

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2827652

УСТРОЙСТВО ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

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

Заявка № 2024109732

Приоритет изобретения **10 апреля 2024 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **01 октября 2024 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **10 апреля 2044 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 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024109732, 10.04.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.04.2024

Дата регистрации:
01.10.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.04.2024

(45) Опубликовано: 01.10.2024 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО "СПбГУ императрицы Екатерины
II", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

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

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II"
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2629376 C1, 29.08.2017. RU
2297703 C1, 20.04.2007. RU 10950 U1, 16.08.1999.
SU 792451 A1, 30.12.1980. CN 1099194 A,
22.02.1995. RU 203458 U1, 06.04.2021.

(54) УСТРОЙСТВО ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОТ
ОДНОФАЗНЫХ ЗАМКЯНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО КЛАССА
НАПРЯЖЕНИЯ

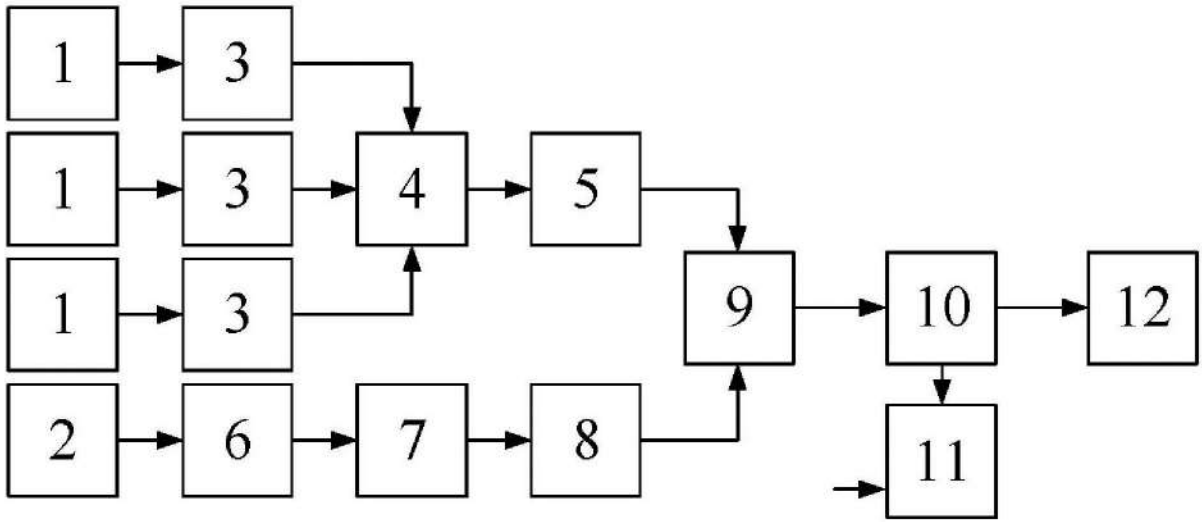
(57) Реферат:

Изобретение относится к электроэнергетике и может быть использовано в электрических сетях среднего класса напряжения 6-35 кВ, работающих с изолированной 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 за счет использования в структуре блока вычисления тока обратной последовательности, работа которого, в отличие от стандартных алгоритмов, основанных на измерении тока нулевой последовательности, реализована на измерении тока обратной последовательности, который появляется только в поврежденной фазе, что в свою очередь позволяет реализовать защиту от кратковременных, дуговых, дуговых перемежающихся и устойчивых однофазных замыканий на землю. 1 ил.

RU 2 827 652 C1

RU 2 827 652 C1



Фиг. 1

RU 2827652 C1

RU 2827652 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H02H 3/16 (2024.08)

(21)(22) Application: **2024109732, 10.04.2024**

(24) Effective date for property rights:
10.04.2024

Registration date:
01.10.2024

Priority:

(22) Date of filing: **10.04.2024**

(45) Date of publication: **01.10.2024** Bull. № 28

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO "SPbGU imperatritsy Ekateriny II", Patentno-
litsenzyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

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

(73) Proprietor(s):

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

(54) **DEVICE FOR CURRENT PROTECTION OF NEGATIVE SEQUENCE AGAINST SINGLE-PHASE EARTH FAULTS OF ELECTRIC NETWORKS OF MEDIUM VOLTAGE CLASS**

(57) Abstract:

FIELD: electric power industry.

