

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2769099

### УСТРОЙСТВО СЕЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Пеленев Денис Николаевич (RU), Бабырь Кирилл Валерьевич (RU), Устинов Денис Анатольевич (RU)*

Заявка № 2021131773

Приоритет изобретения 29 октября 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 28 марта 2022 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 29 октября 2041 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H02H 3/16 (2022.02); G01R 31/08 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2021131773, 29.10.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.10.2021

Дата регистрации:  
28.03.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.10.2021

(45) Опубликовано: 28.03.2022 Бюл. № 10

Адрес для переписки:  
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Пеленев Денис Николаевич (RU),  
Бабырь Кирилл Валерьевич (RU),  
Устинов Денис Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский горный  
университет» (RU)

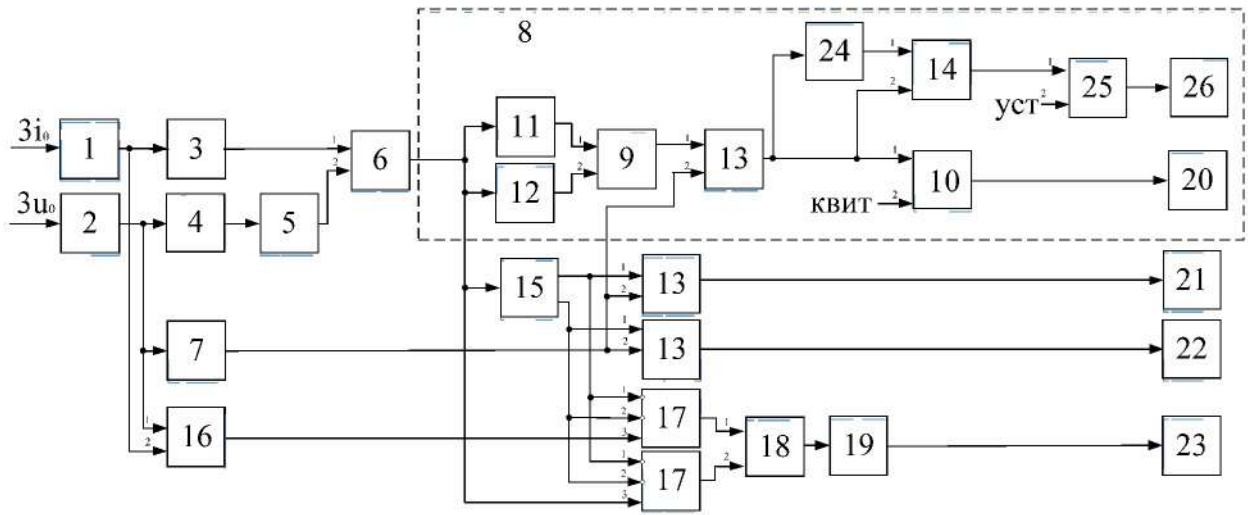
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2629376 C1, 29.08.2017. RU  
2480882 C1, 27.04.2013. RU 2297703 C1,  
20.04.2007. RU 168498 U1, 07.02.2017. RU 103039  
U1, 20.03.2011. EP 0267500 B1, 25.03.1992.

## (54) УСТРОЙСТВО СЕЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электроэнергетике и может быть использовано в электрических сетях среднего класса напряжения 6-35 кВ, работающих с изолированной или резистивно-заземленной нейтралью, при возникновении устойчивых однофазных замыканий на землю (УОЗЗ), кратковременных однофазных замыканий на землю (КрОЗЗ), дуговых однофазных замыканий на землю (ДОЗЗ), дуговых прерывистых однофазных замыканий на землю (ДПрОЗЗ). Техническим результатом является повышение селективности и устойчивости функционирования защиты электрических сетей среднего напряжения 6-35 кВ. Технический результат достигается тем, что устройство дополнительно снабжено блоком

«стирателя» информации счетчика пробоев изоляции, вход которого соединен с выходом блока первого элемента «И», а выход соединен с первым стирающим входом блока счетчика числа пробоев изоляции. Выход блока счетчика числа пробоев изоляции соединен с первым входом блока определения «опасных» КрОЗЗ, а второй вход соединен с уставкой количества опасных КрОЗЗ. Выход блока определения «опасных» КрОЗЗ подключен к выходному реле отключения КрОЗЗ. Устройство позволяет реализовать защиту от кратковременных, дуговых, дуговых перемежающихся и устойчивых однофазных замыканий на землю. 1 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H02H 3/16* (2022.02); *G01R 31/08* (2022.02)

(21)(22) Application: **2021131773, 29.10.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**29.10.2021**

