



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013141256/28, 14.02.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.02.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
15.02.2011 EP 11154436.7

(43) Дата публикации заявки: 27.03.2015 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 10.05.2015 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: WO 2010061055 A1, 03.06.2010 . EP
1304580 A2, 23.04.2003 . EP 0001074849 A2,
07.02.2001 . RU 2159445 C2, 20.11.2000

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 16.09.2013

(86) Заявка РСТ:
FI 2012/050138 (14.02.2012)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2012/110698 (23.08.2012)

Адрес для переписки:
119146, Москва, а/я 33, И.В. Журавлевой

(72) Автор(ы):

**ВАЛРООС Ари (FI),
АЛТОНЕН Янне (FI),
ХАКОЛА Тапио (FI)**

(73) Патентообладатель(и):

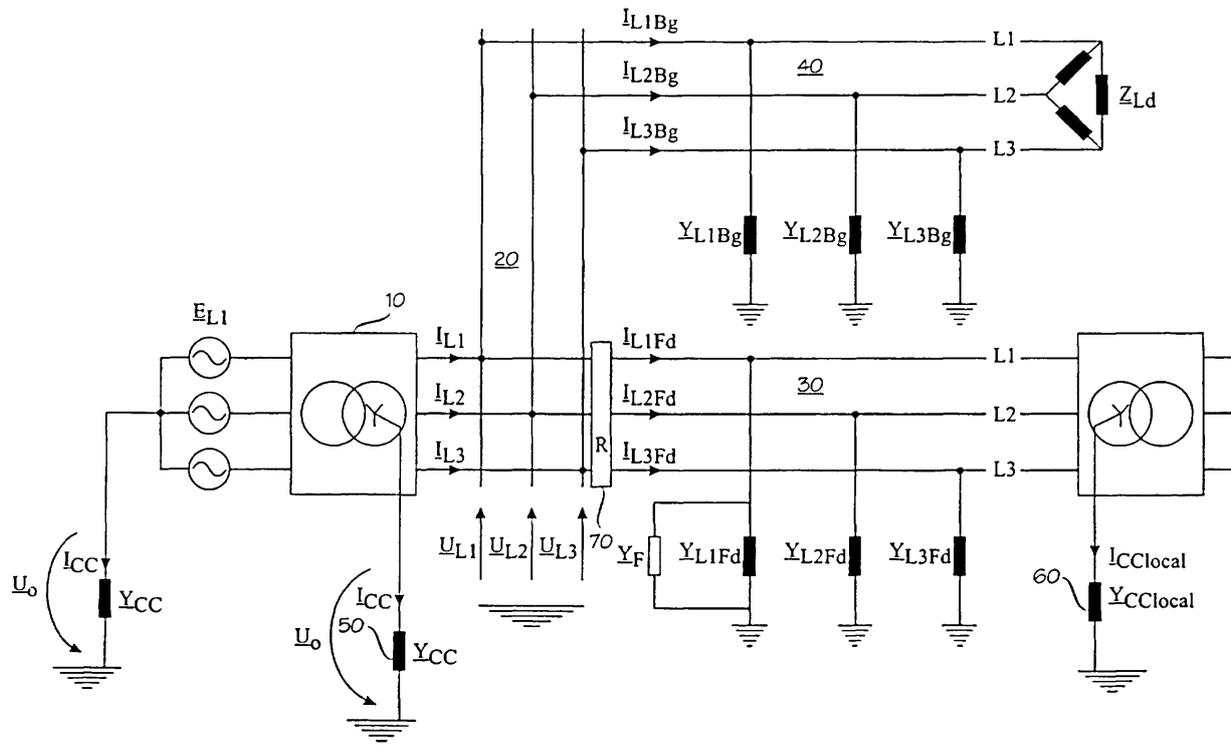
АББ ТЕКНОЛОДЖИ АГ (CH)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

(57) Реферат:

Изобретение относится к обнаружению короткого замыкания на землю в электрических сетях. Сущность: устройство содержит средство (70) для определения значения нейтральной полной проводимости в трехфазной электрической линии (30) и средство (70) для обнаружения короткого замыкания на землю в трехфазной электрической линии (30) на основе определенного значения нейтральной полной проводимости и значений одного или более заранее заданных параметров. Средство (70)

содержит средство для преобразования определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область остаточного тока, средство для сравнения в области остаточного тока преобразованного значения нейтральной полной проводимости с одним или более значениями заранее заданных параметров и средство для обнаружения короткого замыкания на землю на основе сравнения. 2 н. и 14 з.п. ф-лы, 12 ил.



Фиг.2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013141256/28, 14.02.2012

(24) Effective date for property rights:
14.02.2012

Priority:

(30) Convention priority:
15.02.2011 EP 11154436.7

(43) Application published: 27.03.2015 Bull. № 9

(45) Date of publication: 10.05.2015 Bull. № 13

(85) Commencement of national phase: 16.09.2013

(86) PCT application:
FI 2012/050138 (14.02.2012)

(87) PCT publication:
WO 2012/110698 (23.08.2012)

Mail address:

119146, Moskva, a/ja 33, I.V. Zhuravlevoj

(72) Inventor(s):

**VALROOS Ari (FI),
ALTONEN Janne (FI),
KhAKOLA Tapio (FI)**

(73) Proprietor(s):

ABB TEKNOLODZHI AG (CH)

(54) **METHOD AND DEVICE FOR DETECTION OF GROUND SHORT-CIRCUIT**

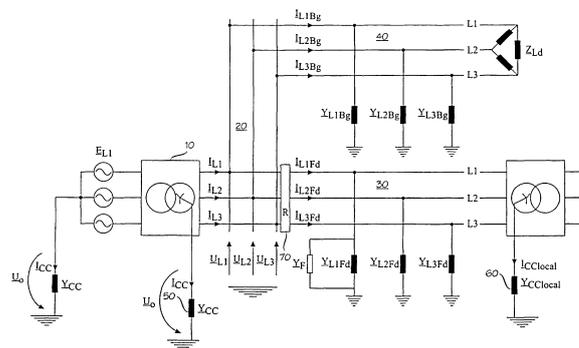
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: device comprises a facility (70) to determine a value of neutral overall conductivity in the three-line electrical line (30) and facility (70) to detect ground short-circuit in the three-line electrical line (30) against the determined value of neutral overall conductivity and values of one or more preset parameters. The facility (70) comprises a unit to convert the determined neutral overall conductivity from the area of neutral overall conductivity to the area of residual current, a unit to compare in the area of residual current of the converted value of neutral overall conductivity with one or more preset parameters and a unit to detect ground short-circuit based on the

comparison.

EFFECT: higher accuracy of detection.
16 cl, 12 dwg



Фиг. 2

RU 2 550 751 C 2

RU 2 550 751 C 2

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к обнаружению короткого замыкания на землю.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Обычные и наиболее часто используемые функции защиты от короткого замыкания на землю в электрических сетях основаны на определении остаточного тока, поляризованной нулевой последовательности напряжения. Особенно в незаземленных и компенсированных распределительных сетях подобные защитные функции основаны на $\cos\varphi$, $\sin\varphi$ или на критерии фазового угла. Однако в некоторых странах предпочтительным и даже требуемым способом обеспечения функции защиты от короткого замыкания на землю стало определение нейтральной полной проводимости. Ссылка Дж. Лоренц и др. «Критерий полной проводимости для определения в автоматизированных системах подстанций в польских распределительных энергетических сетях», CIREN 97, Бирмингем, июнь 1997, раскрывает примеры воплощения способа защиты от короткого замыкания на землю, основанного на определении нейтральной полной проводимости.

В простых условиях способ защиты по нейтральной полной проводимости основан на оценке показателя: $\underline{Y}_0 = \underline{I}_0 / -\underline{U}_0$, т.е. нейтральной полной проводимости сети, вычисленной из основных частотных фазоров остаточного тока \underline{I}_0 и остаточного напряжения \underline{U}_0 , и затем сравнения результата с заранее определенными рабочими границами (рабочая характеристика) в области нейтральной полной проводимости (область \underline{Y}_0). Остаточный ток \underline{I}_0 может быть измерен посредством кабеля на сердечнике трансформатора, а остаточное напряжение \underline{U}_0 может быть измерено, например, с помощью третичных однополюсных изолированных трансформаторов, соединенных треугольником.

Публикация WO 2010/061055 раскрывает другой способ вычисления нейтральной полной проводимости с использованием изменений остаточного тока и остаточного напряжения, вызванного замыканием:

$$\underline{Y}_0 = \Delta \underline{I}_0 / (-\Delta \underline{U}_0),$$

где

$$\Delta \underline{I}_0 = \underline{I}_0(t_2) - \underline{I}_0(t_1)$$

$$\Delta \underline{U}_0 = \underline{U}_0(t_2) - \underline{U}_0(t_1)$$

а t_1 и t_2 относятся к двум отдельным моментам времени: до (t_1) и во время (t_2) замыкания.

Кроме того, в публикации WO 2010/061055 раскрыта характеристика способа защиты по нейтральной полной проводимости, в которой рабочая характеристика в области нейтральной полной проводимости (область \underline{Y}_0) определяет такую закрытую область, центр которой отстоит от начала плоскости полной проводимости по направлению к отрицательному направлению мнимой проводимости и/или к отрицательной активной проводимости.

В функциях защиты от короткого замыкания, чьи операции основаны на измеренной нейтральной полной проводимости, действие производится в нейтральной области полной проводимости (область \underline{Y}_0). Это означает, что терминал с функцией защиты посредством, например, нейтральной полной проводимости требует задания установок в блоках нейтральной полной проводимости, например Сименс или на практике

милиСименс. Такие блоки и концепция нейтральной полной проводимости могут быть незнакомы обслуживающему их персоналу, который работает с оборудованием защиты. Такие установки могут рассматриваться как непрактические и трудные в освоении благодаря тому, что они весьма редки на практике использования в технике защиты.

5 Указанные выше причины препятствуют широкому использованию систем защиты от короткого замыкания на землю, основанных на нейтральной полной проводимости, несмотря на преимущества, которые обеспечивают системы защиты от короткого замыкания на землю, основанные на нейтральной полной проводимости.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

10 Целью настоящего изобретения, таким образом, является создание способа и устройства для осуществления способа для преодоления вышеописанной проблемы или, по крайней мере, ослабления ее влияния. Цели изобретения достигаются посредством способа, компьютерного программного продукта и устройства, которые описаны в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные варианты

15 воплощения данного изобретения раскрыты в зависимых пунктах формулы изобретения.

