

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 (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/SMUR2431>

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.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А.И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Кошеков К.Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е.В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А.Р.,	<i>технический редактор</i>

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/UWZP6161>

***Б. Е. Машрапов¹, М. Я. Клецель², Р. М. Машрапова³,
А. Ж. Динмуханбетова⁴**

^{1, 2, 3, 4}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: bokamashrapov@mail.ru

МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА С КОНТРОЛЕМ ИСПРАВНОСТИ

Отмечено, что построение защит на миниатюрных магниточувствительных элементах, например, герконах, устанавливаемых на безопасном расстоянии от токоведущих шин, позволит решить одну из актуальных задач электроэнергетики - уход от традиционных трансформаторов тока. Предложены максимальная токовая защита повышенной надежности, получающая информацию о токах в шинах от герконов, и конструкция для их крепления в ячейках комплектных распределительных устройств. Конструкция представляет собой полый опорный изолятор, выпускаемый промышленностью, внутри которого располагаются герконы, логическая часть и выходной орган защиты. Для повышения надежности функционирования защиты она оснащена встроенной тестовой диагностикой неисправностей. Диагностика запускается нажатием кнопки, через контакты которой подается тестовый сигнал на обмотки герконов. Затем контролируется появление напряжения в заданных точках схемы защиты. Если оно отсутствует в какой-либо из этих точек, то фиксируют неисправный элемент и сигнализируют о неисправности в схеме. При этом контролируется исправность всех элементов защиты, включая и герконы. Подробно рассмотрено поведение защиты в различных режимах, а также как осуществляется и какие неисправности выявляются в устройстве.

Ключевые слова: максимальная токовая защита, геркон, конструкция для крепления, изолятор, диагностика неисправностей.

Введение

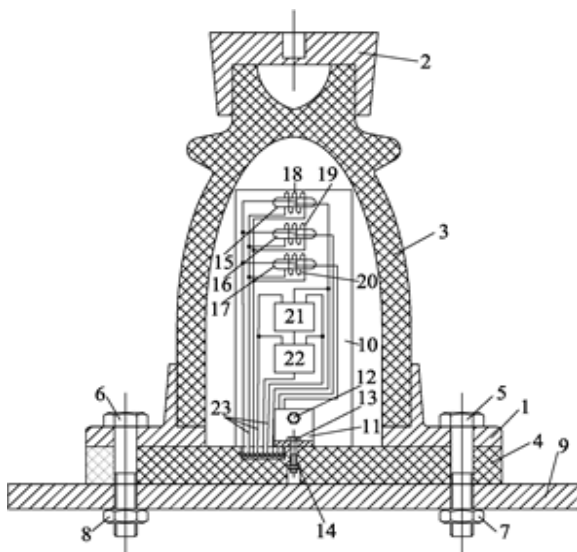
Максимальная токовая защита (МТЗ) является одной из самых распространенных защит от коротких замыканий, применяемых в

электроустановках (ЭУ) напряжением 6-110 кВ. Обычно она получает информацию о токах в шинах ЭУ от металлоемких трансформаторов тока [1, 2], которые, к тому же, имеют и другие общеизвестные недостатки [3, 4]. О необходимости их замены на более миниатюрные датчики тока не раз упоминалось на международных конференциях [5, 6] и в высокорейтинговых журналах [7, 8]. При этом в качестве датчиков тока для построения устройств защиты предлагается использовать магниточувствительные элементы: герконы [7-9], катушки Роговского [6, 10], датчики Холла [4] и т.д. Нами выбраны герконы, так как они имеют ряд важных для релейной защиты преимуществ перед остальными магниточувствительными элементами [7]. На основе герконов уже предложено несколько вариантов выполнения максимальной токовой защиты [7-9, 11], однако судить о том какой из них окажется лучше можно будет только после опыта их эксплуатации. Кроме того, для повышения надежности функционирования защиты ЭУ с помощью известных методов нужно иметь несколько хорошо апробированных комплектов МТЗ, которых пока недостаточно. Поэтому в данной работе предлагается вариант выполнения МТЗ на герконах с встроенной диагностикой неисправностей для ЭУ с ячейками КРУ.

