



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011147688/28, 23.11.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.11.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.11.2011

(43) Дата публикации заявки: 27.05.2013 Бюл. № 15

(45) Опубликовано: 10.09.2013 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2033623 C1, 20.04.1995. RU 2033623 C1, 20.04.1995. RU 2066511 C1, 10.09.1996. RU 2107304 C1, 20.03.1998. RU 2116654 C1, 27.07.1998. US 20100277181 A1, 04.11.2010. US 7221166 B2, 22.05.2007. US 6420876 B1, 16.07.2002.

Адрес для переписки:

428020, г.Чебоксары, пр. И. Яковлева, 1/1,
ООО "Исследовательский центр "Бреслер"

(72) Автор(ы):

**Лямец Юрий Яковлевич (RU),
Романов Юрий Вячеславович (RU),
Воронов Павел Ильич (RU),
Исмуков Григорий Николаевич (RU)**

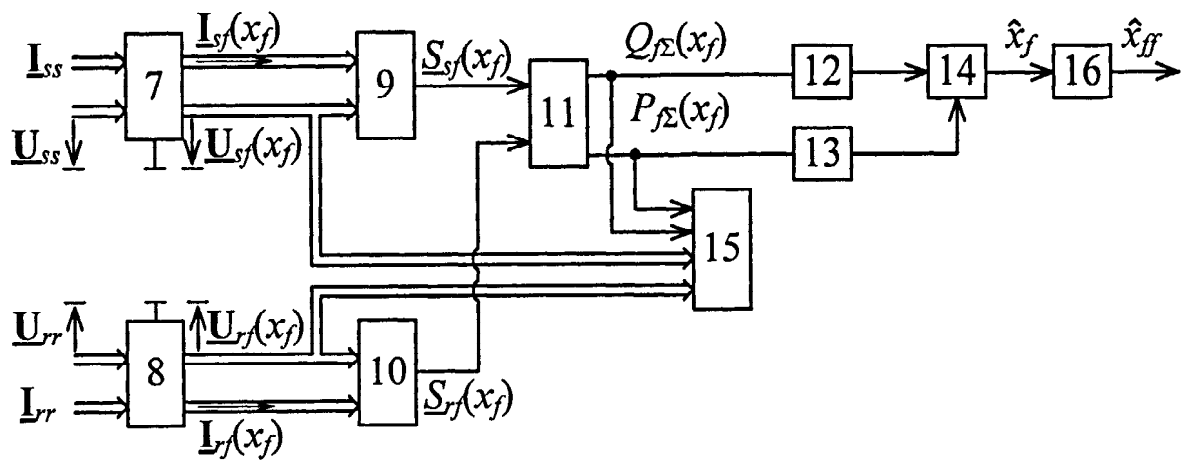
(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной
ответственностью "Исследовательский
центр "Бреслер" (RU)****(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ МНОГОПРОВОДНОЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ НАБЛЮДЕНИИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к релейной защите и автоматике линий электропередачи и предназначено для случая, когда наблюдение сети производится с обеих сторон без синхронизации наблюдений. Сущность: измеряют комплексы основных гармоник напряжений и токов в начале и в конце сети. Преобразуют на модели сети напряжения и токи, измеренные в начале сети, в первую группу напряжений и токов, подводимых к местам предполагаемых повреждений со стороны начала сети. Преобразуют напряжения и токи, измеренные в конце сети, во вторую группу напряжений и токов, подводимых к местам предполагаемых повреждений со стороны конца сети. Определяют суммарные реактивную и

активную мощности, доставляемые к местам предполагаемых повреждений первой и второй группами напряжений и токов. Определяют место достижения суммарной реактивной мощностью нулевого значения. Определяют значение суммарной активной мощности в этом месте. Принимают, что в этом месте произошло реальное повреждение, если суммарная активная мощность неотрицательна только в этом месте. В противном случае формируют дополнительный сигнал и определяют, в каком из мест нулевого значения суммарной реактивной мощности абсолютная величина дополнительного сигнала минимальна, и полагают, что в этом месте произошло повреждение. Технический результат: расширение функциональных возможностей. 4 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 3

RU 2492493 C2

RU 2492493 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01R 31/08 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011147688/28, 23.11.2011

(24) Effective date for property rights:
23.11.2011

Priority:

(22) Date of filing: 23.11.2011

(43) Application published: 27.05.2013 Bull. 15

(45) Date of publication: 10.09.2013 Bull. 25

Mail address:

428020, g.Cheboksary, pr. I. Jakovleva, 1/1, OOO
"Issledovatel'skij tsentr "Bresler"

