



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2021/0690.1

(22) 11.11.2021

(45) 23.12.2022, бюл. №51

(72) Машрапов Бауыржан Ерболович; Клецель Марк Яковлевич; Машрапова Ризагуль Мегданиятовна; Талипов Олжас Манарбекович

(73) Некоммерческое акционерное общество «Торайгыров университет»

(56) KZ 20854 A4, 16.02.2009

RU 2383095 C1, 27.02.2010

RU 2574038 C2, 27.10.2016

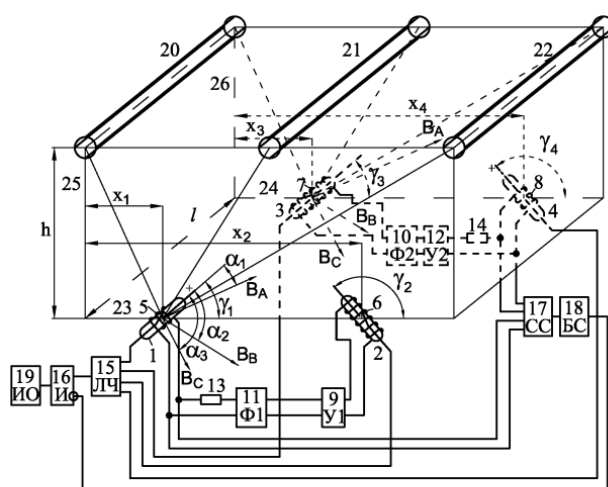
(54) **ФИЛЬТР ТОКА НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НА ГЕРКОНАХ**

(57) Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к технике релейной защиты, и может быть использовано для защиты электроустановок от однофазных коротких замыканий.

Технический результат изобретения – расширение функциональных возможностей фильтра токов нулевой последовательности на герконах путем выявления неисправностей его элементов.

Это достигается тем, что в фильтр тока нулевой последовательности введены третий и четвертый герконы, третья и четвертая обмотки, второй усилитель, вторая фазоповоротная схема, второй регулировочный резистор, схема сравнения, блок

сигнализации и элемент И с одним инверсным входом, причем третий и четвертый герконы расположены в той же горизонтальной плоскости на ее пересечении с второй вертикальной плоскостью, находящейся от первой на расстоянии l , третий и четвертый герконы закреплены под углами γ_3 и γ_4 к второй горизонтальной прямой, проходящей через их центры тяжести, и на расстояниях x_3 и x_4 от второй вертикальной линии, проходящей через центр токопровода фазы А и пересекающую вторую горизонтальную линию, при этом $x_3=x_1$, $x_4=x_2$, и $\gamma_3=\gamma_1$, $\gamma_4=\gamma_2$, контакты третьего и четвертого герконов подключены к логической части, третья и четвертая обмотки намотаны на третий и четвертый герконы, соответственно, второй усилитель подключен к третьей обмотке, вторая фазоповоротная схема входами подключена к выходам второго усилителя, а выходами, через второй регулировочный резистор – к четвертой обмотке, схема сравнения входами подключена к выводам первой и четвертой обмоток, а выходом к блоку сигнализации, элемент И с одним инверсным входом подключен прямым входом к логической части, инверсным входом к блоку сигнализации, а выходом к исполнительному органу.



Фиг. 1

Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к технике релейной защиты, и может быть использовано для защиты электроустановок от однофазных коротких замыканий.

Известен фильтр тока нулевой последовательности [Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения – М.: Высш. Шк., 2008. – 639 с.: ил.], содержащий реле тока, подключенное к трансформаторам тока электроустановки, логическую часть, подключенную к реле тока, и исполнительный орган, подключенный к логической части.

Недостатком этого фильтра является невозможность работы без трансформаторов тока и в ряде случаев малая чувствительность к однофазным коротким замыканиям на землю.