Материалы и методы

Максимальная токовая защита на герконах [12] содержит (рисунок 1) электроизолирующий корпус, выполненный в виде полого опорного изолятора с основанием 1, колпачком 2 и корпусом 3. Основание 1 устанавливается на планке 4 и с помощью болтов 5, 6 и гаек 7, 8, пропущенных через отверстия в основании 1 и планке 4, прикреплено к внутренним конструктивным элементам 9 ячейки КРУ. Сменный элемент 10 с помощью крепежных углов 11, болтов 12, 13 и гаек 14 закреплен на планке 4. Герконы 15, 16, 17, с обмотками 18, 19, 20 управления, счетчик импульсов 21 и выходное реле 22 прикреплены к сменному элементу 10. Первый контакт герконов 15, 16, 17, один вход счетчика импульсов 21 и выходного реле 22 с помощью соединительных проводов 23 подключены к «плюсу» источника оперативного тока. Другие выходы счетчика импульсов 21 и выходного реле 22 с помощью соединительных проводов 23 подключены к «минусу» источника оперативного тока. Второй контакт, например, геркона 15 подключен с помощью соединительного провода 23 к входу счетчика импульсов 21, выход которого подключен с помощью соединительного провода 23 к входу выходного реле 22. Выход выходного реле 22 с помощью соединительного провода 23 подключен в цепь отключения выключателя электроустановки через нормально замкнутые контакты 24 промежуточного реле 25 и в цепь сигнализации. Один вывод обмоток 18, 19, 20 управления

с помощью соединительного провода 23 подключен через нормально разомкнутый контакт 26 промежуточного реле 25 к одному из выходов источника 27 переменного напряжения, а другой вывод – к другому входу источника 27 переменного напряжения. Промежуточное реле 25 одним входом подключено через нормально разомкнутые контакты кнопки 28 к «плюсу» источника оперативного тока, а другим выводом – к «минусу» источника оперативного тока. Элемент И 29 подключен входами к вторым контактам герконов 15, 16, 17, а выходом в цепь сигнализации. Элемент ИЛИ 30 подключен к вторым контактам герконов 15, 16, 17, а выходом к входу таймера 31, выход которого подключен в цепь сигнализации. Промежуточное реле 25, источник 27 переменного напряжения, кнопка 28, элементы И 29, ИЛИ 30 и таймер 31 расположены в релейном отсеке ячейки КРУ.



а)

замыкаются и отпадают каждую полуволну переменного тока, т.е. в каждую полуволну переменного тока на вход счетчика импульсов поступает сигнал, заданное количество импульсов равно 50. После того, как на вход счетчика импульсов 21 поступит пятидесятый сигнал, счетчик импульсов 21 выдает сигнал на вход выходного реле 22, которое срабатывает и подает сигнал в цепи сигнализации и отключения выключателя электроустановки. При этом элемент И 29 сигнала не выдает, так как герконы 16 и 17 не сработали, а элемент ИЛИ 30 и таймер 31 – так как контакты геркона 15 не залипли. Если контакты геркона 15 залипли, то таймер 31 по истечении выдержки времени, например 0,02 с., сигнализирует об этом.

Для выявления неисправностей в устройстве максимальной токовой защиты, она снабжена тестовой диагностикой. При нажатии кнопки 28 срабатывает промежуточное реле 25, которое разрывает цепь отключения выключателя электроустановки и подключает обмотки 18, 19, 20 управления к источнику 27 переменного напряжения. Под действиями магнитных полей, созданных токами в обмотках 18, 19, 20 управления герконы 15, 16, 17 срабатывают и отпадают, если исправны, каждую полуволну переменного тока. Поэтому элементы И 29, ИЛИ 30 выдают сигналы, а таймер 31 – нет. После того как геркон 15 выдаст 50-тый импульс, сработает счетчик 21 импульсов, а затем и выходное реле 22, выдавая сигнал об исправности защиты. Если хотя бы один геркон 15, 16 или 17 не срабатывает, то элемент И 29 сигнала не выдает. Если контакты любого из герконов 15, 16, 17 залипли, выдаст сигнал таймер 31. Если не исправны счетчик импульсов 21 или выходное реле 22, то сигнал с выхода последнего отсутствует.

