

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 19783

(13) С1

(46) 2016.02.28

(51) МПК

H 02H 3/08 (2006.01)

H 02H 3/20 (2006.01)

(54)

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ОТ МЕЖДУФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ ЛИНИИ С ОДНОСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ

(21) Номер заявки: а 20140481

(22) 2014.09.11

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Романюк Федор Алексеевич; Шевалдин Михаил Андреевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ 15999 С1, 2012.

ВУ 11267 С1, 2008.

RU 2015599 С1, 1994.

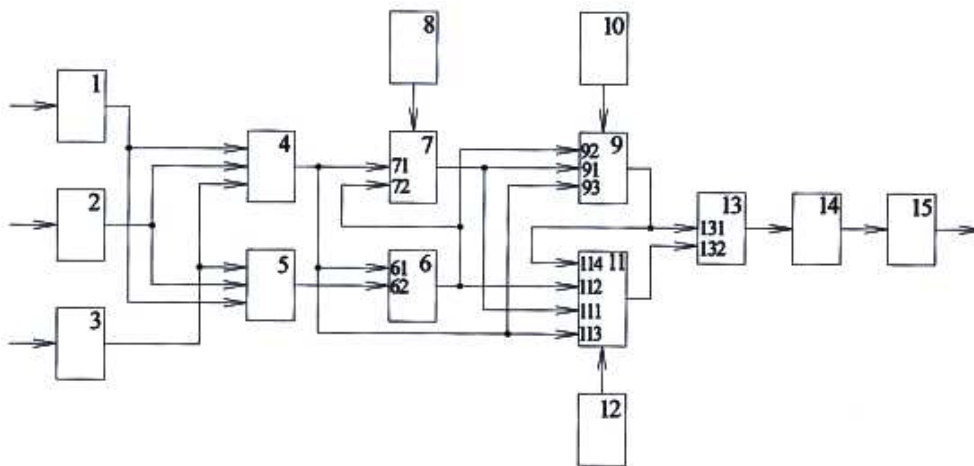
SU 930471, 1982.

SU 1294256 А1, 1992.

DE 2939938 А1, 1981.

(57)

Устройство для токовой защиты от междуфазных коротких замыканий линии с односторонним питанием, содержащее первый, второй и третий входные преобразователи тока, входы которых подключены к измерительным трансформаторам тока защищаемой линии, а выходы - ко входам миниселектора и максиселектора, выход которого подключен к первому входу измерительного органа с блоком задания уставок и первому входу блока определения вида короткого замыкания, второй вход которого подключен к выходу миниселектора, а выход - ко второму входу измерительного органа, второму входу блока определения места короткого замыкания с блоком задания параметров и второму входу блока расчета и контроля выдержки времени с блоком задания параметров; третий вход блока определения места короткого замыкания и третий вход блока расчета и контроля выдержки времени подключены к выходу максиселектора; выход измерительного органа



Фиг. 1

ВУ 19783 С1 2016.02.28

подключен к первому входу блока расчета и контроля выдержки времени и к первому входу блока определения места короткого замыкания, выход которого подключен к первому входу логического элемента ИЛИ и четвертому входу блока расчета и контроля выдержки времени, выход которого подключен ко второму входу логического элемента ИЛИ, выход которого через орган сигнализации соединен с исполнительным элементом, выполненным с возможностью выключения защищаемой линии.

---

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в области релейной защиты линий с односторонним питанием электроэнергетических систем.

Известно устройство для адаптивной ступенчатой токовой защиты от междуфазных коротких замыканий (КЗ), содержащее входные преобразователи тока, входы которых подключены к измерительным трансформаторам тока защищаемого объекта, максиселектор и миниселектор, измерительные органы с блоками задания уставок, блок выявления несимметричных токов фаз, при этом входы максиселектора и миниселектора соединены с выходами входных преобразователей тока, выходы миниселектора и максиселектора через блок выявления несимметрии токов фаз связаны с пороговым элементом для воздействия на блоки задания уставок измерительных органов, входы измерительных органов подключены к выходу максиселектора, а выходы измерительных органов через органы выдержки времени, органы сигнализации и логическую схему ИЛИ связаны с исполнительным элементом, отключающим выключатель защищаемого объекта [1].

