



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012105847/28, 17.02.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
17.02.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.02.2012

(43) Дата публикации заявки: 27.08.2013 Бюл. № 24

(45) Опубликовано: 27.01.2014 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2033623 C1, 20.04.1995. RU 2107304 C1, 20.03.1998. SU 1585767 A1, 15.08.1990. US 6476613 B2, 05.11.2001. US 20100277181 A1, 04.11.2010. US 20110082653, 07.04.2011.

Адрес для переписки:

428000, 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)**

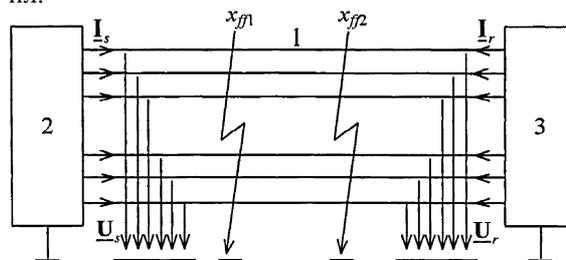
(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной  
ответственностью "Исследовательский  
центр "Бреслер" (RU)****(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ДВОЙНОГО ЗАМЫКАНИЯ МНОГОПРОВОДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к релейной защите и автоматике электрических систем. Сущность: контролируемая сеть наблюдается на обеих сторонах. Наблюдения синхронизированы, происходит обмен информацией между концевыми подстанциями. Используется модель контролируемой сети с тремя участками. Модель задает операции преобразования наблюдаемых токов и напряжений. Первые два участка преобразуют наблюдаемые сигналы в напряжения двух разных предполагаемых повреждений, а также в токи, подводимые к этим местам от концевых подстанций. Третий участок преобразует указанные напряжения в два других тока, протекающих за местами повреждений. Пары токов преобразуются в дифференциальные

токи первого и второго мест повреждения. По напряжениям и токам каждого предполагаемого повреждения определяют их реактивные и активные мощности. Фиксируют координаты обоих мест повреждения, если обе реактивные мощности переходят через нулевые значения, а обе активные мощности неотрицательны. Технический результат: расширение функциональных возможностей. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012105847/28, 17.02.2012**

(24) Effective date for property rights:  
**17.02.2012**

Priority:

(22) Date of filing: **17.02.2012**

(43) Application published: **27.08.2013 Bull. 24**

(45) Date of publication: **27.01.2014 Bull. 3**

Mail address:

**428000, 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 POINTS OF DOUBLE SHORT-CIRCUIT IN MULTIWIRE POWER GRID**

(57) Abstract:

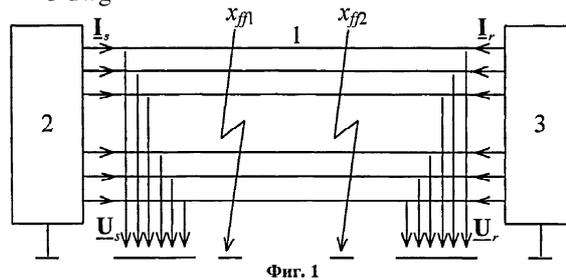
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: controlled grid is observed at both sides. Observations are synchronised and information is exchanged between terminal substations. A model of the controlled grid with three areas is used. The model determines operations for converting the observed currents and voltages. The first two areas convert the observed signals to voltages of two different assumed damages, as well as to currents transmitted to said points from the terminal substations. The third area converts said voltages to two other currents flowing after the points of damage. Pairs of currents are converted to differential currents of the first and second points of damage. Voltages and currents of each assumed

damage are used to determine reactive and active power thereof. Coordinates of both points of damage are determined if both reactive powers transition through zero values and both active powers are not negative.

EFFECT: broader functional capabilities.

3 dwg



RU 2 505 825 C2

RU 2 505 825 C2

Изобретение относится к релейной защите и автоматике электрических систем. Оно решает задачу, сама постановка которой стала возможной только в последнее время, когда появилась возможность обмениваться результатами наблюдения протяженного объекта в удаленных друг от друга местах.

