

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **18620**

(13) **С1**

(46) **2014.10.30**

(51) МПК

H 02H 9/04 (2006.01)

H 02H 7/09 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ ГРОВОВЫХ И КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

(21) Номер заявки: а 20120432

(22) 2012.03.23

(43) 2013.10.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Протосовицкий Иван Васильевич; Шевчик Николай Евгеньевич; Протосовицкий Дмитрий Иванович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет" (ВУ)

(56) RU 2247459 C2, 2005.

ВУ 7902 U, 2012.

ВУ 8922 C1, 2007.

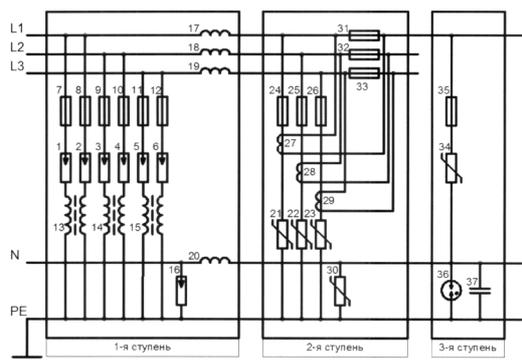
EA 006997 B1, 2006.

GB 2292490 A, 1996.

US 7106572 B1, 2006.

(57)

Устройство для защиты электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети, содержащее последовательно подключенные в линейные провода первую, вторую и третью ступени защиты; первая ступень содержит шесть попарно подключенных разрядников, шесть попарно подключенных предохранителей, три двухобмоточных трансформатора, причем каждый из разрядников одним выводом через соответствующий предохранитель подключен к соответствующему фазовому проводу, второй вывод каждого разрядника подключен отдельно для каждой фазы к началам обмоток соответствующего двухобмоточного трансформатора, концы обмоток указанных трансформаторов подключены к нулевому защитному проводнику, седьмой разрядник, подключенный между нулевыми рабочим и защитным проводниками; между первой и второй ступенью подключены четыре разделительных импульсных дросселя; вторая ступень содержит три варистора, три предохранителя, три промежуточных



ВУ 18620 С1 2014.10.30

ВУ 18620 С1 2014.10.30

трансформатора тока, три предохранителя с токоограничением, причем каждый из варисторов первым выводом через последовательно соединенный предохранитель и первичную обмотку соответствующего промежуточного трансформатора подключен к соответствующей фазе сети, а вторым выводом - к нулевому защитному проводнику, причем начало первичной обмотки каждого трансформатора подключено к соответствующему предохранителю, конец - к первому выводу соответствующего варистора, а предохранители с токоограничением подключены по одному в каждый фазный провод, причем вторичные обмотки промежуточных трансформаторов подключены с возможностью дополнительного нагрева плавких вставок предохранителей с токоограничением, четвертый варистор, подключенный между нулевыми рабочим и защитным проводниками; третья ступень содержит варистор, подключенный первым выводом через предохранитель к фазе защищаемой сети, а вторым выводом - к нулевому рабочему проводнику, газонаполненный разрядник и конденсатор, подключенные между нулевыми рабочим и защитным проводниками; номиналы предохранителей, установленных в фазных проводах, равны номиналам предохранителей, установленных в цепях защиты варисторов.

Заявляемое изобретение предназначено для защиты электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений и может быть использовано в электроэнергетике, а именно в низковольтных электрических сетях.

Известно устройство для защиты от перенапряжений, содержащее подключенные между защищаемым объектом и землей, соединенные последовательно нелинейные резисторы, а также искровые промежутки, шунтирующие часть нелинейных резисторов, которые объединены в нечетное количество модулей, к каждому соединенным последовательно трем модулям подключены два искровых промежутка, при этом в каждой тройке модулей первый искровой промежуток подключен параллельно соединенным последовательно верхнему и среднему модулям, а второй искровой промежуток подключен параллельно соединенным последовательно среднему и нижнему модулям [1].

Недостатками известной схемы являются достаточно высокий уровень ограничения напряжения и значительная величина остаточного напряжения, обусловленные количеством последовательно включенных резисторов, делающие данное устройство неэффективным для защиты элементов электропередачи и электрооборудования от коммутационных перенапряжений. Также нецелесообразно использование искровых промежутков для шунтирования нелинейных резисторов, т.к. в случае отсутствия пробоя искровых промежутков через каждый последовательно соединенный резистор будет протекать значительный импульсный ток при коммутационных или грозовых перенапряжениях, что негативным образом сказывается на нелинейных резисторах.