(72) Inventor(s):

Ljamets Jurij Jakovlevich (RU),
Romanov Jurij Vjacheslavovich (RU),
Voronov Pavel Il'ich (RU),
Ismukov Grigorij Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
"Issledovatel'skij tsentr "Bresler" (RU)

(54) **METHOD OF DETERMINING POINT OF FAULT OF MULTI-WIRE ELECTRIC POWER NETWORK WITH TWO-WAY OBSERVATION**

(57) Abstract:

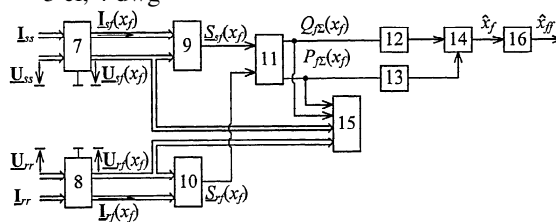
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: complexes of fundamental harmonics of voltage and current at the beginning and at the end of the network are measured. In a network model, voltage and current measured at the beginning of the network are converted to a group of voltages and currents supplied to points of assumed faults on the side of the beginning of the network. Voltage and current measured at the end of the network are converted to a second group of voltages and currents supplied to points of assumed faults on the side of the end of the network. Overall reactive and active power delivered to the points of assumed faults by the first and second groups of voltages and currents is determined. The point at which overall reactive power is equal to zero is determined. The value of

the overall active power at that point is determined. That point is considered to have a real damage if overall active power is not negative at that point alone. Otherwise an additional signal is generated and it is determined which of the points with zero overall reactive power has the minimum value of the magnitude of the additional signal, and that point is considered to be damaged.

EFFECT: broader functional capabilities.

5 cl, 4 dwg



Фиг. 3

RU 2 492 493 C2

RU 2 492 493 C2

Изобретение относится к электроэнергетике и электротехнике, а именно к релейной защите и автоматике линий электропередачи. В настоящее время появилась реальная возможность обмениваться по каналам связи результатами наблюдения напряжений и токов на различных подстанциях. Сосредоточение в одном месте результатов наблюдений разнесенных в пространстве объектов создает новые возможности для определения места повреждений линий электропередачи.

Предлагаемый способ решает задачу определения места повреждения электропередачи, наблюдаемой с обеих сторон. Синхронизация наблюдений при этом не предполагается. Спутниковая связь делает ее возможной, но зависимость от спутниковой связи снижает надежность контроля ответственных объектов.

Существуют такие преобразователи информации, полученной из разных мест распределенного объекта, которые избавляют от необходимости синхронизировать наблюдаемые величины. Это преобразования энергетического типа, когда суммируются не токи или напряжения, а переносимые ими мощности или энергии. Именно так решается задача определения поврежденных фаз линии электропередачи в [1]. Но выбор поврежденных фаз - более простая задача, чем определение места повреждения.

Известен способ определения места повреждения линии электропередачи с использованием ее моделей [2]. Отличительная черта этого способа - определение места реального повреждения по критерию его резистивности [3]. Здесь, правда, в неявной форме, также просматривается энергетический критерий, так как резистивность повреждения допускает следующую интерпретацию: реактивная мощность повреждения равна нулю, что же касается активной мощности, то она неотрицательна: в месте повреждения активная мощность только потребляется, а при металлическом коротком замыкании снижается до нуля.

Данный способ функционально неполон, так как построен в предположении, что повреждение сводится исключительно к короткому замыканию, пусть и между любыми проводами, а также землей.

Известен более универсальный способ определения места повреждения в электрической системе с использованием моделей входящих в нее линий электропередачи [4]. В этом способе предполагается, что система наблюдается со всех сторон. Если система содержит одну линию, то получится двухстороннее наблюдение. В данном способе модель повреждения может быть более сложной, включая в себя как поперечные, так и продольные элементы, что позволяет распознавать замыкания, сопровождающиеся обрывами проводов. Способ складывается из характерных операций. Напряжения и токи, наблюдаемые на границах сети, преобразуются в комплексы основных гармоник. Далее на модели сети, составленной применительно к месту предполагаемого повреждения, преобразуют напряжения и токи, подводимые с соответствующей стороны к избранному месту предполагаемого повреждения. Эти напряжения и токи, полученные в ходе преобразования, составляют первую группу электрических величин места предполагаемого повреждения. Аналогичным образом поступают с другим концом линии, получая в результате вторую группу электрических величин, подводимых к месту предполагаемого повреждения с другой стороны. Затем первую и вторую группы электрических величин преобразуют в величины, характеризующие собственно повреждение, и из множества мест предполагаемого повреждения выбирают, руководствуясь критерием резистивности, место реального повреждения.

