

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2410812

УСТРОЙСТВО БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЙ СЕЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ БЕЗАВАРИЙНОГО ВВОДА РЕЗЕРВА

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2009108827

Приоритет изобретения 10 марта 2009 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 января 2011 г.

Срок действия патента истекает 10 марта 2029 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК

H02H3/16 (2006.01)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ****(21), (22) Заявка: 2009108827/07, 10.03.2009****(24) Дата начала отсчета срока действия патента:****10.03.2009**

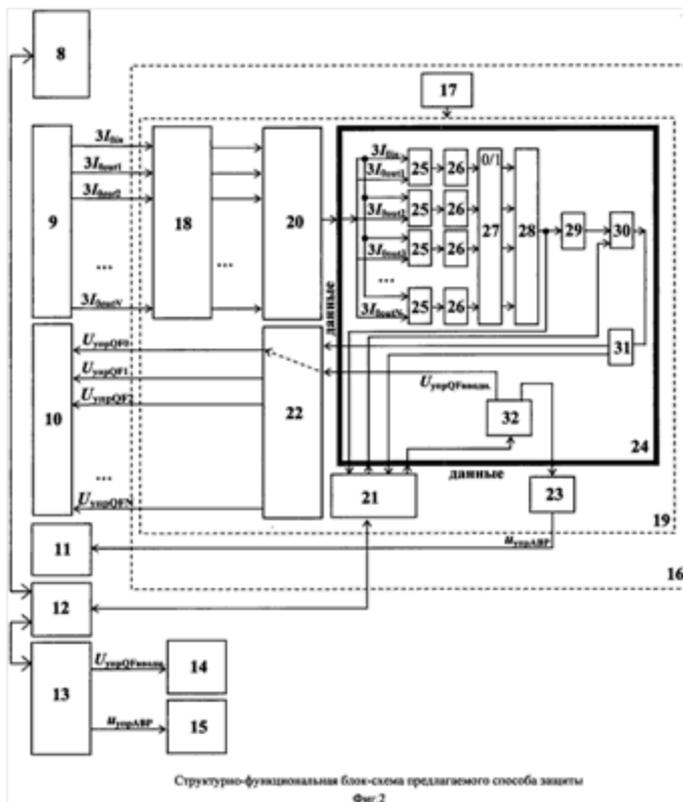
Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.03.2009**(43) Дата публикации заявки: 20.09.2010****(45) Опубликовано: 27.01.2011****(56) Список документов, цитированных в отчете о****поиске: SU 1275622 A1, 07.12.1986. RU 2303323 C1, 20.07.2007. RU 2342754 C2, 27.12.2008. US 4566053 A, 21.01.1986.**

Адрес для переписки:

**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия,
2, СПГГИ(ТУ), патентный отдел****(72) Автор(ы):****Шонин Олег Борисович (RU),
Рогов Павел Альбертович (RU)****(73) Патентообладатель(и):****Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Санкт-Петербургский
государственный горный институт имени
Г.В. Плеханова (технический
университет)" (RU)****(54) УСТРОЙСТВО БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЙ СЕЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ БЕЗАВАРИЙНОГО ВВОДА РЕЗЕРВА****(57) Реферат:**

Использование: в области электротехники и электроэнергетике. Технический результат заключается в повышении достоверности селективного определения присоединения с замыканием на землю, чувствительности устройства защиты, сокращении времени определения поврежденного фидера и обеспечении безаварийного ввода резерва при отключении поврежденной межузловой линии. В соответствии с принятым алгоритмом работы устройства в качестве контролируемых величин используются только направления токов нулевой последовательности присоединений относительно тока питающего фидера. Устройство содержит датчики тока нулевой последовательности, выключатели фидеров узла нагрузки, устройства автоматического ввода резерва, информационную сеть, устройство защиты узла нагрузки, преобразователь ток-напряжение, АЦП, исполнительный элемент, блок питания. Операции по измерению, перемножению с последующим интегрированием, кодированию сигнала, обмен информацией со смежными узлами, управление выключателями можно реализовать с помощью микропроцессорных устройств. 2 ил.



