



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02H 7/12 (2006.01); H02M 1/16 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017128168, 07.08.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.08.2017

Дата регистрации:
22.12.2017

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 07.08.2017

(45) Опубликовано: 22.12.2017 Бюл. № 36

Адрес для переписки:
652632, Кемеровская обл., г. Белово, ул.
Апрельская, 38, Стрельников П.А.

(72) Автор(ы):
Стрельников Павел Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Стрельников Павел Александрович (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 90629 U1, 10.01.2010. RU 85045
U1, 20.07.2009. RU 2341002 C1, 10.12.2008. EP
3086458 A1, 26.10.2016. US 9641099 B2,
02.05.2017.

(54) Устройство для снижения коммутационных потерь мостового/полумостового инвертора напряжения

(57) Реферат:

Устройство для снижения коммутационных потерь мостового/полумостового инвертора напряжения относится к области электротехники и может быть использовано в транзисторных мостовых и полумостовых преобразователях электроэнергии для устранения бросков тока через силовые транзисторные ключи при их коммутации, снижения коммутационных потерь в силовых ключах инвертора и связанного с этим повышения КПД преобразователя. Коллектор первого основного транзисторного ключа, зашунтированного антипараллельным диодом, подключен к положительному выводу питания, а его эмиттер связан с выводом средней точки полумоста и коллектором второго основного транзисторного ключа, также зашунтированного антипараллельным диодом. Эмиттер второго основного транзисторного ключа связан с отрицательным выводом питания. Один вывод демпферного конденсатора связан с выводом средней точки полумоста, а другой его вывод соединен с отрицательным выводом питания. Коллектор первого вспомогательного транзисторного ключа, зашунтированного

антипараллельным диодом, подключен к выводу первого разделительного конденсатора, другой вывод которого подключен к положительному выводу питания. Эмиттер первого вспомогательного транзисторного ключа связан с коллектором второго вспомогательного транзисторного ключа, также зашунтированного антипараллельным диодом, эмиттер которого связан с выводом второго разделительного конденсатора, другой вывод которого подключен к отрицательному выводу питания, который также связан с выводом конденсатора, другой вывод которого подключен к положительному выводу питания. Вывод средней точки полумоста также связан с выводом дросселя, другой вывод которого связан с коллектором второго вспомогательного транзисторного ключа. Технический результат заключается в снижении уровня бросков и осцилляций напряжения на основных транзисторных ключах устройства, снижении уровня полевых и кондуктивных помех, а также в дополнительном снижении тепловых потерь в основных силовых транзисторных ключах и антипараллельных им диодах. 2 ил.

Полезная модель относится к области электротехники и может быть использована в транзисторных мостовых и полумостовых преобразователях электроэнергии для устранения бросков тока через силовые транзисторные ключи при их коммутации, снижения коммутационных потерь в силовых ключах инвертора и связанного с этим повышения КПД преобразователя.

Известно устройство [1. Патент РФ на полезную модель №85045, опубл. 20.07.2009 г., МПК H02M 1/16, H02M 3/155], содержащее два основных транзисторных ключа, образующих основную транзисторную стойку с подключенными к ним антипараллельными обратными диодами, к которым также подключены два демпферных конденсатора. К средней точке транзисторной стойки также подключен вывод средней точки полумоста. Устройство также содержит два вспомогательных транзисторных ключа, образующих вспомогательную транзисторную стойку с подключенными к ним антипараллельными обратными диодами, причем коллекторы транзисторных стоек подключены к положительному выводу питания, а эмиттеры транзисторных стоек подключены к отрицательному выводу питания. Устройство также содержит дроссель, выводы которого подключены к средним точкам транзисторных стоек.

Описанный автором режим работы [1] предполагает, что при работе устройства, размыкание любого из основных ключей сопровождается перехватом тока этого ключа демпферными конденсаторами, за счет чего осуществляется ограничение фронта напряжения на этом транзисторном ключе и, в следствие этого, снижаются коммутационные потери при его размыкании. Замыкание вспомогательных транзисторных ключей позволяет перезарядить демпферные конденсаторы таким образом, чтобы обеспечить замыкание основных силовых ключей при нуле напряжения.

