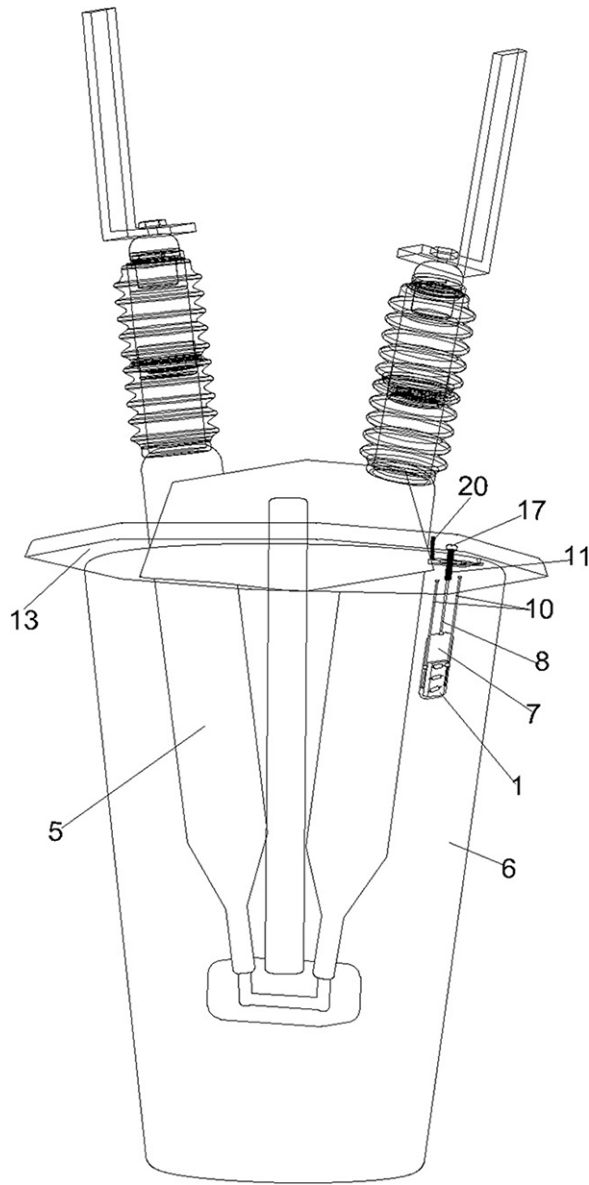


Рисунок 3 – Расположение устройства максимальной токовой защиты внутри бака выключателя

вентиль 17. На второй планке установлена ручка 18. На первой планке размещены горизонтальная 19 и вертикальная 20 шкалы – для определения необходимого расстояния выдвижения пластины с герконами. С целью герметизации входы герметизированного маслостойкого кожуха и первой планки уплотняются с помощью маслостойких прокладок 21 (рисунок 2).

Для выбора необходимой уставки срабатывания защиты осуществляют поперечное или продольное перемещение пластины с герконами, относительно токоведущего стержня (рисунок 3).

Данный выбор уставок производится один раз – в начале установки и эксплуатации устройства МТЗ на подстанции. Герконы расположены,

согласно ПУЭ, на безопасном от токоведущего стержня расстоянии 290 мм [14]. Для одного вида защиты используют один из герконов, другие два геркона необходимы для реализации других защит, например, МТЗ с другой выдержкой времени или же токовой отсечки.

Перед тем как установить устройство максимальной токовой защиты внутри бака выключателя, в его крышке просверливают необходимое отверстие под первую планку (рисунок 3). Далее через данное отверстие вводят герметизированный маслостойкий кожух с установленной внутри него пластиной с герконами. После этого фиксируют первую планку на самой крышке, рассчитывая при этом необходимое расстояние от токоведущего стержня до герконов и угол, под которым они должны располагаться по отношению к силовым линиям магнитного поля, создаваемым током в токоведущем стержне (рисунок 2).