Известны способы локации замыкания в линии электропередачи с использованием ее модели [1]; с появлением таких способов в теорию и практику релейной защиты вошло понятие «место предполагаемого повреждения». Это место варьируется и, следовательно, задается произвольно. Модель объекта составляется для каждого фиксированного места предполагаемого повреждения. Оставаясь стереотипной, она при переходе от одного места к другому изменяет всего лишь параметры участков, преобразующих наблюдаемые токи и напряжения в электрические величины места предполагаемого повреждения. Первый из способов такого рода предназначен для линий, наблюдаемых с одной стороны [2].

Известен также более общий способ локации замыканий в электрической системе на основе многосторонних наблюдений [3]. Модель поврежденной линии в этом способе включает в свой состав два участка. Первый участок преобразует токи и напряжения, наблюдаемые на одной стороне линии, в токи и напряжения до места предполагаемого повреждения. Второй участок преобразует токи и напряжения, наблюдаемые на другой стороне сети, в токи и напряжения после места предполагаемого повреждения. Физическая достоверность моделей, составленных для разных мест предполагаемого повреждения, проверяется критерием повреждения.

Недостатки упомянутого способа обусловлены присущими ему ограничениями. Он рассчитан на распознавание повреждения сети только в одном месте (одиночное повреждение) и приспособлен только к трехфазной системе. Ему свойственна узкая трактовка условий повреждения сети в виде критерия резистивности, предполагающего построение модели повреждения только из резистивных элементов.

Предлагаемый способ призван расширить функциональные возможности прототипа. Обобщение способа касается распознавания мест двойных замыканий (в двух разных местах) в многопроводных сетях, например, двухцепных линиях электропередачи, а также использования энергетического критерия повреждения, более общего, чем критерий резистивности.

Поставленная цель достигается благодаря своеобразному построению модели контролируемой сети и введению новых преобразователей наблюдаемых токов и напряжений. Модель строится не для одного, а для двух мест предполагаемых повреждений, и координаты обоих мест варьируются. Помимо двух участков модели от мест наблюдения до места предполагаемого повреждения вводится третий участок между двумя различными местами. Новый участок модели выполняет преобразование напряжений двух предполагаемых повреждений в токи, протекающие за первым местом и до второго места. Далее определяются токи, текущие в поперечные ветви повреждений (дифференциальные токи) и определяются мощности, потребляемые каждым повреждением. Критерий резистивности повреждений применяется одновременно к обоим предполагаемым повреждениям. Предполагаемые повреждения признаются реальными, если их реактивные мощности достигают нулевых значений. Подчеркнем, что критерий резистивности должен выполняться сразу в двух местах предполагаемых повреждений.

На фиг.1 приведена структура многопроводной сети, наблюдаемой на обеих концевых подстанциях. В сети произошло двойное замыкание в местах с координатами  $x_{ff1}$  и  $x_{ff2}$ . На фиг.2 приведена модель контролируемой сети,

предназначенная для распознавания двойных замыканий. Модель составлена для двух мест предполагаемых замыканий. Произвольные координаты этих мест -  $x_{f1}$  и  $x_{f2}$ . На фиг.3 приведена структурная схема, иллюстрирующая предлагаемый способ.

Многопроводная электрическая сеть 1 наблюдается на подстанциях 2 и 3. Она повреждена в двух местах, координаты которых  $x_{ff1}$  и  $x_{ff2}$  неизвестны и подлежат определению. Токи и напряжения, наблюдаемые на подстанции 2, обозначены как  $n$ -мерные комплексы  $\underline{I}_s$ ,  $\underline{U}_s$ , где  $n$  - число проводов, на подстанции 3 - как  $\underline{I}_r$ ,  $\underline{U}_r$ .

Модель сети составлена из крайних участков 4, 5 и из среднего участка 6, а также из ответвлений 7, 8, обусловленных замыканиями.

В структурной схеме по фиг.3 выполняются те же преобразования, что и в модели сети. Отличие состоит в том, что структурная схема физически реализуема и действует по предложенному способу, в то же время как модель сети отображает состояние объекта с двумя предполагаемыми повреждениями. Подать на модель наблюдаемые электрические величины физически невозможно, так как на одних и тех же зажимах нельзя одновременно задать и ток, и напряжение.