SUBSTANCE: invention relates to electric power industry and can be used in electric networks of medium voltage class 6-35 kV, operating with isolated neutral, at occurrence of stable single-phase earth faults (SSEF), short-term single-phase earth faults (ShSEF), arc single-phase earth faults (ASEF), arc intermittent single-phase earth faults (AISEF). Technical result is achieved due to the use of negative sequence current in the structure of the unit, the operation of which, in contrast to the

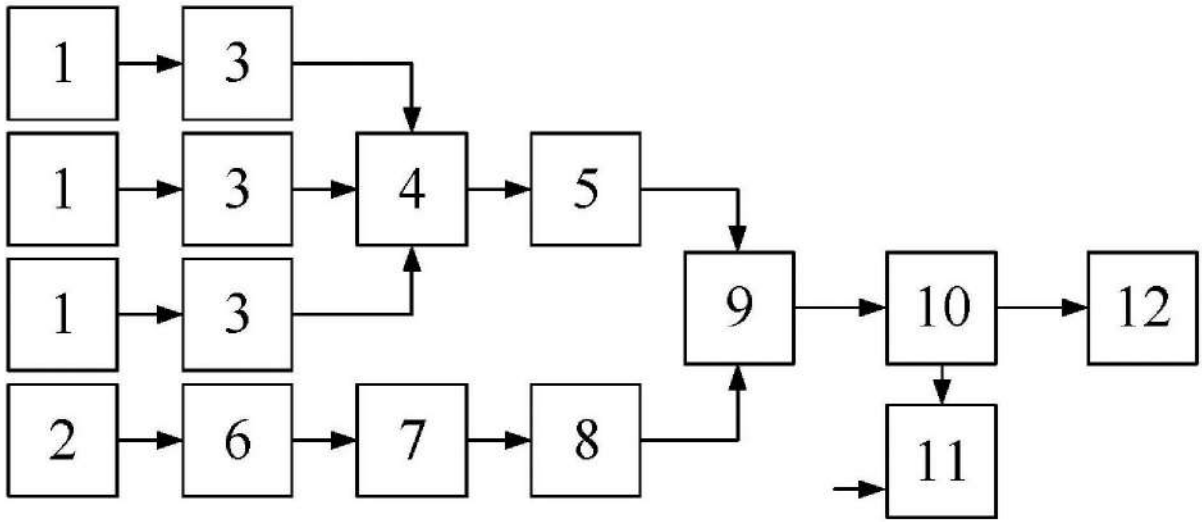
standard algorithms based on the measurement of the zero sequence current, is based on the measurement of the negative sequence current, which appears only in the damaged phase, which in turn makes it possible to implement protection against short-term, arc, alternating arc and stable single-phase earth faults.

EFFECT: higher selectivity and stability of protection of electric networks of medium voltage 6-35 kV.

1 cl, 1 dwg

RU 2 827 652 C1

RU 2 827 652 C1



Фиг. 1

RU 2827652 C1

RU 2827652 C1

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

Известно устройство интеллектуальной токовой защиты электрических сетей от однофазных замыканий на землю (патент RU №2715909 C1, опубл. 04.03.2020), содержащее на каждой линии датчик тока нулевой последовательности и связанный с ним по входу релейный орган блока защиты с задаваемой уставкой на срабатывание, функциональный модуль вычисления показателя неполноты замыкания на землю, первый и второй входы которого подключены к измерительному трансформатору напряжения, а в блок защиты каждой линии дополнительно введен модуль автоматической адаптивной коррекции тока уставки на срабатывание защиты, на первый вход которого поступает сигнал о токе уставки, второй его вход соединен с выходом функционального модуля вычисления показателя неполноты замыкания на землю, а выход модуля автоматической адаптивной коррекции тока уставки на срабатывание защиты соединен со вторым входом релейного органа блока защиты, отличающееся тем, что к модулю автоматической адаптивной коррекции тока уставки подключен блок автоматической коррекции тока уставки, содержащий набор датчиков контроля параметров внешней среды, подключенных к первому микроконтроллеру, определяющему первичные параметры длинной линии и фазовую скорость распространения импульса по линии, выход которого соединен с рефлектометром, определяющим расстояние до места аварии, выход которого соединен со вторым микроконтроллером, на вход которого поступают также значения первичных параметров линии, а выход второго микроконтроллера соединен с модулем для автоматической адаптивной коррекции величины тока уставки.