Предлагаемое изобретение относится к области электротехники и электроэнергетики и может быть использовано для определения линии с однофазным замыканием на землю с возможностью отключения и при необходимости - безаварийным автоматическим вводом резерва в трехфазных распределительных разветвленных сетях среднего класса напряжений с изолированной, компенсированной или заземленной через резистор нейтралью.

Известно устройство токовой защиты на базе реле серии РТ, которое устанавливается на каждой из защищаемых линий и определяет присоединения с однофазным замыканием на землю (ОЗЗ) на основе измерения тока нулевой последовательности (ТНП) линии [Кривенков В.В., Новелла В.Н. Релейная защиты и автоматика систем электроснабжения. - М.: Энергоиздат, 1981; Шабат М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. 3-е изд., Л.: Энергоатомиздат, 1985]. Селективность таких токовых устройств обеспечивается отстройкой от собственного емкостного тока присоединения. Недостатком способа является то, что в ряде случаев невозможно выбрать уставку защиты из условия несрабатывания реле при внешнем ОЗЗ и условия срабатывания (чувствительности) на защищаемом присоединении. На практике это приводит к "заглублению" уставки и, как следствие, - к ложным срабатываниям исправных защит. В других случаях выбор уставки невозможен, поскольку собственный емкостной ток присоединения равен или превышает значение суммы токов неповрежденных присоединений. Срабатывание защиты носит случайный характер, не связанный с уставкой. Применение таких защит целесообразно для обеспечения поперечной селективности присоединений с малыми емкостными токами [Шонин О.Б., Рогов П.А. Оценка селективности устройств защиты от однофазных замыканий на землю в шахтных сетях 6(10) кВ. Статья сборника "Записки Горного института". - СПб.: СПГИ (ТУ), 2008]. Измерение тока отягчено погрешностью трансформатора тока нулевой последовательности (ТТНП), которая зависит от амплитуды и частоты тока. Для ТТНП типа ТЗЛМ и ТЗРЛ эти погрешности составляют 18-52% [Гречухина И.В., Слышалов В.К. Расчет электромагнитного поля кабельной оболочки в режиме однофазного замыкания. - ИГЭУ, Вестник ИГЭУ, Выпуск II, Иваново]. В связи с этим выбор уставки на основе усредненных значений приводит к неверной оценке чувствительности и селективности. В разветвленных сетях в ряде случаев невозможно выбрать уставку для контролируемого параметра в силу "эксплуатационной" нестабильности схемы сети, выражающейся в изменении значений емкостных токов фидеров и суммарного емкостного тока сети, в частности, в результате отключения/подключения линий.

Большинство из рассмотренных ограничений справедливы и для устройств защиты от ОЗЗ с обратнoзависимыми времятоковыми характеристиками и для токовых устройств с централизованным определением поврежденного присоединения.

Известно устройство определения однофазных замыканий в кабельных линиях [РФ, Патент 2316010,

G01R 31/02, от 03.04.2006], содержащее N измерительных каналов, каждый из которых состоит из последовательно соединенных трансформаторов тока нулевой последовательности и согласующего каскада, подключенного к входу мультиплексора, АЦП, соединенного со входами двух измерителей - амплитудного, состоящего из последовательно соединенных АР-фильтра, усредняющего сумматора, блока оперативной памяти, блока выбора максимума, и фазового, состоящего из последовательно соединенных полосового фильтра, фазочувствительного блока, блока оперативной памяти и блока определения номера канала с отличающейся фазой, являющегося выходом фазоизмерителя, схему ИЛИ, блок определения номера секции и блок логической обработки, соответствующим образом соединенные между собой. Недостатком этого устройства является необходимость в регистрации напряжения нулевой последовательности, что требует использования соответствующего датчика, учета его погрешностей, учета периода восстановления фазных напряжений после ликвидации замыкания на землю, что приводит к увеличению зон нечувствительности защиты. При замыкании на землю через переходное сопротивление возможны отказы срабатывания защиты из-за низкого уровня напряжения нулевой последовательности. При использовании в распределительной сети нескольких электромагнитных измерительных трансформаторов напряжения возможны веерные отключения неповрежденных присоединений из-за феррорезонансных явлений. Также следует учесть, что высшие гармонические составляющие тока нулевой последовательности, с учетом которых устройство выявляет поврежденный фидер, изменяются в широком диапазоне из-за ряда случайных факторов, например коэффициент несинусоидальности напряжения сети, резонансные процессы. В ряде случаев надежная работа защит не обеспечивается в виду малого значения высших гармонических составляющих тока нулевой последовательности присоединений. Ложные срабатывания возможны и из-за погрешностей датчиков тока. При замыкании удаленного присоединения в разветвленной сети в условиях срабатывания находятся защиты нескольких узлов нагрузок и поэтому обеспечить продольную селективность не удастся.