Структурная схема состоит из преобразователей, включающих в себя масштабирующие элементы 9-20 и сумматоры 21-24, формираторов комплексной мощности 25, 26, нуль-индикаторов 27, 28, пороговых элементов 29-30 и логического блока 31.

В модели сети по фиг.2 указана зависимость всех величин, получаемых в результате преобразований наблюдаемых токов и напряжений, от координат  $x_{f1}$  и  $x_{f2}$  двух мест предполагаемых повреждений. Те же величины в схеме по фиг.3 приведены без указания этой зависимости. Рассмотрим последовательность операций, выполняемых по предлагаемому способу для некоторой пары значений  $x_{f1}$  и  $x_{f2}$ . Длины участков 4-6 электрической сети при этом принимают конкретные значения, и для каждого из трех участков модели сети определяются коэффициенты передачи известных сигналов в неизвестные. Каждый участок представляет собой многополюсник с  $n$  выходными зажимами. Первый участок задается уравнениями обратной передачи сигналов

$$\underline{I}_1(x_{f1}, x_{f2}) = \underline{K}_{11}(x_{f1}, x_{f2})\underline{I}_s + \underline{Y}_{12}(x_{f1}, x_{f2})\underline{U}_s ,$$

$$\underline{U}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) = \underline{Z}_{11}(x_{f1}, x_{f2})\underline{I}_s + \underline{K}_{12}(x_{f1}, x_{f2})\underline{U}_s ,$$

второй (крайний, как и первый) участок задается уравнениями прямой передачи

$$\underline{I}_2(x_{f1}, x_{f2}) = \underline{K}_{21}(x_{f1}, x_{f2})\underline{I}_r + \underline{Y}_{22}(x_{f1}, x_{f2})\underline{U}_r ,$$

$$\underline{U}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) = \underline{Z}_{21}(x_{f1}, x_{f2})\underline{I}_r + \underline{K}_{22}(x_{f1}, x_{f2})\underline{U}_r ,$$

наконец, третий (центральный) участок задается уравнениями формы  $\underline{Y}$

$$\underline{I}_3(x_{f1}, x_{f2}) = \underline{Y}_{31}(x_{f1}, x_{f2})\underline{U}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) + \underline{Y}_{32}(x_{f1}, x_{f2})\underline{U}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) ,$$

$$\underline{I}_4(x_{f1}, x_{f2}) = \underline{Y}_{41}(x_{f1}, x_{f2})\underline{U}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) + \underline{Y}_{42}(x_{f1}, x_{f2})\underline{U}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) .$$

Безразмерные коэффициенты передачи обозначены здесь буквой  $\underline{K}$ , с размерностью проводимости -  $\underline{Y}$ , сопротивления -  $\underline{Z}$ .

Из описания участков модели сети коэффициенты передачи переносятся в структурную схему преобразования сигналов. Таким образом, масштабирующие элементы 9-20 получают следующие параметры, перечисляемые в порядке следования номеров:  $\underline{K}_{11}$ ,  $\underline{Y}_{12}$ ,  $\underline{K}_{21}$ ,  $\underline{Y}_{22}$ ,  $\underline{Z}_{11}$ ,  $\underline{K}_{12}$ ,  $\underline{Z}_{21}$ ,  $-\underline{Y}_{31}$ ,  $-\underline{Y}_{32}$ ,  $-\underline{Y}_{41}$ ,  $-\underline{Y}_{42}$ .

Наблюдаемые токи и напряжения  $\underline{I}_s$ ,  $\underline{U}_s$ ,  $\underline{I}_r$ ,  $\underline{U}_r$  преобразуются элементами 9-20 токи

$$\underline{I}_{11}(x_{f1}, x_{f2}) = \underline{K}_{11}(x_{f1}, x_{f2})\underline{I}_s ,$$

$$\begin{aligned} \underline{I}_{12}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{Y}_{12}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{U}_s, \\ \underline{I}_{21}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{K}_{21}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{I}_r, \\ \underline{I}_{22}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{Y}_{22}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{U}_r \end{aligned}$$