Настоящее изобретение основано на идее задания заранее одного или более значений параметров, которые определяют рабочие характеристики защиты, таких как величины остаточного тока, величины остаточной мощности, или удельной величины, которые затем либо преобразуют в один или более заранее заданный параметр для области

20 остаточного тока, или для области нейтральной полной проводимости или отдельной области нейтральной полной проводимости в область остаточного тока, в область остаточной мощности или отдельную область для обеспечения сравнения определенного значения нейтральной полной проводимости с одним или более заранее заданным параметром с целью обнаружения короткого замыкания на землю.

25 Преимуществом способа и устройства, согласно настоящему изобретению, является то, что оно позволяет задать рабочие границы в виде величины остаточного тока, величины остаточной мощности или удельных величин при использовании защиты от короткого замыкания на землю, основанной на нейтральной полной проводимости. Таким образом, данное изобретение обеспечивает все преимущества принципа,

30 основанного на нейтральной полной проводимости, например иммунитет к активному сопротивлению замыкания и дисбаланса системы, а также использование простых заданных величин, таких как величина остаточного тока, величина остаточной мощности, удельные величины, которые известны и понятны обслуживающему персоналу.

35 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Ниже настоящее изобретение будет описано более подробно на примерах предпочтительных вариантов воплощения со ссылками на приложенные чертежи, где:

Фиг.1 - пример упрощенного эквивалентного контура трехфазной электрической сети;

40 Фиг.2 - пример упрощенного эквивалентного контура трехфазной электрической сети;

Фиг.3 - блок-схема варианта воплощения изобретения;

Фиг.4 - блок-схема варианта воплощения изобретения;

Фиг.5 - блок-схема варианта воплощения изобретения;

45 Фиг.6 - блок-схема варианта воплощения изобретения;

Фиг.7 - блок-схема варианта воплощения изобретения;

Фиг.8 - блок-схема варианта воплощения изобретения;

Фиг.9 - пример рабочих характеристик области остаточного тока, согласно вариантам

воплощения изобретения;

Фиг.10 - пример рабочих характеристик области остаточной мощности, согласно вариантам воплощения изобретения;

Фиг.11 - пример рабочих характеристик области удельной величины, согласно вариантам воплощения изобретения; и

Фиг.12 - пример рабочих характеристик области нейтральной полной проводимости, согласно вариантам воплощения изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Применение настоящего изобретения не ограничено какой-либо конкретной системой и может применяться с различными трехфазными электрическими системами для обнаружения короткого замыкания фазы на землю в трехфазной электрической сети. Электрическая сеть может представлять собой, например, фидер, воздушную линию, кабель или их комбинацию. Линия электроснабжения, в которой данное изобретение применяется, может представлять собой линию электропередачи или распределительную сеть или, например, их часть и может содержать несколько фидеров или секций. Кроме того, использование данного изобретения не ограничивается системами, использующими в качестве основной частоту 50 Гц или 60 Гц или какое-либо конкретное значение напряжения.

На Фиг.1 и Фиг.2 приведены примеры упрощенных эквивалентных контуров трехфазной электрической сети, в которых может использоваться данное изобретение. На Фиг.1 показана ситуация, при которой происходит короткое замыкание в фоновой сети 40, а на Фиг.2 показана ситуация, при которой происходит короткое замыкание в контролируемой электрической линии 30. На указанных фигурах показаны только те компоненты, которые необходимы для понимания сути изобретения. Используемая в качестве примера сеть может представлять собой средневольтную (например, 20 кВ) распределительную сеть, запитываемую от подстанции, содержащей трансформатор 10 и общую шину 20. Указанная сеть также содержит электрические выходы, т.е. фидеры. Другие возможные фидеры, так же как и другие части сети, кроме защищенного фидера 30 обозначены как 'фоновая сеть' и представлена единственным линейным выходом 40, хотя следует отметить, что в фоновой сети возможно наличие ряда фидеров или других элементов сети. Также могут быть несколько питающих подстанций. Кроме того, настоящее изобретение может быть использовано, например, с коммутирующей станцией без трансформатора 10. В случае использования сетью катушки гашения дуги, она может быть расположена в подстанции (централизованная компенсация 50) и соединена непосредственно с нейтральной точкой системы, либо через трансформатор заземления, либо на фидерах через трансформаторы заземления (децентрализованная компенсация 60).

Используемая в качестве примера сеть представляет собой трехфазную сеть трехфазной электрической системы и обозначена как L1, L2, и L3. В иллюстративной системе рабочие функции данного изобретения могут осуществляться при его размещении в блоке реле 70, расположенном на входе системы. Также возможно, что в месте расположения блока реле 70 осуществляются только часть измерений и их результаты передаются на другой блок или блоки, расположенные в другом месте, для их дальнейшей обработки. Таким образом, рабочие функции данного изобретения могут быть распределены на два или более физических блоков, вместо только одного блока, а блок или блоки могут размещаться в защищенной электрической линии 30 или в отдаленном месте. Это, однако, не имеет отношения к основной идее данного изобретения.

Обозначения, используемые на Фиг.1 и 2:

\underline{U}_O = Остаточное напряжение сети

\underline{E}_{L1} = Фаза-L1 напряжение питания

5 \underline{Y}_{CC} = Полная проводимость устройства заземления 50 в подстанции.

Устройство может включать катушку компенсации с или без параллельного резистора или ограничительного резистора тока.

В случае незаземленной сети $\underline{Y}_{CC} = 0$.

10 \underline{I}_{CC} = Ток через устройство заземления 50 в подстанции

\underline{I}_{L1} = Фазовый ток в фазе L1, измеренный на входе

\underline{I}_{L2} = Фазовый ток в фазе L2, измеренный на входе

\underline{I}_{L3} = Фазовый ток в фазе L3, измеренный на входе

15 \underline{I}_{L1Fd} = Фазовый ток в фазе L1 электрической линии

\underline{I}_{L2Fd} = Фазовый ток в фазе L2 электрической линии

\underline{I}_{L3Fd} = Фазовый ток в фазе L3 электрической линии

20 \underline{I}_{L1Bg} = Фазовый ток в фазе L1 фоновой сети

\underline{I}_{L2Bg} = Фазовый ток в фазе L2 фоновой сети

\underline{I}_{L3Bg} = Фазовый ток в фазе L3 фоновой сети

\underline{U}_{L1} = Напряжение фазы-на-землю фазы L1 в подстанции

25 \underline{U}_{L2} = Напряжение фазы-на-землю фазы L2 в подстанции

\underline{U}_{L3} = Напряжение фазы-на-землю фазы L3 в подстанции

\underline{Y}_F = Полная проводимость (предполагается чистая проводимость)

30 \underline{Y}_{L1Fd} = Полная проводимость фазы L1 электрической линии

\underline{Y}_{L2Fd} = Полная проводимость фазы L2 электрической линии

\underline{Y}_{L3Fd} = Полная проводимость фазы L3 электрической линии

\underline{Y}_{L1Bg} = Полная проводимость фазы L1 фоновой сети

35 \underline{Y}_{L2Bg} = Полная проводимость фазы L2 фоновой сети

\underline{Y}_{L3Bg} = Полная проводимость фазы L3 фоновой сети

Z_{Ld} = Фазовый импеданс нагрузки, соединенной треугольником

40 $\underline{Y}_{CClocal}$ = Полная проводимость устройства заземления 60 (катушка компенсации), размещенного в электрической линии

$\underline{I}_{CClocal}$ = Ток через устройство заземления 60, размещенное в электрической линии.

Значения тока и напряжения, которые требуются для нижеприведенных вариантов воплощения, могут быть получены посредством подходящего для этого измерительного прибора, включая, например, датчики тока и напряжения (не показаны на фигурах), соединенные с фазами электрической системы. В большинстве существующих систем защиты такие измерения легко доступны и поэтому осуществление разнообразных вариантов воплощения не обязательно требует каких-либо дополнительных

измерительных приборов. Остаточное напряжение электрической сети может быть получено из напряжений в фазах или посредством их измерений в открытых обмотках, соединенных треугольником, образованных, например, трансформаторами напряжения. Остаточный ток электрической линии 30 может быть получен с помощью подходящего для тока измерительного устройства, такого как преобразователь сердечника кабеля или соединение Хольмгрена (суммарное соединение) в точке измерения, такой как блок реле 70. Способ получения указанных значений не связан с основной идеей данного изобретения и зависит от конкретной электрической системы.

Согласно данному изобретению, значение нейтральной проводимости трехфазной электрической линии определяют на основе значений остаточного напряжения электрической сети и остаточного тока электрической сети. Значение нейтральной проводимости можно вычислить как отношение фазора остаточного тока \underline{I}_0 и фазора остаточного напряжения $(-\underline{U}_0)$ в течение короткого замыкания на землю:

$$\underline{Y}_0 = \underline{I}_0 / (-\underline{U}_0)$$

Другим образом вычисление нейтральной проводимости может быть выполнено на основе значений с помощью так называемых дельта величин, где t_1 и t_2 относятся к двум отдельным моментам времени - до (t_1) и во время (t_2) короткого замыкания на землю:

$$\underline{Y}_0 = \Delta \underline{I}_0 / (-\Delta \underline{U}_0),$$

где

$$\Delta \underline{I}_0 = \underline{I}_0(t_2) - \underline{I}_0(t_1)$$

$$\Delta \underline{U}_0 = \underline{U}_0(t_2) - \underline{U}_0(t_1)$$

Преимуществом использования дельта величин является то, что вычисленная нейтральная полная проводимость теоретически становится невосприимчивой к активному сопротивлению замыкания и дисбалансу системы (при определенных условиях) и может быть определена из основных данных сети, как описано ниже.

