

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

№ 4 (2022)

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/UJEG4973>

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 алкасы – 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

***М. Я. Клецель¹, А.С. Барукин², Б. Е. Машрапов³**

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

КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ГЕРКОНОВ ВБЛИЗИ ШИН ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКА

Отмечается, что использование герконов позволяет решить актуальную задачу построения устройств релейной защиты без трансформаторов тока. Подчеркивается, что для их закрепления и регулирования параметров срабатывания этих устройств путем изменения положения герконов вблизи токоведущих шин необходимы специальные конструкции. Предлагаются четыре новые конструкции для крепления герконов вблизи шин переменного и постоянного тока. Первая из них отличается от известных наличием хомута, охватывающего шину, пластины, на которой закреплены герконы и планки, скрепленной с этим хомутом; вторая – двойным ушным хомутом и двумя поворотными дугами с барабанными храповиками с герконом; третья – Г-образной пластиной с герконами и крепежными уголками; четвертая – двумя прямоугольными брусками с четырьмя сквозными отверстиями. Упоминается, что с помощью 3D-печати из пластика типа PLA был изготовлен опытный образец второй конструкции, масса и занимаемый объем которого (вместе с герконами) в 167 и 89 раз, соответственно, меньше, чем у трансформаторов тока. Отмечается, что подобные расчетные соотношения получены и для остальных конструкций. Описываются способы регулирования параметров срабатывания защит на герконах с помощью предложенных конструкций.

Ключевые слова: защита, геркон, конструкция, крепление, шина, токопровод.

Введение

Одним из путей решения задачи построения защит без трансформаторов тока, неоднократно называемой на сессиях СИГРЭ нерешенной проблемой мировой энергетики [1–3], может быть использование герконов. Для закрепления и изменения положения герконов (они являются измерительными

органами новых защит электроустановок от коротких замыканий) вблизи токоведущих шин необходимы специальные конструкции. Уже созданы 20 запатентованных моделей таких конструкций (например, [4, 5]). Однако работы в этом направлении не завершены, и придется создавать еще большое количество конструкций для крепления герконов, так как возможные варианты их выполнения в значительной степени зависят от расположения фаз электроустановки, её напряжения, типа распределительного устройства и исполнения токоведущих шин, вблизи которых должен быть установлен геркон. В данной работе рассматриваются разработанные авторами конструкции для крепления герконов, позволяющие сравнительно просто размещать их вблизи шин переменного и постоянного тока всех типов, и строить измерительные органы токовых защит для различных электроустановок.

Материалы и методы.

Первая конструкция [6] содержит пластину 1 (рисунок 1), на поверхности 2 которой с помощью зажимов 3 закреплены n герконов 4 параллельно и на одинаковом расстоянии друг от друга. Один конец пластины 1 вклеен в прорезь планки 5, прикрепленной с помощью болта 6 к хомуту 7. Хомут 7 надет на токоведущую шину 8, установленную на изоляторах 9 внутри оболочки 10 закрытого токопровода. Пластина 1 расположена таким образом, чтобы ее поверхность 2 совпадала с плоскостью поперечного сечения шины 8. В пластине 1 проделаны $2n$ отверстий 11, через которые пропущены изолированные провода 12 от контактов герконов 4 на противоположную поверхность 13 пластины 1. Изолированные провода 12 с помощью хомутов 14 и 15 прикреплены к поверхности 13 пластины 1. Изолированные провода 12 через разъем 16, закрепленный на поверхности 13 пластины 1, с помощью кабеля 17 пропущены через отверстие 18 в оболочке 10 закрытого токопровода и подключены к времязадающему блоку 19. Исполнительный орган 20 входом подключен к времязадающему блоку 19, а выходом подключен в цепь отключения выключателя.

В качестве герконов 4 могут использоваться герконы типа МКА-20101. Пластина 1 и планка 5 выполнены из листового стеклотекстолита СТЭД. Времязадающий блок 19 может быть выполнен на микроконтроллере серии 51 производителя Atmel AT89S53. В качестве исполнительного органа 20 может быть использовано промежуточное реле серии РП-251.