Недостатками известного устройства является то, что такая защита отключает КЗ с относительно большими выдержками времени, особенно на головных участках сети, которые к тому же зависят от удаленности участка от источника питания, а также его недостаточная во многих случаях чувствительность к несимметричным КЗ, когда токи нагрузки соизмеримы по величине с токами КЗ.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату является устройство для токовой защиты от междуфазных коротких замыканий элементов электроэнергетических систем с односторонним питанием [2], содержащее входные преобразователи тока, входы которых подключены к измерительным трансформаторам тока защищаемого объекта, блок выявления несимметрии токов фаз, первый и второй измерительные органы с блоками задания уставок, при этом блок выявления несимметрии токов фаз содержит максиселектор, миниселектор и сумматор, выход которого соединен со входом первого измерительного органа, входы максиселектора и миниселектора соединены с выходами входных преобразователей тока, выход максиселектора присоединен ко входу второго измерительного органа и к первому входу сумматора, ко второму входу которого подключен миниселектор; выходы первого и второго измерительных органов через логический элемент ИЛИ, орган выдержки времени, орган сигнализации соединены с исполнительным элементом, отключающим выключатель защищаемого объекта.

Блок выявления несимметрии токов фаз в сущности определяет вид короткого замыкания для воздействия на блоки задания уставок измерительных органов с целью выбора параметров срабатывания защиты, соответствующих виду повреждения. Благодаря этому защита имеет повышенную чувствительность к несимметричным КЗ, даже когда токи нагрузки соизмеримы по величине с токами повреждений.

Однако такие защиты имеют сравнительно большие выдержки времени, особенно на головных участках сети, вследствие ступенчатых характеристик срабатывания [3].

Задача, решаемая изобретением, состоит в повышении быстродействия защиты.

Поставленная задача решается устройством для токовой защиты от междуфазных КЗ линии с односторонним питанием, содержащим первый, второй и третий входные преобразователи тока, входы которых подключены к измерительным трансформаторам тока

защищаемой линии, а выходы - ко входам миниселектора и максиселектора, выход которого подключен к первому входу измерительного органа и первому входу блока определения вида короткого замыкания, второй вход которого подключен к выходу миниселектора, а выход - ко второму входу измерительного органа, второму входу блока определения места короткого замыкания с блоком задания параметров и второму входу блока расчета и контроля выдержки времени с блоком задания параметров; третий вход блока определения места короткого замыкания и третий вход блока расчета и контроля выдержки времени подключены к выходу максиселектора; выход измерительного органа подключен к первому входу блока расчета и контроля выдержки времени и к первому входу блока определения места короткого замыкания, выход которого подключен к первому входу логического элемента ИЛИ и четвертому входу блока расчета и контроля выдержки времени, выход которого подключен ко второму входу логического элемента ИЛИ, выход которого через орган сигнализации соединен с исполнительным элементом, выполненным с возможностью выключения защищаемой линии.

Блок определения места КЗ обеспечивает получение относительного значения расстояния от места установки защиты до точки повреждения  $I_{*КЗ}$  по следующему выражению:

$$I_{*КЗ} = \frac{(k \cdot I_{К1}^{(3)} - I_{МАКС}) \cdot I_{К2}^{(3)}}{(I_{К1}^{(3)} - I_{К2}^{(3)}) \cdot I_{МАКС}}, \quad (1)$$

где  $I_{К1}^{(3)}$ ,  $I_{К2}^{(3)}$  - токи трехфазных КЗ соответственно при повреждениях в начале и в конце защищаемой линии, рассчитываемые по известным методикам;

$I_{МАКС}$  - контролируемый ток КЗ;

$k$  - коэффициент, зависящий от вида повреждения, который при трехфазных КЗ  $k = 1$ , а при двухфазных КЗ:  $k = \sqrt{3}/2$ .

Если КЗ находится в пределах защищаемой линии, то  $I_{*КЗ} \leq 1$  и ее можно отключать без выдержки времени. Когда повреждение расположено на смежной линии, то  $I_{*КЗ} > 1$  и защищаемая линия должна отключаться с выдержкой времени, согласованной с выдержками времени других защит сети.

