



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

*На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.*

(21)(22) Заявка: **2011135444/07, 24.08.2011**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**24.08.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **24.08.2011**

(43) Дата публикации заявки: **27.02.2013** Бюл. № 6

(45) Опубликовано: **10.06.2013** Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2372701 C1, 10.11.2009. RU 2422841 C2, 27.06.2011. SU 525191 A, 15.08.1976. EP 1724597 A2, 22.11.2006.**

Адрес для переписки:

**664033, г.Иркутск, ул. Лермонтова, 315-16,  
С.Г.Тигунцеву**

(72) Автор(ы):

**Тигунцев Степан Георгиевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Тигунцев Степан Георгиевич (RU)**

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ НА СЕКЦИИ ШИН ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ**

(57) Реферат:

Использование: в области электротехники. Технический результат - повышение надежности. Способ определения поврежденного присоединения на секции шин трехфазной сети с изолированной нейтралью при однофазных замыканиях на землю, в котором для электрических сетей, в которых на присоединениях трансформаторы тока установлены только на двух фазах (обычно на фазах А и С), получают величины и углы псевдотоков нулевой последовательности путем цифрового преобразования аналоговых сигналов двух фазных токов каждого

присоединения до повреждения и после повреждения, разница которых дает ток нулевой последовательности в каждом присоединении. Далее сравнивают комплексные величины токов нулевой последовательности, учитывая, что ток нулевой последовательности в поврежденном присоединении наибольший из токов всех присоединений секции и что угол тока нулевой последовательности в поврежденном присоединении отличается примерно на 180 градусов от углов токов нулевой последовательности в неповрежденных присоединениях.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

*According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.*

(21)(22) Application: **2011135444/07, 24.08.2011**

(24) Effective date for property rights:  
**24.08.2011**

Priority:

(22) Date of filing: **24.08.2011**

(43) Application published: **27.02.2013** Bull. 6

(45) Date of publication: **10.06.2013** Bull. 16

Mail address:

**664033, g.Irkutsk, ul. Lermontova, 315-16,  
S.G.Tiguntsevu**

(72) Inventor(s):

**Tiguntsev Stepan Georgievich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Tiguntsev Stepan Georgievich (RU)**

**(54) METHOD FOR DETERMINATION OF DAMAGED FEEDER ON BUS SECTION OF THREE-PHASE GRID WITH INSULATED NEUTRAL IN CASE OF SINGLE PHASE EARTH FAULTS**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: according to the method for determination of a damaged feeder on the bus section of a three-phase grid with an insulated neutral in case of single-phase earth faults, for power grids wherein transformers are installed on feeders with only two phases (usually - Phases A and C) one obtains the magnitudes and angles of zero-sequence pseudocurrents by way of digital conversion of analogue signals of two phase currents of each feeder

prior to and after damage, their difference yielding the zero-sequence current in every feeder. Then one compares the zero-sequence currents complex magnitudes taking into account the facts that the zero-sequence current in the damaged feeder is the maximum among all the section feeders currents and that the angle of zero-sequence current in the damaged feeder differs from the angles of zero-sequence currents in the undamaged feeders by approximately 180 degrees.

EFFECT: reliability improvement.

R U 2 4 8 4 5 7 0 C 2

R U 2 4 8 4 5 7 0 C 2

Предлагаемое изобретение относится к электроэнергетике и может быть использовано при организации защиты от однофазного замыкания на землю присоединений подстанций электрических сетей с изолированной нейтралью.

5 Известен способ защиты от однофазного замыкания на землю присоединений подстанций электрических сетей с изолированной нейтралью (патент RU №2257653), в котором в каждом присоединении соединяют фазу с наибольшим значением напряжения относительно земли с землей через первое сопротивление, одновременно соединяют фазу с наименьшим значением напряжения относительно земли с землей  
10 через второе сопротивление, измеряют ток утечки на землю, измеряют фазные напряжения и определяют сопротивление изоляции сети относительно земли, сравнивают его с допустимым значением, и если оно оказывается меньше допустимого, то формируют сигнал на отключение поврежденного элемента сети.

15 Данный способ сложен для применения в практической эксплуатации, кроме того, здесь используются дополнительные элементы - сопротивления, соединяющие токоведущие части с землей, которые сами могут стать ненадежным элементом сети в режиме перенапряжений, которые возникают в сети достаточно часто.