Registration date:  
**28.03.2022**

Priority:

(22) Date of filing: **29.10.2021**

(45) Date of publication: **28.03.2022** Bull. № 10

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU  
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet",  
Patentno-litsenziionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Pelenev Denis Nikolaevich (RU),  
Babyr Kirill Valerevich (RU),  
Ustinov Denis Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet» (RU)**

(54) **SELECTIVE PROTECTION DEVICE AGAINST SINGLE-PHASE EARTH FAULT OF ELECTRIC NETWORKS OF MIDDLE VOLTAGE CLASS**

(57) Abstract:

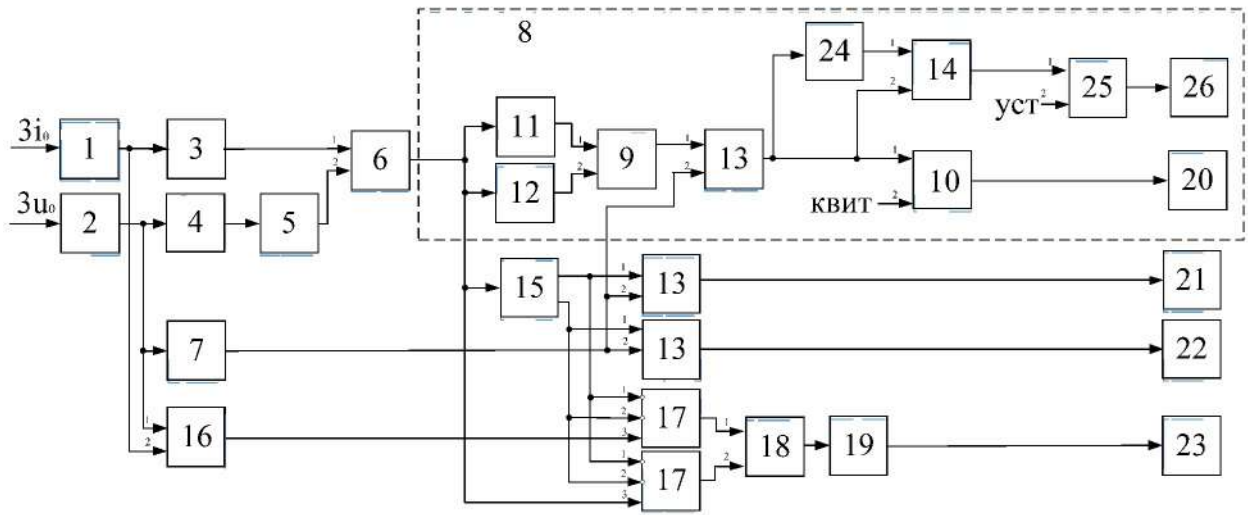
FIELD: electric power industry.

SUBSTANCE: invention relates to the electric power industry and can be used in electrical networks of medium voltage 6-35 kV, operating with an isolated or resistive-grounded neutral, in the event of stable single-phase ground faults (SSPGF), short-term single-phase ground faults (STSPGF), single-phase arc ground faults (SPAGF), arc intermittent single-phase ground faults (AISPGF). The effect is achieved by the fact that the device is additionally equipped with an insulation breakdown counter information "eraser" block, the input of which is connected to the output of the block of the first "AND" element, and the output is connected to the first erasing input of the insulation breakdown counter

block. The output of the block of the counter of the number of insulation breakdowns is connected to the first input of the block for determining "dangerous" STSPGF, and the second input is connected to the setting for the number of dangerous STSPGF. The output of the "dangerous" STSPGF detection unit is connected to the STSPGF tripping output relay. The device allows you to implement protection against short-term, arc, arc intermittent and stable single-phase earth faults.

EFFECT: increasing the selectivity and stability of the functioning of the protection of medium voltage electrical networks 6-35 kV.

1 cl, 1 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к электроэнергетике и может быть использовано в электрических сетях среднего класса напряжения 6-35 кВ, работающих с изолированной или резистивно-заземленной нейтралью, при возникновении устойчивых однофазных замыканий на землю (УОЗЗ), кратковременных однофазных замыканий на землю (КрОЗЗ), дуговых однофазных замыканий на землю (ДОЗЗ), дуговых прерывистых однофазных замыканий на землю (ДПрОЗЗ).