Ссылаясь на Фиг.1, видно, что когда происходит короткое замыкание на землю в одной фазе вне электрической линии 30, измеренная нейтральная полная проводимость равна суммарной полной проводимости фидера (включая возможные децентрализованные катушки компенсации) с отрицательным знаком:

$$\underline{Y}_0 = \Delta \underline{I}_0 / (-\Delta \underline{U}_0) = -(\underline{Y}_{Fdtot} + \underline{Y}_{CClocal}),$$

где

$$\underline{Y}_{Fdtot} = \underline{Y}_{L1Fd} + \underline{Y}_{L2Fd} + \underline{Y}_{L3Fd}$$

$$\underline{Y}_{L1Fd} = G_{L1Fd} + j * B_{L1Fd}$$

$$\underline{Y}_{L2Fd} = G_{L2Fd} + j * B_{L2Fd}$$

$$\underline{Y}_{L3Fd} = G_{L3Fd} + j * B_{L3Fd}$$

G_{L1Fd} = Активная проводимость фазы L1 на землю электрической линии

G_{L2Fd} = Активная проводимость фазы L2 на землю электрической линии

G_{L3Fd} = Активная проводимость фазы L3 на землю электрической линии

B_{L1Fd} = Мнимая проводимость фазы L1 на землю электрической линии

B_{L2Fd} = Мнимая проводимость фазы L2 на землю электрической линии

B_{L3Fd} = Мнимая проводимость фазы L3 на землю электрической линии

$$\underline{Y}_{CClocal} = G_{CClocal} - j^* B_{CClocal}$$

$G_{CClocal}$ = Активная проводимость устройства заземления 60, имеющаяся на электрической линии 30. Это включает активную проводимость катушек компенсации, расположенных на электрической линии 30.

B_{CC} = Мнимая проводимость устройства заземления 60, имеющаяся на электрической линии 30. Это включает мнимую проводимость катушек компенсации, расположенных на электрической линии 30.

Ссылаясь на Фиг.2, видно, что когда происходит короткое замыкание на землю в одной фазе внутри электрической линии 30, измеренная нейтральная полная проводимость равна полной проводимости фоновой сети 40 плюс полной проводимости нейтрального соединения (в случае децентрализованной компенсации, полные проводимости всех катушек защищенного фидера могут быть включены в полную проводимость \underline{Y}_{CC}):

$$\underline{Y}_0 = \Delta \underline{I}_0 / (-\Delta \underline{U}_0) = \underline{Y}_{Bgot} + \underline{Y}_{CC},$$

где

$$\underline{Y}_{Bgot} = \underline{Y}_{L1Bg} + \underline{Y}_{L2Bg} + \underline{Y}_{L3Bg}$$

$$\underline{Y}_{L1Bg} = G_{L1Bg} + j^* B_{L1Bg}$$

$$\underline{Y}_{L2Bg} = G_{L2Bg} + j^* B_{L2Bg}$$

$$\underline{Y}_{L3Bg} = G_{L3Bg} + j^* B_{L3Bg}$$

G_{L1Bg} = Активная проводимость фазы L1 фоновой сети

G_{L2Bg} = Активная проводимость фазы L2 фоновой сети

G_{L3Bg} = Активная проводимость фазы L3 фоновой сети

B_{L1Bg} = Мнимая проводимость фазы L1 фоновой сети

B_{L2Bg} = Мнимая проводимость фазы L2 фоновой сети

B_{L3Bg} = Мнимая проводимость фазы L3 фоновой сети

$$\underline{Y}_{CC} = G_{CC} - j^* B_{CC}$$

G_{CC} = Активная проводимость устройства заземления 50, имеющегося на подстанции.

Оно включает активную проводимость катушки компенсации с или без параллельного резистора или активную проводимость резистора, ограничивающего ток. В случае незаземленной сети $G_{CC}=0$. В случае децентрализованной компенсации, активные проводимости всех катушек вне электрической линии 30 могут быть включены в активную проводимость G_{CC} .

B_{CC} = Мнимая проводимость устройства заземления 50, имеющаяся на подстанции.

Это включает мнимую проводимость катушки компенсации. В случае незаземленной сети $B_{CC}=0$. В случае децентрализованной компенсации, мнимые проводимости всех катушек вне электрической линии 30 могут быть включены в мнимую проводимость B_{CC} .

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, защита на основе полной проводимости, подобной другим функциям защиты от короткого замыкания на землю, может использовать условие перенапряжения U_0 в качестве общего критерия для первоначального обнаружения замыкания в электрической сети. Заданное значение

U_0 для начала определения может быть задано выше максимального уровня U_0 нормально работающей сети для исключения ложных срабатываний. Согласно варианту воплощения данного изобретения, при определении нейтральной полной проводимости короткое замыкание на землю может быть определено в трехфазной электрической

 5 линии 30 на основе полученного значения нейтральной полной проводимости и одного или более заранее заданных значения параметров. Заранее заданные значения параметров определяют характеристику операции, на основе которой возможно определить происходит ли короткое замыкание на землю в электрической линии 30 или вне ее. Согласно варианту воплощения данного изобретения, одно или более заранее

 10 заданных значений параметров задаются в виде величины остаточного тока, величины остаточной мощности или удельной величины. Согласно варианту воплощения данного изобретения, обнаружение замыкания содержит преобразование одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточного тока, области остаточной мощности или в области удельной величины в область нейтральной полной

 15 проводимости с преобразованной одной или более заранее заданными величинами параметров. Согласно другому варианту воплощения данного изобретения обнаружение замыкания содержит преобразование определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область остаточного тока, область остаточной мощности или в область удельной величины, и производят

 20 сравнение в области остаточного тока, в области остаточной мощности или в области удельной величины преобразованные величины нейтральной полной проводимости с одним или более значениями заранее заданными величинами параметров. Теперь короткое замыкание на землю может быть обнаружено в трехфазной электрической

 25 линии 30 на основе этого сравнения. Согласно варианту воплощения данного изобретения, обнаружение замыкания происходит в трехфазной электрической линии 30, если сравнение показывает, что определенное значение нейтральной полной проводимости находится в рабочей зоне, определенной одним или более значениями заранее заданными величинами параметров. Если определенное значение нейтральной

 30 полной проводимости находится вне рабочей зоны, то короткого замыкания на землю в трехфазной электрической линии 30 нет.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, преобразование одного или более значений заранее заданного параметра из области остаточного тока в область нейтральной полной проводимости производят согласно следующему уравнению:

$$35 \quad \underline{Y}_0^* = \text{соп}(\underline{I}_0) / q ,$$

где

\underline{I}_0 = значение в области остаточного тока

\underline{Y}_0^* = эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости

q = коэффициент преобразования.

40 Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, преобразование определенной нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область остаточного тока производится согласно следующему уравнению:

$$45 \quad \underline{I}_0^* = \text{соп}(\underline{Y}_0) * q ,$$

где

\underline{Y}_0 = значение в области нейтральной полной проводимости

\underline{I}_0^* = эквивалентное значение в области остаточного тока

q = коэффициент преобразования.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, коэффициент преобразования q равен номинальному напряжению фазы на землю электрической сети или измеренному напряжению фазы на землю в исправном состоянии электрической сети. В соответствии с вариантом воплощения коэффициент преобразования q является скалярной величиной, благодаря чему абсолютное значение напряжения фазы на землю электрической сети можно использовать в качестве коэффициента преобразования.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, преобразование одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости может быть выполнено в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{Y}_0^* = \cos j(\underline{S}_0) / q^2 ,$$

где

\underline{S}_0 = значение в области остаточной мощности

\underline{Y}_0^* = эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости

q = коэффициент преобразования.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, преобразование определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область остаточной мощности производится в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{S}_0^* = \cos j(\underline{Y}_0) * q^2 ,$$

где

\underline{Y}_0 = значение в области нейтральной полной проводимости

\underline{S}_0^* = эквивалентное значение в области остаточной мощности

q = коэффициент преобразования.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, преобразование одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточного тока или остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости может быть выполнено в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{Y}_0^* = \cos j(\underline{pu}) * w ,$$

где

\underline{pu} = значение (комплексное) в области удельного остаточного тока или остаточной мощности,

\underline{Y}_0^* = эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости

w = коэффициент преобразования.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, преобразование определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область удельного остаточного тока или остаточной мощности производится в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{pu}^* = \cos j(\underline{Y}_0) / w ,$$

где

\underline{Y}_0 = значение в области нейтральной полной проводимости

\underline{pu}^* = значение (комплексное) в области удельного остаточного тока или остаточной

мощности

w = коэффициент преобразования.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, коэффициент преобразования w равен выбранному основному значению для полной проводимости фазы на землю электрической сети. В соответствии с вариантом воплощения коэффициент преобразования w вычисляется из выбранных основных значений, действительных для остаточного тока, остаточного напряжения и остаточной мощности, согласно следующему уравнению:

$$W = Y_{\text{obase}} = I_{\text{obase}} / U_{\text{obase}},$$

или

$$W = Y_{\text{obase}} = S_{\text{obase}} / U_{\text{obase}}^2$$

где

I_{obase} = выбранное основное значение, действительное для остаточного тока

U_{obase} = выбранное основное значение, действительное для остаточного напряжения

S_{obase} = выбранное основное значение, действительное для остаточной мощности.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, преобразование определенного значения нейтральной полной проводимости из области удельной нейтральной полной проводимости в область удельного остаточного тока или остаточной мощности выполняется в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{r_{\text{ч}}}^* = \cos j(\underline{Y_{\text{рч}}}),$$

где

$\underline{Y_{\text{рч}}}$ = значение (комплексное) в области удельного остаточной нейтральной полной проводимости,

$\underline{r_{\text{ч}}}^*$ = эквивалентное значение в области удельного остаточного тока или остаточной мощности.

Согласно варианту воплощения настоящего изобретения, преобразование одного или более заранее заданных значений параметров из области удельного остаточного тока или остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости может быть выполнено в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{Y_{\text{рч}}}^* = \cos j(\underline{r_{\text{ч}}}),$$

где

$\underline{r_{\text{ч}}}$ = значение (комплексное) в области удельного остаточного тока или остаточной мощности

$\underline{Y_{\text{рч}}}^*$ = эквивалентное значение в области удельной нейтральной полной проводимости.

На Фиг.3 показана блок-схема варианта воплощения изобретения. На этапе 301 определяется нейтральная полная проводимость. На этапе 302 определенное значение нейтральной полной проводимости преобразуется из области нейтральной полной проводимости в область остаточного тока. На этапе 304 эквивалентное значение нейтральной полной проводимости в области остаточного тока, полученное от преобразования, сравнивается с заранее заданными значениями параметров (установок), заданных на этапе 303. На основе сравнения 304 решение об отключении может быть принято на этапе 305.