Известен способ для селективной защиты при замыкании на землю в сетях с  
20 изолированной, резистивной, частично или полностью компенсированной нейтралью (патент RU №2097893), в котором организуют идентично выполненные высокочастотные каналы тока и напряжения нулевой последовательности. При возникновении замыкания выделяют первую полуволну тока и напряжения нулевой последовательности. Пороговыми элементами сравнивают амплитуды полуволн с  
25 эталонными значениями. Фазочувствительными элементами фиксируют фазовое соотношение между током и напряжением нулевой последовательности в момент прохождения через нуль тока нулевой последовательности. Фильтром нижних частот выделяют из напряжения нулевой последовательности составляющую,  
30 соответствующую рабочей частоте. Пороговый элемент сравнивает значение ее амплитуды с эталонным. При нахождении угла сдвига фаз в заданном интервале и наличии превышения значения амплитуды напряжения нулевой последовательности над эталонным контролируют результаты в течение интервала времени. При сохранении результатов формируют аварийный сигнал. Интервал времени  
35 устанавливают регулируемой схемой задержки в соответствии с продолжительностью переходных процессов или увеличивают его на величину времени компенсации емкостных токов при однофазном замыкании на землю.

40 Данный способ позволяет определить поврежденное присоединение при фиксированном количестве присоединений, однако в условиях реальной эксплуатации количество присоединений может изменяться, поэтому не обеспечивается надежность.

Известен способ защиты от однофазного замыкания на землю присоединений подстанций электрических сетей с изолированной нейтралью, в котором измеряют  
45 напряжение нулевой последовательности на сборных шинах секции электрической подстанции и токи нулевой последовательности в каждом присоединении этих шин, сравнивают величины этих токов и по их разности определяют поврежденное присоединение (Цапенко Е.Ф. Замыкания на землю в сетях 6-35 кВ. - М.: Энергоатомиздат, 1986, с.66-71). Этот способ взят за прототип. Способ находит  
50 применение в тех случаях, когда собственные емкостные токи отдельных присоединений соизмеримы с полным емкостным током электрической сети. Однако с учетом возможных изменений при переключениях в сети или у потребителей этот способ не может обеспечить надежность защиты.

Кроме того, как правило, в электрических сетях устанавливаются по два трансформатора тока на присоединение (более 90% присоединений распределительных сетей 6-35 кВ оснащены двумя трансформаторами тока), что не позволяет известными способами выделить составляющие токов нулевой последовательности в каждом присоединении.

Техническая задача изобретения состоит в формировании и выдаче сигнала о поврежденном присоединении при двух датчиках на каждом присоединении секции шин.

Указанный технический результат достигается тем, что для электрических сетей с изолированной нейтралью, в которых на присоединениях трансформаторы тока установлены только на двух фазах (обычно на фазах А и С), измеряют с помощью цифровых измерительных преобразователей на каждом присоединении комплексные величины фазных токов  $(\dot{I}_{A(до)}, \dot{I}_{C(до)})$  до повреждения и  $(\dot{I}_{A(после)}, \dot{I}_{C(после)})$  после повреждения, которые преобразуют в комплексные величины псевдоток нулевой последовательности  $(\dot{I}'_0)$  каждого присоединения до повреждения по выражению:

$$\dot{I}'_{0(до)} = \dot{I}_{A(до)} + \dot{I}_{C(до)} * e^{j60^\circ},$$

после повреждения по выражению:

$$\dot{I}'_{0(после)} = \dot{I}_{A(после)} + \dot{I}_{C(после)} * e^{j60^\circ}$$

и получают токи нулевой последовательности для каждого присоединения по выражению:

$$\dot{I}'_0 = \dot{I}'_{0(после)} - \dot{I}'_{0(до)}$$

Далее, отображают цифровые значения величин и углов токов нулевой последовательности на мониторе, где указывают на мнемосхеме поврежденное присоединение, учитывая, что ток нулевой последовательности в поврежденном присоединении наибольший из токов нулевой последовательности всех присоединений секции и что угол тока нулевой последовательности в поврежденном присоединении отличается примерно на 180 градусов от углов токов нулевой последовательности в неповрежденных присоединениях.

Отличие от прототипа заключается в новой форме выделения аварийного сигнала. Это обуславливает соответствие технического решения критерию новизны.

