

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 (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/FYZZ1289>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.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

<https://doi.org/10.48081/CULI3245>

Б. Е. Махрапов¹, М. Я. Клецель², *Р. М. Махрапова³

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

¹ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3018-4125>

²ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4000-8915>

³ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9509-5767>

*e-mail: rizka1504@mail.ru

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ДЛЯ ФИЛЬТРОВЫХ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ С КОНТРОЛЕМ ИСПРАВНОСТИ

Констатируется, что задача построения защит, не нуждающихся в металлоемких и громоздких трансформаторах тока является одной из нерешенных задач электроэнергетики. Предложен измерительный орган, получающий информацию от герконов и катушек индуктивности. Он может быть использован при построении защит электроустановок, токопроводы фаз которых лежат в одной плоскости. При этом магниточувствительные элементы устанавливаются вблизи фаз таким образом, чтобы расстояние от них до фаз удовлетворяло условиям электробезопасности. Показано, что возникновение трехфазного короткого замыкания выявляется по срабатыванию любого из трех герконов, а несимметричные короткие замыкания – по величине токов обратной последовательности, выделяемых с помощью катушек индуктивности. Дана схема измерительного органа, и показано как определять параметры ее элементов. Представлена методика, по которой можно найти координаты точек для установки этих датчиков тока. Надежность функционирования измерительного органа обеспечивается за счет выявления неисправностей с помощью встроенной функциональной диагностики. Она заключается в контроле величин напряжений на выводах катушек индуктивности и длительности сигналов от герконов. Рассмотрено поведение разработанного измерительного органа в различных эксплуатационных режимах.

Ключевые слова: электроустановка, горизонтальная плоскость, защита, магниточувствительный элемент, ток обратной последовательности.

Введение

Одними из самых распространенных устройств релейной защиты являются токовые защиты. Они для выявления токов короткого замыкания в электроустановках, как правило, получают информацию от трансформаторов тока. Традиционные ТТ обладают рядом недостатков [1; 2], которые стали причиной возникновения задачи построения защит без их использования. В настоящее время в научной литературе вместо этих ТТ предлагается использовать: герконы [3; 4; 5], катушки Роговского [1; 2; 6], датчики Холла [7; 8] и катушки индуктивности (КИ). Нами для построения защит выбраны герконы и КИ. Это сделано по следующим причинам: герконы могут выполнять функции трех элементов одновременно: датчика тока, реле тока и аналого-цифрового преобразователя; а КИ, в сравнении с катушкой Роговского, меньше по габаритам и не нуждаются в высоковольтной изоляции для крепления вблизи шины. На основе геркона и КИ уже имеются предложения по построению токовых защит, контролирующих токи обратной последовательности [9, с. 87]. Однако вопросы повышения надежности функционирования в [9, с. 87] не рассматривались. В данной работе предлагается вариант выполнения измерительного органа на герконах и КИ с встроенной диагностикой неисправностей для ЭУ с токопроводами фаз, расположенными в одной плоскости.

Материалы и методы

Предлагаемый измерительный орган [10, с. 3] содержит (рисунок 1) обмотки 1 и 2, намотанные на геркон 3, обмотки 4, 5, намотанные на геркон 6, обмотки 7, 8, намотанные на геркон 9. К выводам этих обмоток подключены усилители 10-15. Зажим 17 подключен к резистору 16, выходу фазоповоротной схемы 20 и вторичной обмотке 38 разделительного трансформатора 26. Зажим 19 подключен к резистору 18 и вторичным обмоткам 33-35, 38 трансформаторов 21, 24-26. Свободный вывод резистор 16 соединен с обмотками 33-35. Свободный вывод резистора 18 соединен с выходом фазоповоротной схемы 20. Первичные обмотки 27-32 трансформаторов 21-26 подключены к усилителям 10-15. Фазповоротная схема 10 входами подключена к обмоткам 36 и 37 трансформаторов 22 и 23. Схема сравнения 39 подключена входами к вторичным обмоткам 40, 41 разделительных трансформаторов 21, 22. Схема сравнения 42 подключена к вторичным обмоткам 43, 44 разделительных трансформаторов 23, 24. Схема сравнения 45 подключена к вторичным обмоткам 46, 47 разделительных трансформаторов 25, 26. Выходы схем сравнения 39, 42, 45 подключены к элементу ИЛИ 48, выход которого подключен к блоку 49, который блокирует защиту, контролирующую величины симметричных составляющих токов. Блок 50 измерения времени подключен к контактам герконов 3, 6, 9, а

выходом в цепь сигнализации. К этим же контактам подключен через время задающий блок 51 выходной орган 52, а его выход – к выводу катушки отключения выключателя электроустановки. Герконы используются для выявления токов трехфазного КЗ, а КИ для построения фильтра токов обратной последовательности.