Выводы

Предложенная защита использует, для получения информации о токах в шинах электроустановки, герконы вместо трансформаторов тока, что дает возможность экономить медь, сталь и высоковольтную изоляцию. Есть основания полагать, что она будет надежнее большинства известных защит на герконах, благодаря встроенной тестовой диагностике неисправностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М. : Высшая школа, 2006. – 639 с.
- 2 **Kletsel, M., Mashrapov, B.** Traversal protection of two parallel lines without voltage path // *Przeglad Elektrotechniczny*, 2016. – Vol. 92. – №2. – P. 109–112.
- 3 **Guan-Jie Huang, Nanming Chen, Kun-Long Chen** Self-calibration method for coreless Hall effect current transformer // 2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM). – Boston, MA, 2016. – P. 1–5.

4 **Liang, C., Chen, K., Tsai Y. and Chen, N.** New electronic current transformer with a self-contained power supply // IEEE Power & Energy Society General Meeting Journal, 2015. – P. 1301-1312.

5 **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.

6 **Kojojić, L. A.** New Protection Schemes Based on Novel Current Sensors for Up-To-Date Grid // IET Conference Publications, 2013. – P. 10–13.

7 **Goryunov, V., Kletsel, M., Mashrapov, B., Mussayev, Z., Talipov, O.** Resource-saving current protections for electrical installations with isolated phase busducts. Alexandria Engineering Journal, 2022. – Vol. 61. № 8. – P. 6061–6069.

8 **Kletsel, M., Mashrapov B., Mashrapova R.** Reed switch protection of double-circuit lines without current and voltage transformers. Int. J. Electr. Power Energy Syst. – 2023. – Vol. 154. – №109457.

9 **Гуревич, В. И.** Высоковольтные устройства автоматики на герконах. – Хайфа, 2000. – 368 с.

10 **Sarwade, A. N., Katti, P.K., Ghodekar, J.G.** Use of Rogowski Coil for accurate measurement of secondary current contaminated with CT saturation in distance protection scheme // Proc. of IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS), 2016. – P. 598–610.

11 **Zahlmann, P., Birkel, J., Bohm, T., Buehler, K., Maget, J., Ehrhardt, A., Shulzhenko, E.** Apparatus for detecting electrical currents at or near electrical conductors. DE Patent 102018111308-B3. May 09, 2019.

12 **Клецель, М. Я., Машрапов, Б. Е., Марковский, В. П., Машрапова, Р. М.** Максимальная токовая защита на герконах / Пат. № 36216 РК. МПК H02H 7/22 ; опубл. 12.05.23, Бюл. – № 19. – 7 с.

REFERENCES

1 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashchita i avtomatika sistem elektrosnabzheniya [Relay protection and automation of power supply systems]. – Moscow : Vysshaya shkola, 2006. – 639 p.

2 **Kletsel, M., Mashrapov, B.** Traversal protection of two parallel lines without voltage path // Przegląd Elektrotechniczny, 2016. – Vol. 92. – №2. – P. 109–112.

3 **Guan-Jie Huang, Nanming Chen, Kun-Long Chen** Self-calibration method for coreless Hall effect current transformer // 2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM). – Boston, MA, 2016. – P. 1–5.

4 **Liang, C., Chen, K., Tsai Y. and Chen, N.** New electronic current transformer with a self-contained power supply // IEEE Power & Energy Society General Meeting Journal, 2015. – P. 1301–1312.

5 **Dyakov, A. F., Ishkin, V. H., Mamikonyanc, L. G., Semenov, V. A.** Elektroenergetika mira v nachale XXI stoletiya (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. – Moscow : CJSC Scientific and technical firm «Energoprogress», 2004. – Issue 4–5. – 176 p.

6 **Kojović, L. A.** New Protection Schemes Based on Novel Current Sensors for Up-To-Date Grid // IET Conference Publications, 2013. – P. 10–13.

7 **Goryunov, V., Kletsel, M., Mashrapov, B., Mussayev, Z., Talipov, O.** Resource-saving current protections for electrical installations with isolated phase busducts. // Alexandria Engineering Journal, 2022. – Vol. 6. – №8. – P. 6061–6069.

8 **Kletsel, M., Mashrapov B., Mashrapova R.** Reed switch protection of double-circuit lines without current and voltage transformers. // Int. J. Electr. Power Energy Syst., 2023. – Vol. 154. – №109457.

9 **Gurevich, V. I.** Vysokovoltnye ustroystva avtomatiki na gerkonah [High-voltage automation devices on reed switches]. – Haiva, 2000. – 368 p.

10 **Sarwade, A. N., Katti, P. K., Ghodekar, J. G.** Use of Rogowski Coil for accurate measurement of secondary current contaminated with CT saturation in distance protection scheme // Proc. of IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS), 2016. – P. 598–610.