Известен фильтр тока нулевой последовательности [KZ 20854 МПК H02H 3/38, опубл. 16.02.2009], содержащий первый и второй герконы, логическую часть, подключенную к контактам первого геркона, исполнительный орган, первую и вторую обмотки, намотанные на первый и второй герконы, соответственно, первый усилитель, подключенный ко второй обмотке, первую фазоповоротную схему, входами подключенную к выходам первого усилителя, а выходами, через первый регулировочный резистор – к первой обмотке, причем первый и второй герконы с первой и второй обмотками закреплены на пересечении горизонтальной и первой вертикальной плоскостей так, что центр тяжести первого совпадает с точкой с координатами h , $\gamma_1 = \arctg(2h/(3d))$, и $x_1 = d/2$ (в вертикальной плоскости), а второго – с точкой с координатами h , $x_2 = 3d/2$, $\gamma_2 = -\arctg(2h/(3d))$, где h – расстояние в вертикальной плоскости от первой горизонтальной линии, проходящей через центры тяжести герконов, до токопроводов, γ_1 (γ_2) – угол между первой горизонтальной линией и продольной осью первого (второго) геркона, x_1 (x_2) – расстояние от центра тяжести первого (второго) геркона до первой вертикальной линии, проходящей через центр токопровода фазы А, d – расстояние между проводниками соседних фаз.

Недостатками этого фильтра являются возможность несрабатывания или ложного срабатывания из-за своевременно не выявленных неисправностей его элементов.

Технический результат изобретения – расширение функциональных возможностей фильтра токов нулевой последовательности на герконах путем выявления неисправностей его элементов.

Технический результат достигается тем, что в фильтр тока нулевой последовательности, содержащий первый и второй герконы, логическую часть, подключенную к контактам первого геркона, исполнительный орган, первую и вторую обмотки, намотанные на первый и второй герконы, соответственно, первый усилитель, подключенный ко второй обмотке, первую фазоповоротную схему, входами подключенную к выходам первого усилителя, а выходами, через первый регулировочный резистор – к первой обмотке, причем первый и второй герконы с первой и второй

обмотками закреплены на пересечении горизонтальной и первой вертикальной плоскостей так, что центр тяжести первого совпадает с точкой с координатами h , $\gamma_1 = \arctg(2h/(3d))$ и $x_1 = d/2$ (в вертикальной плоскости), а второго – с точкой с координатами h , $x_2 = 3d/2$, $\gamma_2 = -\arctg(2h/(3d))$, где h – расстояние в вертикальной плоскости от первой горизонтальной линии, проходящей через центры тяжести герконов, до токопроводов, γ_1 (γ_2) – угол между первой горизонтальной линией и продольной осью первого (второго) геркона, x_1 (x_2) – расстояние от центра тяжести первого (второго) геркона до первой вертикальной линии, проходящей через центр токопровода фазы А, d – расстояние между проводниками соседних фаз, дополнительно введены третий и четвертый герконы, третья и четвертая обмотки, второй усилитель, вторая фазоповоротная схема, второй регулировочный резистор, схема сравнения, блок сигнализации и элемент И с одним инверсным входом, причем третий и четвертый герконы расположены в той же горизонтальной плоскости на ее пересечении с второй вертикальной плоскостью, находящейся от первой на расстоянии l , третий и четвертый герконы закреплены под углами γ_3 и γ_4 к второй горизонтальной прямой, проходящей через их центры тяжести, и на расстояниях x_3 и x_4 от второй вертикальной линии, проходящей через центр токопровода фазы А и пересекающую вторую горизонтальную линию, при этом $x_3 = x_1$, $x_4 = x_2$ и $\gamma_3 = \gamma_1$, $\gamma_4 = \gamma_2$, контакты третьего и четвертого герконов подключены к логической части, третья и четвертая обмотки намотаны на третий и четвертый герконы, соответственно, второй усилитель подключен к третьей обмотке, вторая фазоповоротная схема входами подключена к выходам второго усилителя, а выходами, через второй регулировочный резистор – к четвертой обмотке, схема сравнения входами подключена к выводам первой и четвертой обмоток, а выходом к блоку сигнализации, элемент И с одним инверсным входом подключен прямым входом к логической части, инверсным входом к блоку сигнализации, а выходом к исполнительному органу.

На фиг.1 представлена структурная схема фильтра токов нулевой последовательности.