С точки зрения защиты трехфазной сети с изолированной нейтралью от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) можно выделить следующие проблемы.

Причины возникновения замыканий в воздушных и кабельных сетях многообразны - механические и электрические нарушения изоляции, дефекты в изоляторах и изоляционных конструкциях, загрязнение и увлажнение изоляции, обрыв проводов и тросов, разрушение изоляции из-за грозных и внутренних перенапряжений. Причем от указанных причин трудно застраховаться.

Эффективным средством устранения режима замыкания на землю является быстрое автоматическое отключение поврежденного участка сети. В настоящее время предложено много различных принципов селективной защиты от ОЗЗ, однако нельзя выделить какой-либо метод, который обеспечивал бы надежное функционирование в условиях эксплуатации.

Среди используемых защит применяются чаще всего защиты, реагирующие на напряжение нулевой последовательности (НП); на токи НП; реагирующие на напряжение и токи НП. Выбор вида защиты определяется в зависимости от числа

присоединений на шинах подстанции.

Если на шинах имеется одно присоединение, то используется защита, реагирующая на напряжение НП. При числе присоединений более восьми-десяти, применяется простая токовая защита, в которой в качестве датчиков используются трансформаторы тока (ТТ) нулевой последовательности. На поврежденном присоединении ток НП имеет наибольшее значение. На практике такие защиты применяются при числе присоединений не менее пяти. Недостатком этой системы защиты является трудность выбора уставки тока срабатывания, так как количество одновременно работающих присоединений в процессе эксплуатации сети меняется, а следовательно, изменяется и полный ток замыкания на землю.

Значительно сложнее решается задача создания селективной защиты в сетях с малыми токами замыкания, когда число присоединений не превышает пяти-шести. Для таких случаев предложено много различных схем защиты, однако ни одна из них не нашла практического применения. Как правило, защиты используют принцип сравнения фаз и амплитуд токов и напряжений НП, однако, аналитические зависимости этих величин от параметров изоляции сети относительно земли в настоящее время не установлены.

Кроме того, в настоящее время никак не решена задача создания селективной защиты в сетях с малыми токами замыкания, когда в каждом присоединении включено только по два трансформатора тока, обычно в фазах А и С. В большинстве распределительных сетей 6-35 кВ энергосистем существует именно такая схема включения ТТ. Подобная схема включения ТТ не позволяет известными способами выделить токи НП.

Предлагается способ устранения режима замыкания на землю с помощью современной телемеханики, построенной на цифровых измерительных преобразователях (ЦИП).

Особенностью ЦИПов является то, что они имеют прямое подключение к трансформаторам тока и напряжения, при этом точность измерения обычно в классе 0.5 или выше.

Так как в ЦИПе измеряют практически мгновенные значения (более ста точек на период) величин (обычно измеряют три комплексных фазных тока и три комплексных напряжения), т.е. получают кривые измеряемых величин в цифровом виде, то имеется возможность преобразовать измеряемые величины и выделить нужные величины по предлагаемой формуле непосредственно в ЦИПе.

Для случая двух ТТ на присоединение предлагается реализовать в ЦИПе следующее преобразование по выделению тока НП для электрических сетей, в которых на присоединениях ТТ установлены только на двух фазах (обычно на фазах А и С), для чего измеряют с помощью ЦИП на каждом присоединении комплексные величины фазных токов  $\dot{I}_A, \dot{I}_C$ , которые преобразуют в комплексные величины псевдотоков нулевой последовательности ( $\dot{I}'_0$ ) путем цифрового преобразования измеренных фазных токов ( $\dot{I}_A, \dot{I}_C$ ) каждого присоединения по выражению

$\dot{I}'_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_C * e^{j60^\circ}$ , до повреждения ( $\dot{I}'_{0(до)}$ ) и после повреждения ( $\dot{I}'_{0(после)}$ ), и получают токи НП для каждого присоединения по выражению  $\dot{I}_0 = \dot{I}'_{0(после)} - \dot{I}'_{0(до)}$ .

Пояснения: так как  $\dot{I}_A = (\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_0)/3$  и  $\dot{I}_C = (a * \dot{I}_1 + a^2 * \dot{I}_2 + \dot{I}_0)/3$ , где

$a = e^{j120^\circ}$ , то получаем  $\dot{I}'_0 = \dot{I}_2 * (1 + e^{-j60}) + \dot{I}_0 * (1 + e^{j60})$ .