11 **Zahlmann, P., Birkel, J., Bohm, T., Buehler, K., Maget, J., Ehrhardt, A., Shulzhenko, E.** Apparatus for detecting electrical currents at or near electrical conductors. DE Patent 102018111308-B3. May 09, 2019.

12 **Kletsel, M. Ya., Mashrapov B. E., Markovskij V. P., Mashrapova R. M.** Maksimalnaya tokovaya zashita na gerkonah [Maximum current protection on reed switches] / Pat. No. 36216 RK. IPC H02H 7/22 ; publ. 12.05.2023 – Bul. No. 19. – 7 p.

Принято к изданию 28.11.23.

Б. Е. Маширапов¹, М. Я. Клецель², Р. М. Маширапова³, А. Ж. Динмуханбетова⁴

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ДҰРЫСТЫҒЫН БАҚЫЛАУМЕН МАКСИМАЛДЫ ТОК ҚОРҒАНЫСЫ

Миниатюралық магнитке сезімтал элементтерде қорғаныс құру, мысалы, ток өткізгіш ииналардан қауіпсіз қашықтықта орнатылған геркондарда электр энергетикасының өзекті мәселелерінің бірін – дәстүрлі ток трансформаторларынан кетуді шешуге мүмкіндік беретіні атап өтілді. Шиналардағы токтар туралы ақпаратты геркондардан алатын жоғары сенімділікті максималды ток қорғанысы және оларды жиынтық тарату құрылғыларының ұшықтарына бекіту үшін құралымы ұсынылады. Құралымы өндіріс шығаратын қуыс тірек оқшаулаушы болып табылады, оның ішінде геркондар, логикалық бөлігі және шығыс қорғаныс органы орналасқан. Қорғаныс жұмысының сенімділігін арттыру үшін ол ақаулықтарды тексерудің кіріктірілген диагностикасымен жабдықталған. Бастырманы басу арқылы диагностика іске қосылады, оның түйіспелері арқылы геркондар орамаларына сынақ сигналы беріледі. Содан кейін қорғаныс сұлбаның берілген нүктелерінде кернеудің пайда болуы бақыланады. Егер ол осы нүктелердің кез-келгенінде болмаса, онда ақаулы элемент бекітіліп, сұлбадағы ақаулық туралы сигнал беріледі. Бұл жағдайда барлық қорғаныс элементтерінің, соның ішінде геркондардың жарамдылығы бақыланады. Әр түрлі режимдердегі қорғаныс әрекеттері, сондай-ақ қалай жүзеге асырылады және құрылғыда қандай ақаулар анықталғаны егжей-тегжейлі қарастырылады.

Кілтті сөздер: максималды ток қорғанысы, геркон, бекітуге үшін құралым, оқшаулаушы, ақаулықтарды диагностикалау.

B. E. Mashrapov¹, M. Ya. Kletsel², R. M. Mashrapova³,

A. Zh. Dinmukhanbetova⁴

^{1, 2, 3, 4}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Accepted for publication on 28.11.23

MAXIMUM CURRENT PROTECTION WITH HEALTH MONITORING

It is noted that the construction of protections on miniature magnetically sensitive elements, for example reed switches installed at a safe distance from current-carrying buses, will allow solving one of the

urgent tasks of the electric power industry – moving away from traditional current transformers. The maximum current protection of increased reliability is proposed, which receives information about the currents in the tires from reed switches, and a design for their attachment in the cells of complete switchgear. The design is a hollow support insulator manufactured by industry, inside which there are reed switches, a logical part and an output protection body. To increase the reliability of the protection, it is equipped with a built-in test fault diagnosis. Diagnostics is started by pressing a button, through the contacts of which a test signal is sent to the reed coils. Then the appearance of voltage at the specified points of the protection circuit is monitored. If it is absent at any of these points, then the faulty element is fixed and a malfunction in the circuit is signaled. At the same time, the serviceability of all security elements, including reed switches, is monitored. The behavior of protection in various modes is considered in detail, as well as how it is carried out and what malfunctions are detected in the device.

Keywords: maximum current protection, reed switch, mounting structure, insulator, fault diagnosis.

Теруге 28.11.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.12.2023 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, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4175

Сдано в набор 28.11.2023 г. Подписано в печать 29.12.2023 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, Д. А. Кожас

Заказ № 4175

«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