Недостатком такого устройства является использование модуля вычисления показателя неполноты замыкания на землю, в котором отсутствует фильтр выделяющий составляющую основной частоты 50 Гц, по этой причине при дуговых и дуговых перемежающихся однофазных замыканиях, где значение напряжения носит не постоянный характер, рассматриваемое устройство защиты будет работать с недостаточной чувствительностью.

Также недостатком 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 адаптивной токовой защиты от однофазных замыканий на землю (патент RU №203458, опубл. 11.01.2021), содержащее на каждой линии датчик тока нулевой последовательности, измерительный трансформатор напряжения нулевой последовательности, первый выход которого подключен к первому входу блока вычисления показателя полноты замыкания, выходом подключенного к первому входу блока автоматической адаптивной коррекции тока уставки на срабатывание защиты, второй вход которого выполнен с возможностью получения сигнала о токе уставки, а выход подключен к первому входу релейного блока, дополнительно содержит первый и второй фильтры, пусковой орган по напряжению нулевой последовательности,

логический элемент «И», при этом выход датчика тока нулевой последовательности подключен к входу первого фильтра, выход которого подключен ко второму входу релейного блока, соединенного с первым входом логического элемента «И», второй выход измерительного трансформатора напряжения нулевой последовательности
5 подключен к входу второго фильтра, выход которого подключен ко второму входу блока вычисления показателя полноты замыкания, пусковой орган по напряжению нулевой последовательности подключен входом ко второму выходу измерительного трансформатора напряжения нулевой последовательности, а выходом ко второму входу логического элемента «И», вход которого является выходом устройства.

10 Недостатком данного устройства является то, что в структуре защиты используется блок автоматической коррекции тока уставки на срабатывание, работа которого напрямую зависит от правильности и точности проведения расчетов собственного емкостного тока в каждой линии и тока уставки, кроме этого данный блок будет иметь недостаточную чувствительность в электрических сетях с постоянно изменяющимися
15 параметрами контура нулевой последовательности, таких как электрические сети предприятий угольной, нефтяной, торфяной промышленности.

Известно устройство для отключения линии с замыканием на землю в сети с изолированной нейтралью (RU 2 733 202 C1, опубл. 30.09.2020), содержащее
20 подключенные к шинам подстанции через силовые выключатели линии электропередачи, источник оперативного переменного тока, между фазным и нулевым проводом которого на каждом выключателе подключены: последовательно соединенные первый размыкающий конечный выключатель включающих пружин и электродвигатель автоматического моторного редуктора; через контакт «отключить» ключа управления на три положения с самовозвратом и через первый замыкающий вспомогательный
25 контакт силового выключателя - соленоид отключения; через последовательно соединенные: съемную перемычку, блок-контакт аварийного отключения, замыкающий контакт реле времени автоматического повторного включения (АПВ), катушку первого указательного реле, второй замыкающий конечный выключатель включающих пружин, второй размыкающий вспомогательный контакт силового выключателя, соленоид
30 включения; причем между нулевым проводом и точкой соединения блок-контакта аварийного отключения и контакта реле времени АПВ подключена цепочка из последовательно соединенных катушки реле времени АПВ и третьего размыкающего вспомогательного контакта силового выключателя, а между фазным проводом и точкой соединения катушки первого указательного реле со вторым замыкающим конечным
35 выключателем включающих пружин подключен контакт «включить» ключа управления на три положения с самовозвратом, отличающееся тем, что к шинам подстанции присоединен трансформатор напряжения, ко вторичной обмотке которого, соединенной в разомкнутый треугольник, подключено реле напряжения с замыкающим и размыкающим контактами, а к фазному и нулевому проводам упомянутого источника переменного оперативного тока подключены первый и второй входы программного
40 реле времени и входы однофазного двухполупериодного диодного моста, первый выход которого через замыкающий контакт реле напряжения соединен с третьим входом программного реле времени, у которого четвертый вход соединен со вторым выходом диодного моста, а к выходам программного реле времени в цепи управления каждого силового выключателя присоединены последовательно соединенные зарядное
45 сопротивление и связанный со вторым выходом диодного моста конденсатор, параллельно которому подключены последовательно соединенные пороговый орган и катушка промежуточного реле, имеющего первый замыкающий контакт,