Известен также ограничитель внутренних перенапряжений в трехфазных сетях с изолированной и компенсированной нейтралью, содержащей первые три оксидноцинковых резистора, подключенных первыми выводами к соответствующим фазам сети, вторые выводы соединены в первую звезду. При этом в него введены вторые три оксидноцинковых резистора, первые выводы которых подключены к фазам сети, вторые выводы соединены во вторую звезду, нейтрали первой и второй звезд заземлены соответственно через третий и четвертый оксидноцинковые резисторы, шесть диодов, причем второй вывод резистора фазы А первой звезды подключен к аноду первого диода, второй вывод резистора фазы В первой звезды подключен к катоду первого диода и аноду второго диода, второй вывод резистора фазы С первой звезды подключен к катоду второго диода и аноду третьего диода, катод которого подключен к первому выводу третьего резистора, второй вывод которого заземлен, второй вывод фазы А второй звезды подключен к катоду четвертого диода, второй вывод резистора фазы В второй звезды подключен к аноду четвертого диода и катоду пятого диода, второй вывод резистора фазы С второй звезды подключен к аноду пя-

того диода и катоду шестого диода, анод которого подключен к первому выводу четвертого резистора, второй вывод которого заземлен [2].

Недостатками данного устройства являются недостаточно эффективное использование входящих в его состав нелинейных резисторов и относительная сложность монтажа схемы защитного устройства

Прототипом заявляемого устройства для защиты электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений в низковольтных сетях является зональная концепция защиты от перенапряжений, изложенная в [3], которой предусматривается трехступенчатая схема включения защитных устройств. Ограничители перенапряжений в первых двух ступенях: разрядники для первой, варисторы для второй ступеней, включаются между фазными (L1, L2, L3), нулевым рабочим (N) проводами и нулевым защитным проводом (PE) для ограничения синфазных перенапряжений, в третьей ступени, устанавливаемой непосредственно у защищаемого оборудования, варисторы включаются между фазным и нулевым рабочим проводами, а газонаполненный разрядник между нулевым рабочим и нулевым защитным проводами для ограничения противофазных перенапряжений. При размещении ограничителей перенапряжения первой и второй ступеней рядом друг с другом используется дополнительная индуктивность в виде импульсного разделительного дросселя, подобранного в соответствии с номинальным током.

Недостатки прототипа состоят в следующем.

Известная схема включения является общим случаем и недостаточно учитывает особенности защиты электрооборудования при различных условиях и не всегда гарантирует надежную защиту от грозовых и коммутационных перенапряжений.

В первой ступени предусматривается включение по одному разряднику в каждую фазу сети, что не обеспечивает должного уровня безопасности, т.к. при выходе его из строя, как правило, при превышении токовой нагрузки может произойти повреждение защищаемого оборудования и последующих ступеней защиты.

Во второй ступени применение предохранителей в качестве токовой защиты для предотвращения коротких замыканий только в цепи защищаемого устройства и отсутствие координации с отключающим устройством в цепи питания электропотребителей может привести к ситуации, когда при перегорании плавких вставок предохранителей в цепи варисторов и их отключении нагрузка не будет отключена от сети и подвергнется воздействию импульсных перенапряжений.

В третьей ступени включение между нулевыми рабочим и защитным проводами газонаполненного разрядника не решает вопроса полного снятия потенциала с нейтрального рабочего провода и электромагнитной совместимости в связи с тем, что нулевой рабочий проводник практически всегда находится под определенным потенциалом (от единиц до десятков вольт), зависящим от симметричности распределения нагрузки по фазам, но этого напряжения будет недостаточно для срабатывания газонаполненных разрядников.

Технической задачей заявляемого изобретения является повышение надежности и эффективности устройств защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений в низковольтных электрических сетях, а также повышение уровня защищенности электрооборудования.

Поставленная задача достигается тем, что устройство для защиты электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети содержит последовательно подключенные в линейные провода первую, вторую и третью ступени защиты; первая ступень содержит шесть попарно подключенных разрядников, шесть попарно подключенных предохранителей, три двухобмоточных трансформатора, причем каждый из разрядников одним выводом через соответствующий предохранитель подключен к соответствующему фазовому проводу, второй вывод каждого разрядника подключен отдельно для каждой фазы к началам обмоток соответствующего двухобмоточного трансформатора, концы обмоток указанных трансформаторов подключены к ну-

