

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **17548**

(13) **С1**

(46) **2013.10.30**

(51) МПК

H 02H 9/04 (2006.01)

H 02H 7/09 (2006.01)

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

(21) Номер заявки: а 20110797

(22) 2011.06.09

(43) 2013.02.28

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

(72) Авторы: Протосовицкий Иван Ва-
сильевич; Шевчик Николай Евгень-
евич; Протосовицкий Дмитрий Ива-
нович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусский государственный
аграрный технический универси-
тет" (ВУ)

(56) RU 2085002 C1, 1997.

ВУ 6991 U, 2011.

ВУ 8922 C1, 2007.

RU 2251775 C2, 2005.

RU 2257654 C1, 2005.

SU 1274069 A1, 1986.

CA 1288463 C, 1991.

DE 3820807 A1, 1989.

(57)

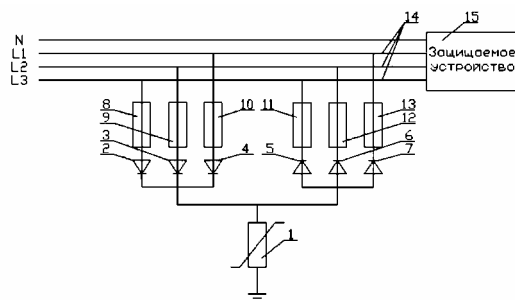
Устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети, содержащее два независимых соединения типа "звезда", каждое из которых содержит три ограничителя перенапряжения, подключенные одним выводом в соответствующую фазу сети, а другим - к выпуску заземления, при этом ограничители перенапряжения содержат ограничительные диоды и подключены к фазам защищаемого оборудования через предохранители с токоограничением, в первом соединении "звездой" - анодами, во втором - катодами, а общие точки двух соединений "звездой" связаны с выводом заземления через ограничитель перенапряжения нелинейный, причем ограничительные диоды выбраны в соответствии с выражением:

$$U_{\text{диода}} + U_{\text{ОПН}} < U_{\text{имп}},$$

где $U_{\text{диода}}$ - напряжение открытия ограничительных диодов, $U_{\text{ОПН}}$ - напряжение открытия ограничителя перенапряжения нелинейного, $U_{\text{имп}}$ - импульсное напряжение сети, питающей защищаемое оборудование,

$$U_{\text{имп}} \approx 1,1U_{\text{раб}},$$

где $U_{\text{раб}}$ - рабочее напряжение сети, питающей защищаемое оборудование.



Устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети.

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

Известно устройство для защиты от коммутационных перенапряжений, содержащее подключенные между защищаемым объектом и землей последовательно соединенные высоконелинейные резисторы, параллельно части которых подключены пары последовательно включенных блоков искровых промежутков, параллельно одному из которых в каждой паре подключена цепочка из последовательно соединенных коммутатора и первого резистора, общая точка которых соединена через второй резистор с высоконелинейными резисторами, причем отношение сопротивлений высоконелинейных резисторов пропорционально отношению пробивных напряжений шунтирующих их искровых промежутков, которые параллельно коммутаторам подключены конденсаторы [1].

Недостатками этого устройства являются недостаточно высокое быстродействие, низкая эффективность для защиты бытового и электронного оборудования и неэффективное использование нелинейных резисторов. Следует учитывать, что при кратковременных импульсах перенапряжений в линии электропитания защищаемое электронное оборудование может выйти из строя до того, как сработает данный вид защиты.

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 [2].

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.

Известно устройство защиты оборудования от перенапряжений, содержащее группу токоограничивающих элементов, каждый из которых последовательно включен в один из проводов линий защищаемого оборудования, группу ограничителей перенапряжений, каждый из которых соединен входом с одним из проводов линий защищаемого оборудования, причем выходами ограничители перенапряжений соединены между собой "звездой", общая точка которой связана с выводом заземления, отличающееся тем, что общая точка "звезды" связана с выводом заземления через конденсатор, емкость которого выбирается из условия: постоянная времени цепи заряда конденсатора через токоограничивающие элементы должна быть больше минимальной длительности перенапряжений, причем параллельно конденсатору включен дополнительный ограничитель перенапряжения, причем напряжение срабатывания дополнительного ограничителя перенапряжений выбирается большим напряжения измерительного прибора, используемого для измерения сопротивления изоляции, или прибора контроля наличия замыкания, а напряжение срабатывания остальных ограничителей перенапряжения выбирается меньшим напряжения указанного измерительного прибора, причем оно содержит токоограничивающие элементы из состава

ва: резистор, катушка индуктивности, их комбинация, причем оно содержит ограничители перенапряжения из состава: разрядники, варисторы, комбинация разрядников и варисторов, полупроводниковые ограничители перенапряжений, причем дополнительный ограничитель перенапряжения выполнен в виде разрядника [3].

