

УДК 621.316.925.1

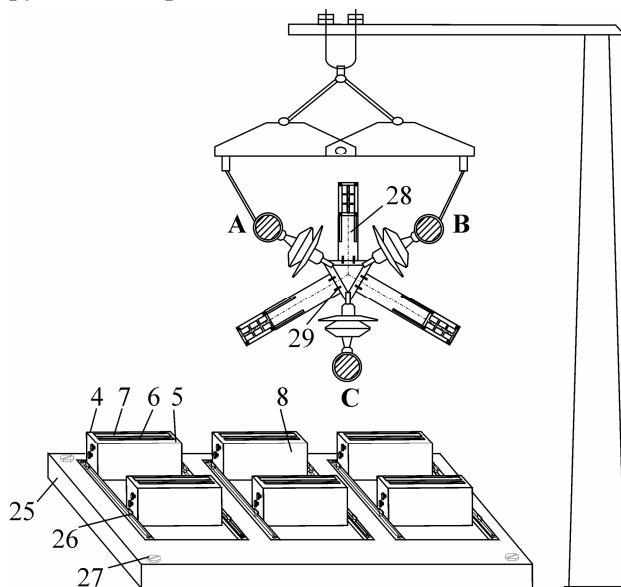
М.Я. Клецель, М.Т. Токомбаев, А.Б. Жантлесова**КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ЗАЩИТ НА ГЕРКОНАХ
ТОКОПРОВОДОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 6÷35 КВ**

Для токопроводов, расположенных по вершинам треугольника, предлагаются две конструкции для регулирования уставок защит, не нуждающихся в трансформаторах тока. Отличительной особенностью первой является установка трех немагнитных штанг с платформами для герконов на конструкцию, крепящую токопроводы, второй – деревянная опора, горизонтальная и две вертикальные немагнитные штанги, соединенные между собой так, чтобы предотвратить возможное качание токопровода. Рассмотрен пример установки положения герконов для выполнения функций фильтра тока обратной последовательности.

Актуальность и практическая значимость. В релейной защите (РЗ) электроэнергетических систем одним из путей экономии ресурсов (меди и стали) может быть создание устройств, не нуждающихся в трансформаторах тока. При этом возможно использование, например, датчиков Холла или другой элементной базы. Для построения РЗ нами выбраны магнитоуправляемые контакты (МК) – герконы, поскольку они нашли весьма широкое распространение в технике [1, 2] и в сравнении с другими магниточувствительными преобразователями обладают важными для РЗ преимуществами: не нуждаются в устройствах компенсации влияния температуры, могут одновременно выполнять функции аналого-дискретного преобразователя, измерительного преобразователя и реагирующего элемента, передача сигнала осуществляется по цепям управления, а не измерительным. Уже разработаны принципы построения некоторых РЗ на МК [3, 4] и конкретные устройства, например [5, 6].

Однако выполнение РЗ на МК требует построения специальных устройств для крепления герконов и настройки измерительного органа защиты, конструкции которых в значительной степени зависят от расположения фаз электроустановки, её напряжения, типа распределительного устройства, исполнения токоведущих частей, вблизи которых должен быть установлен геркон, типа защит. Такие конструкции разработаны для воздушных линий и трансформаторов [7]. В данной работе предлагаются конструкции для регулирования уставок защит на герконах токопроводов напряжением 6÷35 кВ с фазами, расположенными по вершинам треугольника [8]. Отметим, что при изготовлении конструкции необхо-

димо использовать немагнитные материалы для исключения искажения магнитных полей, создаваемых токами фаз. Поскольку рассматриваемые токопроводы используются вне помещений, в предлагаемых конструкциях предусмотрено применение специальных кожухов, защищающих герконы, контактные соединения и провода от неблагоприятного воздействия внешней окружающей среды.