Известно устройство селективной защиты от однофазных и многофазных замыканий на землю электрической кабельной сети с изолированной нейтралью [РФ, Патент 2317623, Н02Н 3/16, от 16.11.2006), содержащее контрольный орган состояния изоляции, выполненный на основе фильтра напряжения нулевой последовательности, и конденсатор, подключенный в цепь между изолированной нейтралью генератора и землей и кратковременно включаемый на землю исполнительным органом при повреждениях сети. Недостатком этого устройства в соответствии с идеей работы является необходимость в кратковременных включениях в схему сети дополнительных элементов, что исключает автоматический режим работы защиты и требует использования специального коммутационного и измерительного оборудования, что приводит к относительно большому времени определения поврежденного присоединения. Необходимость в искусственном замыкании на землю может вызвать развитие аварийного режима, особенно в разветвленных сетях. Для работы устройства необходим трансформатор напряжения нулевой последовательности, что накладывает ранее указанные ограничения. Надежность определения поврежденного присоединения зависит от точности измерения тока и напряжения в условиях помех в виде небаланса токов и напряжений и погрешностей соответствующих датчиков, значения которых могут достигать до 60% в зависимости от уровня сигнала и частоты сигнала.

К другим существенным недостаткам перечисленных устройств относятся:

1. несогласованность работы устройств защиты с устройствами автоматики приводит к развитию аварийного режима;
2. чувствительность к изменению конфигурации сети приводит к рассогласованию уставок в исходной и новой сети, возникающей, например, вследствие срабатывания устройств автоматики;
3. совпадение условий срабатывания в удаленном присоединении и питающих его фидерах не позволяют обеспечить селективное определение поврежденного присоединения в продольном сечении разветвленных сетей, что, в свою очередь, снижает надежность безаварийного ввода резерва.

К существенным недостаткам других известных устройств относятся:

1. использование в качестве контролируемой величины установившегося значения тока нулевой последовательности не позволяет выявить фидеры с кратковременными самоустраняющимися замыканиями [СССР, авторское свидетельство № 1277283, Н02Н 3/16, 3/26];
2. при использовании "наложенного тока" его протекание возможно не только по поврежденной линии, но и по неповрежденным линиям с относительно большой емкостью, особенно при замыканиях через большое переходное сопротивление.