Однако, при реализации устройства [1] на базе стандартных силовых полумостовых транзисторных модулей, подключение демпферного конденсатора, выводы которого связаны с положительным выводом питания и выводом средней точки полумоста, должно производиться между крайними выводами силового модуля. Такое подключение демпферного конденсатора при использовании компланарных шин питания, ортогональных плоскости выводом силового модуля, приводит к образованию существенной паразитной индуктивности, включенной последовательно с указанным демпферным конденсатором. Эта паразитная индуктивность в сочетании с емкостями демпферных конденсаторов образует паразитный колебательный контур и приводит к появлению опасных резонансных процессов, возникающих при размыкании основных транзисторных ключей. Указанные процессы приводят к броскам и высокочастотным осцилляциям напряжения на основных транзисторных ключах при их размыкании, способным вывести из строя эти ключи и соответствующие им антипараллельные диоды. Помимо этого, указанные высокочастотные осцилляции напряжения на запертых транзисторных ключах и антипараллельных им диодах приводят к дополнительному тепловыделению в этих элементах, вызванному протеканием высокочастотного тока через них в силу наличия эквивалентной выходной емкости разомкнутого транзисторного ключа и барьерной емкости запертого диода. Также указанные высокочастотные колебания напряжения создают высокочастотные помехи как кондуктивного, так и полевого типов, способные нарушать нормальную работу блоков системы управления преобразователем.

Известно устройство [2. Патент РФ на полезную модель №90629, опубл. 10.01.2010 г., МПК H02M 1/16, H02M 3/155], содержащее два основных транзисторных ключа, образующих основную транзисторную стойку с подключенными к ним

антипараллельными обратными диодами, к которым также подключены два демпферных конденсатора. К средней точке транзисторной стойки также подключен вывод средней точки полумоста. Коллектор основной транзисторной стойки подключен к положительному выводу питания, а ее эмиттер - к отрицательному выводу питания.

5 Устройство также содержит два вспомогательных транзисторных ключа, образующих вспомогательную транзисторную стойку с подключенными к ним антипараллельными обратными диодами, причем коллекторы указанных транзисторных стоек соединены друг с другом через разделительный конденсатор, а эмиттеры этих транзисторных стоек соединены друг с другом также через разделительный конденсатор. Устройство
10 также содержит дроссель, подключенный к средним точкам транзисторных стоек. Данное устройство взято за прототип, как наиболее близкое по технической сути к заявляемой полезной модели.

Принцип работы прототипа [2] заключается в ограничении фронта напряжения на основных транзисторных ключах при их выключении за счет перехвата тока
15 соответствующего транзисторного ключа демпферными конденсаторами. Вспомогательные транзисторные ключи, образующие вторую транзисторную стойку предназначены для перезаряда демпферных конденсаторов перед включением основных транзисторных ключей для обеспечения включения соответствующего ключа при нуле напряжения на нем. Дроссель и разделительные конденсаторы, предназначены для
20 обеспечения квазирезонансных процессов перезаряда демпферных конденсаторов при замыкании вспомогательных транзисторных ключей.

Описанный автором режим работы прототипа [2] также предполагает, что при работе устройства, размыкание любого из основных ключей сопровождается перехватом тока этого ключа демпферными конденсаторами, за счет чего осуществляется
25 ограничение фронта напряжения на этом транзисторном ключе и, в следствие этого, снижаются коммутационные потери при его размыкании. Замыкание вспомогательных транзисторных ключей позволяет перезарядить демпферные конденсаторы таким образом, чтобы обеспечить замыкание основных силовых ключей при нуле напряжения.

Однако устройство [2], в силу идентичности большей части существенных признаков, также обладает перечисленными недостатками, присущими устройству [1]. При
30 использовании силовых полупроводниковых модулей и ортогональных шин питания, подключение конденсатора к крайним выводам силового модуля приводит к образованию паразитного колебательного контура и, вследствие этого, опасным броскам и осцилляциям напряжения на основных силовых ключах, приводящим к
35 выходу из строя силовых транзисторных ключей, повышенному тепловыделению на транзисторных ключах и соответствующих им антипараллельных диодах и к высокочастотным помехам, нарушающим нормальную работу блоков системы управления преобразователя.

Технической проблемой является высокий уровень бросков и высокочастотных осцилляций напряжения в устройствах [1, 2], связанный с указанной паразитной индуктивностью, при использовании силовых полупроводниковых модулей и ортогональных шин питания, а также повышенное тепловыделение в силовых транзисторных ключах и антипараллельных диодах, связанное с протеканием высокочастотного тока, вызванного указанными осцилляциями.