шунтирующий контакт «отключить» ключа управления, и второй замыкающий контакт, подключающий через размыкающий контакт реле напряжения к выходам диодного моста в цепи управления каждого выключателя катушку второго указательного реле, размыкающие контакты которого включены в рассечку упомянутой цепочки из
5 последовательно соединенных катушки реле времени АПВ и третьего размыкающего вспомогательного контакта силового выключателя.

Недостатком данного устройства является то, что в качестве элемента выявляющего режим однофазного замыкания на землю является катушка реле времени автоматического повторного включения, по этой причине происходит неселективное
10 отключение неповрежденного фидера, а затем повторное включение его на аварийный режим работы с последующим перенапряжением и появлением тока нулевой последовательности, до тех пор пока сигнал напряжения нулевой последовательности, формирующийся в трансформаторе напряжения, в обмотке соединенной в разомкнутый треугольник, не пропадет. Кроме этого, устройство будет не работоспособно в режиме
15 ДОЗЗ, ДПрОЗЗ и КрОЗЗ.

Известно устройство централизованной защиты от однофазных замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью (патент RU 88859 U1, опубл. 20.11.2009), содержащее по числу присоединений трансформаторы тока нулевой последовательности, два
20 измерительных трансформатора напряжения нулевой последовательности, первичные обмотки которых подключены к двум секциям сборных шин питающей подстанции, а обмотки "разомкнутый треугольник" соединены с входом устройства сопряжения по напряжению, отличающееся тем, что в него введены устройства сопряжения по числу защищаемых линий, включающие в себя датчик тока нулевой последовательности и
25 выходное реле, блоки оцифровки сигнала по числу защищаемых линий и трансформаторов напряжения, микроконтроллер, блок индикации и управления, подключенный по линии связи к интерфейсу связи, который с помощью линии связи соединен с микроконтроллером, соответствующие выходы трансформаторов тока
30 нулевой последовательности соединены с входами датчиков тока нулевой последовательности, к первым входам блоков оцифровки сигнала подключены выходы соответствующих датчиков тока нулевой последовательности и устройств сопряжения по напряжению, вторые входы блоков оцифровки сигнала соединены с
35 соответствующими первыми выходами микроконтроллера, первые входы которого соединены с выходами блоков оцифровки сигнала, вторые выходы микроконтроллера, соответственно, соединены с входами выходных реле, третьи выходы микроконтроллера подключены к входам дискретных выходов, а вторые входы - к выходам дискретных выходов.

Недостатком данного устройства является то, что для определения поврежденного присоединения используется орган сравнения фаз между токами нулевой
40 последовательности (ТНП). При дуговых однофазных замыканиях на землю определить значение направления токов нулевой последовательности в большинстве случаев не представляется возможным, в следствие случайного характера угла сдвига фаз между ТНП, устройство не будет работать с требуемой селективностью при ДОЗЗ и ДПрОЗЗ.

Известно устройство направленной защиты нулевой последовательности от однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью (патент SU №792451 A1, опубл. 30.12.1980), принятое за прототип, содержащее подключаемые к датчикам тока и напряжения нулевой последовательности каналы тока и напряжения нулевой последовательности, выходы которых подсоединены ко входам
45 фазочувствительного элемента, а выход последнего подключен к пороговому элементу,

снабжено логическим элементом «И» и каналом высокочастотного согласования, подключаемым к датчику тока нулевой последовательности и выполненным в виде последовательно соединенных фильтра верхних частот и порогового элемента, причем входы логического элемента «И» подключены к выходам пороговых элементов.