Известно централизованное устройство направленной защиты от замыкания на землю в сети с изолированной или компенсированной нейтралью, принятое за прототип [SU, авторское свидетельство № 1275622, H02H 3/16]. Устройство содержит датчики тока нулевой последовательности, установленные на каждом защищаемом присоединении, выходы которых подключены к формирователям сигналов тока, и датчики напряжения, подключенные к пусковому органу напряжения и формирователю сигналов опорного напряжения. Каждый из формирователей сигналов тока включает в себя согласующий трансформатор и фильтр низших частот, датчики знака положительной и отрицательной полярностей. Пусковой орган напряжения включает в себя последовательно соединенные пороговый элемент и элемент задержки на срабатывание. Формирователь сигналов опорного напряжения содержит согласующий трансформатор, фильтр низших частот и подключен к блоку дифференцирования сигнала, который формирует опорную величину, пропорциональную скорости нарастания (изменения) мгновенных значений напряжения нулевой последовательности в момент возникновения КЗ. К выходу этого блока подключены датчики знака «+» и «-» мгновенных значений опорного напряжения. Выходы датчиков знака в цепях тока подключены к первым входам элементов И, к вторым входам которых присоединены выходы датчиков знака мгновенных значений опорного напряжения. Одновременно выходы всех датчиков знака мгновенных значений тока подключены ко входам быстродействующего токового пускового органа, включающего элемент ИЛИ на два входа и элемент задержки на возврат. Выходы элементов И через элемент ИЛИ подключены к записывающим входам элементов оперативной памяти, выходы которых присоединены к записывающим входам элементов долговременной памяти, а выходы последних - к исполнительным элементам. Однако угловые погрешности, порядка 60° для ТТНП типа ТЗЛМ и ТЗРЛ, приводят к смещению зоны максимальной чувствительности и последующему неселективному срабатыванию такой защиты. Ей необходим трансформатор напряжения нулевой последовательности. Работа устройства основана на принципе выявления направления мощности [Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей, с.141 - СПб: ПЭИПК, 2003], который позволяет обеспечить поперечную селективность. Обеспечение защитой продольной селективности в разветвленной сети невозможно, поскольку условия на срабатывание в удаленном присоединении и питающих его фидерах совпадают.

Перечисленные недостатки снижают надежность, селективность, чувствительность защит, увеличивают время выявления повреждения, повышают вероятность ложных срабатываний и аварийного ввода резерва.

Технический результат заключается в повышении достоверности селективного определения присоединения с замыканием на землю, чувствительности устройства защиты, сокращении времени определения поврежденного фидера и обеспечении безаварийного ввода резерва при отключении поврежденной межузловой линии.

Технический результат достигается тем, что устройство быстродействующей селективной защиты от однофазных замыканий на землю в трехфазных распределительных сетях среднего класса напряжений с изолированной, компенсированной или заземленной через резистор нейтралью с возможностью отключения и при необходимости безаварийным автоматическим вводом резерва, содержащее на каждом из фидеров датчик тока нулевой последовательности, исполнительный элемент, согласно изобретению включает блок питания, модуль обработки сигналов, включающий в себя преобразователь ток-напряжение с ограничением выходного сигнала по амплитуде, аналого-цифровой преобразователь, модуль обмена данными между устройствами защит через информационную сеть, модуль формирования сигнала на включение аварийного ввода резерва узла, микропроцессорное устройство с возможностью выполнения операций элементов перемножения двух величин, элементов интегрирования по конечному интервалу времени, элемента преобразования значений физических величин в логические переменные ноль/единица, логического элемента выдержки времени, элемента определения команды блокировки от защиты нижестоящего узла нагрузки, элемента выявления межузловой линии, элемента выявления повреждения вводного кабеля по команде из информационной сети от устройства защиты вышестоящего узла нагрузки, при этом датчики тока нулевой последовательности подключены к преобразователям ток-напряжение с ограничением выходного сигнала по амплитуде, соединенными с аналого-цифровым преобразователем, его выходы соединены с микропроцессором, который соединен с модулем обмена данными между устройствами защит через информационную сеть, модулем формирования сигнала на включение аварийного ввода резерва узла и исполнительным элементом.

Это позволяет повысить поперечную и обеспечить продольную селективность, повысить помехоустойчивость, исключить необходимость непосредственного измерения и сравнения токов и напряжений, отказаться от датчиков напряжения нулевой последовательности.

Устройство работает следующим образом.

Работа предлагаемого устройства защиты от ОЗЗ поясняется с помощью фрагмента типовой разветвленной распределительной сети с указанием направлений токов нулевой последовательности при ОЗЗ на линии 4 узла нагрузки 4, представленной на фиг.1, и структурно-функциональной схемы предлагаемого устройства защиты, представленной на фиг.2. Фиг.2 также иллюстрирует информационно-логические связи между блоками 8, 13, 16.