ВУ 18620 С1 2014.10.30

левому защитному проводнику, седьмой разрядник, подключенный между нулевым рабочим и защитным проводниками; между первой и второй ступенью подключены четыре разделительных импульсных дросселя; вторая ступень содержит три варистора, три предохранителя, три промежуточных трансформатора тока, три предохранителя с токоограничением, причем каждый из варисторов первым выводом через последовательно соединенный предохранитель и первичную обмотку соответствующего промежуточного трансформатора подключен к соответствующей фазе сети, а вторым выводом - к нулевому защитному проводнику, причем начало первичной обмотки каждого трансформатора подключено к соответствующему предохранителю, конец - к первому выводу соответствующего варистора, а предохранители с токоограничением подключены по одному в каждый фазный провод, причем вторичные обмотки промежуточных трансформаторов подключены с возможностью дополнительного нагрева плавких вставок предохранителей с токоограничением, четвертый варистор, подключенный между нулевыми рабочими и защитными проводниками; третья ступень содержит варистор, подключенный первым выводом через предохранитель к фазе защищаемой сети, а вторым выводом - к нулевому рабочему проводнику, газонаполненный разрядник и конденсатор, подключенные между нулевыми рабочими и защитными проводниками; номиналы предохранителей, установленных в фазных проводах, равны номиналам предохранителей, установленных в цепях варисторов.

Результатом применения в первой ступени защиты дополнительных разрядников является снижение токовой нагрузки на каждый разрядник в отдельности, улучшение других защитных характеристик, гарантирование более приемлемых условий для работы следующих ступеней защиты. Применение двухобмоточных трансформаторов необходимо для гарантированного срабатывания обоих разрядников и равномерного распределения между ними токовой нагрузки.

Во второй ступени в целях защиты потребителя от повреждения в случае выхода из строя варисторов последовательно с варисторами включены первичные обмотки промежуточных трансформаторов тока, вторичные обмотки которых обеспечивают дополнительный нагрев установленных в фазные провода предохранителей с токоограничением.

Практика показывает, что в случае отключения варисторов от сети в не зависимости от того, какой режим за этим последует (короткое замыкание при повреждении варисторов, или защищаемое электрооборудование будет подвергнуто воздействию перенапряжения при успешном отключении варисторов от сети), терморасцепители в автоматических выключателях, установленных в линиях, не успевают отреагировать в подобных ситуациях из-за тепловой инерционности конструкции и защищаемое электрооборудование окажется включенным на аварийный режим.

Для того чтобы предотвратить повреждение защищаемого электрооборудования, перед автоматическими выключателями дополнительно установлены предохранители с токоограничением, связанные через трансформатор тока с цепью защиты варистора. Основные преимущества предохранителей по сравнению с автоматическими выключателями заключаются в значительно меньшем времени срабатывания при одинаковых номиналах, предохранители имеют более высокую стойкость к импульсным токам значительных величин, соответственно являются более простыми и надежными по конструкции.

Номиналы предохранителей, установленных в фазных проводах, должны быть равны номиналам предохранителей, установленных в цепях защиты варисторов.

Координация предохранителей, установленных в цепи варистора и фазных проводах, обеспечивается посредством дополнительного нагрева плавкой вставки предохранителей, установленных в фазных проводах, вторичной обмоткой промежуточных трансформаторов тока, подключенных первичной обмоткой последовательно с варисторами.

ВУ 18620 С1 2014.10.30

Установка в третьей ступени конденсатора позволяет устранить описанные выше недостатки третьей ступени прототипа без применения дорогостоящих фильтров и дополнительных устройств, что особенно важно для третьей ступени защиты.

В итоге благодаря более четкой координации значений срабатывания ступеней защиты, возможности увеличения значений и равномерного распределения токовой нагрузки между разрядниками первой ступени защиты, гарантированного отключения электрооборудования от сети в случае повреждения варисторов во второй ступени, снижения уровня потенциала в нулевом рабочем проводе достигается необходимый уровень надежности, эффективности и защищенности оборудования.

Предложенное устройство для защиты электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети по сравнению с прототипом обладает следующими преимуществами: увеличение пропускной способности по току первой ступени и улучшение ее защитных характеристик; более высокий уровень защищенности электрооборудования, обусловленный конструктивными особенностями второй ступени (исключение возможности повреждения защищаемого потребителя в случае повреждения аппаратов защиты второй ступени); способствует улучшению электромагнитной совместимости благодаря конструктивным особенностям третьей ступени.

На фигуре приведен общий вид заявляемого устройства.

Устройство для защиты электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети функционально состоит из трех ступеней.

Первая ступень - из разрядников 1, 2, 3, 4, 5, 6, попарно подключенных одним концом в каждый фазный провод (1, 2 в L1; 3, 4 в L2; 5, 6 в L3) через предохранители (7, 8 для L1; 9, 10 для L2; 11, 12 для L3), а вторые концы подключены отдельно для каждой фазы к началам обмоток двухобмоточных трансформаторов (13 в L1; 14 в L2; 15 в L3), концы обмоток которых присоединены к нулевому защитному проводнику (PE), и разрядника 16, включенного между нулевыми рабочим (N) и защитным (PE) проводниками.