Это обеспечивается блоком расчета и контроля выдержки времени, реализующим линейно зависимую характеристику срабатывания, в основе которой лежит следующее выражение:

$$t_{ЛЗ}(I_*) = \frac{(k \cdot I_{К2}^{(3)} - I_{МАКС}) \cdot I_{К2}^{(3)}}{(I_{К2}^{(3)} - I_{К3}^{(3)}) \cdot I_{МАКС}} \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где  $I_{К2}^{(3)}$ ,  $I_{К3}^{(3)}$  - токи трехфазных КЗ соответственно при повреждениях в начале и в конце смежной линии, рассчитываемые по известным методикам;

$\Delta t = (0,3 \dots 0,5)с$  - степень селективности;

$I_{МАКС}$  и  $k$  - то же, что и в выражении (1).

На фиг. 1 приведена функциональная схема устройства для токовой защиты от междофазных коротких замыканий линии с односторонним питанием, а на фиг. 2 - характеристика ее срабатывания, где по оси 22 - время  $t$ , а по оси 23 - длина участков  $l_*$  в относительных единицах.

Устройство содержит входные преобразователи 1, 2, 3 тока, подключаемые к измерительным трансформаторам тока защищаемой линии, выходы которых подсоединены ко входам максиселектора 4 и миниселектора 5, выход максиселектора 4 присоединен ко входу 71 измерительного органа 7 с блоком задания уставок 8 и входу 61 блока определения вида короткого замыкания 6, вход 62 которого подключен к выходу миниселектора 5, выход блока определения вида короткого замыкания 6 присоединен ко входу 72 измерительного органа 7, входу 92 блока определения места короткого замыкания 9 с блоком задания параметров для определения места короткого замыкания 10 и входу 112 блока расчета и контроля выдержки времени 11 с блоком задания параметров для расчета и кон-

троля выдержки времени 12, вход 93 блока определения места короткого замыкания 9 и вход 113 блока расчета и контроля выдержки времени 11 подключены к выходу максиселектора 4, выход измерительного органа 7 присоединен ко входу 111 блока расчета и контроля выдержки времени 11 и ко входу 91 блока определения места короткого замыкания 9, выход которого подключен ко входу 131 логического элемента ИЛИ 13 и входу 114 блока расчета и контроля выдержки времени 11, присоединенного своим выходом ко входу 132 логического элемента ИЛИ 13, выход которого через орган сигнализации 14 связан с исполнительным элементом 15, отключающим выключатель защищаемой линии.

Входные преобразователи тока 1, 2, 3 формируют выходные сигналы из токов  $i_a, i_b, i_c$ , которые соответственно пропорциональны токам фаз  $I_A, I_B, I_C$ .

Максиселектор 4 и миниселектор 5 предназначены для выделения из токов  $I_A, I_B, I_C$  соответственно максимального  $I_{\text{МАКС}}$  и минимального  $I_{\text{МИН}}$  значений.

Блок определения вида КЗ 6 выявляет несимметрию токов фаз по соотношению:

$$\frac{I_{\text{МАКС}} - I_{\text{МИН}}}{I_{\text{МИН}}} > 0,5. \quad (3)$$

При выполнении условия (3) имеет место несимметричный режим и на выходе блока 6 появляется сигнал, в противном случае режим является симметричным и сигнал на выходе блока 6 отсутствует.

Измерительный орган 7 максимального тока сравнивает значение тока  $I_{\text{МАКС}}$  с уставками, задаваемыми в блоке 8, где содержатся их значения для режима трехфазного КЗ  $I_{\text{СР}}^{(3)}$  и режима двухфазного КЗ  $I_{\text{СР}}^{(2)}$ . Величины  $I_{\text{СР}}^{(3)}$  и  $I_{\text{СР}}^{(2)}$  рассчитываются по известной методике. При наличии на входе 72 измерительного органа 7 сигнала сравнение  $I_{\text{МАКС}}$  производится со значением  $I_{\text{СР}}^{(2)}$ , в противном случае - со значением  $I_{\text{СР}}^{(3)}$ .