Фрагмент типовой разветвленной распределительной сети, представленный на фиг.1, содержит следующие блоки:

1, 2, 3.1, 3.2, 4 - узлы нагрузки (нумерация дана от источника питания);

1.0 - фидер питающий узел нагрузки 1;

1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 - отходящие линии 1, 2, 3, 4, 5 узла нагрузки 1;

1.6 - резервная линия питания узла нагрузки 1.

Блоками 5 представлены автоматические выключатели соответствующих фидеров и межсекционные автоматические выключатели. Блоками 6 представлены датчики тока нулевой последовательности соответствующих фидеров. Блоком 7 представлен поврежденный фидер с сопротивлением замыкания на землю R_3 фазы А.

На примере блока 1 видно, что каждый узел имеет один питающий фидер, несколько присоединений, отходящий магистральный кабель и одну линию аварийного питания. На примере блока 2 показано, что питающая линия каждого узла подключена через автоматический выключатель, все отходящие линии имеют автоматические выключатели и оснащены измерительными датчиками тока нулевой последовательности. Предполагается, что защита установлена в каждом узле нагрузки сети. Выявление поврежденного присоединения производится параллельно во всех узлах. Это позволяет быстро определить поврежденную линию независимо от числа узлов в сети. Защита обеспечивает надежную работу в узле при двух и более подключенных отходящих линиях.

Структурно-функциональная схема предлагаемого устройства защиты содержит следующие блоки и элементы:

8 - устройство защиты вышестоящего узла нагрузки, структура которого отражена блоком 16;

9 - датчики тока нулевой последовательности, например трансформаторы тока нулевой последовательности;

10 - выключатели фидеров (линий) узла нагрузки;

11 - устройство автоматического ввода резерва;

12 - информационная сеть;

13 - устройство защиты нижестоящего узла нагрузки, структура которого отражена блоком 16;

14 - вводной выключатель нижестоящего узла нагрузки;

15 - устройство автоматического ввода резерва нижестоящего узла нагрузки;

16 - устройство защиты узла нагрузки;

17 - блок питания;

18 - преобразователь ток-напряжение с ограничением выходного сигнала по амплитуде;

- 19 - модуль обработки сигналов;
- 20 - аналого-цифровой преобразователь;
- 21 - модуль обмена данными между устройствами защит типа 16 через информационную сеть 12;
- 22 - исполнительный элемент;
- 23 - модуль формирования сигнала на включение аварийного ввода резерва узла;
- 24 - микропроцессор;
- 25 - элемент перемножения двух величин;
- 26 - элемент интегрирования по конечному интервалу времени;
- 27 - элемент преобразования значений физических величин в логические переменные - ноль/единица;
- 28 - логический элемент определения поврежденной линии;
- 29 - элемент выдержки времени;
- 30 - элемент определения команды блокировки от защиты нижестоящего узла нагрузки;
- 31 - элемент выявления межузловой линии;
- 32 - элемент выявления повреждения вводного кабеля по команде из информационной сети 5 от устройства защиты вышестоящего узла нагрузки.

Сигналы с датчиков тока нулевой последовательности 9, установленных на отходящих линиях узла нагрузки ($3I_{0out1}$, $3I_{0out2}$, ..., $3I_{0outN}$) и на линии, питающей узел нагрузки ($3I_{0in}$), поступают на вход преобразователя ток-напряжение с ограничением выходного сигнала по амплитуде 18, который необходим для согласования сигналов датчиков (9) с аналого-цифровым преобразователем 20 модуля обработки сигналов 19. Выходом преобразователя ток-напряжение с ограничением сигнала (18) являются сигналы напряжения в диапазоне 0-5 В, пропорциональные соответствующим токам с датчиков (9). Положительные и отрицательные значения сигнала тока отсчитываются относительно уровня 2,5 В. Уровень выходного сигнала 0 В соответствует напряжениям на выходе преобразователя ток-напряжение 0 В и меньше. Уровень выходного сигнала 5 В соответствует напряжениям на выходе преобразователя ток-напряжение 5 В и больше. Если в схеме устройства защиты применяются датчики тока нулевой последовательности с элементами Холла, магниторезисторами, магнитодиодами или магнитотранзисторами, выходным параметром которых являются сигналы по напряжению, то для их согласования с аналого-цифровым преобразователем потребуется только ограничение по амплитуде. Минимальные параметры аналого-цифрового преобразователя, необходимые для надежной работы устройства, получены на основе компьютерного моделирования процессов ОЗЗ и составляют 150 кГц, 8 бит. Преобразованные данные о сигналах токов нулевой последовательности в линиях узла поступают на микропроцессор 24, который работает по алгоритму, основанному на преобразовании фазовых соотношений между токами нулевой последовательности в логические переменные, обмене информации между узлами нагрузок, выявлении поврежденного фидера на основе анализа логических переменных. Суть алгоритма заключается в том, что направления тока нулевой последовательности в отходящих присоединениях по отношению к направлению тока питающего фидера, кодируются как логическая единица при синфазности сравниваемых токов или как логический ноль при их противофазности или малом уровне токов присоединений.