На Фиг.4 показана блок-схема варианта воплощения изобретения. На этапе 401 определяется нейтральная полная проводимость. На этапе 402 определенное значение

нейтральной полной проводимости преобразуется из области нейтральной полной проводимости в область остаточной мощности. На этапе 404 эквивалентное значение нейтральной полной проводимости в области остаточной мощности, полученное от преобразования, сравнивается с заранее заданными значениями параметров (установок), заданных на этапе 403. На основе сравнения 404 решение об отключении может быть принято на этапе 405.

На Фиг.5 показана блок-схема варианта воплощения изобретения. На этапе 501 определяется нейтральная полная проводимость. На этапе 502 определенное значение нейтральной полной проводимости преобразуется из области нейтральной полной проводимости в область удельного остаточного тока или остаточной мощности. На этапе 504 эквивалентное значение нейтральной полной проводимости в области удельного остаточного тока или остаточной мощности, полученное от преобразования, сравнивается с заранее заданными значениями параметров (установок), заданных на этапе 503. На основе сравнения 504 решение об отключении может быть принято на этапе 505.

На Фиг.6 показана блок-схема другого варианта воплощения изобретения. На этапе 601 определяется нейтральная полная проводимость. На этапе 603 заранее заданные значения параметров (установок), заданных на этапе 602, преобразуются из области остаточного тока в область нейтральной полной проводимости. На этапе 604 определенное значение нейтральной полной проводимости сравнивается с эквивалентными значениями заранее заданными значениями параметров в области нейтральной полной проводимости. На основе сравнения 604 решение об отключении может быть принято на этапе 605.

На Фиг.7 показана блок-схема другого варианта воплощения изобретения. На этапе 701 определяется нейтральная полная проводимость. На этапе 703 заранее заданные значения параметров (установок), заданных на этапе 702, преобразуется из области остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости. На этапе 704 определенное значение нейтральной полной проводимости сравнивается с эквивалентными значениями заранее заданными значениями параметров в области нейтральной полной проводимости. На основе сравнения 704 решение об отключении может быть принято на этапе 705.

На Фиг.8 показана блок-схема другого варианта воплощения изобретения. На этапе 801 определяется нейтральная полная проводимость. На этапе 803 заранее заданные значения параметров (установок), заданных на этапе 802, преобразуется из области удельного остаточного тока или остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости. На этапе 804 определенное значение нейтральной полной проводимости сравнивается с эквивалентными значениями заранее заданными значениями параметров в области нейтральной полной проводимости. На основе сравнения 804 решение об отключении может быть принято на этапе 805.

На Фиг.9 показаны некоторые возможные рабочие характеристики в области остаточного тока, согласно вариантам воплощения, которые действительны для эквивалентного значения остаточного тока I_0^* , полученного из преобразования определенного значения нейтральной полной проводимости в эквивалентное значение остаточного тока $I_0^* = \cos \varphi (\underline{Y}_0)^* q$. Необходимо отметить, что измеренный ток \underline{Y}_0 не зависит от активного сопротивления короткого замыкания, при этом эквивалентный остаточный ток I_0^* соответствует физически измеряемому I_0 только тогда, когда $R_F=0 \Omega$. Характеристика защиты, представляющая нерабочую зону, т.н. "короб", может быть

задана около значения тока, соответствующего току $I_{F\dot{tot}}$ короткого замыкания на землю, текущего в электрической линии 30 во время внешнего короткого замыкания. В самой простой форме для определения рабочей характеристики, как показано на виде а) требуется только один заранее заданный параметр lo_res_fwd . Его можно задать на основе значения тока, соответствующего току в параллельном резисторе катушки и общим потерям в фоновой сети. Такую характеристику можно применять, когда ток короткого замыкания на землю в электрической линии 30 неизвестен или может значительно изменяться во время ежедневной работы. Для улучшения чувствительности предел может быть ограничен параметром lo_ind . Он может быть задан на основе тока короткого замыкания на землю в электрической линии 30 с учетом максимальной протяженности линии. Коробчатая характеристика получается путем ограничения предела в обратном направлении с помощью параметра lo_res_rev той же величиной, что и lo_ind , как показано на виде б). Однако наилучшей чувствительности можно достичь путем использования наклонной характеристики в прямом направлении с параметрами Корректирующий угол и lo_start . Назначение параметра Корректирующий угол тот же самый, что и в известных системах защиты от короткого замыкания на землю (т.е. компенсация погрешности измерения) и параметр lo_start могут быть заданы исходя из минимально измеряемого значения тока, принимая во внимание практические погрешности измерения (см. вид с)). Характеристика может быть задана с учетом того, что непроизвольно распределенные катушки в электрической линии 30 сверхкомпенсированы, т.е. линия вырабатывает индуктивный ток короткого замыкания на землю при внешнем коротком замыкании. Такая сверхкомпенсация может учитываться параметром lo_cap . Обоснованные характеристики для компенсированных распределительных сетей с распределенной компенсацией показаны на видах d)-f).

На Фиг.12 показаны некоторые возможные рабочие характеристики в области нейтральной полной проводимости, согласно вариантам воплощения изобретения. Виды d)-f) Фиг.12 соответствуют видам Фиг.9 так, что это соответствие параметров выражается следующим образом:

$$Yo_res_fwd = conj(lo_res_fwd)/q = lo_res_fwd/q$$

$$Yo_ind = conj(+j*lo_ind)/q = -j*lo_ind/q$$

$$Yo_res_rev = conj(lo_res_rev)/q = lo_res_rev/q$$

$$Yo_cap = conj(-j*lo_cap)/q = +j*lo_cap/q$$

$$Yo_start = conj(lo_start)/q = lo_start/q$$

$$Y_{F\dot{tot}} = conj(I_{F\dot{tot}}) / d$$

и наоборот

$$lo_res_fwd = conj(Yo_res_fwd)*q = Yo_res_fwd*q$$

$$lo_ind = conj(-j*Yo_ind)*q = +j*lo_ind*q$$

$$lo_res_rev = conj(Yo_res_rev)*q = lo_res_rev*q$$

$$lo_cap = conj(+j*Yo_cap)*q = -j*lo_cap*q$$

$$lo_start = conj(Yo_start)*q = lo_start*q$$

$$I_{F\dot{tot}} = conj(Y_{F\dot{tot}}) * q$$

Параметры в области остаточного тока, как описано выше, могут быть преобразованы в соответствующие параметры в области нейтральной полной проводимости.

На Фиг.10 показаны некоторые возможные рабочие характеристики в области остаточной мощности, согласно варианту воплощения настоящего изобретения, которые действительны для эквивалентного значения остаточной мощности S_o^* , полученной

из преобразования определенного значения нейтральной полной проводимости в эквивалентное значение остаточной мощности $\underline{S}_0^* = \text{conj}(\underline{Y}_0) * q^2$. Необходимо отметить, что т.к. измеренный \underline{Y}_0 не зависит от активного сопротивления короткого замыкания, то эквивалентное значение остаточной мощности \underline{S}_0^* соответствует физически измеряемому \underline{S}_0 только тогда, когда $R_F=0 \Omega$. Характеристика защиты, представляющая нерабочую зону, т.н. "короб", может быть задана вокруг значения мощности, соответствующей мощности $\underline{S}_{F\text{dot}}$ короткого замыкания на землю, текущего в электрической линии 30 во время внешнего короткого замыкания. В самой простой форме для определения рабочей характеристики, как показано на виде а), требуется только один заранее заданный параметр So_res_fwd . Его можно задать на основе значения тока, соответствующего току в параллельном резисторе катушки и общим потерям в фоновой сети. Такую характеристику можно применять, когда ток короткого замыкания на землю в электрической линии 30 неизвестен или может значительно изменяться во время ежедневной работы. Для улучшения чувствительности предел может быть ограничен параметром So_ind . Он может быть задан на основе мощности короткого замыкания на землю в электрической линии 30 с учетом максимальной протяженности линии. Коробчатая характеристика получается путем ограничения предела в обратном направлении с помощью параметра So_res_rev той же величиной, что и So_ind , как показано на виде b). Однако наилучшей чувствительности можно достичь путем использования наклонной характеристики в прямом направлении с параметрами Корректирующий угол и So_start . Назначение параметра Корректирующий угол тот же самый, что и в известных системах защиты от короткого замыкания на землю (т.е. компенсация погрешности измерения) и параметр So_start могут быть заданы исходя из минимально измеряемого значения тока, принимая во внимание практические погрешности измерения (см. вид с)). Характеристика может быть задана с учетом того, что непроизвольно распределенные катушки в электрической линии 30 сверхкомпенсированы, т.е. линия вырабатывает индуктивный ток короткого замыкания на землю при внешнем коротком замыкании. Такая сверхкомпенсация может учитываться параметром So_cap . Обоснованные характеристики для компенсированных распределительных сетей с распределенной компенсацией показаны на видах d)-f).

На Фиг.12 показаны некоторые возможные рабочие характеристики в области нейтральной полной проводимости, согласно варианту воплощения настоящего изобретения. Виды а)-f) Фиг.12 соответствуют видам Фиг.10 так, что это соответствие параметров выражается следующим образом:

$$Yo_res_fwd = \text{conj}(So_res_fwd) / q^2 = So_res_fwd / q^2$$

$$Yo_ind = \text{conj}(+j * So_ind) / q^2 = -j * So_ind / q^2$$

$$Yo_res_rev = \text{conj}(So_res_rev) / q^2 = So_res_rev / q^2$$

$$Yo_cap = \text{conj}(-j * So_cap) / q^2 = +j * So_cap / q^2$$

$$Yo_start = \text{conj}(So_start) / q^2 = So_start / q^2$$

$$\underline{Y}_{F\text{dot}} = \text{conj}(\underline{S}_{F\text{dot}}) / q^2$$

и наоборот

$$So_res_fwd = \text{conj}(Yo_res_fwd) * q^2 = Yo_res_fwd * q^2$$

$$So_ind = \text{conj}(-j * Yo_ind) * q^2 = +j * Io_ind * q^2$$

$$S_{o_res_rev} = \text{conj}(Y_{o_res_rev}) * q^2 = I_{o_res_rev} * q^2$$

$$S_{o_cap} = \text{conj}(+j * Y_{o_cap}) * q^2 = -j * I_{o_cap} * q^2$$

$$S_{o_start} = \text{conj}(Y_{o_start}) * q^2 = I_{o_start} * q^2$$

$$5 \quad S_{F_{dtot}} = \text{conj}(Y_{F_{dtot}}) * q^2$$

Параметры в области остаточной мощности, как описано выше, могут быть преобразованы в соответствующие параметры в области нейтральной полной проводимости.