Известно устройство импульсной защиты от однофазных замыканий на землю воздушных и кабельных линий распределительных сетей 6-35 кВ (патент RU № 2480882, опубл. 27.04.2013), содержащее импульсный орган направления мощности, состоящий из согласующих преобразователей тока и напряжения трансформаторного типа, двух частотных фильтров, двух фильтров аварийных составляющих, схемы сравнения знаков тока и напряжения, двух одновибраторов, двух элементов запрета и пусковой орган, состоящий из фильтра промышленной частоты, элемента запрета, реле напряжения, а также элемент И, элемент времени, два выходных реле, два одновибратора, и дополнительно введены в заявленное устройство два управляемых одновибратора, кнопка «Пуск» и два световых индикатора, вход первого управляемого одновибратора соединен с выходом кнопки «Пуск», вход которой соединен с источником питания, выход кнопки «Пуск» соединен также с входом управления второго управляемого одновибратора, выход первого управляемого одновибратора соединен с первым световым индикатором, а выход второго управляемого одновибратора соединен со вторым световым индикатором, рабочий вход первого управляемого одновибратора соединен с первым выходом схемы сравнения знаков тока и напряжения, а вход запрета первого управляемого одновибратора соединен с выходом второго одновибратора, рабочий вход второго управляемого одновибратора соединен со вторым выходом схемы сравнения знаков тока и напряжения, а вход запрета второго управляемого одновибратора соединен с выходом первого одновибратора.

Недостатком такого устройства является то, что в качестве элемента определяющего режим однофазного замыкания на землю используется схема сравнения знаков тока и напряжения, что приводит к уменьшению селективности действия защиты в условиях дуговых, дуговых прерывистых и кратковременно возникающих ОЗЗ, поскольку определить направление векторов тока и напряжения нулевой последовательности при ДОЗЗ, ДПрОЗЗ и КрОЗЗ в большинстве случаев невозможно.

Известно устройство защиты трехфазной сети от однофазных замыканий на землю (патент RU № 103039, опубл. 20.03.2011), содержащее на каждой линии сети измерительно-вычислительный модуль, три входа которого подключены к выходам трех измерительных трансформаторов тока фаз линии, а три других входа подключены к общему для секции шин измерительному трансформатору напряжения, сумматор и исполнительный орган защиты, отличающееся тем, что в него введены управляемый блок памяти, пусковой орган защиты и блок для вычисления среднеквадратичного значения приращения результирующей переменной составляющей мощности, при этом выход измерительно-вычислительного модуля соединен с первым входом сумматора и с первым входом управляемого блока памяти, инверсный выход которого подключен ко второму входу сумматора, второй вход управляемого блока памяти соединен с выходом пускового органа защиты, имеющего уставку на срабатывание по напряжению смещения нейтрали, вход пускового органа защиты соединен с общим для секции шин измерительным трансформатором напряжения, выход сумматора соединен с входом блока для вычисления среднеквадратичного значения приращения результирующей переменной составляющей мощности, выход которого соединен с исполнительным

органом защиты, имеющим уставку на срабатывание по приращению мощности и срабатывающим «на сигнал» или отключение поврежденной линии.

Недостатком данного устройства является то, что в структуре защиты трехфазной сети от однофазных замыканий на землю содержится три трансформатора тока, включенных по схеме фильтра тока нулевой последовательности (схема Гольмгрена). Наличие токов небаланса понижает точность схемы Гольмгрена, при этом она требует три трансформатора тока. Более простым по конструкции и точным по действию является балансный (дифференциальный) трансформатор тока, имеющей один сердечник, на котором располагаются первичные и вторичные обмотки.

Известно устройство для направленной защиты от однофазного замыкания на землю в сети с изолированной или компенсированной нейтралью (SU № 675513 А1 опубл. 25.07.1979), содержащее импульсный орган направления мощности нулевой последовательности с самоудерживанием по напряжению и автоматическим возвратом, к одному из выходов которого подключен вход измерительного органа перемежающегося дугового замыкания, а к второму выходу подключен первый вход логического элемента И, орган фиксации установившегося металлического замыкания, блок отключения сети и элемент сигнализации, отличающееся тем, что, с целью сокращения числа неоправданных отключения сети путем отдельной фиксации перемежающегося дугового замыкания, установившегося металлического замыкания и единичных пробоев изоляции, в него дополнительно введен счетчик числа единичных пробоев изоляции, подключены к третьему выходу упомянутого импульсного органа направления мощности нулевой последовательности, а выход измерительного органа перемежающегося дугового замыкания соединен со вторым входом логического элемента И, к выходу которого подключен блок отключения сети, при этом вход органа фиксации установившегося металлического замыкания подключен к второму выходу импульсного органа направления мощности нулевой последовательности, а выход подключен к элементу сигнализации.