Вторая конструкция [10] (рисунок 2) содержит два геркона 1, двойной ушной хомут 2, два одинаковых блока 3 регулировки, выполненных в виде поворотных дуг 4, соединенных с подвижной частью фиксируемых шарниров 5, которые своими неподвижными частями жестко закреплены на двойных ушных хомутах 2. На конце каждой дуги 4 подвижно закреплен барабанный

храповик 6 с откидной собачкой 7 со стопорным винтом 8. Внутри каждого храповика 6 с помощью хомута 9, фиксируемого крепежными болтами 10, закреплен геркон (не показано).

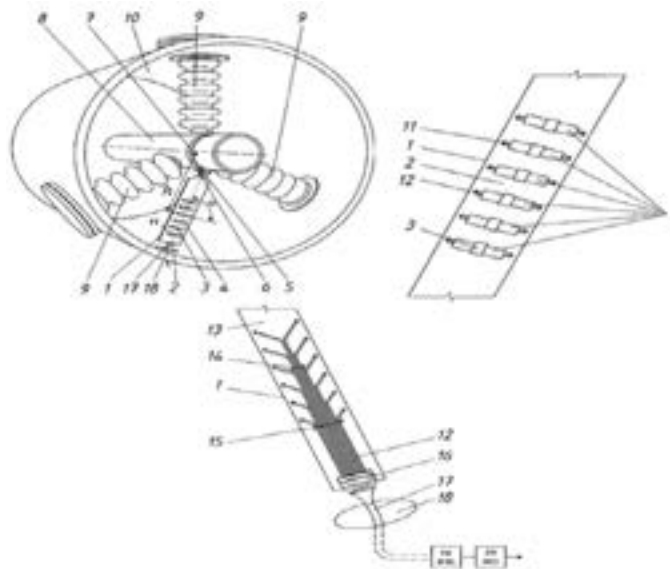


Рисунок 1 – Первая конструкция

Двойной ушной хомут 2 болтом 11 с гайкой 12 закреплен в пазу опорного изолятора, который прикреплен к токоведущей шине комплектного токопровода с оболочкой. Опытные образцы конструкций выполнены с помощью 3D-печати, а в качестве расходного материала использован пластик типа PLA. Для токопроводов напряжением 15 кВ масса предлагаемой конструкции (вместе с герконами) составит 0,15 кг, а занимаемый объем – $0,09 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ (масса трансформатора тока и занимаемый им объем для этого напряжения равны 25 кг и $8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ соответственно). Подобные цифры получены и для остальных конструкций, представленных в данной работе.

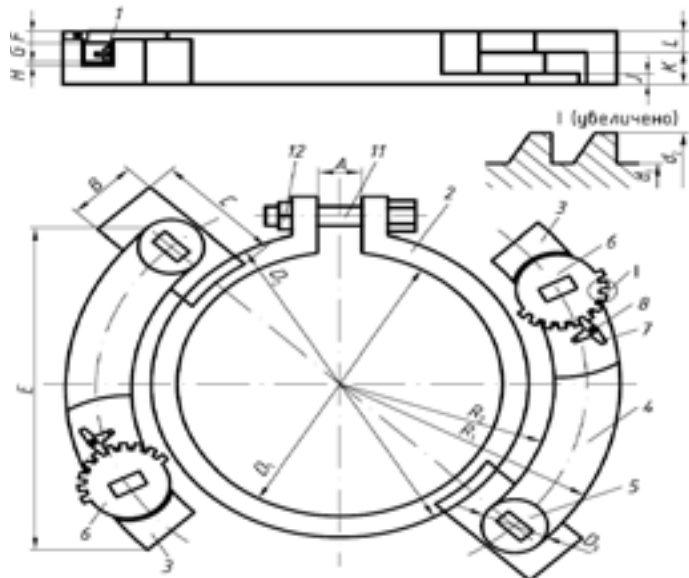
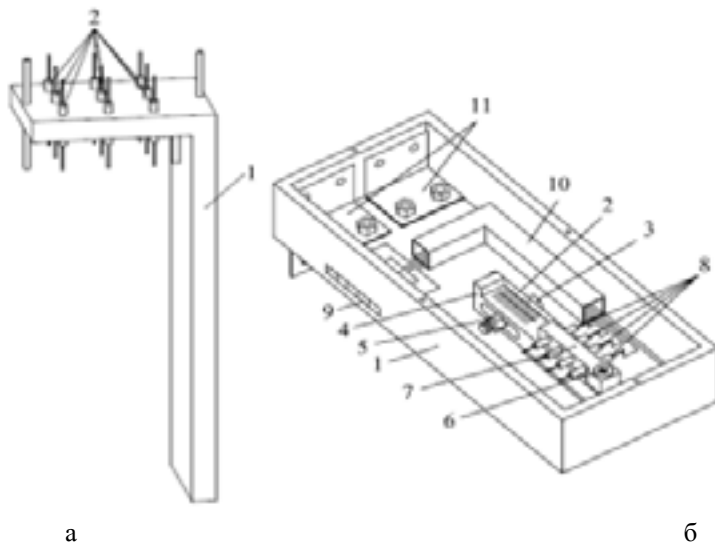