10 На Фиг.11 показаны некоторые возможные рабочие характеристики в области удельного остаточного тока или остаточной мощности, согласно вариантам воплощения настоящего изобретения, которые действительны для эквивалентного удельного значения p_{u}^* , полученного из преобразования определенной нейтральной полной проводимости в эквивалентное удельное значение $p_{u}^* = \text{conj}(Y_o) / w$. Характеристика 15 защиты, представляющая нерабочую зону, т.н. "короб", может быть задана около значения тока, соответствующего току $I_{F_{dtot_pu}}$ или мощности $S_{F_{dtot_pu}}$ короткого замыкания на землю, текущего в электрической линии 30 во время внешнего короткого замыкания. В самой простой форме для определения рабочей характеристики, как 20 показано на виде а), требуется только один заранее заданный параметр $p_{u_res_fwd}$. Его можно задать на основе значения тока, соответствующего току в параллельном резисторе катушки и общим потерям в фоновой сети. Такую характеристику можно применять, когда ток короткого замыкания на землю в электрической линии 30 неизвестен или может значительно изменяться во время ежедневной работы. Для 25 улучшения чувствительности предел может быть ограничен параметром p_{u_ind} . Он может быть задан на основе тока короткого замыкания на землю в электрической линии 30 с учетом максимальной протяженности линии. Коробчатая характеристика получается путем ограничения предела в обратном направлении с помощью параметра $p_{u_res_rev}$ той же величиной, что и p_{u_ind} , как показано на виде b). Однако наилучшей 30 чувствительности можно достичь путем использования наклонной характеристики в прямом направлении с параметрами Корректирующий угол и p_{u_start} . Назначение параметра Корректирующий угол тот же самый, что и в известных системах защиты от короткого замыкания на землю (т.е. компенсация погрешности измерения) и параметр p_{u_start} могут быть заданы исходя из минимально измеряемого значения тока, принимая 35 во внимание практические погрешности измерения (см. вид с)). Характеристика может быть задана с учетом того, что непроизвольно распределенные катушки в электрической линии 30 сверхкомпенсированы, т.е. линия вырабатывает индуктивный ток (или мощность) короткого замыкания на землю при внешнем коротком замыкании. Такая сверхкомпенсация может учитываться параметром p_{u_cap} . Обоснованные 40 характеристики для компенсированных распределительных сетей с распределенной компенсацией показаны на видах d)-f).

На Фиг.12 показаны некоторые возможные рабочие характеристики в области нейтральной полной проводимости, согласно вариантам воплощения настоящего изобретения. Виды а)-f) Фиг.12 соответствуют видам Фиг.11 так, что это соответствие 45 параметров выражается следующим образом:

$$Y_{o_res_fwd} = \text{conj}(p_{u_res_fwd}) * w = p_{u_res_fwd} * w$$

$$Y_{o_ind} = \text{conj}(+j * p_{u_ind}) * w = -j * p_{u_ind} * w$$

$$Y_{o_res_rev} = \text{conj}(p_{u_res_rev}) * w = p_{u_res_rev} * w$$

$$Y_o_cap = \text{conj}(-j * pu_cap) * w = +j * pu_cap * w$$

$$Y_o_start = \text{conj}(pu_start) * w = pu_start * w$$

$$\underline{Y}_{F\dot{tot}} = \text{conj}(\underline{I}_{F\dot{tot}_pu}) * w$$

$$5 \quad \underline{Y}_{F\dot{tot}} = \text{conj}(\underline{S}_{F\dot{tot}_pu}) * w$$

и наоборот

$$pu_res_fwd = \text{conj}(Y_o_res_fwd) / w = Y_o_res_fwd / w$$

$$pu_ind = \text{conj}(-j * Y_o_ind) / w = +j * lo_ind / w$$

$$pu_res_rev = \text{conj}(Y_o_res_rev) / w = lo_res_rev / w$$

$$10 \quad pu_cap = \text{conj}(+j * Y_o_cap) / w = -j * lo_cap / w$$

$$pu_start = \text{conj}(Y_o_start) / w = lo_start / w$$

$$\underline{I}_{F\dot{tot}_pu} = \text{conj}(\underline{Y}_{F\dot{tot}}) / w$$

$$\underline{S}_{F\dot{tot}_pu} = \text{conj}(\underline{Y}_{F\dot{tot}}) / w$$

15 Параметры в удельной области, как описано выше, могут быть преобразованы в соответствующие параметры в области нейтральной полной проводимости.

Устройство, согласно любому из вышеприведенных вариантов воплощения данного изобретения, может быть выполнено в виде одного блока или двух или более отдельных блоков, которые настраиваются так, чтобы исполнять функции различных вариантов

20 воплощения изобретения.

Устройство, согласно любому из вышеприведенных вариантов воплощения данного изобретения, может быть осуществлено с помощью, например, компьютера или соответствующего оборудования для обработки цифрового сигнала, снабженного подходящим программным обеспечением. Такое устройство или соответствующее

25 оборудование для обработки цифрового сигнала предпочтительно содержит, по крайней мере, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), которое обеспечивает хранение арифметических операций, таких как программные команды, а также центральное вычислительное устройство (ЦВУ), такое как процессор цифрового сигнала общего назначения. ЦВУ может содержать набор регистров, арифметический логический блок

30 и блок управления. Блок управления управляется последовательностью программных команд, поступающих в ЦВУ от ОЗУ. Блок управления может содержать ряд микрокоманд для основных операций. Исполнение микрокоманд может меняться в зависимости от исполнения ЦВУ. Программные команды могут быть закодированы посредством языка программирования, такого как C, Java и т.п., или посредством языка

35 программирования низкого уровня, например, машинного языка или ассемблера. Также компьютер может обладать операционной системой, которая обеспечивает системное обслуживание компьютерных программ, с записанными программными командами. Компьютер или другое устройство, осуществляющее настоящее изобретение, также предпочтительно содержит подходящие входные средства для приема, например,

40 измерений и/или управляющих данных и выходные средства для получения, например, аварийного сигнала и/или управляющих данных для управления оборудованием защиты, такого как выключатели, размыкатели и предохранители. Также возможно использовать специальные интегрированную схему или схемы и/или отдельные компоненты или узлы для осуществления функций любого варианта воплощения настоящего изобретения.

45 Настоящее изобретение может быть осуществлено на основе существующих элементов для электрических систем, таких как реле защиты или релейных блоках или путем использования отдельных специализированных элементов в централизованном или распределенном виде. Существующие устройства защиты для электрических систем,

таких как реле защиты, обычно содержат процессоры или элементы памяти, которые могут быть использованы для осуществления функций, в соответствии с вариантами воплощения настоящего изобретения. Таким образом, все модификации и конфигурации, необходимые для осуществления варианта воплощения данного изобретения, например, в существующих устройствах защиты могут быть выполнены за счет программных средств, которые могут быть осуществлены путем добавленного или обновленного программного обеспечения. Если работа настоящего изобретения достигается посредством программного обеспечения, то указанные программы могут быть выполнены в виде компьютерного программного продукта, содержащего компьютерный программный код, который при его исполнении на компьютере, побуждает компьютер или соответствующее устройство выполнять действия в соответствии с данным изобретением, как описано выше. Указанная компьютерная программа может быть записана или в общем случае размещена в компьютере на читаемом носителе, таком как подходящее средство памяти, например, память на флешке или память на диске, с которых она может быть загружена в блок или блоки, которые исполняют программный код. Кроме того, такой компьютерный программный код, согласно данному изобретению, может быть загружен в блок или блоки, которые исполняют компьютерную программу, например, через подходящую сеть передачи данных и может заменить или обновить возможно существующий программный код.

Для специалиста в данной области очевидно, что по мере развития технологии, изобретательская идея может быть воплощена различными путями. Настоящее изобретение и его варианты воплощения не ограничены примерами, описанными выше, и могут изменяться в объеме формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Способ обнаружения короткого замыкания на землю в трехфазной электрической сети, включающий:

определение (301; 401; 501; 601; 701; 801) значения нейтральной полной проводимости в трехфазной электрической линии (30) на основе значений остаточного напряжения электрической сети и остаточного тока электрической сети;

обнаружение короткого замыкания на землю в трехфазной электрической линии (30) на основе определенного значения нейтральной полной проводимости и значений одного или более заранее заданных параметров, отличающийся тем, что значения одного или более заранее заданных параметров заданы как величины остаточного тока, как величины остаточной мощности или как удельные величины и определение короткого замыкания в трехфазной электрической линии (30) также включает:

а) преобразование (603; 703; 803) одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточного тока, области остаточной мощности или области удельных значений в область нейтральной полной проводимости или в область удельной нейтральной полной проводимости; сравнение (604; 704; 804) в области нейтральной полной проводимости или в области удельной нейтральной полной проводимости определенного значения нейтральной полной проводимости с помощью одного или более преобразованных заранее заданных значений параметров; или

б) преобразование (302; 402; 502) определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости или области удельных значений нейтральной полной проводимости в область остаточного тока, в область остаточной мощности или в область удельных значений; сравнение (304; 404; 504) в области остаточного тока, в области остаточной мощности или области удельных

значений преобразованного значения нейтральной полной проводимости с одним или более преобразованных значений параметров; и

в) обнаружение (305; 405; 505; 605; 705; 805) короткого замыкания на землю на основе сравнения.

- 5 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе а) преобразование (603) одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточного тока в область нейтральной полной проводимости выполняется в соответствии со следующим уравнением:

$$10 \quad \underline{Y}_0^* = \cos \varphi j(\underline{I}_0) / q ,$$

где

\underline{I}_0 - значение в области остаточного тока,

\underline{Y}_0^* - эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости,

q - коэффициент преобразования.

