



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H02H 3/38 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022119457, 15.07.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.07.2022

Дата регистрации:  
01.03.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.07.2022

(45) Опубликовано: 01.03.2023 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

644050, г. Омск, пр-кт Мира, 11, ОмГТУ, Отдел  
инновационной деятельности (Г-203), Маевский  
Дмитрий Павлович

(72) Автор(ы):

Горюнов Владимир Николаевич (RU),  
Клецель Марк Яковлевич (KZ),  
Машрапов Бауыржан Ерболович (KZ),  
Майшев Павел Николаевич (RU),  
Машрапова Ризагуль Мегданиятовна (KZ)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Омский государственный  
технический университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: KZ 20854 A4, 16.02.2009. RU 2374736  
C1, 27.11.2009. KZ 18226 A, 15.01.2007. US  
5426590 A1, 20.06.1995. EP 35385 A2, 09.09.1981.

(54) Фильтр тока нулевой последовательности на герконах

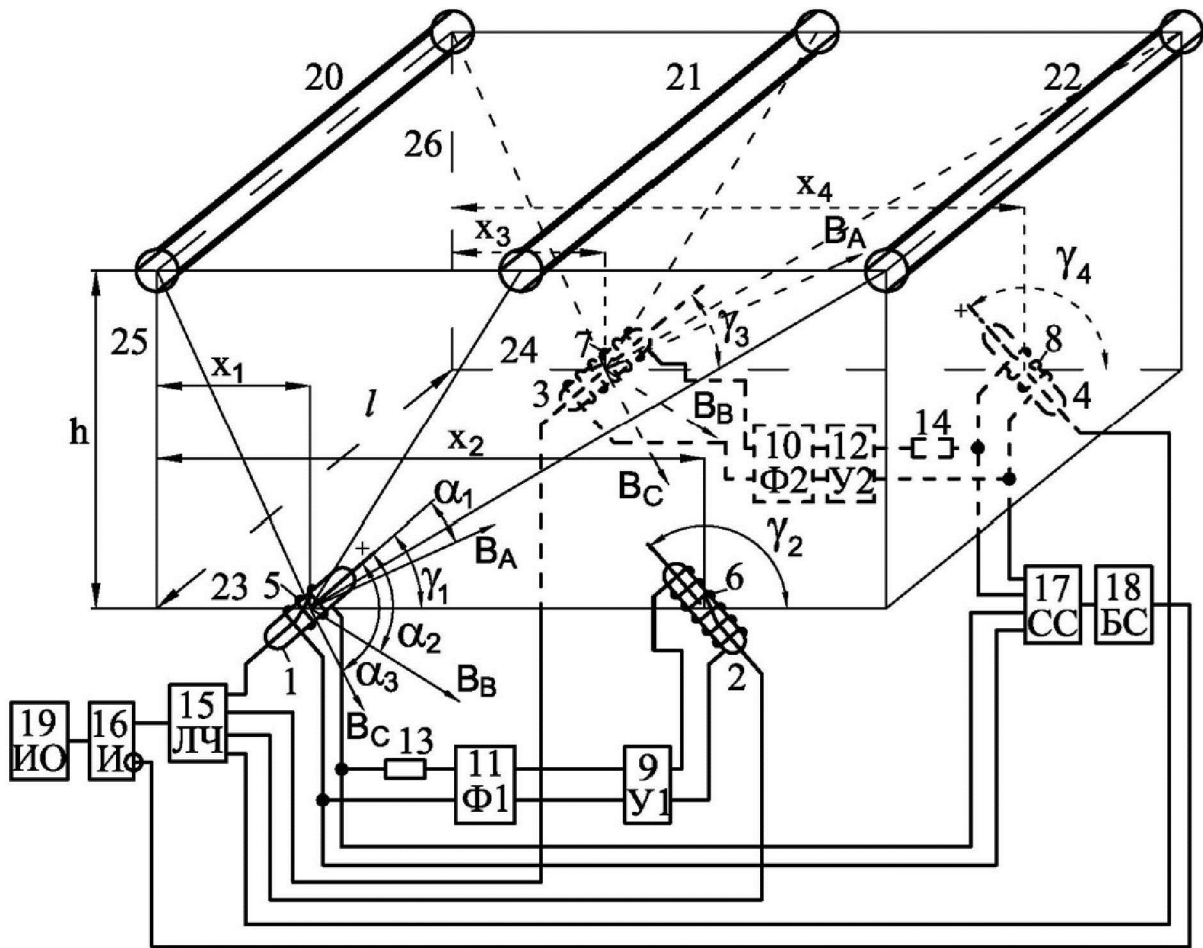
(57) Реферат:

Использование: в области электротехники для защиты электроустановок от однофазных коротких замыканий. Технический результат изобретения - повышение надежности фильтра токов нулевой последовательности на герконах и расширение его функциональных возможностей за счет своевременного выявления неисправностей его элементов. Фильтр тока нулевой последовательности содержит первый и второй герконы, логическую часть, подключенную к контактам первого геркона, исполнительный орган, подключенный к выходу логической части, первую и вторую обмотки, намотанные на первый и второй герконы, соответственно, первый усилитель,

подключенный ко второй обмотке, первую фазоповоротную схему. Согласно изобретению в фильтр введены третий и четвертый герконы. Контакты четвертого геркона подключены к логической части. Третья и четвертая обмотки намотаны на третий и четвертый герконы, соответственно, а второй усилитель подключен к третьей обмотке. Вторая фазоповоротная схема входами подключена к выходам второго усилителя, а выходами, через второй регулировочный резистор - к четвертой обмотке. Блок сравнения входами подключен к выводам первой и четвертой обмоток, а выходом - к блоку сигнализации. 1 ил.

RU 2 791 013 C1

RU 2 791 013 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H02H 3/38 (2022.08)*

(21)(22) Application: **2022119457, 15.07.2022**

(24) Effective date for property rights:  
**15.07.2022**

Registration date:  
**01.03.2023**

Priority:  
(22) Date of filing: **15.07.2022**

(45) Date of publication: **01.03.2023** Bull. № 7

Mail address:  
**644050, g. Omsk, pr-kt Mira, 11, OmGTU, Otdel innovatsionnoj deyatel'nosti (G-203), Maevskij Dmitrij Pavlovich**

(72) Inventor(s):  
**Goriunov Vladimir Nikolaevich (RU),  
Kletsel Mark Iakovlevich (KZ),  
Mashrapov Bauyrzhan Erbolovich (KZ),  
Maishev Pavel Nikolaevich (RU),  
Mashrapova Rizagul Megdaniiatovna (KZ)**

(73) Proprietor(s):  
**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Omskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet» (RU)**

(54) **ZERO SEQUENCE CURRENT FILTER ON REED SWITCHES**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention related to the field of electrical engineering for the protection of electrical installations from single-phase short circuits. The zero-sequence current filter contains the first and second reed switches, a logic part connected to the contacts of the first reed switch, an actuator connected to the output of the logic part, the first and second windings wound on the first and second reed switches, respectively, the first amplifier connected to the second winding, the first phase-shifting scheme. According to the invention, the third and fourth reed switches are introduced into the filter. The contacts of the fourth reed switch are connected to the logical part. The third and fourth

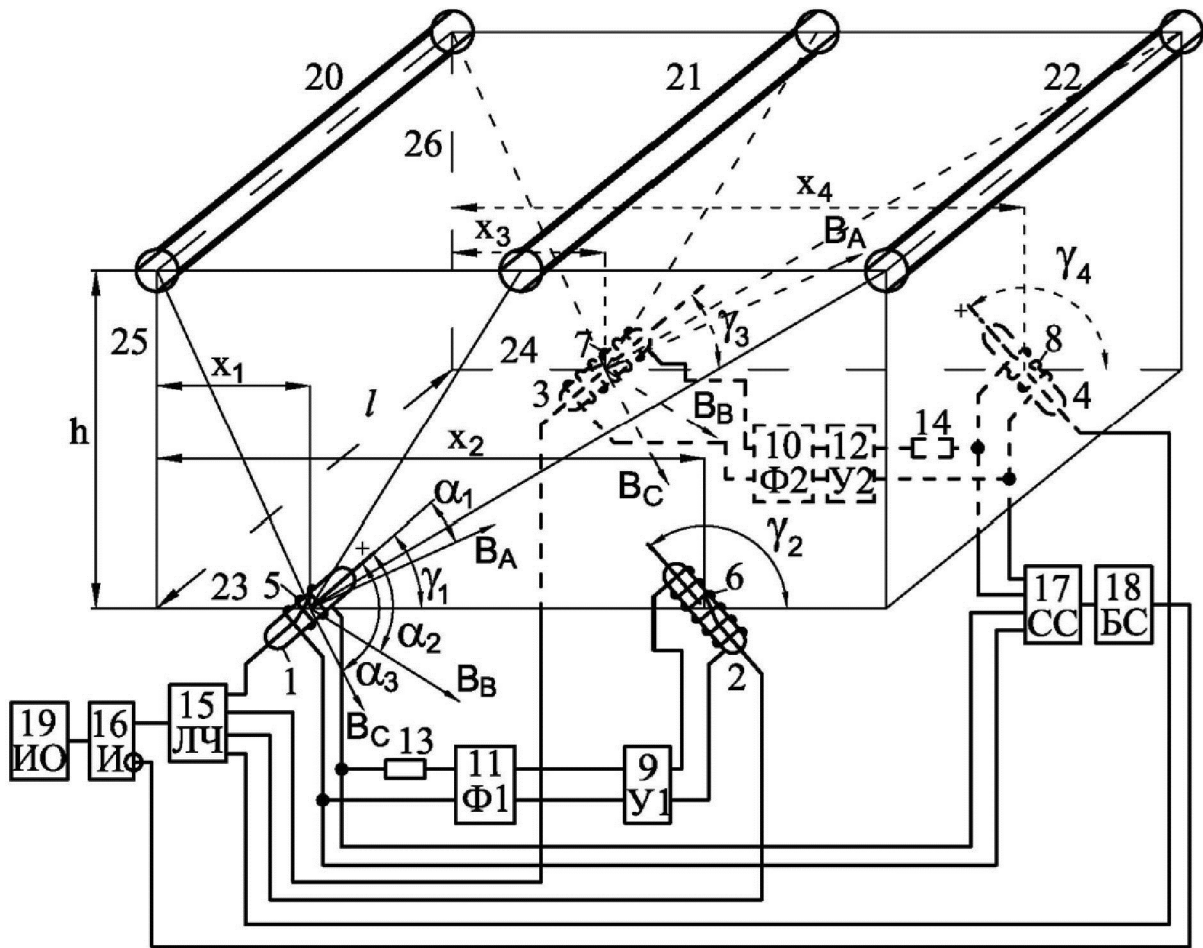
windings are wound on the third and fourth reed switches, respectively, and the second amplifier is connected to the third winding. The second phase-shift circuit is connected by the inputs to the outputs of the second amplifier, and by the outputs, through the second control resistor, to the fourth winding. The comparison unit is connected by inputs to the outputs of the first and fourth windings, and by the output - to the signaling unit.