Рисунок 2 – Вторая конструкция

Для крепления герконов вблизи шин закрытых токопроводов постоянного тока может быть использована третья конструкция [11], содержащая (рисунок 3, а) Г-образную пластину 1, кабельные каналы, крышки и блок крепления, выполненный в виде крепежных уголков (не показаны). На укороченной части Г-образной пластины 1 на одинаковом расстоянии друг от друга выполнены сквозные отверстия, внутри которых закреплены герконы 2. По краям укороченной части пластины 1 с её обеих сторон сделаны выступы цилиндрической формы с резьбовыми отверстиями, на которые надеты и при помощи шурупов закреплены крышки, выполненные в форме полых прямоугольных параллелепипедов, имеющих, также, как и кабельные каналы, расположенные на их внешних сторонах, соосные с продольными осями герконов 2 сквозные отверстия, через которые пропущены изолированные провода, одним концом подключенные к контактам герконов 2, а другим концом – к клеммной колодке. На конце удлиненной части Г-образной пластины 1 с её обеих сторон при помощи шурупов закреплены уголки, обеспечивающие возможность расположения пластины 1 в магнитном поле токоведущей шины закрытого токопровода постоянного тока.



а б
Рисунок 3 – Общий вид третьей и четвертой конструкций

Четвертая конструкция [12] содержит (рисунок 3, б): корпус 1 с крышкой, выполненный в форме параллелепипеда. В одной части корпуса 1, на его дне, выполнен выступ 2 прямоугольной формы, поперек которого выполнено отверстие, в которое вставлен регулировочный болт 3, проходящий через паз первого прямоугольного бруса 4, расположенного рядом с выступом 2. Регулировочный болт 3 зафиксирован гайкой 5. На верхнюю сторону первого бруса 4 нанесена шкала. На верхней стороне выступа 2 параллельно продольной оси его отверстия выполнена засечка для визуального определения изменения положения первого бруса 4. На первом брус 4 с помощью шурупа 6 закреплен второй прямоугольный брус 7. С боковой стороны второго бруса 7 на одинаковом расстоянии друг от друга выполнены четыре сквозных отверстия, внутри которых параллельно друг другу закреплены четыре геркона 8.

В одной из боковых стенок корпуса 1 выполнено отверстие, внутри которого закреплена клеммная колодка 9, а вдоль второй боковой стенки в центральной части корпуса 1 закреплен кабельный канал 10, через который проходят провода, соединяющие герконы 8 с колодкой 9. В другой части корпуса 1, с внутренней и внешней стороны его дна, попарно друг с другом при помощи болтов и гаек закреплены четыре крепежных уголка 11, предназначенные для расположения предлагаемой конструкции с герконами в магнитном поле токопроводов постоянного тока – так, например, корпус

1 может быть закреплен к шине токопровода при помощи уголков 11 и струбцин, выполненных из пластика типа PLA при помощи 3D-печати. Точно так же могут быть выполнены корпус 1, кабельный канал 10, первый 4 и второй 7 брусы.

Результаты и обсуждение.