5 Недостатком устройства является то, что для определения однофазного замыкания на землю используется фильтр верхних частот, который в режиме ДОЗЗ и ДПрОЗЗ не будет работать с требуемой чувствительностью и селективностью по причине постоянно прерывающегося сигнала нулевой последовательности. Кроме того значение гармонических составляющих в режиме однофазного замыкания на землю через
10 переходное сопротивление может принимать величину ниже уставки.

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

Технический результат достигается тем, что выход согласующие преобразователи тока соединены с полосовыми частотными фильтрами тока, выходы которого соединены
15 со входами блока вычисления тока обратной последовательности, выход которого соединен со входом блока пускового органа тока обратной последовательности, выход которого соединен с первым входом блока элемента «И», выход согласующего преобразователя напряжения соединен со входом полосового частотного фильтра напряжения нулевой последовательности, выход которого соединен со входом
20 дифференциатора, выход которого соединен со входом порогового элемента, выход которого соединен со вторым входом логического элемента «И», выход которого соединен со входом блока элемента временной задержки, первый выход которого соединен с входом блока долговременной памяти, который содержит первый записывающий и второй стирающий входы, при этом второй выход соединен со входом
25 выходного реле.

Устройство поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 - устройство токовой защиты обратной последовательности от однофазных замыканий на землю электрических сетей среднего класса напряжения содержит:

- 1 - согласующий преобразователь тока;
- 30 2 - согласующий преобразователь напряжения;
- 3 - полосовой частотный фильтр тока;
- 4 - блок вычисления тока обратной последовательности;
- 5 - блок пускового органа тока обратной последовательности;
- 6 - полосовой частотный фильтр напряжения нулевой последовательности;
- 35 7 - дифференциатор;
- 8 - пороговый элемент;
- 9 - логический элемент «И»;
- 10 - блок элемента временной задержки;
- 11 - блок долговременной памяти;
- 40 12 - выходное реле.

Устройство токовой защиты обратной последовательности от однофазных замыканий на землю электрических сетей среднего класса напряжения содержит согласующие преобразователи тока 1, выходы которых соединены с входами блока вычисления тока обратной последовательности 4, через полосовые частотные фильтры тока 3. Выход
45 блока вычисления тока обратной последовательности 4, соединен со входом блока пускового органа тока обратной последовательности 5. В качестве канала напряжения нулевой последовательности используют согласующего преобразователя напряжения 2, выход которого, соединен с входом полосового частотного фильтра напряжения

нулевой последовательности 6, выход которого соединен со входом дифференциатора 7. Выход дифференциатора 7 соединен со входом порогового элемента 8. Первый вход логического элемента «И» 9 соединен с выходом блока пускового органа тока обратной последовательности 5, а второй вход соединен с выходом порогового элемента 8. Выход логического элемента «И» 9 соединен со входом блока элемента временной задержки 10, первый выход которого соединен с входом блока долговременной памяти 11 содержащий первый записывающий и второй стирающий входы, а второй выход соединен со входом выходного реле 12.

Устройство работает следующим образом. При внутреннем (на защищаемом присоединении) пробое изоляции в сети появляется напряжение нулевой последовательности $3U_0$ и ток обратной последовательности I_2 . От первичных преобразователей тока (например, трансформаторы тока) через согласующие преобразователи тока 1, поступает сигнал на полосовые частотные фильтры 3, в которых вычисляется значение первой гармонической составляющей тока. Далее сигналы фазных токов поступают на блок 4, где происходит вычисление тока обратной последовательности I_2 , который подается на вход блока пускового органа тока обратной последовательности 5.

От первичного преобразователя напряжения нулевой последовательности (например, трансформатора напряжения нулевой последовательности) через согласующий преобразователь напряжения 2, полосовой частотный фильтр 6, в котором вычисляется значение первой гармонической составляющей напряжения нулевой последовательности, и дифференциатор 7 напряжение $3U_0$ подается на вход порогового элемента 8.

Дифференциатор 7 необходим для формирования неизменного выходного напряжения, при незначительных колебаниях входного сигнала.