EFFECT: increasing the reliability of the zero-sequence current filter on reed switches and expanding its functionality due to the timely detection of faults in its elements.

1 cl, 1 dwg

RU 2 7 9 1 0 1 3 C 1

RU 2 7 9 1 0 1 3 C 1



Фиг. 1

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

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, опублик. 16.02.2009], принятый авторами за прототип, 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,  $\gamma_1$  ( $\gamma_2$ ) - 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 отсутствие возможности выявления неисправностей в нем и связанные с этим отказы в срабатывании.

Технический результат изобретения - расширение функциональных возможностей фильтра токов нулевой последовательности на герконах и повышение надежности путем своевременного выявления неисправностей его элементов.

Предложенный фильтр тока нулевой последовательности, также, как и в прототипе, содержит 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,  $\gamma_1$  ( $\gamma_2$ ) - 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.

5 Согласно изобретению, 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  $\gamma_3$  и  $\gamma_4$  к второй горизонтальной прямой, проходящей через их центры тяжести, и на расстояниях  $x_3$  и  $x_4$  от второй вертикальной линии, проходящей через центр  
10 токопровода фазы А и пересекающей вторую горизонтальную линию, причем  $x_3=x_1$ ,  $x_4=x_2$  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  
15 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.

Использование третьего и четвертого герконов, третьей и четвертой обмоток, вторых  
20 усилителя, фазоповоротной схемы и резистора, блоков сравнения и сигнализации, а также элемента И с одним инверсным входом, и их соответствующее подключение позволяют выполнить функциональную диагностику фильтра, выявляя неисправности в элементах.

На фигуре 1 представлена структурная схема фильтра токов нулевой  
25 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,  
30 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  
35 орган 19 (ИО) подключен к элементу И 16 (И) с одним инверсным входом.

В качестве герконов 1-4 могут быть использованы, например, герконы типа МКА-20101. Обмотки управления 5-8 выполнены с помощью обмотки реле тока типа РТМ. В качестве усилителей 9 (У1) и 10 (У2) могут быть использованы усилители типа К14УД6. Фазоповоротные схемы 11 (Ф1) и 12 (Ф2) могут быть выполнены, например, на  
40 конденсаторах типа К 50-12 и резисторах МОН-0,5. В качестве резисторов 13 и 14 могут быть использованы резисторы типа МОН-0,5. Логическая часть 15 (ЛЧ) и схема сравнения 17 (СС) могут быть выполнены на микроконтроллере серии 51 производителя atmel AT89S53. Элемент И 16 (И) с одним инверсным входом может быть реализован с помощью микросхем типа И-К155ЛИ1 и HEF4069UBP. В качестве блока сигнализации  
45 18 (БС) и исполнительного органа 19 (ИО) могут быть использованы лампа типа L16RR-E05 и промежуточное реле типа RT424005.