Указанному способу присущи три недостатка. Во-первых, необходимость

синхронизации наблюдений на разных сторонах электрической сети. Во-вторых, привязка к определенной модели повреждения и, соответственно, к трехфазной системе проводов. Между тем, актуальна проблема распознавания многопроводных повреждений, например, в двухцепных передачах. Это шестипроводные системы.

Кроме того, получают распространение конструкции передач разных классов напряжений, когда ради экономии отчуждаемой земли разнородные линии размещаются на общих опорах. Здесь повреждение может охватывать не только шесть, но и большее число проводов. В-третьих, неоправданно узкая интерпретация условий повреждения электропередачи только в виде критерия резистивности, подразумевающего построение модели повреждения из чисто резистивных элементов.

Цель изобретения заключается в расширении функциональных возможностей способа определения места повреждения многопроводной электрической сети и придания ему большей универсальности.

Поставленная цель достигается благодаря тому, что удалось найти техническое решение, не требующее введения в модель сети определенной модели предполагаемого повреждения, как это делается в прототипе. В заявленном способе предполагаемое повреждение характеризуется главным образом своей суммарной реактивной мощностью, а этот параметр может быть определен, во-первых, без синхронизации наблюдений на противоположных сторонах сети и, во-вторых, для любого числа проводов. То же относится и к суммарной активной мощности предполагаемого повреждения. Этот параметр играет вспомогательную роль. Дело в том, что в месте реального повреждения, в соответствии с критерием резистивности, реактивная мощность равна нулю. Активная мощность в месте реального повреждения может быть произвольной величиной, но только не отрицательной. Предусмотрена проверка знака суммарной активной мощности в тех местах предполагаемых повреждений, где суммарная реактивная мощность оказывается равной нулю.

Операций с суммарной реактивной и активной мощностями для подавляющего большинства встречающихся аварийных режимов достаточно, чтобы определить место повреждения электрической сети. Вместе с тем обнаружались ситуации, когда суммарная реактивная мощность переходит через нулевые значения сразу в двух местах электропередачи, а суммарная активная мощность и в том, и в другом месте неотрицательна. Чтобы справиться и с такими ситуациями, формируется дополнительный сигнал, такой, что его абсолютная величина достигает минимального значения в месте истинного повреждения.

В зависимых пунктах формулы изобретения приведены модификации дополнительного сигнала. Он может быть сформирован из модулей напряжений обеих групп электрических величин, подходящих с двух сторон к месту предполагаемого повреждения, либо из комплексов этих напряжений, только из фазных напряжений или из фазных и линейных. Еще одна модификация - сигнал в виде реактивного сопротивления, объединяющего в себе все характерные для данного способа величины: обе суммарные мощности, а также и минимальное напряжение.

На фиг.1 приведена многопроводная электрическая система, наблюдаемая с двух сторон, в режиме повреждения. Примером служит двухцепная электропередача. Повреждение - короткое замыкание, случившееся в месте с координатой x_{ff} . Не исключается и обрыв части проводов.

На фиг.2 приведена модель наблюдаемой электропередачи, построенная для места предполагаемого повреждения, обозначенного буквой f . Это место произвольно. Наблюдение ведется на концах электропередачи, обозначаемых буквами s и r .

На фиг.3 приведена структурная схема предлагаемого способа определения места повреждения, в которой выполняются операции, позволяющие выбрать из множества мест предполагаемых повреждений то одно, которое служит достоверной оценкой \hat{x}_f истинной координаты x_{ff} .

На фиг.4 приведены схемы и диаграмма, иллюстрирующие на простейшем примере любопытную ситуацию, которая может встретиться при распознавании короткого замыкания.

Электропередача 1, представленная на фиг.1, связывает подстанции 2 и 3, на которых проводится наблюдение токов и напряжений.

Модель поврежденной электропередачи (фиг.2) состоит из двух частей 4 и 5, подающих сигналы к месту предполагаемого повреждения 6.