Устройство максимальной токовой защиты работает следующим образом.

В нормальном режиме работы по токоведущему стержню протекает ток, не превышающий нормального рабочего значения, и на герконы действует магнитное поле, величина индукции которого является недостаточной для их срабатывания, и в связи с этим МТЗ не срабатывает (рисунок 3).

При коротком замыкании на отходящих присоединениях от выключателя ток, протекающий по токоведущему стержню, превосходит ток срабатывания защиты, при котором один из герконов срабатывает и подаёт сигнал на вход времязадающего органа, который через заданную выдержку времени подаёт сигнал на вход исполнительного органа. Исполнительный орган, сработав, подаёт сигнал на отключение выключателя электроустановки. В качестве времязадающего органа выступает реле времени, а в качестве исполнительного органа – промежуточное реле.

Выводы

Представленное устройство для реализации максимальной токовой защиты электроустановок напряжением 35 кВ может повысить надежность релейной защиты электроустановок, работая в качестве дублирующей защиты.

При этом отсутствие в конструкции МТЗ встроенных трансформаторов тока и токовых реле с ферромагнитными сердечниками, обладающих высокой стоимостью, значительными массой и габаритными параметрами, отвечает актуальному вопросу электроэнергетики – ресурсосбережению материалов, который в будущем будет иметь ещё более значимый приоритет. Все конструктивные элементы устройства могут быть изготовлены из облегчённого и прочного пластика типа «PLA», используемого в 3D-принтерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяков А.Ф. Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по матер. 39-й сессии СИГРЭ, Париж) // Энергетика за рубежом. – 2004. – № 4. – С. 7-16.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов. – 4-е изд., пер. и доп. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.
3. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.
4. Карабанов С.М., Майзельс Р.М., Шоффа В.Н. Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе. – Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 408 с.
5. Кожович Л.А., Бишоп М.Т. Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского // Современные направления развития релейной защиты и автоматизации энергосистем: Сб. докл. междунар. науч.-технич. конф. – М.: Научно-инженерное информационное агентство, 2009. – С. 39-48.
6. Кожович Л.А., Бишоп М.Т. Опыт эксплуатации дифференциальной защиты силовых трансформаторов с использованием катушки Роговского // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматизации энергосистем: Сб. докл. междунар. науч.-технич. конф. – М.: Научно-инженерное информационное агентство, 2009. – С. 49-59.
7. Клецель М.Я. Основы построения релейной защиты на герконах. Современные направления развития релейной защиты и автоматизации энергосистем // Сборник докладов конференции CIGRE, Екатеринбург, 2013. – С. 1-10.
8. Патент № 34420 РК Исабеков Д.Д. Установка для исследования электромагнитного поля внутри комплектного распределительного устройства. 26.06.2020 г. Бюл. № 25.
9. Патент № 35387 РК Исабеков Д.Д. Устройство максимальной токовой защиты электроустановок на магнитоуправляемых элементах. 26.11.2021 г. Бюл. № 47.
10. Патент № 2704792 РФ Исабеков Д.Д., Клецель М.Я., Кислов А.П., Шолохова И.И. Устройство для токовой защиты электроустановки. 31.10.2019 г. Бюл. № 31.
11. Патент № 2670720 РФ Исабеков Д.Д., Клецель М.Я., Талипов О.М., Шолохова И.И. Устройство для крепления герконов в ячейках комплектных распределительных устройств. 29.11.2018 г. Бюл. № 34.
12. Патент № 2759638 РФ Исабеков Д.Д., Полищук В.И., Постоянкова К.Ю., Шувалова А.А. Устройство максимальной токовой защиты. 16.11.2021 г. Бюл. №32.
13. Девочкин О.В., Лохнин В.В., Меркулов Р.В., Смолин Е.Н. Электрические аппараты: учеб. пособие. – М.: Академия, 2010. – 240 с.
14. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан: Приказ Министра энергетики Республики Казахстан № 230, 20 марта 2015 г.