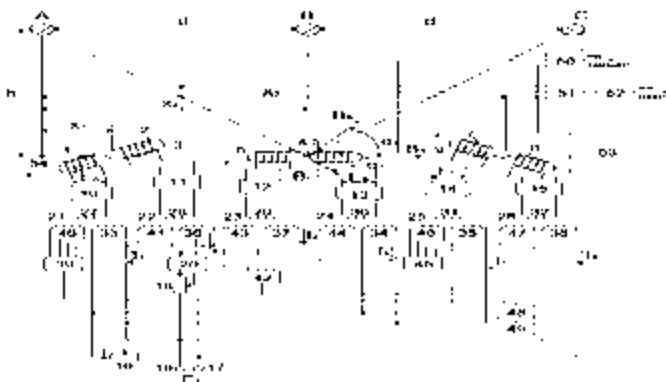


Рисунок 1 – Схема измерительного органа, контролирующего токи обратной последовательности

Центры тяжести герконов закреплены в одной плоскости, параллельной плоскости расположения токопроводов фаз, под ними. Координатами точек их установки являются расстояния h , x_1 , x_2 , x_3 и углы γ_1 , γ_2 , γ_3 . h – это расстояние (должно быть не меньше, чем минимально допустимое, обеспечивающее электробезопасность) от токопровода А до прямой 53, на которой лежат центры тяжести герконов 3, 6, 9, а x_1 , x_2 , x_3 – расстояния от точки 54 (рисунок 1) до них. γ_1 , γ_2 , γ_3 – углы поворота герконов 3, 6, 9 относительно линии 53, причем $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3$.

Указанные координаты точек выбираются такими, чтобы вдоль оси каждого из герконов действовала индукция, пропорциональная только одному из токов фаз, например на геркон 3 – от тока в фазе А. Покажем, как этого достичь. Запишем, используя закон Био-Савара-Лапласа, формулу для расчета индукции $B_{пр}$, которая действует вдоль продольной оси геркона б при установке его вблизи фаз трехфазной электроустановки (для герконов 3 и 9 выражение аналогично, но в верхних индексах цифра «б» заменяется на «3» и «9», соответственно):

$$B_{np}^{\Gamma 6} = B_A^{\Gamma 6} \cos \alpha_1^{\Gamma 6} + B_B^{\Gamma 6} \cos \alpha_2^{\Gamma 6} + B_C^{\Gamma 6} \cos \alpha_3^{\Gamma 6} =$$

$$= \mu_0 (g_A^{\Gamma 6} I_A + g_B^{\Gamma 6} I_B + g_C^{\Gamma 6} I_C) / 2\pi, \quad (1)$$

где $B_A^{\Gamma 6}$, $B_B^{\Gamma 6}$, $B_C^{\Gamma 6}$ – индукции магнитных полей, созданных токами I_A , I_B , I_C в фазах А, В, С в точке установки геркона 6 $\alpha_1^{\Gamma 6}$, $\alpha_2^{\Gamma 6}$, $\alpha_3^{\Gamma 6}$ – углы между продольной осью геркона 6 и этими индукциями; μ_0 – магнитная проницаемость воздуха; $g_A^{\Gamma 6}$, $g_B^{\Gamma 6}$, $g_C^{\Gamma 6}$ – коэффициенты пропорциональности (для герконов 3 и 9 записываются аналогично при соответствующих расстояниях и углах):

$$g_A^{\Gamma 6} = (h_A^{\Gamma 6} \cos \gamma_2 + x_2 \sin \gamma_2) / \left((h_A^{\Gamma 6})^2 + (x_2)^2 \right);$$

$$g_B^{\Gamma 6} = (h_B^{\Gamma 6} \cos \gamma_2 + (x_2 - d) \sin \gamma_2) / \left((h_B^{\Gamma 6})^2 + (x_2 - d)^2 \right); \quad (2)$$

$$g_C^{\Gamma 6} = (h_C^{\Gamma 6} \cos \gamma_2 + (x_2 - 0,5d) \sin \gamma_2) / \left((h_C^{\Gamma 6})^2 + (x_2 - 0,5d)^2 \right),$$

где d – расстояние между фазами А и В, В и С; $h_A^{\Gamma 6}$, $h_B^{\Gamma 6}$ и $h_C^{\Gamma 6}$, и – расстояния от осей фаз А, В и С до центра тяжести геркона 6.