Фильтр тока нулевой последовательности содержит герконы 1, 2, 3 и 4 с обмотками 5, 6, 7 и 8, соответственно. Усилители 9 (У1) и 10 (У2) входами подключен к обмоткам 6 и 7, соответственно, а выходами – к входам фазоповоротных схем 11 (Ф1) и 12 (Ф2), которые выходами, соответственно, через регулировочные резисторы 13 и 14, подключены к обмоткам 5 и 8. Логическая часть 15 (ЛЧ) подключена к контактам герконов 1 и 4. Элемент И 16 (И) с одним инверсным входом подключен прямым входом к логической части 15 (ЛЧ). Схема сравнения 17 (СС) входами подключена к обмоткам 5 и 8, а выходами к блоку сигнализации 18 (БС), выход которого подключен к инверсному входу элемента И 16 (И) с одним инверсным входом. Исполнительный орган 19 (ИО) подключен к элементу И 16 (И) с одним инверсным входом.

Герконы 1 (3) и 2 (4) располагают в магнитном поле токопроводов 20, 21 и 22 фаз А, В и С, соответственно. Их положение определяется расстоянием h в вертикальной плоскости от горизонтальной линии 23 (24), проходящей через центры тяжести герконов 1 (3) и 2 (4), до токопроводов 20, 21 и 22; расстояниями x_1 (x_3) и x_2 (x_4) от центра тяжести герконов 1 (3) и 2 (4) до вертикальной линии 25 (26), проходящей через центр токопровода фазы А; углами γ_1 (γ_3) и γ_2 (γ_4) в вертикальной плоскости между линией 23 (24) и продольной осью герконов 1 (3) и 2 (4); расстоянием l между вертикальными плоскостями, в которых расположены герконы. Расстояние l выбирается таким, чтобы исключить взаимное влияние герконов с обмотками друг на друга. Для построения фильтра токов нулевой последовательности расстояния x_1 (x_3) и x_2 (x_4) и углы γ_1 (γ_3) и γ_2 (γ_4) выбираются так, чтобы на геркон 1 (3) действовало магнитное поле, созданное токами фаз А и В, а на геркон 2 (4) – созданное токами фаз В и С. Расчеты, приведенные в [KZ 20854 МПК H02H 3/38, опубл. 16.02.2009] показали:

1. Герконы 1 и 2 необходимо установить в точках с координатами $x_1 = d/2$, $\gamma_1 = \arctg(2h/(3d))$ и $x_2 = 3d/2$, $\gamma_2 = -\arctg(2h/(3d))$.

2. Коэффициент K_y усиления усилителя 9 (У1), угол $\alpha_{\text{ФПС}}$ сдвига фаз фазоповоротной схемы 11 (Ф1) и сопротивление r_{13} резистора 13 могут быть определены из выражений:

$$K_y = \frac{2K_2(Z_{\text{обм5}} + Z_{\text{прое}})}{W_6 f \pi^2 D_{\text{внеш6}}^2}; \quad (1)$$

$$e^{j\alpha_{\text{ФПС}}} = \dot{E}_6 K_y / (Z_{\text{вых}} K_2 \dot{B}_{\text{пр}}^{\text{обм}}); \quad (2)$$

$$r_{13} = \dot{E}_6 K_y / (K_2 \dot{B}_{\text{пр}}^{\text{обм}}) - r_{\text{обм5}}; \quad (3)$$

где $K_2 = \frac{\dot{B}_{\text{пр}}^{\text{обм}} \sqrt{(0,5l_5)^2 + (0,5D_{\text{ср5}})^2}}{\mu_0 W_5}$; $\dot{B}_{\text{пр}}^{\text{обм}}$ – индукция магнитного поля, созданного током в обмотке 5, полученным на выходе усилителя 9 (У1) при наличии фазоповоротной схемы 11 (Ф1) и регулировочного резистора 13; \dot{E}_6 – электродвижущая сила, наведенная на выводах обмотки 6 с внешним диаметром $D_{\text{внеш6}}$ и количеством витков W_6 ; f – частота промышленного тока; $Z_{\text{вых}}$ – сопротивление выходной цепи усилителя 9 (У1), состоит из сопротивлений $Z_{\text{обм5}}$ обмотки 5, $Z_{\text{пров}}$ соединительных проводов и r_{13} ; l_5 , $D_{\text{ср5}}$, W_5 и $r_{\text{обм5}}$ – длина каркаса, диаметр, количество витков и активное сопротивление обмотки 5.