**Рисунок 1**

Первая конструкция (рисунки 1, 2) содержит геркон 1, пластину 2 с резьбой 3, кожух 4, состоящий из верхней части 5 со шкалой 6 и прямоугольным окошком 7, передней и задней частей 8 с пазами 9 и боковой части 10 с отверстиями 11, стержни 12, 13 с резьбами 14, 15 соответственно, ручку 16 с контргайкой 17, платформу 18 с ползунами 19 и отверстием с внут-

ренной резьбой 20, фиксирующие винты 21, губки для герконов 22, градуировку 23, крепежные ушки 24, пластины с герконами 25, зажимы 26, болты с гайками-барашками 27, штанги 28 со шкалой и отверстиями, крепежные болты 29.

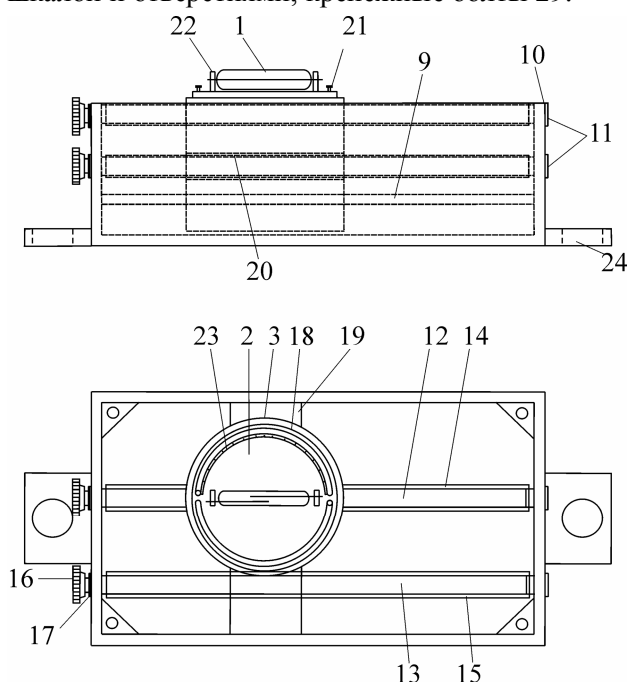


Рисунок 2

Расположение пластины 25 можно изменять вдоль длины штанги 28 со шкалой при помощи болтов с гайками-барашками 27. Штанги 28 прикреплены к сторонам правильного треугольника крепежными болтами 29. Перемещение геркона 1 на пластине влево или вправо относительно токопроводов осуществляется перемещением платформы 18 по стержню 12 с резьбой 14. Количественная оценка перемещения отражается на шкале 6 верхней части 5 кожуха 4. Изменение расстояния между токопроводом и герконом в вертикальной плоскости достигается изменением положения кожуха 4 путем фиксации крепежного ушка 24 с помощью зажимов 26. Угол между горизонтальной плоскостью и продольной осью геркона изменяется ручкой 16, которая воздействует на пластину 2 с резьбой 3 и стержень 13 с резьбой 15. Количественная оценка изменения угла отражается на платформе 18 с градуировкой 23 через окошко 7 верхней части кожуха. Положение герконов на остальных пластинах регулируется аналогично.

Вторая конструкция (рисунок 3) содержит три немагнитные штанги 1, 2, 3, три немагнитные штанги 4, 5, 6 со шкалами 7, две соединительные пластины 8, болты 9, два хомута 10, деревянную опору 11, две металлических растяжки 12, крепежные зажимы 13, разъемные кожухи с механизмом изменения положения геркона, ана-

логичным кожуху первой конструкции (рисунок 2) без возможности изменения угла между горизонтальной плоскостью и продольной осью геркона с помощью стержня 13. Данное изменение осуществляется ручным вращением пластины 2 и ее фиксацией винтами 21.