Из анализа (1) следует, что для обеспечения воздействия на геркон 3 (6, 9) индукции магнитного поля, созданного только током в фазе А (В, С), нужно выполнить следующие условия (верхние индексы указывают на позиционный номер геркона):

$$g_B^{\Gamma 3} = g_C^{\Gamma 3}; g_A^{\Gamma 6} = g_C^{\Gamma 6}; g_A^{\Gamma 9} = g_B^{\Gamma 9}. \quad (3)$$

Тогда для геркона 3, можно записать:

$$B_{np}^{\Gamma 3} = \mu_0 I_A (g_A^{\Gamma 3} - g_B^{\Gamma 3}) / 2\pi. \quad (4)$$

Расстояния, на которых нужно установить герконы, и углы их поворота находим из (3), используя (2). Например, вблизи фаз электроустановки напряжением 110 кВ, где $d=1$ м, геркон 3 нужно установить в точке с координатами $h=0,9$ м, $x_1=0,4$ м и $\gamma_1=590$.

Отметим, что это не единственное решение, так как уравнение $g_B^{\Gamma 3} = g_C^{\Gamma 3}$ имеет две неизвестные. Координаты точек установки герконов 6 и 9 определяются аналогично.

Результаты и обсуждение

Устройство работает следующим образом. Ток I_A , протекающий в фазе А электроустановки, создает магнитное поле с индукцией $B_A^{r3} = \mu I_A (g_A^{r3} - g_B^{r3}) / 2\pi = K I_A$, действующей вдоль оси геркона 3. Магнитный поток ФА есть поток вектора магнитной индукции B_A^{r3} через площадь S, то есть $\Phi_A = \int \vec{B}_A^{r3} d\vec{S} = K_2 B_A^{r3}$. Поток ФА наводит в обмотке 1 ЭДС $E_A = -d\Phi_A / dt = K_3 \Phi_A$, которая сдвинута по фазе относительно него на угол $\pi/2$. ЕА усиливается усилителем 10 и создает ток I1 в обмотке 33 разделительного трансформатора 21, величина которого может плавно регулироваться коэффициентом K_y усиления усилителя 10. $I_1 = E_A K_y / Z_1 = K_4 K_y E_A$, Z_1 – сопротивление разделительного трансформатора 21 и соединительных проводов. Точно также находятся токи I2, I4, I5, I7 и I8 (индексы соответствуют позиционному обозначению обмотки управления геркона), величину которых можно регулировать усилителями 11, 12, 13, 14 и 15. Отметим, что для совпадения коэффициентов преобразования токов K_1, K_2, K_3, K_4 разделительные трансформаторы должны иметь одинаковые параметры, и герконы 3, 6 и 9 нужно установить таким образом, чтобы в симметричном режиме величины индукций $B_{пр}$ вдоль их осей совпадали. Токи I_1, I_5, I_7 в сумме составляют ток нулевой последовательности 3I0. Он уменьшается в три раза путем регулирования сопротивления резистора 16, чтобы компенсировать ток нулевой последовательности, содержащийся в токе IC. Тогда получим ЭДС, пропорциональную разности токов IC-I0C:

$$E_C = K_5 K_4 K_3 K_2 K_1 K_y (I_C - I_{0C}) = K_{nC} I'_C,$$

где K_{nC} – коэффициент пропорциональности.

На входы фазоповоротной схемы 20 подается разность ЭДС $(E_A - E_B)$ с выводов обмоток 36 и 37. Они имеют сдвиг по фазе на $\pi/2$ относительно токов I_A и I_B , которыми создаются. Схема 20 компенсирует этот сдвиг. В результате на ее выходе получаем $E_{AB} = K_{nAB} (I_A - I_B)$, где K_{nAB} – коэффициент пропорциональности. Исходя из изложенного, ЭДС на зажимах 17 и 19 равна:

$$E_{\Sigma} = E_C + E_{AB} = K_{nC} I'_C + K_{nAB} (I_A - I_B).$$

При протекании в фазах электроустановки токов прямой последовательности разность токов $I_A - I_B$ и ток I_C направлены встречно. При этом указанная разность в $\sqrt{3}$ раза больше. Регулируя сопротивление резистора 18, добиваются их равенства. Поэтому $E_{\Sigma} = 0$. При прохождении

токов обратной последовательности $E_{\Sigma} \gg 0$. Таким образом, предлагаемая схема выполняет функции фильтра токов обратной последовательности.