Устройство для максимальной токовой защиты с измерительным органом в виде первой конструкции с герконами работает следующим образом. Перед пуском защиты выбирают один из n герконов 4, по срабатыванию которого будут судить о наличии междуфазных коротких замыканий (КЗ) в конце закрытого токопровода или на отходящих от него присоединениях. Для этого определяют ток I_{cp} в токоведущей шине 8, при котором срабатывает геркон 4. Все герконы 4 закреплены на пластине 1 таким образом, что имеют максимальную чувствительность. Так, на рисунке 1 все герконы 4 расположены под углом $\alpha = 90^\circ$, где α – угол между продольной осью геркона и перпендикулярной к ней линией, расположенной на поверхности 2, соединяющей центр тяжести геркона 4 и ось токоведущей шины 8. Поэтому значение I_{cp} определяют по известному расстоянию h (рисунок 1) до герконов 4 и магнитодвижущей силе срабатывания (м.д.с.) герконов F_{cp} по формуле [7]:

$$I_{cp} = 2\pi \frac{F_{cp} h}{l_k}, \quad (1)$$

где l_k – длина катушки соленоида, в котором измеряют м.д.с.

Стоит отметить, что для более точного расчета I_{cp} по (1) следует воспользоваться поправочными коэффициентами, приведенными в [8].

Затем проверяют возможность использования геркона 4 по выполнению неравенства [9]:

$$I_{КЗ, \min} \geq 1,5 I_{сз} \geq 2 I_{cp}, \quad (2)$$

где $I_{КЗ, \min}$ – минимальный ток КЗ в конце защищаемого участка; $I_{сз}$ – ток срабатывания защиты (на токопроводах собственных нужд электростанций он отстраивается от токов самозапуска электродвигателей).

Если после выбора тока срабатывания защиты $I_{сз}$ и расчетов по формуле (1) правая часть неравенства (2) не выполняется, то нужно взять информацию от геркона 4, расположенного ближе к токоведущей шине 8, например, на расстоянии h от нее, подсчитать его ток срабатывания I_{cp} и затем проверять выполнение неравенства (2). Если оно выполняется, то устройство готово к работе.

При КЗ между фазами в конце закрытого токопровода или на отходящих от него присоединениях ток, протекающий по токоведущей шине 8, превосходит ток срабатывания защиты $I_{сз}$. Поэтому выбранный геркон 4 срабатывает (закрывает контакты) и по проводам 12 через разъем 16 и кабель 17 передает сигнал на времязадающий блок 19, который через заданную выдержку времени подает сигнал на вход исполнительного органа 20, с выхода которого подается сигнал на отключение повредившихся шин 8 от сети. В режимах нагрузки ток срабатывания $I_{ср}$ больше тока нагрузки, и геркон не срабатывает. Поэтому устройство не приходит в действие.

Для срабатывания геркона, помещенного вблизи токоведущей шины с помощью второй конструкции, нужна м.д.с. $I_{сз}$ создаваемая током с величиной $I_{ср}$ в шине. Если геркон размещен на расстоянии h от токоведущей шины в плоскости N , параллельной шине (Δabc находится в плоскости N), то в соответствии с законом Био – Савара – Лапласа:

$$I_{ср} = H_{ср} / g, \quad (3)$$

где $I_{ср}$ и $H_{ср}$ – минимальные значения тока в токоведущей шине и напряженности магнитного поля, создаваемого этим током, при которых геркон срабатывает ($H_{ср}$ направлена вдоль контактов геркона); g – коэффициент, характеризующий расположение геркона относительно токоведущей шины, выражаемый через h , m , γ .

$$g = \frac{h \cos \gamma}{h^2 + m^2}, \quad (4)$$

где $m = \sqrt{2d^2 - 2d^2 \cos \beta}$ – расстояние, на которое перемещается геркон в результате изменения положения поворотной дуги 4; d – хорда дуги; β – угол поворота дуги; γ – угол между m и продольной осью геркона.

Минимум соответствующей функции тока по (3) определяет координаты герконов, при которых они имеют максимальную чувствительность.