Структурная схема предлагаемого способа (фиг.3) справедлива для любого места предполагаемого повреждения с произвольной координатой x_f . От значения x_f зависят параметры преобразователей 7 и 8, адекватных частям модели 4 и 5 соответственно. Токи и напряжения, формируемые преобразователем 7, подаются на умножитель комплексных сигналов 9, а преобразователем 8 - на такой же умножитель 10. Умножители комплексных сигналов формируют комплексные мощности

$$\underline{S} = P + jQ = \sum_{k=1}^n \underline{U}_k \dot{I}_k$$

где P и Q - активная и реактивная составляющие комплексной мощности \underline{S} и \underline{U}_k комплексы фазных напряжений k -го провода, \dot{I}_k - сопряженный комплекс тока k -го провода, n - число проводов. Комплексные мощности \underline{S}_{sf} и \underline{S}_{rf} , подводимые к месту повреждения с противоположных сторон, складываются в сумматоре 11:

$$\underline{S}_{\Sigma} = P_{\Sigma} + jQ_{\Sigma} = \underline{S}_{sf} + \underline{S}_{rf} = P_{sf} + P_{rf} + j(Q_{sf} + Q_{rf})$$

Сумматор выполнен с разделенными выходами для реактивной и активной мощности. Сигнал, передающий суммарную реактивную мощность Q_f и играющий главенствующую роль в данном способе, поступает на нуль-индикатор 12, а сигнал, передающий суммарную активную мощность $P_{f\Sigma}$, играющий вспомогательную роль, подается на индикатор знака 13 - пороговый элемент с небольшим отрицательным порогом, срабатывающий, если входной сигнал превысит порог. В процессе обработки структурной схемой по фиг.4 различных значений x_f - координат мест предполагаемого повреждения - выходные сигналы индикаторов 12 и 13 сопоставляются в органе сравнения 14, передающем на выход только те значения x_f , которые выявляются срабатыванием обоих индикаторов:

$$Q_{\Sigma}(x_f) = 0, \quad (1)$$

$$P_{\Sigma}(x_f) \geq 0. \quad (2)$$

На фиг.3 обозначение \hat{x}_f относится к тем координатам места предполагаемого повреждения, которые удовлетворяют условиям (1) и (2). На тот случай, если координата \hat{x}_f окажется не единственной, предусмотрен блок формирования дополнительного сигнала 15 и окончательный орган сравнения 16, выбирающий из ряда значений \hat{x}_f то, при котором абсолютная величина дополнительного сигнала принимает минимальное значение.

При описании предлагаемого способа будем исходить из предположения, что на концах n -проводной сети 1 наблюдаются все токи и напряжения. По результатам наблюдения формируются комплексы токов и напряжений \dot{I}_k и \underline{U}_k каждого провода

на обоих концах 2 и 3. Комплексы объединяются в n-мерные векторы \underline{I}_{ss} , \underline{U}_{ss} , \underline{I}_{rr} , \underline{U}_{rr} , где индексы s указывают на принадлежность к началу электропередачи, а r - к ее концу.

5 Модель электрической сети (фиг.2), составленная для выбранного места предполагаемого повреждения x_f и состоящая из частей 4 и 5, функционирует как преобразователи 7 и 8. Преобразователь 7 формирует из комплексных векторных сигналов \underline{I}_{ss} и \underline{U}_{ss} векторные токи и напряжения той же размерности

$$10 \begin{aligned} \underline{I}_{sf}(x_f) &= \underline{B}_{11}(x_f)\underline{I}_{ss} + \underline{B}_{12}(x_f)\underline{U}_{ss}, \\ \underline{U}_{sf}(x_f) &= \underline{B}_{21}(x_f)\underline{I}_{ss} + \underline{B}_{22}(x_f)\underline{U}_{ss}, \end{aligned}$$

где $\underline{B}(x_f)$ - матрицы преобразований сигналов места наблюдения 2 к месту предполагаемого повреждения 6. Аналогично этому, преобразователь 8 формирует из сигналов \underline{I}_{rr} и \underline{U}_{rr} комплексные векторы токов и напряжений

$$15 \begin{aligned} \underline{I}_{rf}(x_f) &= \underline{A}_{11}(x_f)\underline{I}_{rr} + \underline{A}_{12}(x_f)\underline{U}_{rr}, \\ \underline{U}_{rf}(x_f) &= \underline{A}_{21}(x_f)\underline{I}_{rr} + \underline{A}_{22}(x_f)\underline{U}_{rr}, \end{aligned}$$