- 15 3. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе б) преобразование (302) определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область остаточного тока выполняется в соответствии со следующим уравнением:

$$20 \quad \underline{I}_0^* = \cos \varphi j(\underline{Y}_0) * q ,$$

где

\underline{Y}_0 - значение в области нейтральной полной проводимости,

\underline{I}_0^* - эквивалентное значение в области остаточного тока,

q - коэффициент преобразования.

- 25 4. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе а) преобразование (703) одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости выполняется в соответствии со следующим уравнением:

$$30 \quad \underline{Y}_0^* = \cos \varphi j(\underline{S}_0) / q^2 ,$$

где

\underline{S}_0 - значение в области остаточной мощности,

\underline{Y}_0^* - эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости,

q - коэффициент преобразования.

- 35 5. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе б) преобразование (402) определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область остаточной мощности выполняется в соответствии со следующим уравнением:

$$40 \quad \underline{S}_0^* = \cos \varphi j(\underline{Y}_0) * q^2 ,$$

где

\underline{Y}_0 - значение в области нейтральной полной проводимости,

\underline{S}_0^* - эквивалентное значение в области остаточной мощности,

- 45 q - коэффициент преобразования.

6. Способ по любому из пп.2-5, отличающийся тем, что коэффициент преобразования q равен напряжению фазы на землю электрической сети.

7. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что на этапе а) преобразование

(803) одного или более заранее заданных значений параметров из области удельного остаточного тока или остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости выполняется в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{Y}_0^* = \cos j(\underline{pu})^* w ,$$

где

\underline{pu} - значение (комплексное) в области удельного остаточного тока или остаточной мощности,

\underline{Y}_0^* - эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости,

w - коэффициент преобразования.

8. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что на этапе б) преобразование (502) определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область удельного остаточного тока или остаточной мощности выполняется в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{pu}^* = \cos j(\underline{Y}_0) / w ,$$

где

\underline{Y}_0 - значение в области нейтральной полной проводимости,

\underline{pu}^* - значение (комплексное) в области удельного остаточного тока или остаточной мощности,

w - коэффициент преобразования.

9. Устройство для обнаружения короткого замыкания на землю в трехфазной электрической сети, содержащее:

средство (70) для определения значения нейтральной полной проводимости в трехфазной электрической линии (30) на основе значений остаточного напряжения электрической сети и остаточного тока электрической сети;

средство (70) для обнаружения короткого замыкания на землю в трехфазной электрической линии (30) на основе определенного значения нейтральной полной проводимости и значений одного или более заранее заданных параметров,

отличающееся тем, что значения одного или более заранее заданных параметров заданы как величины остаточного тока, как величины остаточной мощности или как удельные величины и средство (70) для определения короткого замыкания в трехфазной электрической линии (30) включает:

а) средство для преобразования одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточного тока, области остаточной мощности или области удельных значений в область нейтральной полной проводимости или в область удельной нейтральной полной проводимости; и средство для сравнения в области нейтральной полной проводимости или в области удельной нейтральной полной проводимости определенного значения нейтральной полной проводимости с помощью одного или более преобразованных заранее заданных значений параметров; или

б) средство для преобразования определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости или области удельных значений нейтральной полной проводимости в область остаточного тока, в область остаточной мощности или в область удельных значений; и средство для сравнение в области остаточного тока, в области остаточной мощности или области удельных значений преобразованного значения нейтральной полной проводимости с одним или более преобразованных значений параметров; и

в) средство для обнаружения короткого замыкания на землю на основе сравнения.

10. Устройство по п.9, отличающееся тем, что на этапе а) средство для преобразования одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточного тока в область нейтральной полной проводимости выполнено с возможностью осуществления преобразования в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{Y}_0^* = \cos \varphi (\underline{I}_0) / q ,$$

где

\underline{I}_0 - значение в области остаточного тока,

10 \underline{Y}_0^* - эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости,
q - коэффициент преобразования.

11. Устройство по п.9, отличающееся тем, что на этапе б) средство для преобразования определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область остаточного тока выполнено с возможностью осуществления преобразования в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{I}_0^* = \cos \varphi (\underline{Y}_0) * q ,$$

где

\underline{Y}_0 - значение в области нейтральной полной проводимости,

20 \underline{I}_0^* - эквивалентное значение в области остаточного тока,
q - коэффициент преобразования.

12. Устройство по п.9, отличающееся тем, что на этапе а) средство для преобразования одного или более заранее заданных значений параметров из области остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости выполнено с возможностью осуществления преобразования в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{Y}_0^* = \cos \varphi (\underline{S}_0) / q^2 ,$$

где

\underline{S}_0 - значение в области остаточной мощности,

30 \underline{Y}_0^* - эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости,
q - коэффициент преобразования.

13. Устройство по п.9, отличающееся тем, что на этапе б) средство для преобразования определенного значения нейтральной полной проводимости из области нейтральной полной проводимости в область остаточной мощности выполнено с возможностью осуществления преобразования в соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{S}_0^* = \cos \varphi (\underline{Y}_0) * q^2 ,$$

где

\underline{Y}_0 - значение в области нейтральной полной проводимости,

40 \underline{S}_0^* - эквивалентное значение в области остаточной мощности,
q - коэффициент преобразования.

14. Устройство по любому из пп.10-13, отличающееся тем, что коэффициент преобразования q равен напряжению фазы на землю электрической сети.

15. Устройство по любому из пп.9-13, отличающееся тем, что на этапе а) средство для преобразования одного или более заранее заданных значений параметров из области удельного остаточного тока или остаточной мощности в область нейтральной полной проводимости выполнено с возможностью осуществления преобразования в

соответствии со следующим уравнением:

$$\underline{Y}_0^* = \cos(j\underline{pu})^* w ,$$

где

5 \underline{pu} - значение (комплексное) в области удельного остаточного тока или остаточной мощности,

\underline{Y}_0^* - эквивалентное значение в области нейтральной полной проводимости,

w - коэффициент преобразования.

10 16. Устройство по любому из пп.9-13, отличающееся тем, что на этапе б) средство для преобразования определенного значения нейтральной полной проводимости из области определенного значения нейтральной полной проводимости в область удельного остаточного тока или остаточной мощности выполнено с возможностью осуществления преобразования в соответствии со следующим уравнением:

$$15 \quad \underline{pu}^* = \cos(j\underline{Y}_0) / w ,$$

где

\underline{Y}_0 - значение в области нейтральной полной проводимости,

20 \underline{pu}^* - значение (комплексное) в области удельного остаточного тока или остаточной мощности,

w - коэффициент преобразования.