Один конец немагнитных штанг 4, 5, 6 соединен болтами с конструкцией в виде правильного треугольника, второй конец штанги 4 присоединен к горизонтальной части опоры токопровода, штанги 5, 6 присоединяются к штанге 1 с помощью соединительных пластин 8, болтового соединения, штанг 2, 3 и крепежных зажимов 13, середина немагнитной штанги 1 присоединена болтами к деревянной опоре 11 с хомутом 10, укрепленной металлическими растяжками 12, штанга 1 присоединена хомутом 10 к опоре токопровода, разъемный кожух крепежными петлями присоединен к немагнитным штангам 4, 5, 6.

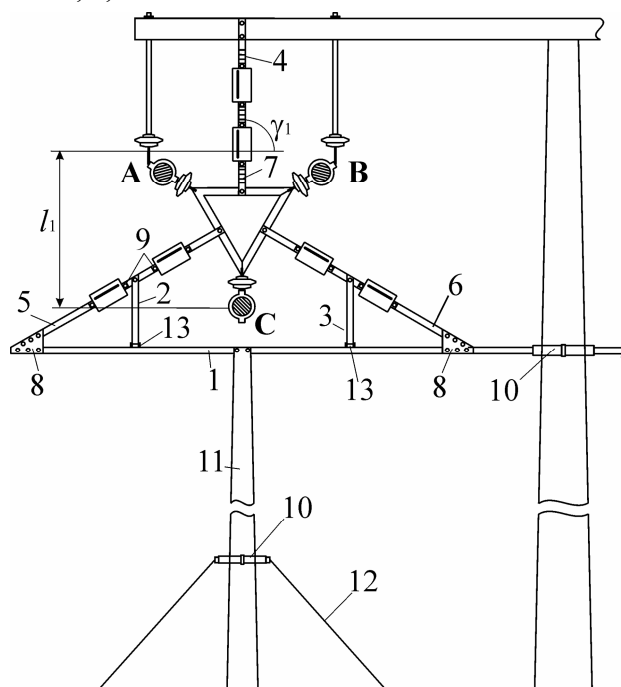


Рисунок 3

Рассмотрим, как устанавливаются МК 1, 2 (рисунок 4) на примере второй конструкции для выполнения функции фильтра тока обратной последовательности, аналогичного [9].

Пусть МК 1, 2 расположены в вертикальной плоскости около шин электроустановки фаз *A*, *B*, *C*. На МК 1 (2) намотана обмотка 3 (4). Обмотка 4 подключена к обмотке 3 через усилитель 5, фазоповоротную схему (ФПС) и регулировочный резистор *R*.

Положение МК определяется расстояниями x_1 , x_2 от вертикали, проходящей через токопровод фазы *A*, до центров тяжести МК 1, 2; расстояниями h_1 , h_2 от горизонтали *l*, проходящей

через токопровод фазы C , до центров тяжести МК 1, 2 соответственно; углами γ_1, γ_2 между горизонталью l и продольными осями (ПО) МК 1, 2.

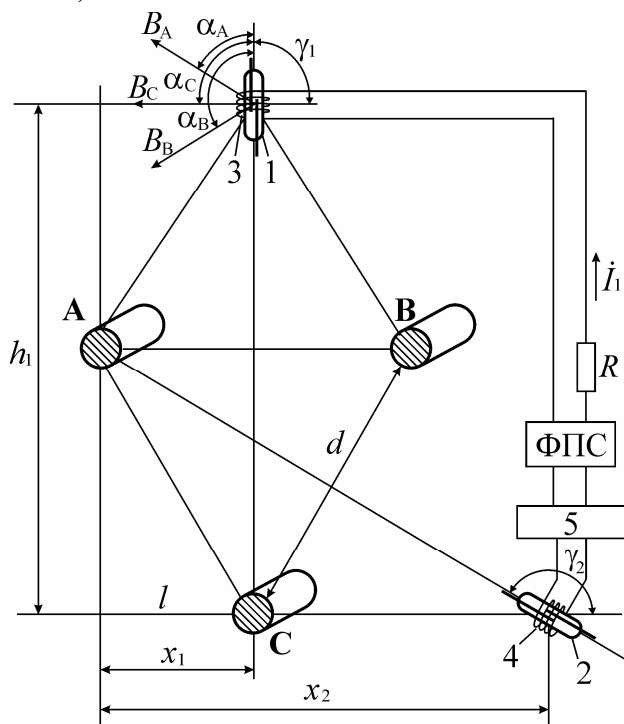


Рисунок 4

Согласно [10], ток обратной последовательности можно представить как

$$3\dot{I}_{(2)A} = (\dot{I}_A - \dot{I}_B) + (\dot{I}_B - \dot{I}_C)e^{-j60^\circ}, \quad (1)$$