Недостатками известного устройства являются высокий уровень ограничения перенапряжения, значительная величина остаточного напряжения и недостаточная скорость срабатывания при больших амплитудах и скорости нарастания фронта перенапряжений, обусловленные включением в качестве дополнительного ограничителя перенапряжений разрядника. Кроме того, конденсатор, связывающий устройство с выводом заземления, при перенапряжениях больших амплитуд, вследствие пробоя обкладок, выйдет из строя, что в свою очередь скажется на надежности работы устройства.

Прототипом заявляемого устройства для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений в низковольтной сети является ограничитель внутренних перенапряжений в трехфазных сетях с изолированной и компенсированной нейтралью, содержащей первые три оксидноцинковых резистора, подключенные 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 пятого диода и катоду шестого диода, анод которого подключен к первому выводу четвертого резистора, второй вывод которого заземлен [4].

Недостатки прототипа состоят в следующем.

В известном устройстве для получения эффекта поляризации в каждую из двух независимых "звезд" включены три последовательных диода, однако отсутствует их защита по току, что может привести к их пробую и при определенных обстоятельствах (полное выгорание диодов) к замыканию внутри устройства, что в свою очередь скажется на надежности работы устройства и на уровне защищенности электрооборудования.

Кроме того, относительная сложность монтажа и применение большого количества нелинейных резисторов, защитные характеристики которых со временем ухудшаются и следовательно нуждаются в периодической замене, требуют постоянного контроля за устройством, что значительно усложняет эксплуатацию.

Также следует учитывать, что применение данного устройства для защиты большого количества распределенной нагрузки не является экономически целесообразным, т.к. при распределенной нагрузке аппараты защиты рекомендуется устанавливать непосредственно у защищаемой нагрузки, что потребует установки большого количества данных устройств, но ввиду большой стоимости нелинейных резисторов это потребует больших капиталовложений на монтаж и последующую эксплуатацию.

Технической задачей изобретения является повышение надежности и снижение стоимости устройства защиты от коммутационных перенапряжений, а также расширение арсенала устройств защиты от перенапряжения.

Поставленная задача достигается устройством для защиты от коммутационных перенапряжений в низковольтной сети, содержанием двух независимых соединений типа "звезда", каждое из которых содержит три ограничителя перенапряжения, подключенные одним выводом в соответствующую фазу сети, а другим - к выпуску заземления, при этом

ограничители перенапряжения содержат ограничительные диоды и подключены к фазам защищаемого оборудования через предохранители с токоограничением, в первом соединении "звездой" - анодами, во второй - катодами, а общие точки двух соединений "звездой" связаны с выводом заземления через ограничитель перенапряжения нелинейный, причем ограничительные диоды выбраны в соответствии с выражением:

$$U_{\text{дио́да}} + U_{\text{ОПН}} < U_{\text{имп}},$$

где $U_{\text{дио́да}}$ - напряжение открытия ограничительных диодов; $U_{\text{ОПН}}$ - напряжение открытия ограничителя перенапряжения нелинейного; $U_{\text{имп.}}$ - импульсное напряжение сети, питающей защищаемое оборудование,

$$U_{\text{имп}} \approx 1,1 \cdot U_{\text{раб}},$$

где $U_{\text{раб}}$ - рабочее напряжение сети, питающей защищаемое оборудование.

В результате применение ограничительных диодов вместо комбинации нелинейных резисторов и диодов для ограничения перенапряжений дает ряд преимуществ: повышение надежности и долговечности устройства, т.к. защитные характеристики полупроводниковых ограничительных диодов по сравнению с нелинейными резисторами не ухудшаются с течением времени и, следовательно, не нуждаются в постоянном контроле, стоимость полупроводниковых ограничительных диодов значительно ниже стоимости комбинации нелинейных резисторов и диодов с аналогичными техническими характеристиками, что значительно снижает затраты на устройства защиты.

Дополнительным преимуществом заявляемого устройства для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети является возможность применять только один ОПН для защиты трехфазной линии.

Напряжение срабатывания и технические характеристики ограничительных диодов и ОПН выбираются из условия:

$$U_{\text{дио́да}} + U_{\text{ОПН}} < U_{\text{имп}} (U_{\text{имп}} \approx 1,1 U_{\text{раб}}),$$

где $U_{\text{дио́да}}$ - напряжение открытия ограничительных диодов; $U_{\text{ОПН}}$ - напряжение открытия ограничителя перенапряжения нелинейного; $U_{\text{имп}}$ и $U_{\text{раб}}$ - импульсное и рабочее напряжения сети, питающей защищаемое оборудование.