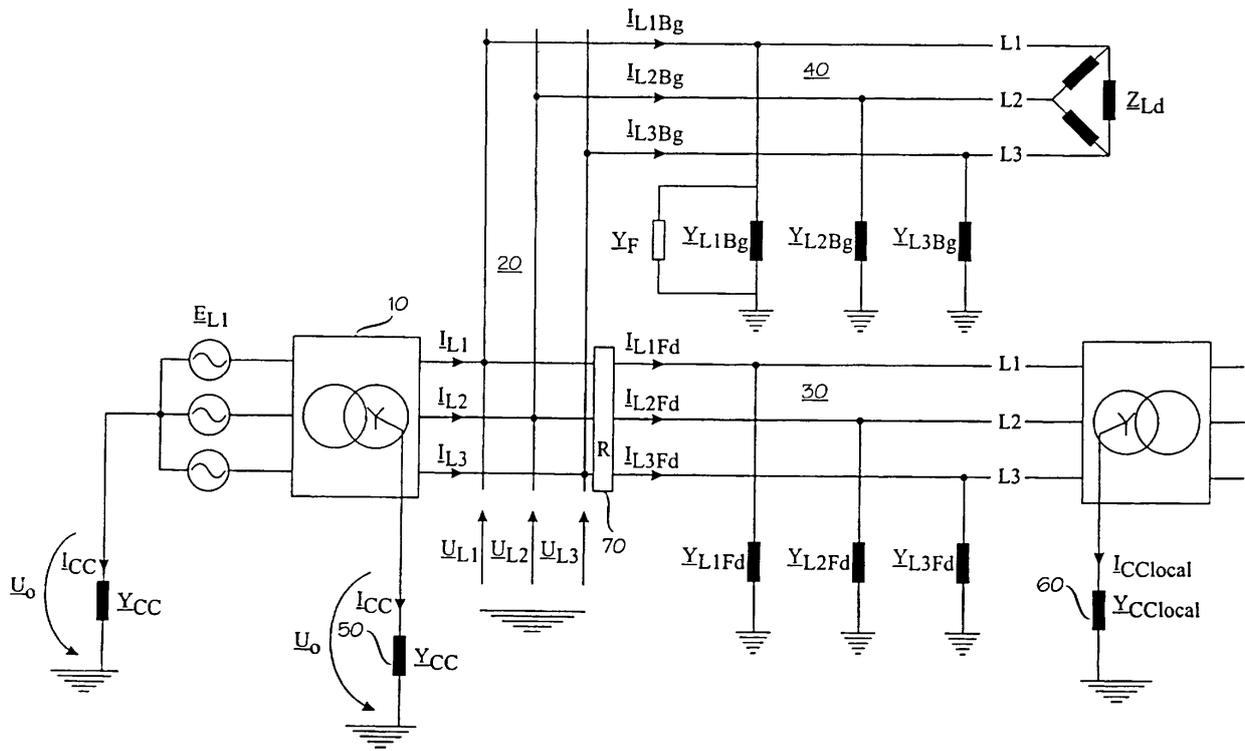
25

30

35

40

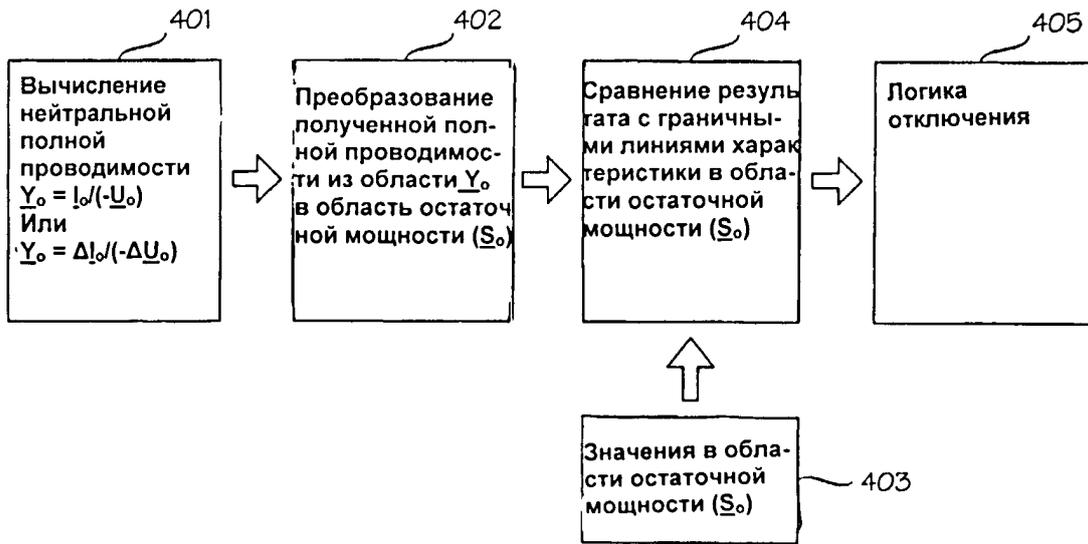
45



Фиг.1



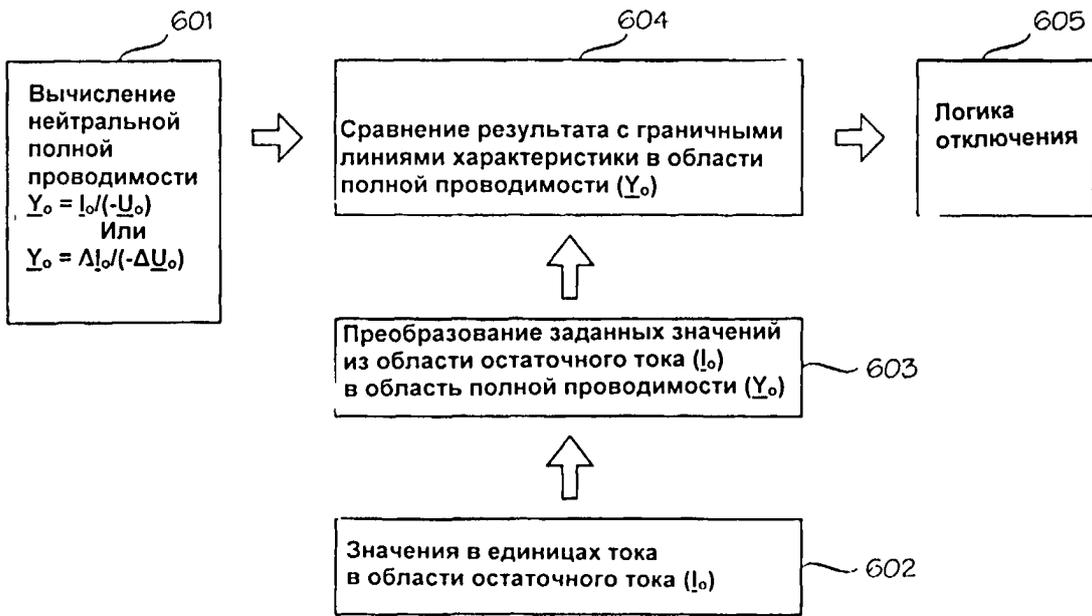
Фиг.3



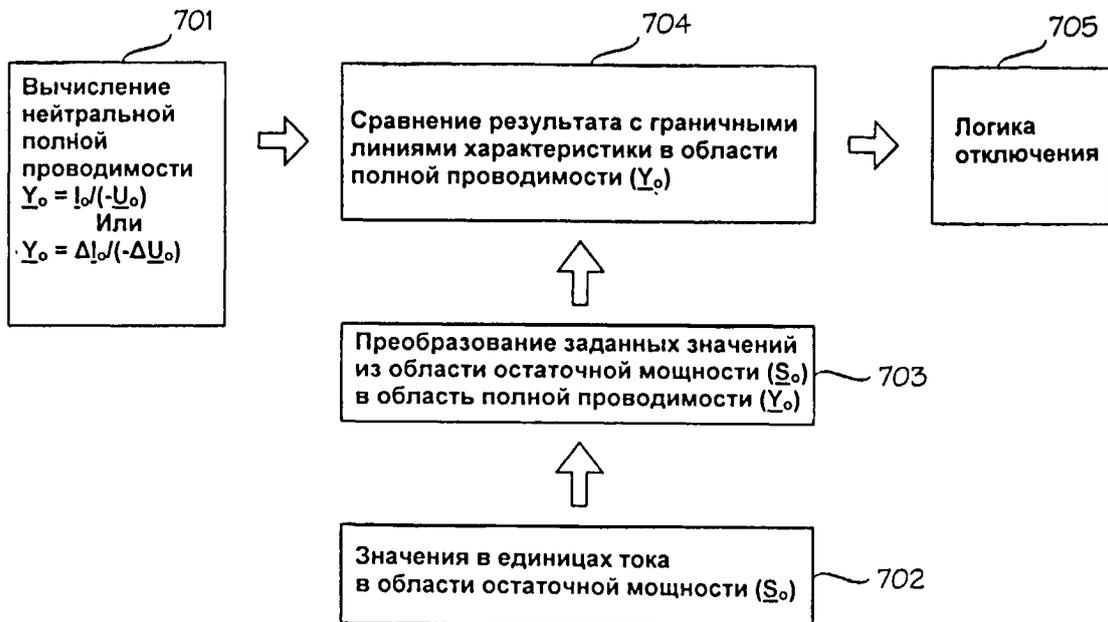
Фиг.4



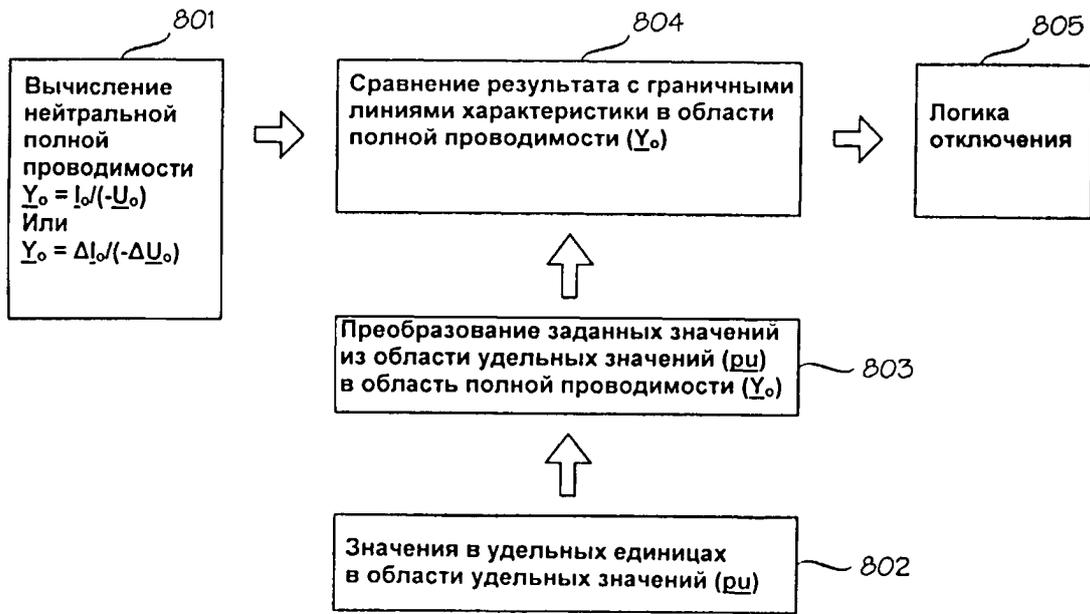