45 Технический результат заключается в снижении уровня бросков и осцилляций напряжения на основных транзисторных ключах устройства, снижение уровня полевых и кондуктивных помех, а также в дополнительном снижении тепловых потерь в основных силовых транзисторных ключах и антипараллельных им диодах.

Технический результат достигается следующим образом.

Заявляемая полезная модель также, как и прототип содержит два основных и два вспомогательных транзисторных ключа, один демпферный и два разделительных конденсатора, дроссель и четыре диода. Причем коллектор первого основного транзисторного ключа, зашунтированного антипараллельным диодом, подключен к положительному выводу питания, а его эмиттер связан с выводом средней точки полумоста и коллектором второго основного транзисторного ключа, также зашунтированного антипараллельным диодом. Эмиттер второго основного транзисторного ключа связан с отрицательным выводом питания. Один вывод демпферного конденсатора подключен к выводу средней точки полумоста, а другой вывод демпферного конденсатора подключен к отрицательному выводу питания. Коллектор первого вспомогательного транзисторного ключа, зашунтированного антипараллельным диодом, подключен к выводу первого разделительного конденсатора. Другой вывод первого разделительного конденсатора подключен к коллектору первого основного транзисторного ключа. Эмиттер первого вспомогательного транзисторного ключа связан с коллектором второго вспомогательного транзисторного ключа, также зашунтированного антипараллельным диодом, эмиттер которого связан с выводом второго разделительного конденсатора. Другой вывод второго разделительного конденсатора подключен к эмиттеру второго основного транзисторного ключа. Вывод средней точки полумоста также связан с выводом дросселя, другой вывод которого связан с коллектором второго вспомогательного транзисторного ключа.

В отличие от прототипа, заявляемая полезная модель дополнительно содержит конденсатор, причем один его вывод связан с положительным выводом питания, а другой его вывод подключен к отрицательному выводу питания.

Совокупность существенных признаков заявляемой полезной модели среди известных источников информации заявителем не обнаружена, что подтверждает ее новизну.

Отличительные признаки полезной модели в совокупности с известными признаками прототипа позволяют достигнуть заявленного технического результата.

Техническая суть полезной модели поясняется чертежами. На фиг. 1 показана функциональная схема заявляемой полезной модели. На фиг. 2 показан пример реализации устройства на базе силовых полумостовых модулей и ортогональной шины питания.

Устройство для снижения коммутационных потерь мостового/полумостового инвертора напряжения, схема которого представлены на фиг. 1, содержит транзисторные ключи 1, 5, 9, 12 диоды 2, 6, 10, 13 конденсаторы 8, 11, 14, 16, дроссель 15, выходы питания 3, 7 и вывод средней точки полумоста 4.

Коллектор первого основного транзисторного ключа 1, зашунтированного антипараллельным диодом 2, подключен к положительному выводу питания 3, а его эмиттер связан с выводом средней точки полумоста 4 и коллектором второго основного транзисторного ключа 5, также зашунтированного антипараллельным диодом 6. Эмиттер второго основного транзисторного ключа 5 связан с отрицательным выводом питания 7. Один вывод демпферного конденсатора 8 соединен с выводом средней точки полумоста 4. Другой вывод конденсатора 8 соединен с отрицательным выводом питания 7. Коллектор первого вспомогательного транзисторного ключа 9, зашунтированного антипараллельным диодом 10, подключен к выводу первого разделительного конденсатора 11, другой вывод которого подключен к положительному выводу питания 3. Эмиттер первого вспомогательного транзисторного ключа 9 связан с коллектором

второго вспомогательного транзисторного ключа 12, также зашунтированного антипараллельным диодом 13, эмиттер которого связан с выводом второго разделительного конденсатора 14, другой вывод которого подключен к отрицательному выводу питания 7. Коллектор второго основного транзисторного ключа 5 связан с выводом дросселя 15, другой вывод которого связан с коллектором второго вспомогательного транзисторного ключа 12. Один вывод конденсатора 16 соединен с положительным выводом питания 3, а другой вывод конденсатора 16 соединен с отрицательным выводом питания 7.