Недостатком данного устройства является то, что для выявления однофазного замыкания на землю используется только импульсный орган направления мощности нулевой последовательности, по этой причине определение направления мощности в режимах ДОЗЗ и ДПрОЗЗ будет иметь случайный характер, вследствие этого работа защиты от дуговых однофазных замыканий на землю будет осуществляться с недостаточной селективностью.

Известно серийно выпускаемое микропроцессорное устройство определения присоединения с однофазным замыканием на землю «Сириус-ОЗЗ» (Сириус-ОЗЗ, электронный ресурс: Устройство определения присоединения с однофазным замыканием на землю. - Москва: ЗАО «РАДИУС Автоматика», Режим доступа: <https://www.rza.ru/catalog/zashchita-i-avtomatika-prisoedineniy-vvodov-i-bsk-dla-setey-6-35-kv/sirius-ozz.php>), содержащее по числу присоединений трансформаторы тока нулевой последовательности, два измерительных трансформатора напряжения нулевой последовательности, первичные обмотки которых подключены к двум секциям сборных шин питающей подстанции, а вторичные обмотки соединены с первым входом модуля входных развязывающих трансформаторов напряжения и тока, включающего в себя промежуточные развязывающие трансформаторы тока и напряжения, модуль микроконтроллера, состоящий из платы микропроцессорного контроллера, модуль оптронных входов и выходных реле, три модуля коммутации каналов тока  $3I_0$ , содержащие восемь реле, модуль питания, модуль управления, содержащий плату клавиатуры, светодиоды и жидкокристаллический индикатор, выходы модулей

коммутации каналов тока  $3I_0$  подключены ко второму входу модуля входных развязывающих трансформаторов напряжения и тока, все модули объединены между собой с помощью печатной кросс-платы.

Недостатком данного устройства является то, что для выявления ОЗЗ в сети в качестве пороговых элементов используется ток и напряжение контура нулевой последовательности, что в свою очередь снижает селективность работы защиты, при существовании небалансов, и при преобладающем числе коротких линий электрической сети, т.к. выбранные пороговые элементы будут занижать чувствительность устройства.

Известно устройство защиты от однофазных замыканий на землю распределительных сетей среднего напряжения (патент RU № 2629376, опубл. 29.08.2017), принятое за прототип, содержащее согласующие преобразователи тока и напряжения нулевой последовательности, полосовые частотные фильтры, дифференциатор, схему сравнения фаз двух величин, пусковой орган напряжения нулевой последовательности, блок фиксации кратковременных замыканий на землю, включающий элементы оперативной и долговременной памяти с двумя входами - записывающим и стирающим, элементы временной задержки, формирователь кратковременного импульса по переднему фронту входного сигнала, элементы «И», счетчик числа пробоев изоляции, блок контроля длительности бестоковых пауз, блок токовой направленной защиты нулевой последовательности; элементы «ЗАПРЕТ» с одним информационным и двумя запрещающими входами каждый, элемент «ИЛИ», выходные реле.

Недостатком устройства является то, что счетчик числа пробоев изоляции воздействует лишь на сигнализирующее реле, носящее только информативный характер. Кроме этого, применяемый в устройстве блок фиксации кратковременных замыканий на землю будет неработоспособен, при КрОЗЗ, превышающих выбранный пороговый элемент длительности бестоковых пауз. Это приводит к переходу из режима КрОЗЗ в режим междуфазного замыкания с последующими отключениями и значительными повреждениями электрооборудования.

Техническим результатом является повышение селективности и устойчивости функционирования защиты электрических сетей среднего напряжения 6-35 кВ.

Технический результат достигается тем, что устройство дополнительно снабжено блоком «стирателя» информации счетчика пробоев изоляции, вход которого соединен с выходом блока первого элемента «И», а выход соединен с первым стирающим входом блока счетчика числа пробоев изоляции, выход которого соединен с первым входом блока определения «опасных» КрОЗЗ, а второй вход которого соединен с уставкой количества опасных КрОЗЗ, выход блока определения «опасных» КрОЗЗ подключен к выходному реле отключения КрОЗЗ.