Блок определения места КЗ 9 предназначен для фиксации места повреждения на основе выражения (1) по величине тока  $I_{\text{МАКС}}$  с использованием параметров, задаваемых в блоке 10, где содержатся значения токов трехфазных КЗ в точках 24 и 25 (фиг. 2) соответственно  $I_{\text{К1}}^{(3)}$  и  $I_{\text{К2}}^{(3)}$ , а также значения  $k$  для режима трехфазного КЗ  $k = 1$  и режима двухфазного КЗ  $k = \sqrt{3}/2$ . При наличии на входе 2 блока 9 сигнала в (1) используется значение  $k = \sqrt{3}/2$ , а при отсутствии -  $k = 1$ .

Блок определения места КЗ 9 функционирует при наличии на его входе 91 разрешающего сигнала, поступающего с выхода измерительного органа 7.

Линия 16 (фиг. 2) является основной зоной токовой защиты, и КЗ в пределах всей ее длины отключаются без специально создаваемой выдержки времени со временем срабатывания  $t_{\text{СЗ10}}$  18 (фиг. 2), представляющим собой собственное время действия защиты. Линия 17 для токовой защиты линии 16 представляет собой зону резервирования, и повреждения во всех ее точках должны отключаться с выдержкой времени  $t_{\text{СЗ1Р}}$  20 (фиг. 2).

Блок расчета и контроля выдержки времени 11 предназначен для определения и создания времени срабатывания защиты при повреждениях в зоне резервирования на линии 17 с использованием выражения (2) по величине тока  $I_{\text{МАКС}}$  на основе параметров, задаваемых в блоке 12, где содержатся значения токов трехфазных КЗ в точках 25 и 26 (фиг. 2) соответственно  $I_{\text{К2}}^{(3)}$  и  $I_{\text{К3}}^{(3)}$ , значения  $k$  для режима трехфазного КЗ  $k = 1$  и режима двухфазного КЗ  $k = \sqrt{3}/2$ , а также значение  $\Delta t$  21 (фиг. 2). При наличии на входе 112 блока 11 сигнала в (2) используется значение  $k = \sqrt{3}/2$ , а при отсутствии -  $k = 1$ .

При повреждении на линии 17 в начале зоны резервирования время срабатывания защиты  $t_{\text{СЗ1Р}}$  20 должно быть больше времени действия защиты смежного участка для основной зоны  $t_{\text{СЗ20}}$  19 (фиг. 2). С учетом этого определение выдержки времени защиты в блоке 11 производится по выражению:

$$t_{\text{СЗ1Р}} = \Delta t + t_{\text{ЛЗ}}(I^*). \quad (4)$$

Функционирование блока расчета и контроля выдержки времени 11 обеспечивается при наличии на его входе 111 разрешающего сигнала, поступающего с выхода измерительного органа 7, и отсутствии запрещающего сигнала на входе 114, подаваемого с выхода блока определения места короткого замыкания 9.

Орган сигнализации 14 служит для фиксации фактов срабатывания защиты. Исполнительный элемент 15 реализует выходные команды защиты на отключение выключателя.

Все блоки и элементы функциональной схемы защиты могут быть реализованы по известным схемам на базе средств аналоговой и цифровой техники. В качестве последней целесообразно использовать современные микропроцессорные средства.

Устройство работает следующим образом. Входные токи  $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$  от измерительных трансформаторов тока защищаемой линии поступают на входы преобразователей тока 1, 2, 3, выходные сигналы которых пропорциональны токам фаз  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ . Максиселектор 4 и миниселектор 5 выделяют из токов  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  соответственно наибольшее  $I_{\text{МАКС}}$  и наименьшее  $I_{\text{МИН}}$  значения. В блоке определения вида КЗ 6 по величинам  $I_{\text{МАКС}}$  и  $I_{\text{МИН}}$  и определяется степень несимметрии токов фаз. В нормальном режиме, при симметричной нагрузке, самозапуске электродвигателей, а также при трехфазных КЗ сигнал на выходе блока 6 отсутствует. При несимметричной перегрузке, при двухфазных КЗ на выходе блока 6 присутствует сигнал.