Аналогично обеспечивается воздействие магнитных полей, созданных токами нулевой последовательности, и на геркон 4. При этом получается $x_3 = x_1$, $x_4 = x_2$, $\gamma_3 = \gamma_1$, $\gamma_4 = \gamma_2$, коэффициент усиления усилителя 10 (У2) равен K_y , рассчитанному по (1). Угол фазоповоротной схемы 12 (Ф2) рассчитывается по (2), но с учетом того, что ЭДС в обмотке 7 создается токами \dot{I}_4 и $0,5\dot{I}_5$ в

токопроводах фаз А и В. Сопротивление резистора 14 – по (3).

Фильтр тока нулевой последовательности работает следующим образом. В нормальном режиме работы электроустановки токи нулевой последовательности отсутствуют, и на геркон 1 (4) действует магнитное поле с индукцией $B_{\text{нб}}$ небаланса, которое обусловлено неточностью установки герконов 1 (3) и 2 (4) в рассчитанные координаты и допустимой несимметрией системы токов А, В и С, протекающих по токопроводам. Чтобы геркон 1 (4) не срабатывал в нормальном режиме его индукция $B_{\text{ср}}^{\Gamma 1}$ срабатывания должна быть больше $B_{\text{нб}}$, т.е.

$$B_{\text{ср}}^{\Gamma 1} = k_{\text{отс}} B_{\text{нб}}, \quad (4)$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, $k_{\text{отс}} = 1,2$.

При коротком замыкании на землю по токопроводам электроустановки протекают токи нулевой последовательности. При этом индукции срабатывания герконов 1 и 4 оказываются меньше индукции воздействующего на них магнитного поля, созданного токами нулевой последовательности, и герконы срабатывают, замыкая контакты и подавая сигнал через логическую часть 15 (ЛЧ) и элемент И 16 (И) с одним инверсным входом на исполнительный орган 19 (ИО).

Функциональная диагностика предлагаемого измерительного органа осуществляется следующим образом. Во всех режимах работы фильтра на входы схемы сравнения 17 (СС) поступают ЭДС, подаваемые на обмотки 5 и 8, с абсолютными значениями E_5 и E_8 , причем $E_5 \neq E_8$ из-за указанных выше причин. Для обеспечения несрабатывания схемы сравнения 17 (СС) при отсутствии повреждений в цепях обмоток 5 и 8, параметр ее срабатывания $E_{\text{ср}}$ должен быть отстроен от наибольшей разности E_5 и E_8