где $\underline{A}(x_f)$ - матрицы преобразований сигналов от места наблюдения 3 к месту предполагаемого повреждения 6. На фиг.2 сигналы $\underline{I}_{sf}(x_f)$, $\underline{U}_{sf}(x_f)$ воздействуют на место повреждения слева, а сигналы $\underline{I}_{rf}(x_f)$, $\underline{U}_{rf}(x_f)$ - справа. Величины, наблюдаемые на разных концах линии не синхронизированы, в связи с чем наложение комплексных токов \underline{I}_{sf} и \underline{I}_{rf} , равно как и напряжений \underline{U}_{sf} и \underline{U}_{rf} невозможно. В предлагаемом способе данное затруднение преодолевается благодаря переходу к величинам, инвариантным относительно частоты дискретизации. Первой такой величиной является комплексная мощность сигналов, подводимых к месту предполагаемого повреждения 6 с разных сторон. Умножитель 9 формирует комплексную мощность, подаваемую со стороны начала линии 2

$$20 \underline{S}_{sf} = \underline{U}_{sf}^T(x_f) \underline{I}_{sf}^*(x_f) = \sum_{k=1}^n \underline{U}_{sfk}(x_f) \underline{I}_{sfk}^*(x_f)'$$

где \underline{U}_{sf}^T - вектор-строка напряжений всех n проводов \underline{U}_{sfk} , \underline{I}_{sf}^* - вектор токов проводов \underline{I}_{sfk}^* . Умножитель 10 аналогичным образом формирует мощность, подаваемую в место повреждения 6 со стороны конца линии 3

$$40 \underline{S}_{rf} = \underline{U}_{rf}^T(x_f) \underline{I}_{rf}^*(x_f) = \sum_{k=1}^n \underline{U}_{rfk}(x_f) \underline{I}_{rfk}^*(x_f).$$

Сумматор 11 выдает отдельно реактивную $Q_{f\Sigma}(x_f)$ и активную $P_{f\Sigma}(x_f)$ мощности предполагаемого повреждения. Нуль-индикатор 12 реагирует на условие (1), но его срабатывания при каком-либо значении координаты x_f еще недостаточно для вынесения решения о месте повреждения. Если срабатывает еще и пороговый элемент 13, свидетельствуя о выполнении условия (2), то орган сравнения 14 передает на выход соответствующее значение \hat{x}_f как возможную, но еще не окончательную оценку координаты места повреждения.

50 Если на длине контролируемой электропередачи обнаружится несколько значений \hat{x}_f или же зависимость реактивной мощности предполагаемого повреждения от координаты $Q_{f\Sigma}(x_f)$ окажется весьма пологой, то используют дополнительные инвариантные сигналы, генерируемые блоком 15, на входы которого подаются

напряжения всех проводов, подводимые к месту предполагаемого повреждения. Напряжения преобразуются в первый дополнительный сигнал - сумму квадратов разностей модулей напряжений противоположных сторон

$$5 \quad U^2(x_f) = \sum_{k=1}^n (U_{f_{sk}}(x_f) - U_{f_{fk}}(x_f))^2 \quad (3)$$

во второй дополнительный сигнал - минимальное по модулю значение напряжения, получаемое при вариации в блоке 15 произвольного угла ψ

$$10 \quad U_{\min}^2(x_f) = \min_{\psi} \sum_{k=1}^n \left\{ \left[\operatorname{Re}(\underline{U}_{f_{sk}}(x_f) - \underline{U}_{f_{fk}}(x_f) e^{j\psi}) \right]^2 + \left[\operatorname{Im}(\underline{U}_{f_{sk}}(x_f) - \underline{U}_{f_{fk}}(x_f) e^{j\psi}) \right]^2 \right\} \quad (4)$$

в третий дополнительный сигнал, формируемый с ориентацией на распознавание металлических коротких замыканий, - минимальное по модулю напряжение из числа всех подводимых к месту предполагаемого повреждения 6 фазных и линейных напряжений

$$15 \quad U_{\min}(x_f) = \min_{k,l} [U_{f_{sk}}(x_f), U_{f_{fk}}(x_f), U_{f_{skl}}(x_f), U_{f_{fkl}}(x_f)] \quad (5)$$

при $k = \overline{1, n}$, $l = \overline{1, n}$, и, наконец, в четвертый дополнительный сигнал - результат совместного преобразования минимального напряжения, реактивной и активной мощности предполагаемого повреждения 6. Эти три сигнала преобразуются в эквивалентное реактивное сопротивление предполагаемого повреждения

$$20 \quad X_{\text{эКВ}}(x_f) = \frac{U_{\min}^2(x_f) Q_{\Sigma}(x_f)}{P_{\Sigma}^2(x_f) + Q_{\Sigma}^2(x_f)} \quad (6)$$

Дополнительные сигналы, поступающие в оконечный орган сравнения 16 наряду с некоторым числом координат \hat{x}_f от основного органа сравнения 14, помогают выбрать координату реального повреждения \hat{x}_{ff} . В органе 16 определяются значения всех сигналов (3)-(6) (или только части из них) при выявленных органом 14 координатах места повреждения \hat{x}_f . Окончательному значению x_{ff} отвечают минимальные значения сигналов (3)-(5) или ближайшее к нулевому значению сигнала (6). Возникает вопрос, почему в предлагаемом способе используется не один, а несколько дополнительных сигналов. Данное обстоятельство объясняется тем, что для разных многопроводных систем при разнообразных повреждениях закономерность $Z(x_f)$, где Z - общее обозначение сигнала, носят различный характер. Наилучший тип зависимости $Z(x_f)$ - тот, который дает наиболее резкое изменение в окрестности истинной координаты повреждения x_{ff} .