Регулировку $I_{ср}$ осуществляют следующим образом. Вращением подвижной части шарнира 5 (рисунок 2), например с помощью реверсивной отвертки, выдвигаем поворотную дугу 4 из паза опорного изолятора на угол β в плоскости N . После выдвижения дуги 4 расположенный на ней барабанный храповик 6 оказывается в доступной для регулирования зоне. Храповик осуществляет поворот геркона 1 на расчетный угол γ в плоскости

N после выкручивания стопорного винта 8 откидной собачки 7 (затем последнюю возвращают в исходное положение и закручивают винтом 8).

Третья конструкция может использоваться для крепления магниторезисторов вблизи шин закрытых токопроводов постоянного тока преобразовательных установок. В данной конструкции предусмотрена возможность одновременного крепления девяти датчиков магнитного поля. При выполнении схемы защиты преобразовательной установки на герконах и магниторезисторах по мажоритарному принципу это дает возможность регулирования уставки её срабатывания путем использования трех магниторезисторов, расположенных, в сравнении с другими, ближе к токоведущей шине, или, наоборот, дальше от неё. Разработанная конструкция проста и позволяет закреплять герконы или магниторезисторы вблизи шин закрытых токопроводов постоянного тока, не требуя их конструктивных изменений.

Для изменения диапазона уставок срабатывания защиты на герконах, использующей четвертую конструкцию, ослабляют крепление гайки 5, фиксирующей регулировочный болт 3, перемещают первый брус 4 в пределах длины его паза вдоль выступа 2 корпуса 1, после чего закручивают гайку 5. Изменение положения первого бруса 4 обеспечивает изменение расстояний h от шины токопровода постоянного тока до герконов 8, а следовательно, и изменение значений токов I_{cp} в ней, при которых герконы 8 будут срабатывать. Таким образом, предлагаемая конструкция позволяет повысить чувствительность защит на герконах за счет расширения диапазона их уставок срабатывания при изменении положения первого бруса 4, а также надежность срабатывания и несрабатывания – путем обеспечения точности регулирования уставок за счет контроля положения шкалы бруса 4 относительно засечки на выступе 2 корпуса 1.

Выводы

Предложенные конструкции достаточно просты и позволяют закреплять и изменять положение герконов вблизи шин переменного и постоянного тока всех типов. Как показали предварительные расчеты, при реализации они (вместе с герконами) должны оказаться в сотни раз легче по весу и в десятки раз меньше по габаритам, чем трансформаторы тока, используемые для построения традиционных защит. Одновременное использование в этих конструкциях нескольких герконов, расположенных на разных расстояниях от шины, обеспечивает возможность регулирования параметров срабатывания защит в широком диапазоне, что в большинстве случаев позволяет повысить их чувствительность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Дьяков, А. Ф., Ишкин, В. Х., Мамиконянц, Л. Г., Семенов, В. А.** Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по матер. 39-й сессии СИГРЭ, Париж) // Энергетика за рубежом. – М.: ЗАО Научно-техническая фирма «Энергопрогресс», 2004. – Вып. 4–5. – 176 с.

2 **Кожович, Л. А., Бишоп, М. Т.** Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского // Современные направления развития релейной защиты и автоматики энергосистем: матер. междунар. науч.-техн. конф. – М., 2009. – С. 39–48.

3 **Клецель, М. Я.** Основы построения релейной защиты на герконах // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем: матер. 4-й междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург, 2013. – С. 1–10.

4 **Kletsel, M., Berguzinov, A., Alishev, Zh., Goryunov, V.** Constructions and details for fixing magnetically operated sealed switches in the closed electrical pathways // Proc. of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS), 2014. – P. 1–5.

5 **Kaltayev, A., Mashrapov, B., Talipov, O.** Designs for Mounting Reed Switches in Closed Complete Current Conductors and on Cable Lines // Proc. of 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2020. – P. 1–5.

6 **Клецель, М. Я., Бергузинов, А. Н., Ержанов, Н. Т.** Устройство для максимальной токовой защиты // Пат. 2570328 РФ МПК H02H 3/00; опубл. 10.12.2015.