Диагностика исправности цепей от обмоток управления герконов до разделительных трансформаторов осуществляется путем сравнения ЭДС наведенных на выводах этих обмоток между собой. Так при неисправности в цепи обмотки 1 напряжение на выводах вторичной обмотки 40 разделительного трансформатора 21 становится меньше напряжения на выводах вторичной обмотки 41 разделительного трансформатора 22. Поэтому схема сравнения 39 срабатывает и через элемент ИЛИ 48 выдает сигнал в цепь сигнализации и на блокировку защиты, контролирующей величину тока обратной последовательности. Аналогично при повреждениях в цепях обмоток 2, 4 или 5, 7 или 8 выдают сигналы схемы сравнения 39, 42, 45, и указанная защита блокируется.

При трехфазных коротких замыканиях срабатывают герконы 3, 6, 9, реагирующие на полные токи в фазах А, В, С, и по истечении времени, установленного в блоке 51, запускается выходной орган 52, который коммутирует цепь катушки отключения выключателя электроустановки. При залипании контактов любого из герконов 3, 6, 9 срабатывает блок измерения времени 50, который подает сигнал в цепь сигнализации.

Выводы

Предложенный измерительный орган за счет получения информации о токах в фазах электроустановки не от традиционных трансформаторов тока, а от герконов и КИ, при внедрении позволит экономить медь, сталь и высоковольтную изоляцию. Можно полагать, что по надежности он будет превосходить большинство аналогичных, так как имеет встроенную диагностику неисправностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

2 **Kojović, L. A.** Non-conventional instrument transformers for improved substation design // CIGRE Session 46, 2016.

3 **Issabekov, D. D., Mussayev, Z. B., Markovskiy, V. P., Kislov, A. P., Urazalimova, D.S.** Reed Switch Overcurrent Protection: New Approach to Design // Energies, 2024. – Vol. 17, Art. no. 2481, P. 1–26.

4 **Goryunov, V., Kletsel, M., Mashrapov, B., Mussayev, Zh., Talipov O.** Resource-saving current protections for electrical installations with isolated phase busducts // Alexandria Engineering Journal, 2021. – Vol. 61, Issue 8 – P. 6061–6069.

5 **Teng, J., Luan, S., Huang, W., Lee, D., Huang, Y.** A cost-effective fault management system for distribution systems with distributed generators // *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 2015. – Vol. 65. – P. 357–366.

6 **Nurmansah, A. P., Hidayat, S.** Design and testing PCB Rogowski-coil current sensor for high current application // *2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)*, Sanur, 2017. – P. 493–497.

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

8 **Majumder, R., Dolui, S., Agasti, D., Biswas, S.** Micro-controller based over current relay using Hall Effect current sensor // *2018 Emerging Trends in Electronic Devices and Computational Techniques (EDCT)*, Kolkata, India, 2018. – P. 1–4.

9 **Kletsel, M., Zhantlesova, A., Mayshev, P., Mashrapov, B., Issabekov, D.** New filters for symmetrical current components // *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 2018. – Vol. 101. – P. 85–91.

10 **Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Машрапова Г. Н.** Фильтр тока обратной последовательности на магниточувствительных элементах для электроустановок с горизонтальным расположением токопроводов фаз // Пат. 36285 РК МПК H02H 3/08; опубли. 30.06.2023.

REFERENCES

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

2 **Kojočić, L. A.** Non-conventional instrument transformers for improved substation design // *CIGRE Session 46*, 2016.

3 **Issabekov, D. D., Mussayev, Z.B., Markovskiy, V. P., Kislov, A. P., Urazalimova, D.S.** Reed Switch Overcurrent Protection: New Approach to Design // *Energies*, 2024. – Vol. 17, Art. no. 2481, P. 1–26.

4 **Goryunov, V., Kletsel M., Mashrapov, B., Mussayev, Zh., Talipov, O.** Resource-saving current protections for electrical installations with isolated phase busducts // *Alexandria Engineering Journal*, 2021. – Vol. 61, Issue 8 – P. 6061-6069.

5 **Teng, J., Luan, S., Huang, W., Lee, D., Huang, Y.** A cost-effective fault management system for distribution systems with distributed generators // *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 2015. – Vol. 65. – P. 357–366.

6 **Nurmansah, A. P., Hidayat, S.** Design and testing PCB Rogowski-coil current sensor for high current application // 2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Sanur, 2017. – P. 493–497.

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

8 **Majumder, R., Dolui, S., Agasti, D., Biswas, S.** Micro-controller based over current relay using Hall Effect current sensor // 2018 Emerging Trends in Electronic Devices and Computational Techniques (EDCT). – Kolkata, India, 2018. – P. 1-4.