5 и напряжения

$$\begin{aligned} \underline{U}_{11}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{Z}_{11}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{I}_s, \\ \underline{U}_{12}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{K}_{12}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{U}_s, \\ \underline{U}_{21}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{Z}_{21}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{I}_r, \\ 10 \quad \underline{U}_{22}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{K}_{22}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{U}_r. \end{aligned}$$

В сумматорах 21, 22 формируются напряжения мест предполагаемых повреждений

$$\begin{aligned} \underline{U}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{U}_{11}(x_{f1}, x_{f2}) + \underline{U}_{12}(x_{f1}, x_{f2}), \\ \underline{U}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{U}_{21}(x_{f1}, x_{f2}) + \underline{U}_{22}(x_{f1}, x_{f2}), \end{aligned}$$

15 затем эти напряжения преобразуются масштабирующими элементами 17-20 в токи

$$\begin{aligned} -\underline{I}_{31}(x_{f1}, x_{f2}) &= -\underline{Y}_{31}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{U}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}), \\ -\underline{I}_{32}(x_{f1}, x_{f2}) &= -\underline{Y}_{32}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{U}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}), \\ -\underline{I}_{41}(x_{f1}, x_{f2}) &= -\underline{Y}_{41}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{U}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}), \\ 20 \quad -\underline{I}_{42}(x_{f1}, x_{f2}) &= -\underline{Y}_{42}(x_{f1}, x_{f2}) \underline{U}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}). \end{aligned}$$

Коэффициенты передачи масштабирующих элементов 9-20 указаны непосредственно на схеме.

25 Четырехвходовые сумматоры 23, 24 формируют токи в местах предполагаемых повреждений 7, 8, объединяя слагаемые токов  $\underline{I}_1$  и  $(-\underline{I}_3)$   $\underline{I}_2$  и  $(-\underline{I}_4)$  как это следует из модели сети по фиг.2:

$$\begin{aligned} \underline{I}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{I}_1(x_{f1}, x_{f2}) - \underline{I}_3(x_{f1}, x_{f2}) = \\ &= \underline{I}_{11}(x_{f1}, x_{f2}) + \underline{I}_{12}(x_{f1}, x_{f2}) - \underline{I}_{31}(x_{f1}, x_{f2}) - \underline{I}_{32}(x_{f1}, x_{f2}) \\ 30 \quad \underline{I}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{I}_2(x_{f1}, x_{f2}) - \underline{I}_4(x_{f1}, x_{f2}) = \\ &= \underline{I}_{21}(x_{f1}, x_{f2}) + \underline{I}_{22}(x_{f1}, x_{f2}) - \underline{I}_{41}(x_{f1}, x_{f2}) - \underline{I}_{42}(x_{f1}, x_{f2}) \end{aligned}$$

35 Органы 25, 26, формирующие комплексные мощности, потребляемые предполагаемыми повреждениями 7, 8, перемножают вектор комплексных напряжений и вектор сопряженных комплексов токов каждого повреждения

$$\begin{aligned} \underline{S}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{U}_{f1}^T(x_{f1}, x_{f2}) \underline{I}_{f1}^*(x_{f1}, x_{f2}), \\ 40 \quad \underline{S}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) &= \underline{U}_{f2}^T(x_{f1}, x_{f2}) \underline{I}_{f2}^*(x_{f1}, x_{f2}). \end{aligned}$$

На выходы органов мощности 25, 26 поступают сигналы, передающие значения активной реактивной мощностей - составляющие комплексной мощности

$$\begin{aligned} \underline{S}_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) &= P_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) + jQ_{f1}(x_{f1}, x_{f2}), \\ 45 \quad \underline{S}_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) &= P_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) + jQ_{f2}(x_{f1}, x_{f2}). \end{aligned}$$

Нуль-индикаторы 27, 28 реагируют на выполнение главных условий реальности повреждения

$$\begin{aligned} Q_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) &= 0, \\ 50 \quad Q_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) &= 0, \end{aligned}$$

а пороговые элементы 29, 30 дополнительно проверяют физическую достоверность модели сети по условию неспособности повреждений генерировать активную мощность

$$P_{f1}(x_{f1}, x_{f2}) \geq 0,$$

$$P_{f2}(x_{f1}, x_{f2}) \geq 0.$$

Нулевые значения возможны при металлических коротких замыканиях.