где $\dot{I}_A$ ($\dot{I}_B$ и $\dot{I}_C$) – ток в фазе A (B и C).

Покажем, что МК 1 выполняет функции реагирующего органа при протекании тока $\dot{I}_{(2)}$ обратной последовательности по фазам электроустановки.

Индукцию суммарного магнитного поля (МП), действующего на контакты МК 1, можно представить как

$$\dot{B}_{\Sigma} = \dot{B}_{\text{МП}} + \dot{B}_{\text{ОБМ}}, \quad (2)$$

где $\dot{B}_{\text{МП}}$ – индукция МП от фаз A, B, C электроустановки вдоль ПО геркона 1 в точке расположения его центра тяжести; $\dot{B}_{\text{ОБМ}}$ – индукция МП, созданного током $\dot{I}_1$, протекающим в обмотке 3.

Для реализации (1) необходимо, чтобы выполнялись следующие равенства:

$$\dot{B}_{\text{МП}} = \mu_0 g_A^{\text{МК1}} (\dot{I}_A - \dot{I}_B) / 2\pi = K_1 (\dot{I}_A - \dot{I}_B), \quad (3)$$

$$\dot{B}_{\text{ОБМ}} = K_2 \cdot \dot{B}_{\text{ПР}} \cdot e^{-j60^\circ} = K_2 \cdot \mu_0 g_B^{\text{МК2}} x$$

$$x (\dot{I}_B - \dot{I}_C) \cdot e^{-j60^\circ} / 2\pi$$

где μ_0 – магнитная проницаемость воздуха; $g_A^{\text{МК1}}$ ($g_B^{\text{МК2}}$) – коэффициент, характеризующий влияние тока фазы A (B) на МК1 (МК2), например

$$g_A^{\text{МК1}} = \frac{x_1 \sin \gamma_1 - (h_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}d) \cos \gamma_1}{(h_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}d)^2 + x_1^2}; \quad d - \text{расстояние между токопроводами};$$

$\dot{B}_{\text{ПР}}$ – индукция МП от фаз A, B, C электроустановки вдоль ПО геркона 2 в точке расположения его центра тяжести; K_1, K_2 – коэффициенты пропорциональности.

Выражения (3), (4) получены из представленной в [3] в общем виде формулы для магнитной индукции $\dot{B}_{\text{ПР}}$, действующей вдоль ПО геркона, при

$$g_A^{\text{МК1}} = -g_B^{\text{МК1}}, \quad g_C^{\text{МК1}} = 0, \\ g_B^{\text{МК2}} = -g_C^{\text{МК2}}, \quad g_A^{\text{МК2}} = 0, \quad (5)$$

где $g_B^{\text{МК1}}, g_C^{\text{МК1}}, g_A^{\text{МК2}}, g_C^{\text{МК2}}$ – коэффициенты, аналогичные $g_A^{\text{МК1}}$.

Поток вектора магнитной индукции $\dot{B}_{\text{ПР}}$ через площадь S поперечного сечения обмотки 4 есть магнитный поток Φ , который на ее выходах наводит ЭДС $\dot{E}^{\text{МК2}}$, сдвинутую на угол $\pi/2$ относительно Φ . $\dot{E}^{\text{МК2}}$ усиливается усилителем 5 и создает ток $\dot{I}_1$ (рисунок 4)

$$\dot{I}_1 = \frac{K_3 \cdot K_y}{(R + R_\Sigma)} \cdot \dot{B}_{\text{ПР}} \cdot e^{-j60^\circ},$$

где R_Σ – сопротивление соединительных проводов и обмотки 3; K_3 – коэффициент пропорциональности; K_y – коэффициент усиления усилителя 5.