В блоках пускового органа тока обратной последовательности 5 и порогового элемента 8 происходит сравнение полученных величин с уставкой на срабатывание защиты, если ток I_2 и напряжение $3U_0$ превышают данные значения, то сигнал поступает на логический элемент «И» 9, который в свою очередь передает сигнал о пуске защиты от ОЗЗ на блок элемента временной задержки 10, необходимый для отстройки от бросков тока обратной последовательности в моменты коммутации и переходных процессов при аварийных режимах. По истечению временной задержки сигнал поступает на блок долговременной памяти 11, где фиксируется факт аварии и на выходное реле 12.

При внешнем пробое изоляции значение тока обратной последовательности будет близко к нулю, что в свою очередь не приведет к запуску алгоритма защиты от ОЗЗ.

При однократном самоустраняющемся пробое изоляции, благодаря блоку элемента временной задержки 10, защита на данный режим не будет реагировать.

Дуговое перемежающееся или прерывистое ОЗЗ представляет собой последовательность, в общем случае непериодическую, кратковременных самоустраняющихся пробоев изоляции - зажиганий и гашений заземляющей дуги, но благодаря использованию полосовых частотных фильтров по току и напряжению 3 и 6, происходит вычисление основной составляющей 50 Гц, среднеквадратичное значение которой присутствует в любых режимах ОЗЗ длительностью более 20 мс. По этой причине ДОЗЗ и ДПрОЗЗ будет селективно фиксироваться устройством.

Устройство токовой защиты обратной последовательности от однофазных замыканий на землю электрических сетей среднего класса напряжения за счет использования в структуре блока вычисления тока обратной последовательности, работа которого, в

отличии от стандартных алгоритмов, основанных на измерении тока нулевой последовательности, реализована на измерении тока обратной последовательности, который появляется только в поврежденной фазе, что в свою очередь позволяет реализовать защиту от кратковременных, дуговых, дуговых перемежающихся и устойчивых однофазных замыканий землю. Использование полосового частотного фильтра позволяет выделить значение первой гармонической составляющей, благодаря которому можно дополнительно повысить коэффициент чувствительности защиты.

(57) Формула изобретения

Устройство токовой защиты обратной последовательности от однофазных замыканий на землю электрических сетей среднего класса напряжения, содержащее канал напряжения нулевой последовательности, пороговый элемент и логический элемент «И» отличающееся тем, что выходы согласующих преобразователей тока соединены с полосовыми частотными фильтрами тока, выходы которых соединены со входами блока вычисления тока обратной последовательности, выход которого соединен со входом блока пускового органа тока обратной последовательности, выход которого соединен с первым входом блока элемента «И», выход согласующего преобразователя напряжения соединен со входом полосового частотного фильтра напряжения нулевой последовательности, выход которого соединен со входом дифференциатора, выход которого соединен со входом порогового элемента, выход которого соединен со вторым входом логического элемента «И», выход которого соединен со входом блока элемента временной задержки, первый выход которого соединен с входом блока долговременной памяти, который содержит первый записывающий и второй стирающий входы, при этом второй выход соединен со входом выходного реле.

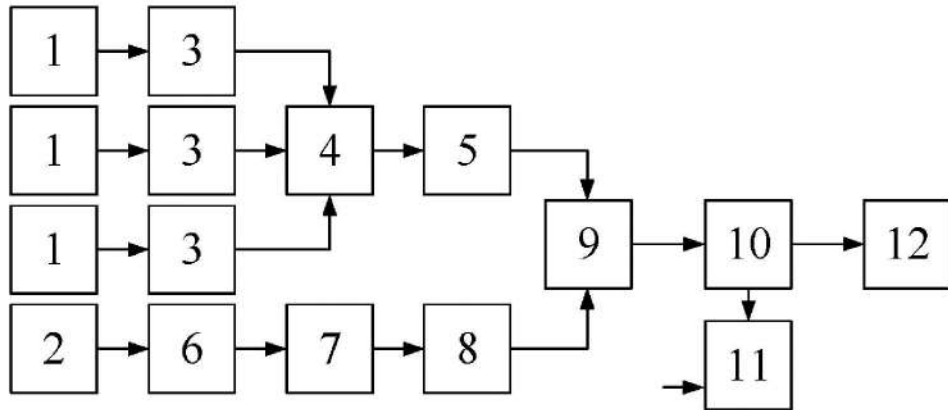
25

30

35

40

45



Фиг. 1