Мгновенные значения сигналов с датчиков тока нулевой последовательности отходящих линий перемножаются (25) с мгновенным значением с датчика тока нулевой последовательно питающей узел линии. Полученное произведение численно интегрируется (26) по конечному интервалу времени. Время интегрирования выбирается из условия отстройки от помех, например, вызванных коммутациями в сети. Положительный сигнал на выходе 26 указывает на синфазность токов, отрицательный - на противофазность. Кодирование сигналов (27) осуществляется путем сравнения каждого с уставкой небаланса тока нулевой последовательности, выбранной в зависимости от типа датчиков 9 и параметров защищаемой распределительной сети. Если значение сигнала меньше или равно уставке, то он принимается равным нулю, если больше, то сигнал нормируется до значения 1. Поврежденная

линия узла нагрузки определяется на основе логических операций (28). Поврежденным считается отходящий фидер, кодирование результата произведения которого дает единицу при условии, что кодирование остальных дает ноль. При отсутствии поврежденной линии повторяется обработка новых входных сигналов от датчиков. При выявлении поврежденной линии 28 посредством модуля обмена данными 21 формируется команда блокировки на срабатывание защит вышестоящих узлов нагрузки (28), которая поступает в информационную сеть 12. Защита вышестоящего узла нагрузки 8 получает команду блокировки по информационной сети 12, которая не допускает отключение защитой (8) выявленного отходящего поврежденного фидера. Это обеспечивает продольную селективность в разветвленной сети, что позволяет однозначно выявить и отключить только поврежденное присоединение. При наличии команды блокировки повторяется обработка новых значений сигналов с датчиков, а работа программы приостанавливается (29) на время, необходимое для выявления поврежденного фидера защитой нижестоящего узла и получение команды блокировки от защиты нижестоящего узла нагрузки.

Если в узле выявлена поврежденная линия (28) и при этом не поступила команда блокировки от защиты нижестоящего узла (30), то когда необходимо обеспечить функции безаварийного ввода резерва, осуществляется проверка выявленной линии на принадлежность к междузловой (31). Номера междузловых линий вводятся в устройство при установке защиты на конкретном узле нагрузки. Такое задание возможно, например, посредством микропереключателей или с помощью программной оболочки модуля защиты. Если линия оказалась не междузловой, то посредством исполнительного элемента 22 на выключатель (10) поврежденной линии поступает управляющая команда на отключение ($U_{упрQF1...N}$). Если линия оказалась междузловой, то вместе с вышеописанным формированием команды отключения поврежденной линии посредством модуля обмена данными 21, в информационную сеть 12 поступает команда устройству защиты нижестоящего узла нагрузки на формирование команды отключения ($U_{упрQFвводн}$) вводного выключателя 14 и формирование команды автоматического ввода резерва ($U_{упрABP}$) системе АВР 15 нижестоящего узла нагрузки.

Исполнительный элемент 22 необходим для преобразования слаботочных сигналов с микропроцессора 24 в сигналы управления высоковольтными выключателями. Это может быть обеспечено при помощи реле.