Текущее значение тока  $I_{\text{МАКС}}$  в измерительном органе 7 сравнивается с одной из уставок  $I_{\text{СР}}^{(3)}$  или  $I_{\text{СР}}^{(2)}$ , которые содержатся в блоке 8 и выбираются в зависимости от вида режима, устанавливаемого по наличию или отсутствию сигнала на входе 72 измерительного органа 7. В режимах, когда отсутствуют повреждения на защищаемой линии 16, значения тока  $I_{\text{МАКС}}$  не превышают уставку срабатывания измерительного органа 7 и сигнал на его выходе отсутствует. При возникновении КЗ ток  $I_{\text{МАКС}}$  превышает значение уставки, на выходе измерительного органа 7 появляется сигнал, который поступает на вход 91 блока определения места короткого замыкания 9 и вход 111 блока расчета и контроля выдержки времени 11, разрешая их функционирование.

В блоке определения места КЗ 9 в соответствии с выражением (1) по величине поступающего на вход 93 текущего значения тока  $I_{\text{МАКС}}$  с использованием параметров, содержащихся в блоке 10, выбираемых в соответствии с видом КЗ, который определяется путем анализа сигнала на втором входе блока 9, вычисляется  $I_{*КЗ}$  и сравнивается с длиной линии, равной 1 в относительных единицах. При  $I_{*КЗ} \leq 1$  местом КЗ является защищаемая линия 16 и на выходе блока 9 появляется сигнал, который поступает на вход 131 логического элемента ИЛИ 13, а с его выхода через орган сигнализации 14 воздействует на исполнительный элемент 15, и выключатель защищаемой линии отключается без специально создаваемой выдержки времени.

При этом сигнал с выхода блока 9 поступает на вход 114 блока расчета и контроля выдержки времени 11, запрещая его функционирование.

Если  $I_{*КЗ} > 1$ , то местом КЗ является смежная линия 17, сигнал на выходе блока 9 не вырабатывается и разрешается функционирование блока расчета и контроля выдержки времени 11.

В блоке 11 на основе выражений (2), (4) по величине поступающего на вход 113 текущего значения тока  $I_{\text{МАКС}}$  с использованием параметров, содержащихся в блоке 12, выбираемых в зависимости от вида КЗ, который определяется по результатам анализа сигнала на входе 112 блока 11, вычисляется время срабатывания защиты  $t_{\text{СЗ1Р}}$  20 для зоны резервирования и организуется его отсчет. По истечению  $t_{\text{СЗ1Р}}$  20 на выходе блока 11 появляется сигнал, который поступает на вход 132 логического элемента ИЛИ 13, воздействуя с его выхода через орган сигнализации 14 на исполнительный элемент 15, и выключатель защищаемой линии отключается с выдержкой времени.

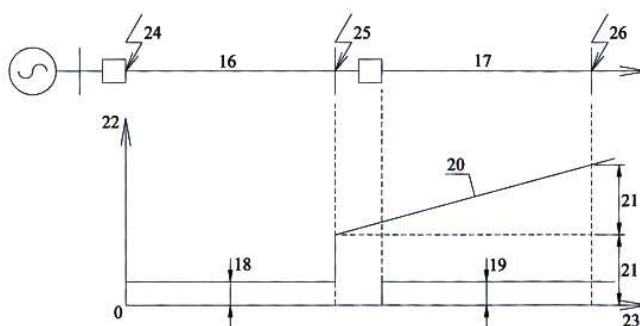
Предлагаемое изобретение обеспечивает отключение КЗ в пределах основной зоны защиты без выдержки времени, а повреждений в конце зоны резервирования - с выдерж-

# ВУ 19783 С1 2016.02.28

кой времени, не превышающей  $2\Delta t$  на всех участках, включая головные участки сети, что недостижимо в существующих защитах со ступенчатыми характеристиками срабатывания.

Источники информации:

1. Патент ВУ 5111, МПК<sup>7</sup> Н 02Н 3/08, Н 02Н 3/20, 2003.
2. Патент ВУ 15999, МПК Н 02Н 3/08, 3/20, 2012.
3. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. - М.: Энергоатомиздат, 2007. - С. 173-177.



Фиг. 2