Между первой и второй ступенью установлены разделительные импульсные дроссели 17, 18, 19, 20.

Вторая ступень - из варисторов 21, 22, 23, включенных одним концом через последовательно соединенные предохранители 24, 25, 26 и первичные обмотки промежуточных трансформаторов 27, 28, 29 в фазы сети L1, L2, L3; варистора 30, подключенного между нулевыми рабочим (N) и защитным (PE) проводниками, предохранителей с токоограничением 31, 32, 33, включенных в фазные провода, дополнительный нагрев плавких вставок которых обеспечивается вторичными обмотками трансформаторами тока 27, 28, 29 в соответствии с фазой.

Третья ступень - варистор 34, подключенный одним концом через предохранитель 35 к фазе защищаемой сети, а вторым концом - к нулевому рабочему проводнику (N); газонаполненный разрядник 36 и конденсатор 37, включенные между нулевыми рабочим (N) и защитным (PE) проводниками.

Работа предложенного устройства осуществляется следующим образом.

При воздействии высоковольтного импульса (к примеру, в фазе L1) вследствие естественного разброса пробивных напряжений разрядников первоначально срабатывает только один разрядник (например, разрядник 1). Протекающий при этом через разрядник 1 и обмотку промежуточного трансформатора 13 ток приводит к появлению в сердечнике магнитного потока намагничивания, в результате чего на второй обмотке возникает напряжение противоположного знака по отношению к напряжению в фазном проводе L1, что приводит к увеличению напряжения в межэлектродном пространстве и срабатыванию разрядника 2. При этом взаимодействие магнитных потоков приводит к выравниванию токов в разрядниках.

При превышении проходящим током опасных значений для разрядников они будут отключены предохранителями 7, 8.

ВУ 18620 С1 2014.10.30

Дальнейшее прохождение импульса в сеть вызывает включение варистора 21 второй ступени. При превышении током, проходящим через варистор 21, опасной для него величины или его разрушении, для предотвращения короткого замыкания, срабатывает предохранитель 24, в это время этот ток, протекая по первичной обмотке промежуточного трансформатора тока 27, создаст напряжение на его вторичной обмотке, что вызывает протекание токов через плавкие вставки предохранителя 31, создавая их дополнительный нагрев и перегорание в случае отключения варисторов от сети, тем самым предохраняя защищаемое электрооборудование от повреждения.

Окончательное снижение уровня высоковольтных помех происходит на третьей ступени варистором 34, тепловая защита которого выполнена предохранителем 35.

Селективность срабатывания первой и второй ступеней защиты обеспечивается импульсными разделительными дросселями 17, 18, 19, 20, установленными в линейные провода. В связи с тем что третья ступень устанавливается непосредственно у потребителя и на значительном расстоянии от второй ступени, селективность срабатывания обеспечивается за счет увеличения индуктивного сопротивления металлических жил провода, поэтому дополнительных устройств для обеспечения селективности не требуется.

Аналогично происходит процесс снятия перенапряжения в фазах L1 и L2.

При появлении перенапряжения в нулевом рабочем проводе (N) происходит постепенное снижение перенапряжения по мере прохождения ступеней защит: разрядника 16 в первой ступени, варистора 30 во второй и газонаполненного разрядника 36 в третьей. При индуцированных напряжениях, возникающих на подводящих к чувствительным приборам линиях недостаточной величины для открытия газонаполненного разрядника, потенциал с нулевого рабочего провода будет снят при помощи конденсатора 37.

Предлагаемое устройство обеспечивает безотказную работу всех типов электрооборудования в самых сложных условиях и повысит их устойчивость к перенапряжениям.

Технический результат, достигаемый при этом, заключается в повышении уровня защищенности электрооборудования, надежности и эффективности защиты за счет оптимизации ее пороговых напряжений срабатывания для каждой ступени защиты, в зависимости от допустимых величин перенапряжений на подключаемом к сети электрооборудовании, отключения потребителя от сети в случае повреждения защитных устройств, распределения токовой нагрузки между разрядниками в первой ступени защиты.

Источники информации:

1. Патент RU 2292617 С1, МПК Н 02Н 9/06, Н 02Т 4/00, 2007.
2. Патент RU 2085002 С1, МПК Н 02Н 9/06, Н 02Н 9/04, 1997.
3. ТКП 336-2011 (02230) "Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций". Глава 5. Молния и ее воздействия. Раздел 5.6. Основные критерии молниезащиты зданий, сооружений и систем энергосбережения; Глава 8. Электрические и электронные системы внутри зданий и сооружений. Раздел 8.1. Разработка и установка системы мер защиты от электромагнитного импульса от разрядов молнии (прототип).