Рассмотрим простейший пример, иллюстрирующий необходимость применения дополнительных сигналов (фиг.4). Предположим, что в середине линии без потерь с двухсторонним питанием длиной l произошло металлическое короткое замыкание ($x_{ff}=l/2$). Допустим, напряжение обеих сторон одинаковы по величине: $\underline{U}_{ss} = U \angle \psi_{ss}$,

а их фазы ψ_{ss} и ψ_{rr} не несут информации. Наблюдаются токи (фиг.4а)

$$45 \quad \underline{I}_{ss} = \frac{2U \angle \psi_{ss}}{jX^0 l},$$

$$50 \quad \underline{I}_{rr} = \frac{2U \angle \psi_{rr}}{jX^0 l},$$

где X^0 - удельное сопротивление линии.

Модель электропередачи составляется для места предполагаемого повреждения x_f

(фиг.4б). Известны наблюдаемые на объекте несинхронизированные величины \underline{I}_{ss} ,

\underline{U}_{ss} ; \underline{I}_{rr} , \underline{U}_{rr} . В месте предполагаемого повреждения прогнозируются величины

$$L_{sf}(x_f) \equiv I_{ss}, L_{rf}(x_f) \equiv I_{rr}$$

$$5 \quad \underline{U}_{sf}(x_f) = (1 - 2x_f/\ell)U \angle \psi_{ss},$$

$$\underline{U}_{rf}(x_f) = (1 - 2(\ell - x_f)/\ell)U \angle \psi_{rr}.$$

По ним определяются комплексные мощности $\underline{S}_{sf}^{(x_f)} = jQ_{sf}^{(x_f)}$, $\underline{S}_{rf}^{(x_f)} = jQ_{rf}^{(x_f)}$

$$10 \quad Q_{sf}(x_f) = \frac{2U^2}{X^0 \ell} \cdot \frac{\ell/2 - x_f}{\ell/2},$$

$$Q_{rf}(x_f) = \frac{2U^2}{X^0 \ell} \cdot \frac{x_f - \ell/2}{\ell/2}.$$

15 Получается, что суммарная мощность, потребляемая предполагаемым местом повреждения, тождественно равна нулю независимо от значения x_f . Следовательно, в данной ситуации будут востребованы дополнительные сигналы. Модули напряжений в месте предполагаемого повреждения, определенные слева и справа, совпадают:

$$20 \quad U_{sf}(x_f) = U_{rf}(x_f) = |1 - 2x_f/\ell|U. \quad (7)$$

Как следствие, сигнал (3) не помогает в данном случае выявить повреждение:

$$U^2(x_f)=0.$$

То же и сигнал (4). Но сигнал (5) проясняет ситуацию. Он дает зависимость (7), указывающую точное значение координаты места повреждения: $x_{ff}=l/2$.

25 Исследование показывает, что в более сложных сетях и при более сложных повреждениях информацию о месте повреждения несут все формируемые по данному способу сигналы. Способ сохраняет распознающую способность во всех режимах, не нуждается в информации о состоянии сети до наступления аварийного режима, не требует синхронизации разнесенных наблюдений, инвариантен к характеру повреждения.

Источники информации

1. Патент РФ №2050660, кл. H02H 3/38, 3/26, 7/26, 1992.

35 2. Патент РФ №2033622, кл. G01R 31/11, H02H 3/28, 1989.

3. Диагностика линий электропередачи. Межвуз. сборник науч. трудов.

Электротехнические микропроцессорные устройства и системы. Изд-во Чуваш, ун-та, Чебоксары, 1992, С.9-32 / Ю.Я. Лямец, В.И. Антонов, В.А. Ефремов, Г.С. Нудельман, Н.В. Подшивалин.

40 4. Патент РФ №2033623, кл. G01R 31/11, H02H 3/28, 1989.