Устройство поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 – устройство селективной защиты от однофазных замыканий на землю электрических сетей среднего класса напряжения;

- 1 – согласующий преобразователь тока;
- 2 – согласующий преобразователь напряжения;
- 3 – полосовой частотный фильтр тока нулевой последовательности;
- 4 – полосовой частотный фильтр напряжения нулевой последовательности;
- 5 – дифференциатор;
- 6 – блок сравнения фаз двух величин;
- 7 – блок пускового органа напряжения нулевой последовательности;
- 8 – блок фиксации кратковременных замыканий на землю;
- 9 – блок оперативной памяти;



10 – блок долговременной памяти;  
 11 – блок первого элемента временной задержки;  
 12 – блок формирователя кратковременного импульса по переднему фронту входного сигнала;

- 5 13 – блок элемента «И»;  
 14 – блок счетчика числа пробоев изоляции;  
 15 – блок контроля длительности бестоковых пауз;  
 16 – блок токовой направленной защиты;  
 17 – блок элемента «ЗАПРЕТ»;  
 10 18 – блок элемента «ИЛИ»;  
 19 – блок второго элемента временной задержки;  
 20 – выходное реле сигнализации КрОЗЗ в сети;  
 21 – выходное реле отключения ДПОЗЗ;  
 22 – выходное реле отключения ДПрОЗЗ;  
 15 23 – выходное реле отключения УОЗЗ;  
 24 – блок «стирателя» информации счетчика пробоев изоляции;  
 25 – блок определения «опасных» КрОЗЗ;  
 26 – выходное реле отключения КрОЗЗ.

Устройство селективной защиты от однофазных замыканий на землю электрических  
 20 сетей среднего класса напряжения содержит полосовой частотный фильтр тока нулевой  
 последовательности 3 и полосовой частотный фильтр напряжения нулевой  
 последовательности 4, подключенные к выходам согласующего преобразователя тока  
 1 и согласующего преобразователя напряжения 2 соответственно. Дифференциатор 5,  
 подключенный к выходу полосового частотного фильтра напряжения нулевой  
 25 последовательности 4. Блок сравнения фаз двух величин 6, входы которого соединены  
 к выходу полосового частотного фильтра тока нулевой последовательности 3 и  
 дифференциатору 5. Блок пускового органа напряжения нулевой последовательности  
 7, соединенного с выходом согласующего преобразователя напряжения 2. Выход блока  
 сравнения фаз двух величин 6 соединен со входом блока первого элемента временной  
 30 задержки 11, к входу блока формирователя кратковременного импульса по переднему  
 фронту входного сигнала 12, к входу блока контроля длительности бестоковых пауз  
 15 и к информационному входу блока элемента «ЗАПРЕТ» 17. Записывающий вход  
 блока оперативной памяти 9 соединен со выходом блока первого элемента временной  
 задержки 11, а стирающий вход - к выходу блока формирователя кратковременного  
 35 импульса по переднему фронту входного сигнала 12, выход блока оперативной памяти  
 9 соединен с первым входом блока элемента «И» 13, выход которого соединен со входом  
 блока счетчика числа пробоев изоляции 14 и к записывающему входу блока  
 долговременной памяти 10. Первый выход блока контроля длительности бестоковых  
 пауз 15 соединен с первым входом блока элемента «И» 13 и к первым запрещающим  
 40 входам блоков элемента «ЗАПРЕТ» 17, а второй выход - к первому входу блока  
 элемента «И» 13 и ко вторым запрещающим входам блоков элемента «ЗАПРЕТ» 17  
 Выход блока пускового органа напряжения нулевой последовательности 7 - ко вторым  
 входам блоков элемента «И» 13, входы блока токовой направленной защиты 16  
 соединены с выходам согласующего преобразователя тока 1 и согласующего  
 45 преобразователя напряжения 2 соответственно, а выход - к информационному входу  
 блока элемента «ЗАПРЕТ» 17. Выход блока долговременной памяти 10 соединен с  
 выходным реле сигнализации КрОЗЗ в сети 20, выход блоков элемента «И» 13 -  
 соответственно к выходному реле отключения ДПОЗЗ 21 и выходному реле отключения

ДПрОЗЗ 22. Выходы блоков элемента «ЗАПРЕТ» 17 - к входам блока элемента «ИЛИ» 18, выход которого соединен через второй блок элемента временной задержки 19 к выходному реле отключения УОЗЗ 23. Блок фиксации кратковременных замыканий на землю 8, содержащий блок «стирателя» информации счетчика пробоев изоляции 24, вход которого соединен с выходом блока элемента «И» 13, а выход связан с первым стирающим входом блока счетчика числа пробоев изоляции 14, выход которого связан с первым входом блока определения «опасных» КрОЗЗ 25, второй вход которого соединен с уставкой количества опасных КрОЗЗ, выход блока определения «опасных» КрОЗЗ 25 подключен к входному реле отключения КрОЗЗ 26.