7 **Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока // Электротехника. – 1987. – №4. – С. 11–13.

8 **Kletsel, M., Varukin, A., Talipov, O.** About the Biot-Savart-Laplace law and its use for calculations in high-voltage AC installations // Przegląd Elektrotechniczny, 2017. – vol. 93, № 11. – P. 129 – 132.

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

10 **Клецель, М. Я., Барукин, А. С., Калтаев, А. Г.** Измерительный орган для токовой защиты электроустановки с опорными изоляторами // Пат. 32006 РК МПК H02H 3/08; опубл. 14.04.2017.

11 **Барукин, А. С.** Устройство для крепления герконов защит высоковольтных электроустановок // Пат. 32645 РК МПК H02H 3/08; опубл. 05.02.2018.

12 Клецель, М. Я., Барукин, А. С., Машрапов, Б. Е., Шолохова, И. И. Устройство для максимальной токовой защиты электроустановки на герконах // Пат. 2624907 РФ МПК H02H 3/08; опубл. 10.07.2017.

REFERENCES

1 Diakov, A. F, Ishkin, V. Kh, Mamikonians, L. G, Semenov V. A. Elektroenergetika mira v nachale XXI stoletia (po mater 39-i sessii SIGRE Parizh) [Electric power industry of the world at the beginning of the XXI century (based on the materials of the 39th session of CIGRE, Paris)] // Energy Abroad. – M.: CJSC Scientific and technical firm “Energoprogress”, 2004. – Issue 4–5. – 176 p.

2 Kozhovich, L. A, Bishop, M. T Sovremennaiia releinaia zashchita s datchikami toka na baze katushki Rogovskogo [Modern relay protection with current sensors based on the Rogowski coil] // Modern trends in the development of relay protection and automation of power systems: mater. intl. sci.-tech. conf. – M., 2009. – P. 39–48.

3 Kletsel, M. Ya Osnovy postroeniia releinoi zashchity na gerkonakh [Fundamentals of building relay protection on reed switches] // Modern trends in the development of relay protection systems and automation of power systems: mater. 4th Intern. sci.-tech. conf. – Ekaterinburg, 2013. – P. 1-10.

4 Kletsel, M., Berguzinov, A., Alishev, Zh., Goryunov, V. Constructions and details for fixing magnetically operated sealed switches in the closed electrical pathways // Proc. of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS), 2014. – P. 1-5.

5 Kaltayev, A., Mashrapov, B., Talipov, O. Designs for Mounting Reed Switches in Closed Complete Current Conductors and on Cable Lines // Proc. of 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2020. – P. 1-5.

6 Kletsel, M. Ya., Berguzinov, A. N., Erzhanov, N. T. Ustroistvo dlia maksimalnoi tokovoi zashchity [Device for overcurrent protection] // Pat. 2570328 RF IPC H02H 3/00; publ. 12/10/2015.

7 Kletsel, M. Ya., Musin, V. V. O postroenii na gerkonakh zashchit vysokovolnykh ustanovok bez transformatorov toka [On the construction on reed switches of protection of high-voltage installations without current transformers] // Electrical engineering. – 1987. – №4. – P. 11–13.

8 Kletsel, M., Barukin, A., Talipov, O. About the Biot-Savart-Laplace law and its use for calculations in high-voltage AC installations // Przegląd Elektrotechniczny, 2017. – vol. 93, № 11. – P. 129-132.

9 Kletsel, M. Ya., Musin, V. V. Vybor toka srabatyvaniia maksimalnoi tokovoi zashchity bez transformatorov toka na gerkonakh [Choice of operating current of

overcurrent protection without current transformers on reed switches] // Industrial energy. – 1990. – №4. – С. 32–36.

10 **Kletsel, M. Ya., Barukin, A. S., Kaltaev, A. G.** Izmeritelnyi organ dlia tokovoi zashchity elektroustanovki s opornymi izoliatorami [Measuring device for current protection of electrical installations with support insulators] // Pat. 32006 RK IPC H02N 3/08; publ. 04/14/2017.