5 Оконечный логический элемент 31 фиксирует выполнение всех четырех условий для реактивных и активных мощностей двух повреждений по срабатыванию четырех элементов 27-30 и выдает значения  $\hat{x}_{ff1}$ ,  $\hat{x}_{ff2}$  варьируемых координат  $x_{f1}$ ,  $x_{f2}$  мест предполагаемых повреждений, при которых это совместное срабатывание произошло.

10 Предполагаемый способ распознавания двойного замыкания свободен от методической погрешности. Обеспечиваемая им точность локации полностью определяется степенью адекватности модели сети реальному объекту. Необходимо заметить, что предполагается синхронизация наблюдений на обеих сторонах сети. Она выполняется либо посредством спутниковой связи, либо с помощью модели

15 неповрежденной сети при наблюдении предшествующего режима.

Источники информации

1. Ю.Я. Лямец, В.И. Антонов, В.А. Ефремов и др. Диагностика линий электропередачи. Межвуз. сб. науч. тр., Чебоксары, изд-во Чуваш, ун-та, 1992, С.9-32.
2. Патент РФ №2033622, кл. G01R 31/11, H02H 3/28, 1995.
3. Патент РФ №2033623, кл. G01R 31/11, H02H 3/28, 1995.

#### Формула изобретения

25 Способ определения мест двойного замыкания в многопроводной электрической сети с использованием ее модели при двухстороннем наблюдении, при котором модель содержит первый участок, преобразующий токи и напряжения, наблюдаемые на одной стороне сети, в первые токи и напряжения места предполагаемого повреждения, и второй участок, преобразующий токи и напряжения, наблюдаемые на

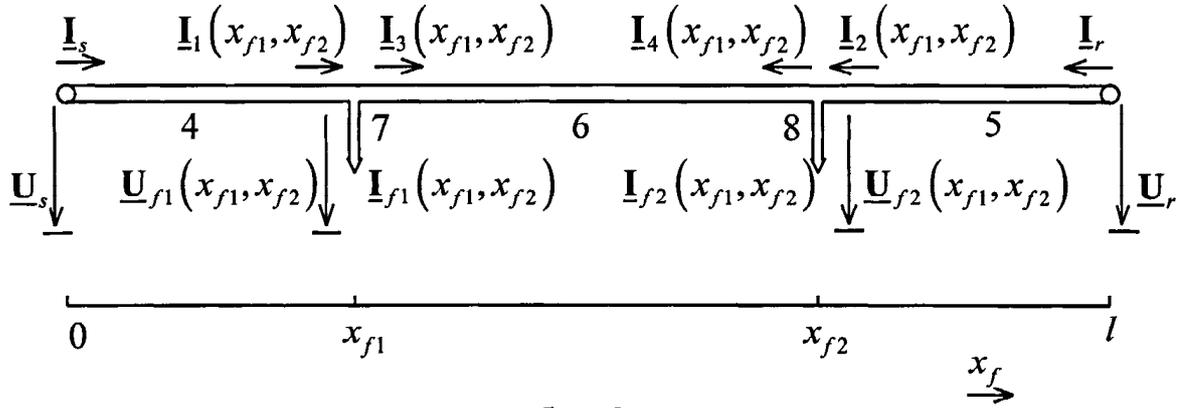
30 другой стороне сети, во вторые токи и напряжения места предполагаемого повреждения, отличающийся тем, что модель сети дополняют третьим участком от места первого предполагаемого повреждения до места второго предполагаемого повреждения, выполняющим третий участок в виде преобразователя напряжений первого и второго предполагаемых повреждений в третьи токи первого места

35 предполагаемого повреждения и четвертые токи второго места предполагаемого повреждения, преобразуют первые и третьи токи в первые дифференциальные токи первого места предполагаемого повреждения, преобразуют вторые и четвертые токи во вторые дифференциальные токи второго места предполагаемого повреждения, преобразуют первые напряжения и первые дифференциальные токи в реактивную и