Устройство работает следующим образом. При пробое изоляции фазы на землю в сети появляется напряжение нулевой последовательности  $3u_0$ , ток нулевой последовательности  $3i_0$ . От первичного преобразователя тока нулевой последовательности, например, фильтра тока нулевой последовательности, через согласующий преобразователь тока 1, полосовой частотный фильтр тока нулевой последовательности 3, выделяющие высшие гармонические составляющие переходного и установившегося тока замыкания в заданном диапазоне частот, как правило, от 150 Гц до 2000-3000 Гц, ток  $3i_0$  подается на первый вход блока сравнения фаз двух величин 6.

От первичного преобразователя напряжения нулевой последовательности, например, трансформатора напряжения нулевой последовательности, через согласующий преобразователь напряжения 2, полосовой частотный фильтр напряжения нулевой последовательности 4, дифференциатор 5, напряжение  $3u_0$  подается на второй вход блока сравнения фаз двух величин 6.

Одновременно сигналы по напряжению и току контура нулевой последовательности подаются на первый и второй входы блока токовой направленной защиты 16, который осуществляет контроль фазных соотношений составляющих рабочей частоты параметров нулевой последовательности, данный блок позволяет выполнять функцию защиты от УОЗЗ в сетях с изолированной нейтралью.

Напряжение нулевой последовательности с выхода согласующего преобразователя 2 подается на вход блока пускового органа напряжения нулевой последовательности 7.

При однократном самоустраивающемся пробое изоляции переходные токи  $3i_0$  в поврежденном и неповрежденных присоединениях содержат практически только быстро затухающие, в течение нескольких миллисекунд, свободные составляющие. При этом броски переходных токов в поврежденном и неповрежденном присоединениях в заданном рабочем диапазоне частот имеют одинаковую форму, но противоположную полярность. Производная переходного напряжения  $3u_0$  на выходе дифференциатора 5 в рабочем диапазоне частот совпадает по форме с переходными токами  $3i_0$ , при этом входное напряжение  $3u_0$  сфазировано таким образом, что сигналы переходного тока нулевой последовательности и производной переходного напряжения нулевой последовательности на входах блока сравнения фаз 6 для поврежденного присоединения совпадают по форме и знаку, а для неповрежденного присоединения - совпадают по форме, но противоположны по знаку. Указанная фазировка высших гармонических составляющих токов  $3i_0$  и производной напряжения  $3u_0$  имеет место в переходных режимах при любой разновидности неустойчивых ОЗЗ на защищаемом присоединении, а также при устойчивых ОЗЗ.

При внутреннем, на защищаемом присоединении, пробое изоляции на выходе блока сравнения фаз 6 появляется сигнал, длительность которого определяется длительностью броска переходного тока, по переднему фронту которого блок формирователя 12 формирует кратковременный импульс, стирающий любую ранее записанную в блок оперативной памяти 9 информацию, а через малую задержку по времени, задаваемую первым блоком временной задержки 11, - запись новой информации в блок оперативной памяти 9. Передача информации из блока оперативной памяти 9 в блок долговременной памяти 10 осуществляется через блок элемента «И» 13 только при срабатывании блока пускового органа по напряжению  $3u_0$  7, обеспечивающего отстройку устройства защиты от коммутационных помех и других режимов, не связанных с ОЗЗ. Время существования напряжения  $3u_0$  после гашения заземляющей дуги в месте повреждения определяется временем стекания дополнительного заряда с емкостей фаз сети, составляющим в сетях с изолированной нейтралью и в компенсированных сетях, как правило, сотни миллисекунд. Поэтому фиксация кратковременного пробоя изоляции обеспечивается даже при очень малых длительностях броска переходного тока (от долей миллисекунды).

Блок счетчика числа пробоев изоляции 14 накапливает информацию о числе пробоев, при этом в момент фиксации КрОЗЗ запускается блок «стирателя» информации счетчика числа пробоев изоляции 24, который через выдержку времени обнулит информацию о количестве пробоев в сети. Сигнал с выхода блока счетчика числа пробоев изоляции 14 поступает на блок определения «опасных» КрОЗЗ 25, в котором происходит сравнение числа пробоев изоляции за временной промежуток с уставкой опасных КрОЗЗ, при превышении уставки сигнал поступает на выходное реле отключения КрОЗЗ 26. Данная реализация подсчета количества КрОЗЗ позволяет не ждать пока повреждение перейдет в более интенсивное КрОЗЗ с его последующим отключением, а на ранней стадии осуществить контроль наличия однофазных замыканий в сети.

Сигнал с выхода блока долговременной памяти 10 подается на выходное реле сигнализации КрОЗЗ в сети 20, действующее на сигнал, свидетельствующий о возникновении пробоя изоляции на защищаемом присоединении. Сброс блока долговременной памяти 10 осуществляется вручную оперативным персоналом подачей сигнала на его стирающий вход. Одновременно происходит возврат в исходное состояние выходного реле сигнализации КрОЗЗ в сети 20.