Что позволяет обеспечить напряжение ограничения импульсов коммутационных напряжений на уровне напряжения питания. Также благодаря конструктивным особенностям устройства в нормальном режиме ОПН не включен под напряжение сети, так как практически все рабочее напряжение сети приложено к ограничительным диодам, вследствие чего не происходит деградации и ухудшения его защитных характеристик, что повышает надежность устройства.

Применение предохранителей с токоограничением позволяет ограничить величину тока, протекающего от линии через ограничительные диоды и ОПН, по достижению им максимально допустимого для ограничительных диодов значения. Ток плавкой вставки предохранителя выбирается равным максимальному импульсному току ограничения диода $I_{\text{ррт}}$, принимаемым из его паспортных данных. При достижении импульсным током значений, недопустимых для ограничительных диодов, плавкая вставка перегорает, разрывая цепь до достижения тока $I_{\text{ррт}}$, тем самым защищая ограничительные диоды от разрушения и вывода устройства для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений из строя.

Подобная защита ограничительных диодов оправдана, т.к. замена предохранителей технически и экономически целесообразнее замены ограничительных диодов, которые при высокой стоимости являются достаточно чувствительными элементами. В случае перегорания предохранителей возможна их оперативная замена и повторное включение устройства в работу в кратчайшие сроки. Тем самым в результате снижения риска выхода устройства из строя гарантируется надежность и долговечность защитного устройства.

Предложенное устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети, по сравнению с прототипом, обладает следую-

щими преимуществами: высокая аппаратная надежность, обусловленная простотой исполнения и применением защиты по току (сокращение количества отказов и выхода устройства из строя, по сравнению с прототипом, до 5-10 %); снижение стоимости и амортизационных издержек.

Устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети поясняется фигурой, где приведена принципиальная электрическая схема заявляемого устройства.

Устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети содержит первую "звезду", состоящую из ограничительных диодов 2, 3, 4, подключенных анодами через предохранители с токоограничением 8, 9, 10 к соответствующим фазам сети 14, параллельно защищаемому оборудованию 15, вторую "звезду", состоящую из ограничительных диодов 5, 6, 7, подключенных катодами через предохранители с токоограничением 11, 12, 13 к соответствующим фазам сети 14, параллельно защищаемому оборудованию 15. Общие точки двух "звезд" связаны с выводом заземления через ОПН 1.

В соответствии с предложенной схемой устройство работает следующим образом: в установившемся режиме (при отсутствии импульсного напряжения, постоянных значений напряжения питания и тока нагрузки защищаемого электрооборудования 15) напряжение в фазах сети 14 равно номинальному, ОПН 1 и диоды 2, 3, 4, 5, 6, 7 заперты, ток через в цепи защитного устройства не протекает, так как к полупроводниковым ограничительным диодам и ОПН не приложено достаточного для их открытия напряжения.

При появлении перенапряжения ($> 1,1 U_{\text{раб}}$) в положительной полуволне любой из фаз открываются соответствующие диоды 2, 3, 4 и через ОПН 1 гасится возникшее перенапряжение. После снижения напряжения по синусоиде до номинального значения ток через ограничительные диоды 2, 3, 4 и ОПН 1, вследствие их нелинейных характеристик, протекать не будет.

При появлении перенапряжения ($> 1,1 U_{\text{раб}}$) в отрицательной полуволне любой из фаз открываются соответствующие диоды, процесс гашения перенапряжения происходит аналогично, как и в положительной полуволне.

В случае достижения импульсным током, протекающим по защитному устройству, значений, недопустимых для ограничительных диодов 2, 3, 4, 5, 6, 7, плавкая вставка предохранителей 8, 9, 10, 11, 12, 13 перегорает, разрывая цепь до достижения тока $I_{\text{ррт}}$, что предохраняет ограничительные диоды от разрушения и вывода устройства для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений из строя в целом.

Таким образом, создано эффективное устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений в низковольтной электрической сети и расширен арсенал устройств защиты от перенапряжения.

Технический результат, достигаемый при этом, заключается в повышении надежности и эффективности защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений за счет снижения возможности выхода защитного устройства из строя путем применения защитных токоограничивающих аппаратов, уменьшение стоимости, благодаря снижению капиталовложения, необходимых для монтажа и эксплуатации устройств.

Источники информации:

1. Патент RU 2009596 C1, МПК Н 02Н 9/06, Н 02Т 4/00, 1994.
2. Патент RU 2292617 C1, МПК Н 02Н 9/06, Н 02Т 4/00, 2007.
3. Патент RU 2337449 C1, МПК Н 02Н 9/06, 2008.
4. Патент RU 2085002 C1, МПК Н 02Н 9/06, Н 02Н 9/04, 1997 (прототип).