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  $\gamma_1$  ( $\gamma_3$ ) и  $\gamma_2$  ( $\gamma_4$ ) 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  $x_1$  ( $x_3$ ),  $x_2$  ( $x_4$ ) и углы  $\gamma_1$  ( $\gamma_3$ ),  $\gamma_2$  ( $\gamma_4$ ) 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  $x_1 = d/2$ ,

$$\gamma_1 = \arctg(2h/(3d)) \text{ и } x_2 = 3d/2, \gamma_2 = -\arctg(2h/(3d)).$$

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:

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

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

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

$$\text{где } K_2 = \frac{\dot{B}_{\text{пр}}^{\text{обм}} \sqrt{(0.5l_5)^2 + (0.5D_{\text{сп5}})^2}}{\mu_0 W_5}; \quad \dot{B}_{\text{пр}}^{\text{обм}} - \text{индукция магнитного поля, созданного током}$$

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  $D_{\text{внешб}}$  и количеством витков  $W_6$ ;  $f$  - частота промышленного тока;  $Z_{\text{вх}}$  - сопротивление выходной цепи усилителя 9 (У1), состоит из сопротивлений  $Z_{\text{обм5}}$  обмотки 5,  $Z_{\text{пров}}$  соединительных проводов и  $r_{13}$ ;  $l_5$ ,  $D_{\text{сп5}}$ ,  $W_5$  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  $\dot{I}_A$  и  $0,5\dot{I}_B$  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  $B_{\text{сп}}^{\Gamma 1}$  срабатывания должна быть больше  $B_{\text{нб}}$ , то есть

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

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  $E_{\text{сп}}$  должен быть отстроен от наибольшей разности  $E_5$  и  $E_8$

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

При возникновении повреждения в соединительных проводах или в элементах, подключенных к обмоткам 5 и 8, разность  $(E_5 - E_8)$  становится больше  $E_{\text{сп}}$ . 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.

#### (57) 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,  $\gamma_1$  ( $\gamma_2$ ) – 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 третий и четвертый герконы расположены в той же горизонтальной плоскости на ее пересечении со второй вертикальной плоскостью, находящейся от первой на расстоянии  $l$ , третий и четвертый герконы закреплены под углами  $\gamma_3$  и  $\gamma_4$  ко 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 пересекающей вторую горизонтальную линию, причем  $x_3=x_1$ ,  $x_4=x_2$  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.

20

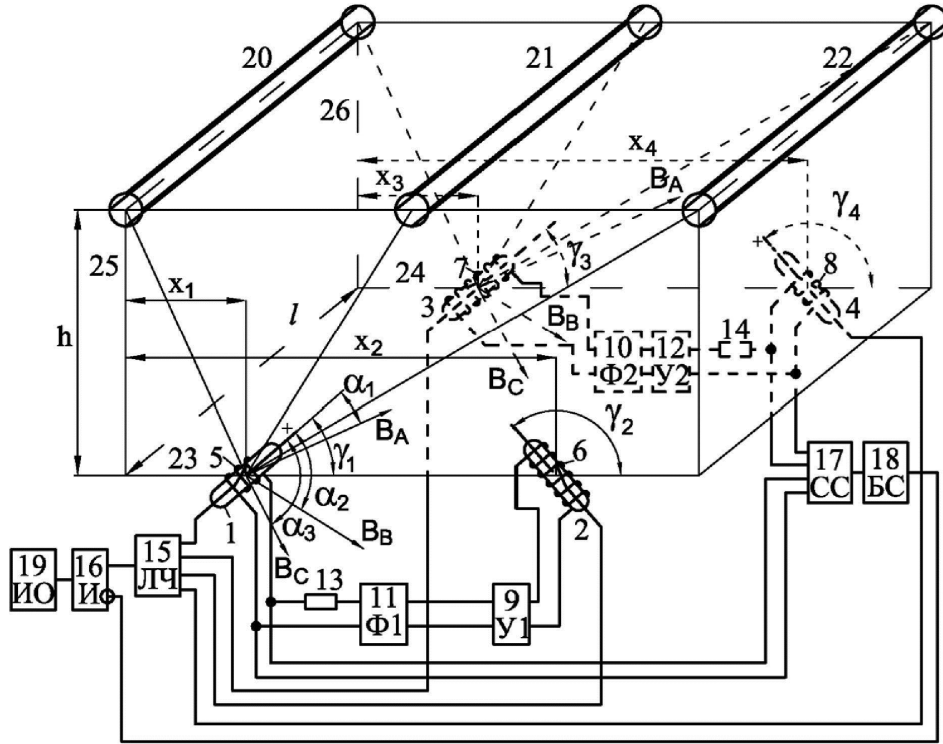
25

30

35

40

45



Фиг. 1