При однократном пробое изоляции сигналы на выходах блока контроля длительности бестоковых пауз 15 отсутствуют. Кратковременно возникающий при этом сигнал на выходах блоков первого и второго элементов «ЗАПРЕТ» 17 не подается на вход выходного реле отключения УОЗЗ 23 благодаря второму блоку временной задержки 19.

Дуговое перемежающееся или прерывистое ОЗЗ представляет собой последовательность, в общем случае непериодическую, кратковременных самоустраняющихся пробоев изоляции - зажиганий и гашений заземляющей дуги. При каждом пробое изоляции запись информации в блок долговременной памяти 10, блок счетчика числа пробоев изоляции 14 и действие на выходное реле сигнализации КрОЗЗ в сети 20 происходит аналогично описанному выше. Содержимое блока счетчика числа пробоев изоляции 14 будет увеличиваться на единицу при каждом повторном пробое изоляции.

Блок контроля длительности бестоковых пауз 15 контролирует длительность интервалов времени  $\Delta t$  между импульсами на выходе блока сравнения фаз 6. Так как длительность импульса на выходе блока сравнения фаз 6 определяется длительностью

входного импульса тока  $3i_0$ , то указанный блок косвенно контролирует длительность бестоковых пауз между импульсами тока внутреннего ОЗЗ, от которой зависит величина перенапряжений в сети, сопровождающих дуговое ОЗЗ. При ДПОЗЗ интервалы времени  $\Delta t$  между повторными зажиганиями заземляющей дуги удовлетворяют соотношению:

$$0 < \Delta t \leq t_1 \quad (1)$$

где  $t_1 \approx 70$  мс - максимальное время между повторными пробоями изоляции, сопровождающимися опасными для сети перенапряжениями.

При выполнении условия (1) сигнал появится на первом выходе блока контроля длительности бестоковых пауз 15, который только при срабатывании блока пускового органа по напряжению  $3u_0$  7 через блок элемента «И» 13, поступит на выходное реле отключения ДПОЗЗ 21.

При ДПрОЗЗ интервалы времени  $\Delta t$  между повторными зажиганиями заземляющей дуги удовлетворяют соотношению:

$$t_1 < \Delta t \leq t_2 \quad (2)$$

где  $t_2$  - время полного стекания дополнительного заряда с емкости фаз сети, т.е. возврата сети к нулевым начальным условиям перед повторным пробоем, зависящее от активных потерь в изоляции и других элементах сети и имеющее обычно величину порядка 150...300 мс.

При ДПрОЗЗ, как было отмечено выше, перенапряжения при повторных пробоях не достигают опасных для сети значений, однако эта разновидность ОЗЗ может сопровождаться значительным увеличением среднеквадратичного значения тока в месте повреждения по сравнению с УОЗЗ, что представляет опасность для некоторых элементов, например, электрических машин, в связи с чем необходима отдельная фиксация ДПрОЗЗ и УОЗЗ.

При выполнении условия (2) сигнал появится на втором выходе блока контроля длительности бестоковых пауз 15, который только при срабатывании блока пускового органа по напряжению  $3u_0$  7 через блок элемента «И» 13, поступит на выходное реле отключения ДПрОЗЗ 22.

При ДПОЗЗ и ДПрОЗЗ блок пускового органа по напряжению нулевой последовательности 7 не успевает возвращаться в исходное состояние между повторными пробоями изоляции и, как и при УОЗЗ, непрерывно находится в сработавшем состоянии.

При ДПОЗЗ или ДПрОЗЗ сигналом на выходе 1 или 2 блока контроля длительности бестоковых пауз 15 через блоки элемента «ЗАПРЕТ» 17 блокируются функции защиты, предназначенные для отключения УОЗЗ.

Если интервалы времени  $\Delta t$  между повторными зажиганиями заземляющей дуги удовлетворяют соотношению:

$$\Delta t > t_2 \quad (3)$$

то перед каждым повторным пробоем пусковой орган по напряжению  $3u_0$  7 возвращается в исходное состояние. В этом случае каждый повторный пробой возникает при нулевых начальных условиях сети. При такой разновидности ОЗЗ сигнал на выходах блока контроля длительности бестоковых пауз 15 не формируется, и повреждение фиксируется защитой как КрОЗЗ.