Т.е. в нормальном режиме работы сети в ЦИПе каждого присоединения получаем ток обратной последовательности (ОП)  $\dot{I}_2$ , обусловленный нагрузкой, так как ток НП

5  $\dot{I}_0$  отсутствует. В аварийном режиме однофазного замыкания на землю к току ОП  $\dot{I}_2$

добавляется ток НП  $\dot{I}_0$ , обусловленный током замыкания. Т.е. в аварийном режиме

в ЦИПе измеряем ток  $\dot{I}'_0$ . Вычитая из измеренного в аварийном режиме тока  $\dot{I}'_0$

10 измеренный доаварийный ток  $\dot{I}'_0$ , получаем «чистый» ток НП  $\dot{I}_0$ .

#### Реализация

В настоящее время в большинстве распределительных электрических сетей с

15 изолированной нейтралью 6-35 кВ отключение поврежденных присоединений

производится оперативно-выездными бригадами (ОВБ), которые при появлении

сигнала релейной защиты «земля» (появление напряжения нулевой

последовательности) на шинах подстанции выезжают на объект и поочередно

отключают/включают все присоединения, до тех пор пока сигнал «земля» не исчезнет.

20 Новая телемеханика позволяет вывести на экран монитора диспетчера района электрических сетей (РЭС) сигналы релейной защиты и показания  $\dot{I}_0$  каждого

присоединения каждой подстанции и указывает поврежденное присоединение на

мнемосхеме секции шин. При возникновении сигнала «земля» на какой-либо

25 подстанции на мониторе диспетчера формируется таблица векторов токов  $\dot{I}_0$  этой

подстанции, на основании которой формируется указание на поврежденное

присоединение. Диспетчер отключает (учитывая направление векторов токов НП - ток

НП в поврежденном присоединении находится в противофазе с токами НП в

неповрежденных линиях) поврежденное присоединение. Телемеханика «Знак+»

30 предоставляет диспетчеру возможность измерить токи НП и дистанционно отключить присоединение коммутационным аппаратом подстанции.

Таким же способом можно выделять ток НП при наличии трех ТТ на

присоединениях и на основании их величин, а также углов диспетчер примет решение.

35 Если на присоединениях включены ТТ НП, то измерения токов НП в форме модуль - угол также могут быть выведены на монитор диспетчера для принятия решения.

В настоящее время распределительные электрические сети многих электросетевых

40 датчиков используются ЦИПы. Поэтому реализация способа может осуществиться

достаточно просто, путем добавления в набор функций ЦИПов функции измерения

токов НП как для двух, так и для трех ТТ на присоединении.

#### Формула изобретения

45 Способ определения поврежденного присоединения на секции шин трехфазной сети с изолированной нейтралью при однофазных замыканиях на землю, в котором

измеряют напряжение нулевой последовательности на секции сборных шин

электрической подстанции и токи нулевой последовательности  $\dot{I}_0$  в каждом

50 присоединении этой секции, сравнивают параметры этих токов и по их соотношению

определяют поврежденное присоединение, отличающийся тем, что для электрических

сетей с изолированной нейтралью, в которых на присоединениях трансформаторы

тока установлены только на двух фазах (обычно на фазах А и С), измеряют с помощью цифровых измерительных преобразователей на каждом присоединении комплексные величины фазных токов  $(\dot{I}_{A(\text{до})}, \dot{I}_{C(\text{до})})$  до повреждения и

5  $(\dot{I}_{A(\text{после})}, \dot{I}_{C(\text{после})})$  после повреждения, которые преобразуют в комплексные величины псевдотоков нулевой последовательности  $(\dot{I}'_0)$  каждого присоединения до

повреждения по выражению:

$$10 \quad \dot{I}'_{0(\text{до})} = \dot{I}_{A(\text{до})} + \dot{I}_{C(\text{до})} \cdot e^{j60^\circ},$$

после повреждения по выражению:

$$\dot{I}'_{0(\text{после})} = \dot{I}_{A(\text{после})} + \dot{I}_{C(\text{после})} \cdot e^{j60^\circ}$$

и получают токи нулевой последовательности для каждого присоединения по

15 выражению:

$$\dot{I}'_0 = \dot{I}'_{0(\text{после})} - \dot{I}'_{0(\text{до})}.$$

20

25

30

35

40

45

50