Формула изобретения

1. Способ определения места повреждения многопроводной электрической сети при двухстороннем наблюдении с использованием ее модели путем измерения комплексов основных гармоник напряжений и токов в начале и в конце сети, преобразования на модели сети напряжений и токов, измеренных в начале сети, в первую группу напряжений и токов, подводимых к местам предполагаемых повреждений со стороны начала сети, преобразования напряжений и токов, измеренных в конце сети, во вторую группу напряжений и токов, подводимых к местам предполагаемых повреждений со стороны конца сети, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей, определяют суммарные реактивную и активную мощности, доставляемые к местам предполагаемых повреждений первой и второй группами

напряжений и токов, определяют место достижения суммарной реактивной мощностью нулевого значения, определяют значение суммарной активной мощности в этом месте и принимают, что в этом месте произошло реальное повреждение, если суммарная активная мощность неотрицательна только в этом месте, в противном случае формируют дополнительный сигнал, определяют, в каком из мест нулевого значения суммарной реактивной мощности абсолютная величина дополнительного сигнала минимальна, и полагают, что в этом месте произошло повреждение.

2. Способ определения места повреждения многопроводной электрической сети по п.1, отличающийся тем, что формирование дополнительного сигнала осуществляют по алгоритму

$$U^2(x_f) = \sum_{k=1}^n (U_{f_{sk}}(x_f) - U_{f_{rk}}(x_f))^2,$$

где x_f - координата предполагаемого повреждения, k - номер провода n -проводной сети, $U_{f_{sk}}$ - модули напряжений первой группы, $U_{f_{rk}}$ - модули напряжений второй группы.

3. Способ определения места повреждения многопроводной сети по п.1, отличающийся тем, что формирование дополнительного сигнала осуществляют по алгоритму

$$U_{\min}^2(x_f) = \min_{\psi} \sum_{k=1}^n \left\{ \left[\operatorname{Re}(\underline{U}_{f_{sk}}(x_f) - \underline{U}_{f_{rk}}(x_f)e^{j\psi}) \right]^2 + \left[\operatorname{Im}(\underline{U}_{f_{sk}}(x_f) - \underline{U}_{f_{rk}}(x_f)e^{j\psi}) \right]^2 \right\},$$

где $\underline{U}_{f_{sk}}$ - комплексы напряжений первой группы, $\underline{U}_{f_{rk}}$ - комплексы напряжений второй группы, ψ - варьируемый угол.

4. Способ определения места повреждения многопроводной сети по п.1, отличающийся тем, что формирование дополнительного сигнала осуществляют по алгоритму определения минимального напряжения из числа всех фазных и линейных напряжений обеих групп

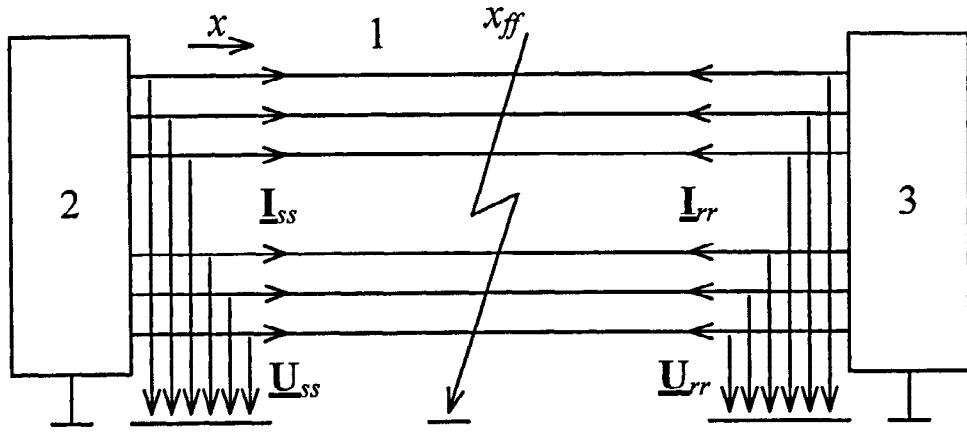
$$U_{\min}(x_f) = \min_{k,l} [U_{f_{sk}}(x_f), U_{f_{rk}}(x_f), U_{f_{skl}}(x_f), U_{f_{rkl}}(x_f)],$$

где $k = \overline{1, n}$, $l = \overline{1, n}$, $k \neq l$.