Необходимость в обеспечении безаварийного ввода резерва, как правило, возникает при повреждении в междузловой линии схемы "разомкнутое кольцо", когда необходимо двухстороннее отключение магистрального фидера и автоматический ввод резерва.

Модуль обработки сигналов получает питание от стабилизированного блока 17 (DC +5 В), подключенного к цепям оперативного питания подстанции/распределительного устройства.

В соответствии с принятым алгоритмом работы устройства отсутствует необходимость в измерении напряжений нулевой последовательности в узлах нагрузок, в качестве контролируемых величин используются только направления токов нулевой последовательности присоединений относительно тока питающего фидера, при этом отсутствует необходимость в непосредственном измерении токов и выборе соответствующих уставок, как это принято в других защитах. Это повышает помехоустойчивость, а своевременное селективное выявление и отключение поврежденного присоединения позволяет исключить возможность возникновения двойных замыканий на землю.

Предлагаемое устройство защиты от ОЗЗ может быть применено в разветвленных сетях любой конфигурации при различных соотношениях между емкостями линий, позволяет быстро и селективно выявить поврежденную линию и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к защитам шахтных сетей. Быстрая локализация позволяет снизить вероятность повреждения электрическим током, вероятность взрывов, пожаров. Повышение селективности и надежности защиты исключает развитие аварийных режимов, неоправданные отключения линий, перерывы в электроснабжении. Устройство позволяет осуществлять безаварийные вводы резерва. Все это способствует повышению эффективности производства.

Для практического осуществления предлагаемой защиты от ОЗЗ могут быть использованы известные функциональные элементы. Для подключения защиты к сети можно использовать штатные, установленные на линиях в подстанциях, распределительных устройствах трансформаторы тока нулевой последовательности. Трансформаторы напряжения нулевой последовательности, обычно применяемые в распределительных устройствах, для реализации защиты не требуются. Операции по измерению, перемножению с последующим интегрированием, кодированию сигнала, обмен информацией со смежными узлами, управление выключателями можно реализовать сравнительно просто с помощью микропроцессорных устройств. Это позволяет при сравнительно небольших

материальных затратах обеспечить надежную, селективную и быстродействующую защиту сети от ОЗЗ.

На основе анализа структур и параметров высоковольтных разветвленных кабельных сетей шахт объединения ОАО «Воркутауголь»: "Воргашорская", "Заполярная", "Воркутинская" были разработаны модели распределительных сетей в среде Simulink системы MatLab v.7. В разработанной модели предложенный способ определения линии с ОЗЗ был реализован: а) с использованием математических и логических блоков Simulink и б) с помощью S-функции, содержащей программу выявления повреждения и управления выключателями, написанную на языке Microsoft Visual C++, согласно заявленному способу. Последняя модель работает в дискретной области времени и тем самым учитывает специфику работы микропроцессорных устройств защиты. Разработанные модели подтвердили заявленные преимущества алгоритма определения ОЗЗ в стационарных и переходных режимах замыкания.

Экспериментальная проверка устройства защиты, реализующего предлагаемый способ, была выполнена в лаборатории кафедры электротехники и электромеханики СПГГИ (ТУ). Целью эксперимента являлась проверка селективности отключения поврежденной линии, правильность подачи сигналов блокировок и оценка времени отключения поврежденных линий. Устройство защиты реализовано в виде модуль-контроллера, разработанном на базе процессора AT MEGA 16-16.

Основные параметры модуль-контроллера:

- восемь аналоговых входов, с диапазоном измерения потока от -200 мА до +200 мА;
- устройство чувствительно к току от 2 мА, с учетом аналогового преобразования ток-напряжение в соответствующее напряжение диапазона 0-5 В и последующего аналого-цифрового преобразования (200 кГц, 8 бит);
- восемь дискретных выходов, типа "сухой контакт" с напряжением и током коммутации каждого 100 В, 1 А соответственно;
- оперативная память 16 кБ;
- вывод данных измерений и промежуточных расчетов на ПК посредством USB интерфейса; данные отображаются посредством программы-оболочки, разработанной для модуль-контроллера на языке Delphi v.7.0; индикация состояний коммутационных аппаратов осуществляется с помощью информационной панели модуль-контроллера;
- возможность интеграции в единую систему защиты распределительной сети на базе интерфейса Ethernet.