$$E_{\text{ср}} = |k_{\text{отс}} (E_5 - E_8)|. \quad (5)$$

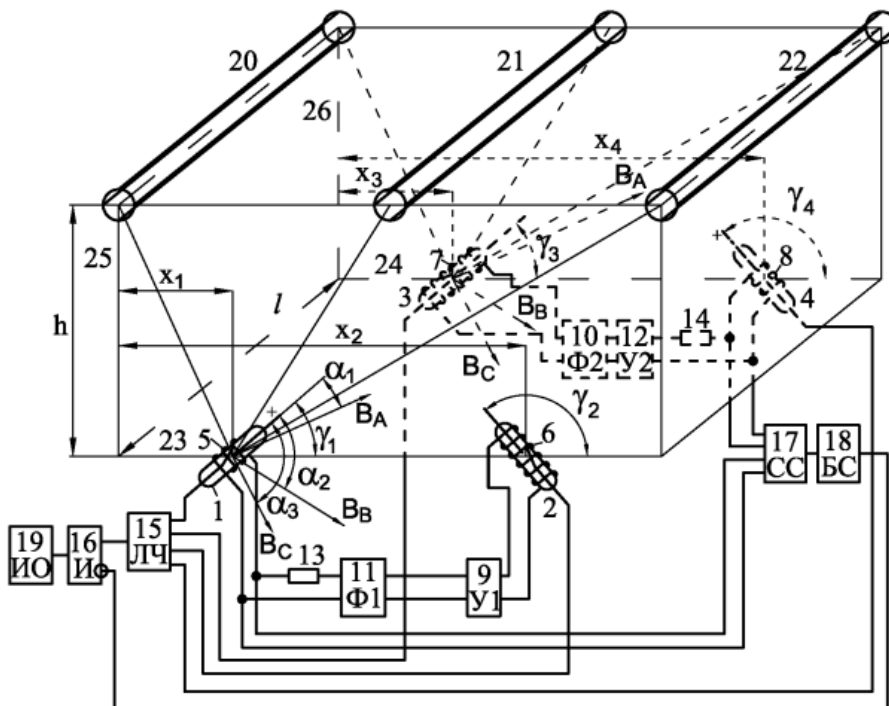
При возникновении повреждения в соединительных проводах или в элементах, подключенных к обмоткам 5 и 8, разность $E_5 - E_8$ становится больше $E_{\text{ср}}$. Схема сравнения 17 (СС) срабатывает и выдает сигнал в блок сигнализации 18 (БС), который выдает сигнал на инверсный вход элемента И 16 (И) с одним инверсным входом, блокируя срабатывание защиты. Таким образом, заявляемый фильтр тока нулевой последовательности, в сравнении с известным, позволяет добиться экономического эффекта за счет уменьшения ущерба от несрабатывания защиты, реализуемой на нем, путем выявления неисправностей в цепях обмоток управления.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP09058249).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Фильтр тока нулевой последовательности, содержащий первый и второй герконы, логическую часть, подключенную к контактам первого геркона, исполнительный орган, первую и вторую обмотки, намотанные на первый и второй герконы, соответственно, первый усилитель, подключенный ко второй обмотке, первую фазоповоротную схему, входами подключенную к выходам первого усилителя, а выходами, через первый регулировочный резистор – к первой обмотке, причем первый и второй герконы с первой и второй обмотками закреплены на пересечении горизонтальной и первой вертикальной плоскостей так, что центр тяжести первого совпадает с точкой с координатами h , $\gamma_1 = \arctg(2h/(3d))$ и $x_1 = d/2$ (в вертикальной плоскости), а второго – с точкой с координатами h , $x_2=3d/2$, $\gamma_2 = -\arctg(2h/(3d))$, где h – расстояние в вертикальной плоскости от первой горизонтальной линии, проходящей через центры тяжести герконов, до токопроводов, γ_1 (γ_2) – угол между первой горизонтальной линией и продольной осью первого (второго) геркона, x_1 (x_2) – расстояние от центра тяжести первого (второго) геркона до первой вертикальной линии, проходящей через центр токопровода фазы А, d – расстояние между проводниками соседних фаз, отличающийся тем, что введены третий и четвертый герконы, третья и

четвертая обмотки, второй усилитель, вторая фазоповоротная схема, второй регулировочный резистор, схема сравнения, блок сигнализации и элемент И с одним инверсным входом, причем третий и четвертый герконы расположены в той же горизонтальной плоскости на ее пересечении с второй вертикальной плоскостью, находящейся от первой на расстоянии l , третий и четвертый герконы закреплены под углами γ_3 и γ_4 к второй горизонтальной прямой, проходящей через их центры тяжести, и на расстояниях x_3 и x_4 от второй вертикальной линии, проходящей через центр токопровода фазы А и пересекающую вторую горизонтальную линию, при этом $x_3 = x_1$, $x_4 = x_2$ и $\gamma_3 = \gamma_1$, $\gamma_4 = \gamma_2$, контакты третьего и четвертого герконов подключены к логической части, третья и четвертая обмотки намотаны на третий и четвертый герконы, соответственно, второй усилитель подключен к третьей обмотке, вторая фазоповоротная схема входами подключена к выходам второго усилителя, а выходами, через второй регулировочный резистор – к четвертой обмотке, схема сравнения входами подключена к выводам первой и четвертой обмоток, а выходом к блоку сигнализации, элемент И с одним инверсным входом подключен прямым входом к логической части, инверсным входом к блоку сигнализации, а выходом к исполнительному органу.



Фиг. 1

Верстка Д. Женысова
 Корректор Г. Косанова