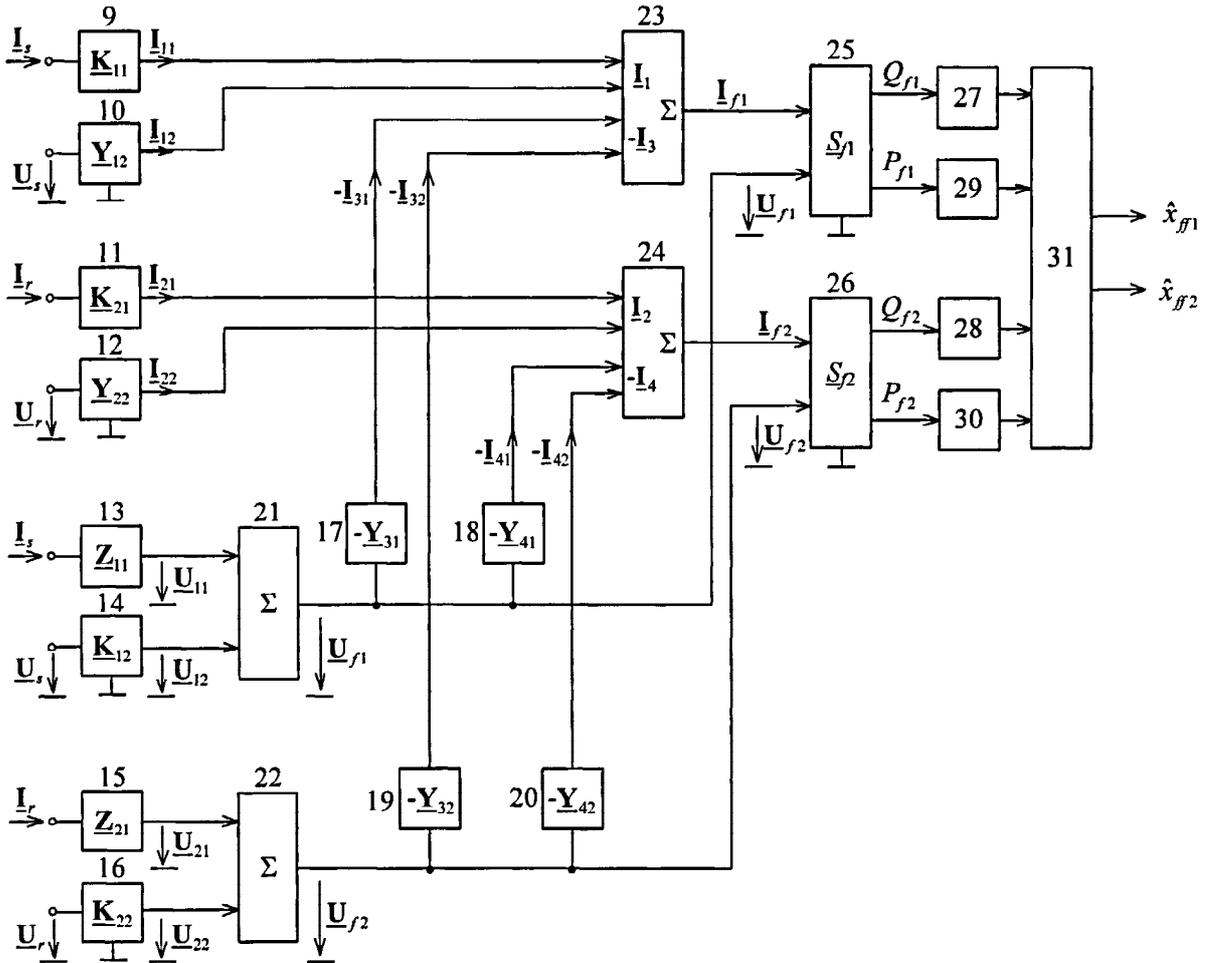
40 активную мощности первого места предполагаемого повреждения, преобразуют вторые напряжения и вторые дифференциальные токи в реактивную и активную мощности второго места предполагаемого повреждения, и фиксируют координаты обоих мест повреждения, если обе реактивные мощности переходят через нулевые

45 значения, а обе активные мощности неотрицательны.

50



Фиг. 2



Фиг. 3