Компенсация сдвига на угол $\pi/2$ и поворот на -60° согласно (4) осуществляется в ФПС.

Ток $\dot{I}_1$ создает магнитное поле с индукцией $\dot{B}_{\text{ОБМ}}$, направленной вдоль ПО МК 1, в точке, совпадающей с центром тяжести МК 1.

Регулировать $\dot{B}_{\text{ОБМ}}$ можно за счет изменения коэффициента K_y и сопротивления резистора R . При этом необходимо получить

$$\dot{K}_2 = \dot{K}_1 / \left(\mu_0 g_B^{MK2} / 2\pi \right) \quad (6)$$

Учитывая (1), (6) и подставляя (3), (4) в (2), получаем

$$\dot{B}_{\Sigma} = \dot{K}_1 \cdot 3 \dot{I}_{(2)A}.$$

Координаты установки МК1 находим, рассматривая соответствующие равенства в (5), как систему уравнений относительно x_1 , h_1 и γ_1 . Например, для электроустановки 35 кВ (по [8] $d=1,01$ м) находим следующие координаты точек крепления МК1: $x_1=0,505$ м, $h_1=1,75$ м, $\gamma_1=90^\circ$. Для установки МК 1 между токопроводами фаз А и В в точку с этими координатами необходимо определить расстояние l_1 от фазы С до центра тяжести геркона:

$$l_1 = \sqrt{(x_C - x_1)^2 + (h_C - h_1)^2} = \sqrt{0^2 + 1,75^2} = 1,75 \text{ м},$$

где $(x_C; h_C)$ – координаты токопровода фазы С.

Прикрепляем кожух крепежными ушками 24 и болтами (рисунок 2) к немагнитной штанге 4 (рисунок 3) согласно градуировке шкалы 7 на расстояние $l_1=1,75$ м. Более точная настройка осуществляется вращением стержня 12 (рисунок 2) с резьбой 14. Устанавливаем угол между ПО МК 1 и горизонтальной плоскостью, для этого снимаем кожух 4 (рисунок 1) и поворачиваем пластину 2 (рисунок 2) с герконом 1 на значение $\gamma_1 = 90^\circ$ согласно градуировке 23. МК 2 крепится аналогично.

Библиографический список

1. Шоффа В.Н. Герконы и герконовые аппараты. Справочник. М.: Издательство МЭИ, 1993. 284 с.
2. Шоффа В.Н., Чингизиев А.А. Магнитоуправляемые контакты в автоматике и связи. Фрунзе: Кыргызстан, 1991. 126 с.
3. Клецель М.Я., Мусин В.В. О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока // Электротехника. 1987. №4. С. 11-13.
4. Клецель М.Я. Принципы построения и модели дифференциальных защит электроустановок на герконах // Электротехника. 1991. №10. С. 47 - 50.
5. Клецель М.Я., Жуламанов М.А. Реле сопротивления на герконах // Электротехника. 2004. №5. С. 38 - 44.
6. Клецель М.Я., Мусин В.В. Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах // Промышленная энергетика. 1990. №4. С. 32 - 36.
7. Клецель М.Я., Майшев П.Н., Таронов К.С. Конструкции для регулирования уставок релейной защиты // Омский научный вестник. 2004. №4(29). С. 110 - 112.
8. Семчинов А.М. Токопроводы промышленных предприятий. Л.: Энергия, 1972. 200 с.
9. Патент №18935 Республики Казахстан.

Фильтр тока обратной последовательности на герконах / М.Я. Клецель, А.Б. Жантлесова.

10. Ванин В.К., Павлов Г.М. Релейная защита на элементах вычислительной техники. Л.: Энергоатомиздат, 1991. 336 с.