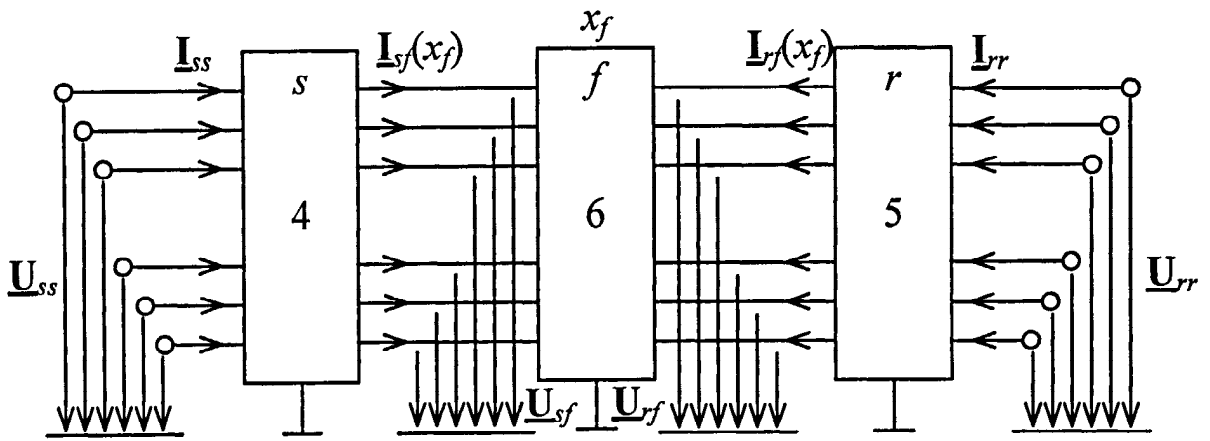
5. Способ определения места повреждения многопроводной сети по п.1, отличающийся тем, что, с целью упрощения, формируют дополнительный сигнал в виде эквивалентного реактивного сопротивления предполагаемого повреждения

$$X_{\text{экв}}(x_f) = \frac{U_{\min}^2(x_f) Q_{f\Sigma}(x_f)}{P_{f\Sigma}^2(x_f) + Q_{f\Sigma}^2(x_f)},$$

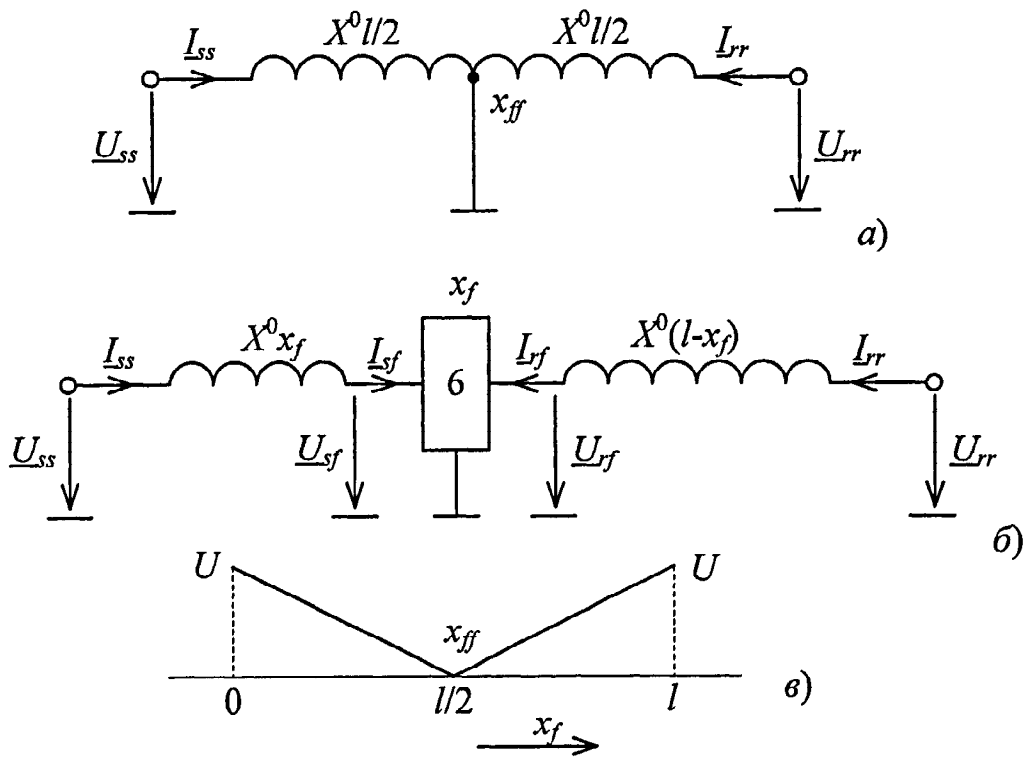
где $Q_{f\Sigma}$ и $P_{f\Sigma}$ - суммарные реактивная и активная мощности предполагаемого повреждения.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 4