Фиг.5



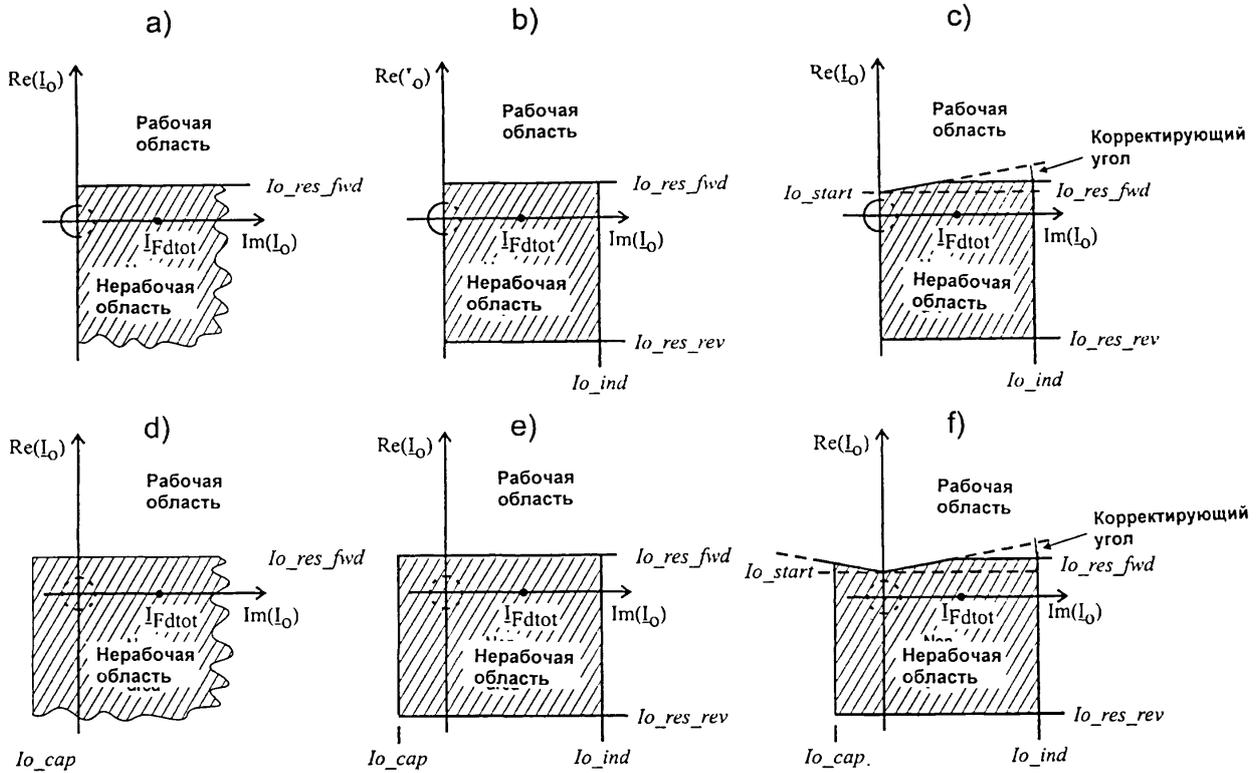
Фиг.6



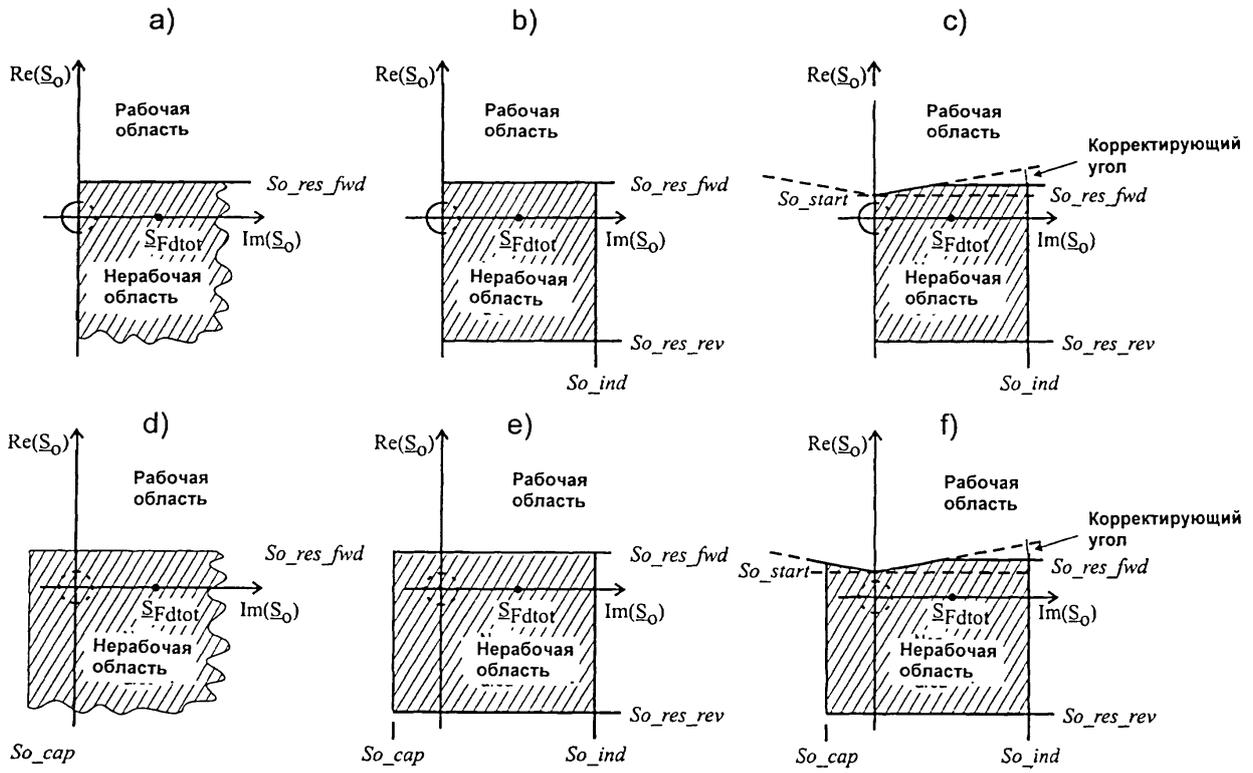
Фиг.7



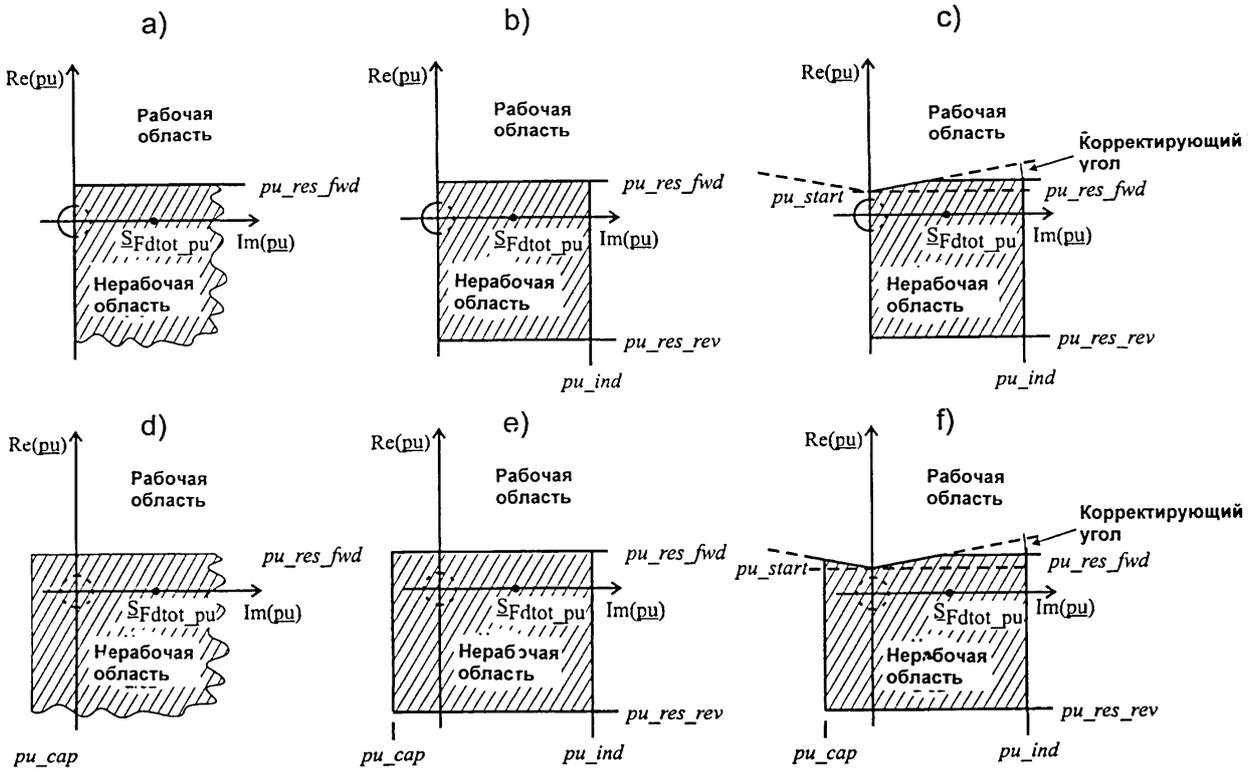
Фиг.8



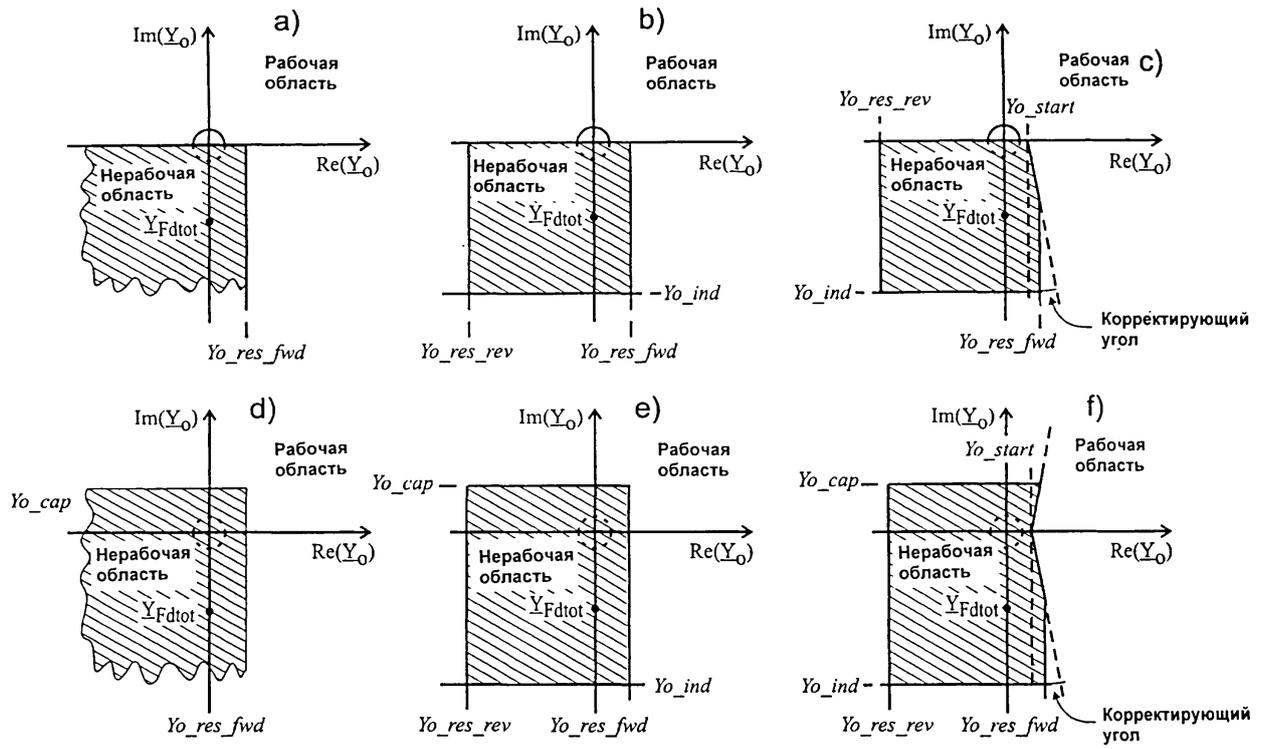
Фиг.9



Фиг.10



Фиг.11



Фиг.12