Электрқондырғыларын максималды тоқ қорғау

¹*ИСАБЕКОВ Даурен Джамбулович, PhD, қауымдастырылған профессор, Dauren_pvl2012@mail.ru,

¹ШОКЕЕВ Алишер Балгаулы, магистрант, a.shokeev@gqe.kz,

¹«Торайғыров университеті» КеАҚ, Қазақстан, Павлодар, Ломов көшесі, 64,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада жоғары вольтты электр қондырғыларын қысқа тұйықталудан қорғау мақсатында әзірленген максималды ток қорғанысының жұмыс принципі берілген. Ұсынылған қорғаныс ферромагниттік өзектері бар (оның ішінде ажыратқыштың ішінде кіріктірілген) электрэнергетикасында кеңінен қолданылатын ток релесі мен ток трансформаторларын (ТТ) қолданбай жасалған, олардың салмағы мен өлшемінің айтарлықтай параметрлері және құны жоғары. Ұсынылған қорғаныс максималды ток қорғанысы түріндегі магниттік сезімтал геркондар арқылы жасалады. Геркон бар қорғаныстар қазіргі уақытта электр қондырғыларының дәстүрлі қорғаныстарына қатысты қайталанатын ретінде ғана қолданылуы мүмкін, өйткені бұл қорғаныстарды өндіріске кеңінен енгізу және оларды пайдалану тәжірибесі әлі жоқ, яғни олар бойынша статистикалық деректер қажет. Сонымен қатар, жылдамдық бойынша мұндай қорғаныс дәстүрлі қорғаныстардан еш кем түспейтінін айту керек. Ұсынылған қорғаныс релелік қорғанысты жүзеге асырудағы инновациялық тәсілді сипаттайды және ресурстарды үнемдеу әсерін береді. Бұл қорғаныстың ресурсын үнемдеу жоғарыда аталған ТТ-ға қарағанда құны жағынан да, ал салмақ пен өлшем параметрлері бойынша әлдеқайда аз болатын геркондарын пайдалануда жатыр. Ұсынылған қорғаныс кернеуі 35 кВ жабық тарату құрылғысының (ЖТҚ) ұяшығында орналасқан ажыратқыштың ішіне орнатылатын құрылғы түрінде жүзеге асырылады.

Кілт сөздер: максималды ток қорғаныс, геркон, бойлық және көлденең қозғалыс, ресурстарды үнемдеу, электрқондырғысы, кірістірілген трансформаторлары, магнит өрісі.

Maximum Current Protection of Electrical Installations¹**ISSABEKOV Dauren**, PhD, Associate Professor, Dauren_pvl2012@mail.ru,¹**SHOKEEV Alisher**, master student, a.shokeev@gqe.kz,¹NCJSC «Toraighyrov University», Kazakhstan, Pavlodar, Lomov Street, 64,

*corresponding author.

Abstract. The principle of operation of the developed overcurrent protection, the purpose of which is the protection of high-voltage electrical installations against short circuits, is presented. The presented protection is made without using current relays and current transformers (CTs) with ferromagnetic cores (including those built into the circuit breaker), which have significant weight and dimensions and high cost, widely used in the electric power industry. The proposed protection is made with the use of magnetically sensitive elements-hercons in the form of overcurrent protection. Protections with the use of reed switches can be used at the moment only as a duplicating protection in relation to the traditional protections of electrical installations, since there is no wide introduction into production of these protections and experience in their operation, that is, statistical data on these protections are needed. It should be said that in terms of speed such protections are not inferior to traditional ones. The presented protection characterizes an innovative approach in the implementation of relay protection and has a resource-saving effect. Resource-saving of this protection is the use of reed switches, which are both at a cost by an order of magnitude cheaper, and the weight and dimensions are much smaller in size and weight than the above-mentioned CTs. The proposed protection is performed in the form of a device with its installation inside the circuit breaker, located in a cell of a closed switchgear (ZRU) with voltage equal to 35 kV.