9 **Kletsel, M., Zhantlesova, A., Mayshev, P., Mashrapov, B., Issabekov, D.** New filters for symmetrical current components // International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2018. – Vol. 101. – P. 85–91.

10 **Kletsel, M. Ya., Mashrapov, B. E., Mashrapova, R. M.** Fil'tr toka obratnoy posledovatel'nosti na magnitochuvstvitel'nykh elementakh dlya elektroustanovok s gorizonta'l'nym raspolozheniyem tokoprovodov faz [Negative sequence current filter on magnetically sensitive elements for electrical installations with horizontal arrangement of phase conductors] // Pat. 36285 RK IPC H02H 3/08; publ. 30/06/2023.

Поступило в редакцию 11.09.24

Поступило с исправлениями 11.10.24

Принято в печать 04.12.24

*Б. Е. Маурапов¹, М. Я. Клецель², *Р. М. Маурапова³*

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

11.09.24 ж. баспаға түсті.

11.10.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ЖАРАМДЫЛЫҒЫН БАҚЫЛАУМЕН СҮЗГІЛІК ТОКТЫҚ ҚОРҒАУҒА АРНАЛҒАН ӨЛШЕУ ОРГАНЫ

Металды қажетсінетін және ірі ток трансформаторларын керек етпейтін қорғаныстарды құру мәселесі электр энергетикасындағы шешімін таппаған міндеттердің бірі екені белгіленді. Геркондар мен индуктивтілік катушкалардан ақпарат алушы өлшеу органы ұсынылған. Оны фазаларының ток өткізгіштері бір жазықтықта жатқан электр қондырғыларының қорғанысын құру үшін пайдалануға болады. Мұнда магнитке сезімтал элементтер фазаларға жақын,

олардан фазаларға дейінгі ара қашықтығы электр қауіпсіздігі шарттарын қанағаттандыратындай орнатылады. Үш фазалы қысқа тұйықталудың пайда болуын үш герконның кез келгенінің іске қосылуымен, ал симметриялы емес қысқа тұйықталулар индуктивтілік катушкаларының көмегімен бөлінетін кері тізбектегі токтардың шамасымен анықталатыны көрсетілген. Өлшеу органының сұлбасы берілген және оның элементтерінің параметрлерін қалай анықтайтыны көрсетілген. Осы ток датчиктерін орнату нүктелерінің координаталарын табуға әдістеме ұсынылған. Кіріктірілген функционалды диагностикамен ақаулықтарды анықтау арқылы өлшеу органының сенімділігі қамтамасыз етіледі. Ол индуктивтілік катушкаларының шықпаларындағы кернеулердің шамаларын және геркондардың сигналдарының ұзақтығын бақылаумен іске асырылады. Өлшеу органының әрекеті пайдаланудың әртүрлі режимдерінде қарастырылады.

Кілтті сөздер: электр қондырғысы, колденең жазықтық, қорғаныс, магнитке сезімтал элемент, кері тізбектегі тоғы.

*B. E. Mashrapov¹, M. Ya. Kletse², *R. M. Mashrapova³*

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

Received 11.09.24

Received in revised form 11.10.24

Accepted for publication 04.12.24

MEASURING ELEMENT FOR FILTER CURRENT PROTECTIONS WITH SERVICEABILITY CONTROL

It is stated that the task of constructing protections that do not require metal-intensive and bulky current transformers is one of the unsolved problems of the electric power industry. A measuring element for filter current protections is proposed, receiving information from reed switches and inductance coils for electrical installations in which the phase conductors are in the same horizontal plane. Reed switches and inductance coils are fixed near the phases of the electrical installation in the magnetic field of their currents at the minimum distance from them permissible according to safety engineering. It is shown that the occurrence of a three-phase short circuit is detected by the operation of any of the three reed switches, and the electromotive force at the terminals of the inductance coils is used to detect negative sequence currents. A diagram

of the measuring element and methods for determining the coordinates of the points in which the reed switches and inductance coils should be installed, and the parameters of the circuit elements are presented. The reliability of the measuring element is ensured by detecting faults using built-in functional diagnostics. It consists of monitoring the voltage values at the terminals of the inductance coils and the duration of signals from the reed switches. The behavior of the developed measuring device in various operating modes is considered.

Key words: electrical installation, horizontal plane, protection, magnetically sensitive element, negative sequence current.

Теруге 04.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 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, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4317

Сдано в набор 04.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 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, Д. А. Кожас

Заказ № 4317

«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