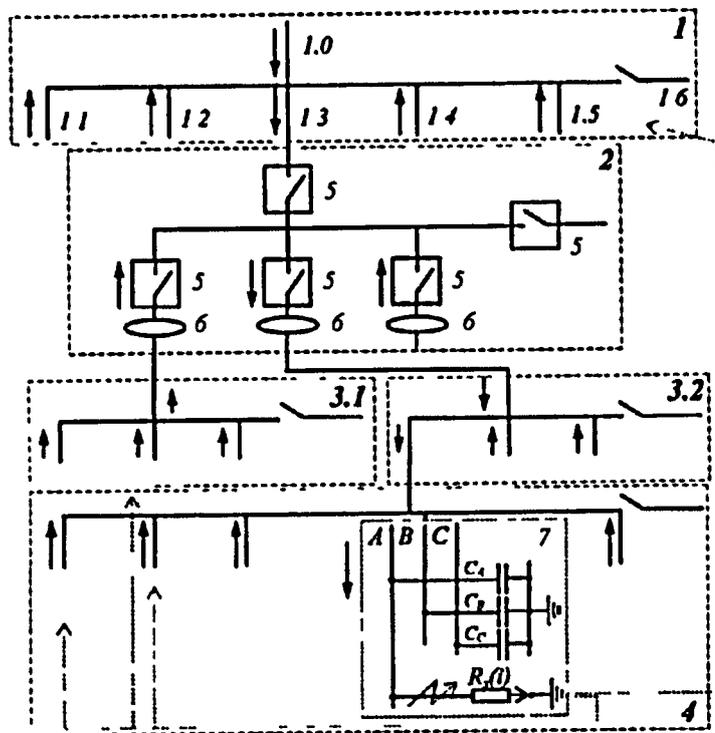
Программа, управляющая работой модуль-контроллера, написана на языке IAR Embedded Workbench, загружена и скомпилирована при помощи программы PonyProg2000.

Сигналы датчиков тока, подаваемые на вход модуль-контроллера, воспроизводились цифроаналоговыми преобразователями (с частотой 100 кГц, 8 бит) платы сбора данных.

Формула изобретения

Устройство быстродействующей селективной защиты от однофазных замыканий на землю в трехфазных распределительных сетях среднего класса напряжений с изолированной, компенсированной или заземленной через резистор нейтралью с возможностью отключения и при необходимости безаварийным автоматическим вводом резерва, содержащее на каждом из фидеров датчик тока нулевой последовательности, исполнительный элемент, отличающееся тем, что оно включает блок питания, модуль обработки сигналов, включающий в себя преобразователь ток-напряжение с ограничением выходного сигнала по амплитуде, аналого-цифровой преобразователь, модуль обмена данными между устройствами защит через информационную сеть, модуль формирования сигнала на включение аварийного ввода резерва узла, микропроцессорное устройство с возможностью выполнения операций элементов перемножения двух величин, элементов интегрирования по конечному интервалу времени, элемента преобразования значений физических величин в логические переменные ноль/единица, логического элемента выдержки времени, элемента определения команды блокировки от защиты нижестоящего узла нагрузки, элемента выявления межфазной линии, элемента выявления повреждения вводного кабеля по команде из информационной

сети от устройства защиты вышестоящего узла нагрузки, при этом датчики тока нулевой последовательности подключены к преобразователям ток-напряжение с ограничением выходного сигнала по амплитуде, соединенными с аналого-цифровым преобразователем, его выходы соединены с микропроцессором, который соединен с модулем обмена данными между устройствами защит через информационную сеть, модулем формирования сигнала на включение аварийного ввода резерва узла и исполнительным элементом.



Фрагмент типовой разветвленной распределительной сети, содержащей пять узлов нагрузки

Фиг.1