11 **Barukin, A. S.** Ustroistvo dlia krepleniia gerkonov zashchit vysokovoltnykh elektroustanovok [Device for fastening reed switches for protection of high-voltage electrical installations] // Pat. 32645 RK IPC H02N 3/08; publ. 02/05/2018.

12 **Kletsel, M. Ya., Barukin, A. S., Mashrapov, B. E., Sholokhova, I. I.** Ustroistvo dlia maksimalnoi tokovoi zashchity elektroustanovki na gerkonakh [Device for maximum current protection of electrical installations on reed switches] // Pat. 2624907 RF IPC H02N 3/08; publ. 07/10/2017.

Материал поступил в редакцию 15.12.22.

**М.Я. Клецель¹, А.С. Барукин², Б.Е. Маширапов³*

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

Материал баспаға 15.12.22 түсті.

АЙНЫМАЛЫ ЖӘНЕ ТҰРАҚТЫ ТОК ШИНАЛАРЫНА ЖАҚЫН ГЕРКОНДАРДЫ БЕКІТУГЕ АРНАЛҒАН КОНСТРУКЦИЯЛАР

Геркондарды пайдалану ток трансформаторларынсыз релілік қорғаныс құрылғыларын құрудың өзекті мәселесін шешуге мүмкіндік беретіні атап өтілді. Оларды бекіту үшін және ток өткізгіш шиналардың жанында геркондардың орнын өзгерту арқылы осы құрылғылардың жұмыс істеу параметрлерін реттеу үшін арнайы конструкциялар қажет екендігі атап өтілді. Айнымалы және тұрақты ток шиналарына жақын геркондарды бекіту үшін төрт жаңа конструкция ұсынылады. Олардың біріншісі шинаны жабатын қамыттың, n геркондар мен тақтайша орнатылған осы қамытпен бекітілген табақтың болуымен белгілілерден ерекшеленеді; екіншісі – қос құлақ қамытпен және герконы бар барабанды ілікті механизмы бар екі айналмалы догалармен; үшіншісі – геркондары мен бекіту бұрыштары бар Г-тәрізді тақтайшамен; төртіншісі – төрт тесігі бар екі тікбұрышты бөренемен ерекшеленеді. 3D басып шығару арқылы PLA типті пластиктен екінші конструкцияның тәжірибелік үлгісі жасалғаны аталған, оның массасы мен көлемі (геркондармен бірге) ток трансформаторларына қарағанда сәйкесінше 167 және

89 есе аз. Мұндай есептік қатынастар басқа конструкциялар үшін де алынғандығы атап өтілді. Ұсынылған конструкцияларды қолдана отырып, геркондар негізіндегі қорғаныс параметрлерін реттеу әдістері сипатталған.

Кілтті сөздер: қорғаныс, геркон, конструкция, бекіту, шина, ток өткізгіш.

**М. Я. Kletsel¹, А. S. Barukin², В. E. Mashrapov³*

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

Material received on 15.12.22

DESIGNS FOR FASTENING REED SWITCHES NEAR AC AND DC BUSBARS

It is noted that the use of reed switches allows solving the actual problem of building relay protection devices without current transformers. It is emphasized that in order to fix them and regulate the operation parameters of these devices by changing the position of the reed switches near the current-carrying busbars, special designs are required. Four new designs are proposed for attaching reed switches near AC and DC busbars. The first of them differs from the known ones by the presence of a clamp covering the bus, a plate on which n reed switches are fixed and a bar fastened to this clamp; the second - with a double ear clamp and two swivel arches with drum ratchets with a reed switch; the third - L-shaped plate with reed switches and mounting brackets; the fourth - two rectangular beams with four through holes. It is mentioned that with the help of 3D printing, a prototype of the second design was made from PLA plastic, the mass and occupied volume of which (together with reed switches) are 167 and 89 times, respectively, less than that of current transformers. It is noted that similar design ratios were obtained for other designs. Methods for regulating the operation parameters of protections on reed switches using the proposed designs are described.

Keywords: protection, reed switch, design, fastening, busbar, conductor.

Теруге 15.12.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4019

Сдано в набор 15.12.2022 г. Подписано в печать 30.12.2022 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4019

«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