При пробое изоляции, перешедшем в устойчивое ОЗЗ, запись информации в блок

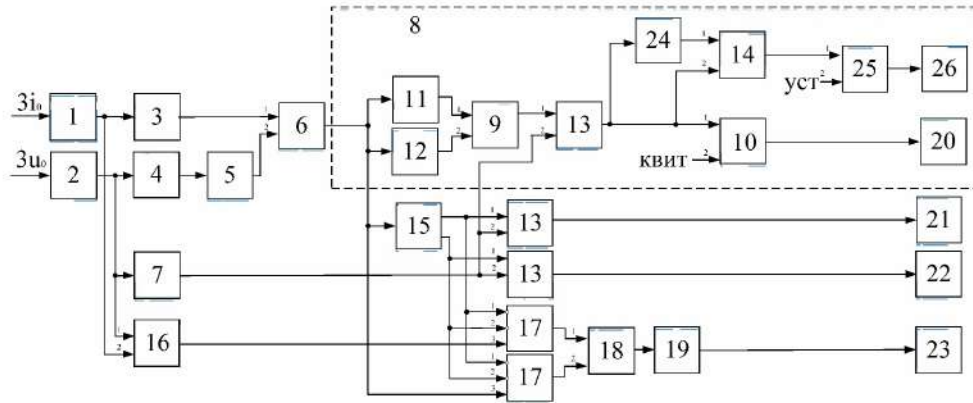
долговременной памяти 10, блок счетчика числа пробоев изоляции 14 произойдет аналогично описанному выше при КрОЗЗ. При этом появится сигнал на выходе реле сигнализации КрОЗЗ в сети 20, а содержимое счетчика 14 увеличится на единицу. В режиме устойчивого ОЗЗ при достаточном уровне высших гармоник в токе нулевой последовательности, что всегда обеспечивается в компенсированных сетях, сигнал на выходе блока сравнения фаз 6 и, следовательно, на входе блока контроля длительности бестоковых пауз 15 имеет непрерывный характер, при этом сигналы на выходах блока 15 отсутствуют. Поэтому будут отсутствовать сигналы на выходах выходного реле отключения ДПОЗЗ 21 и выходного реле отключения ДПрОЗЗ 22, а также сигналы на запрещающих входах блоков элемента «ЗАПРЕТ» 17. При УОЗЗ в компенсированных сетях появится непрерывный сигнал на выходе блока сравнения фаз 6, выходной сигнал которой через блок элемента «ЗАПРЕТ» 17, блок элемента «ИЛИ» 18 и второй блок элемента временной задержки 19 подается на вход выходного реле отключения УОЗЗ 23. В сетях с изолированной нейтралью с малыми значениями суммарного емкостного тока уровень высших гармоник в токе  $3i_0$  может оказаться недостаточным для устойчивого срабатывания блока сравнения фаз 6. Поэтому в таких сетях работает алгоритм токовой направленной защиты нулевой последовательности от УОЗЗ на основе составляющих промышленной частоты, реализуемый блоком 16. При срабатывании блока 16 его выходной сигнал подается через блок элемента «ЗАПРЕТ» 17, блок элемента «ИЛИ» 18 и второй блок элемента временной задержки 19 на вход выходного реле отключения УОЗЗ 23.

Устройство позволяет реализовать защиту от кратковременных, дуговых, дуговых перемежающихся и устойчивых однофазных замыканий землю.

#### 25 (57) Формула изобретения

Устройство селективной защиты от однофазных замыканий на землю электрических сетей среднего класса напряжения, содержащее согласующие преобразователи тока и напряжения нулевой последовательности, полосовые частотные фильтры, дифференциатор, схему сравнения фаз двух величин, пусковой орган напряжения нулевой последовательности, блок фиксации кратковременных замыканий на землю, включающий элементы оперативной и долговременной памяти с двумя входами - записывающим и стирающим, элементы временной задержки, формирователь кратковременного импульса по переднему фронту входного сигнала, элементы «И», счетчик числа пробоев изоляции, блок контроля длительности бестоковых пауз, блок токовой направленной защиты нулевой последовательности; элементы «ЗАПРЕТ» с одним информационным и двумя запрещающими входами каждый, элемент «ИЛИ», выходные реле, отличающееся тем, что устройство дополнительно снабжено блоком «стирателя» информации счетчика пробоев изоляции, вход которого соединен с выходом блока первого элемента «И», а выход соединен с первым стирающим входом блока счетчика числа пробоев изоляции, выход которого соединен с первым входом блока определения «опасных» кратковременных однофазных замыканий на землю (КрОЗЗ), а второй вход которого соединен с уставкой количества опасных КрОЗЗ, выход блока определения «опасных» КрОЗЗ подключен к выходному реле отключения КрОЗЗ.

45



Фиг. 1