Keywords: maximum current protection, reedswitch, longitudinal and transverse movement, resourcesaving, electrical installation, integrated current transformers, magneticfield.

REFERENCES

1. D'jakov A.F. Jeлектроенергетика mira v nachale XXI stoletija (po mater. 39-j sessii SIGRJe, Parizh) // Jenergetika za rubezhom. – 2004. – No. 4. – pp. 7-16.
2. Andreev V.A. Relejnaja zashhita i avtomatika sistem jelectrosnabzhenija: uchebnik dlja vuzov. – 4-e izd., per. i dop. – Moscow: Vysshaja shkola, 2006. – 639 p.
3. Shneerson Je.M. Cifrovaja relejnaja zashhita. – Moscow: Jenergoatomizdat, 2007. – 549 p.
4. Karabanov S.M., Majzel's R.M., Shoffa V.N. Magnitoupravljaemye kontakty (gerkony) i izdelija na ih osnove. – Dolgoprudnyj: Intellect, 2011. – 408 p.
5. Kozhovich L.A., Bishop M.T. Sovremennaja relejnaja zashhita s datchikami toka na baze katushki Rogovskogo // Sovremennye napravlenija razvitija relejnoj zashhity i avtomatiki jenergosistem: Sb. dokl. mezhdunar. nauch.-tehnic. konf. – Moscow: Nauchno-inzhenernoe informacionnoe agentstvo, 2009. – pp. 39-48.
6. Kozhovich L.A., Bishop M.T. Opyt jekspluatcii differencial'noj zashhity silovyh transformatorov s ispol'zovaniem katushki Rogovskogo // Sovremennye napravlenija razvitija sistem relejnoj zashhity i avtomatiki jenergosistem: Sb. dokl. mezhdunar. nauch.-tehnic. konf. – Moscow: Nauchno-inzhenernoe informacionnoe agentstvo, 2009. – pp. 49-59.
7. Klecel' M.Ja. Osnovy postroenija relejnoj zashhity na gerkonah. Sovremennye napravlenija razvitija relejnoj zashhity i avtomatiki jenergosistem // Sbornik dokladov konferencii SIGRE, Ekaterinburg, 2013. – pp. 1-10.
8. Patent no. 34420 RK Isabekov D.D. Ustanovka dlja issledovanija jelektromagnitnogo polja vnutri komplektnogo raspreditel'nogo ustrojstva. 26.06.2020 g. Bjul. No. 25.
9. Patent no. 35387 RK Isabekov D.D. Ustrojstvo maksimal'noj tokovoj zashhity jelektroustanovok na magnitoupravljaemyh jelementah. 26.11.2021 g. Bjul. No. 47.
10. Patent no. 2704792 RF Isabekov D.D., Klecel' M.Ja., Kislov A.P., Sholohova I.I. Ustrojstvo dlja tokovoj zashhity jelektroustanovki. 31.10.2019 g. Bjul. No. 31.
11. Patent no. 2670720 RF Isabekov D.D., Klecel' M.Ja., Talipov O.M., Sholohova I.I. Ustrojstvo dlja kreplenija gerkonov v jachejkah komplektnyh raspreditel'nyh ustrojstv. 29.11.2018 g. Bjul. No. 34.
12. Patent no. 2759638 RF Isabekov D.D., Polishhuk V.I., Postojankova K.Ju., Shuvalova A.A. Ustrojstvo maksimal'noj tokovoj zashhity. 16.11.2021 g. Bjul. No. 32.
13. Devochkin O.V., Lohnin V.V., Merkulov R.V., Smolin E.N. Jelektricheskie apparaty: ucheb. posobie. – Moscow: Akademiya, 2010. – 240 p.
14. Pravila ustrojstva jelektroustanovok Respubliki Kazahstan: Prikaz Ministra jenergetiki Respubliki Kazahstan № 230, 20 marta 2015 g.