На фиг. 2 представлено аксонометрическое изображение примера реализации устройства на базе полупроводниковых модулей и ортогональной шины питания. Устройство, представленное на фиг. 2 представляет собой мостовой инвертор напряжения с заявляемым устройством для снижения коммутационных потерь. Устройство содержит три полумостовых транзисторных модуля, один из которых образует транзисторную стойку основных транзисторных ключей с антипараллельными диодами 1, второй модуль образует транзисторную стойку вспомогательных транзисторных ключей с антипараллельными диодами 2, а третий модуль образует дополнительную транзисторную стойку основных транзисторных ключей мостового инвертора с антипараллельными диодами 3. Также устройство содержит компланарную шину питания ортогонального типа 4 с расположенными на ней конденсаторами 5, разделительные конденсаторы 6, демпферный конденсатор 7 и теплосъемник 8. Выводы каждого полумостового модуля расположены в следующем порядке. Вывод средней точки полумостовой транзисторной стойки модуля расположен слева, вывод эмиттера транзисторной стойки расположен по центру модуля, а вывод коллектора транзисторной стойки расположен справа. Таким образом, демпферный дроссель, не показанный на данной фигуре, должен быть подключен между двумя выводами средних точек модулей 1 и 2. Нагрузка мостового инвертора должна быть подключена между выводами средних точек модулей 1 и 3. Конденсатор, подключенный между положительным и отрицательными выводами питания в схеме, представленной на фиг. 1, в данном примере на фиг. 2 выполнен из нескольких конденсаторов 5, соединенных параллельно и установленных на шину питания устройства 4. Разделительные конденсаторы 6 подключены между эмиттерными и коллекторными выводами полумостовых модулей 1 и 2 соответственно. Демпферный конденсатор 7 подключен между эмиттерным выводом и выводом средней точки модуля 1. Все перечисленные подключения согласуются со схемой, представленной на фиг. 1.

Как видно из примера, представленного на фиг. 2, подключение конденсатора прототипа, связанного с положительным выводом питания устройства и выводом средней точки полумоста при использовании ортогональной шины питания затруднено, поскольку его подключение должно производиться между крайними выводами модуля 1. При этом его близкому подключению препятствует шина питания 4. Подключение указанного конденсатора с более длинными выводами приводит к возникновению значительных токовых контуров, существенной паразитной индуктивности в цепи конденсатора и обозначенным недостаткам прототипа.

Устройство, техническая суть которого отражена на фиг. 1, работает следующим образом. Исходное состояние следующее: все транзисторные ключи разомкнуты, диоды закрыты, напряжения на конденсаторах равны нулю. При замыкании ключа 9, формируется квазирезонансный процесс заряда конденсатора 8 по контуру 8-7-3-11-9-15-8. Параметры резонансного процесса при этом определяются конденсаторами 8, 11 и дросселем 15. По окончании заряда конденсатора 8 до напряжения питания,

происходит открытие диода 2 и контур протекания тока становится следующим: 11-9-15-2-11. Поскольку конденсатор 8 более не находится в контуре протекания тока, параметры резонансного процесса определяются только дросселем 15 и конденсатором 11. Замыкание ключа 1 в этот момент происходит при нуле напряжения на нем.

5 Потенциал вывода 4 при этом становится равным потенциалу вывода 3 и через вывод 4 может протекать ток диагонали мостового/полумостового инвертора напряжения. После замыкания ключа 1, ключ 9 может быть разомкнут. Ток дросселя 15 при этом рекуперирован в конденсатор 16 по контуру 15-1-16-14-13-15. Конденсатор 16 должен обладать достаточной емкостью для, чтобы энергия дросселя 15, рекуперированная в
10 конденсатор 16 не приводила к существенному повышению напряжения питания. При практической реализации устройства пульсация этого напряжения может быть ограничена на уровне 5-10%, что является незначительным. В дальнейшем рекуперированная энергия также используется для питания устройства. По окончании процесса рекуперации, диод 13 запирается и ток через дроссель 15 прекращается. По
15 окончании требуемой длительности открытого состояния ключа 1, производят его выключение. При этом ток ключа 1 перехватывается демпферным конденсатором 8 и фронт напряжения на ключе 1 затягивается. Таким образом обеспечивается снижение коммутационных потерь при коммутации ключа 1.

При работе во втором полупериоде происходят идентичные процессы. При замыкании
20 ключа 12, формируется квазирезонансный процесс разряда конденсатора 8 по контуру 8-15-12-14-8. Параметры резонансного процесса при этом определяются конденсаторами 8, 14 и дросселем 15. По окончании разряда конденсатора 8 до нулевого напряжения, происходит открытие диода 6 и контур протекания тока становится следующим: 15-12-14-6-15. Замыкание ключа 5 в этот момент происходит при нуле напряжения на нем.
25 Потенциал вывода 4 при этом становится равным нулю. После замыкания ключа 5, ключ 12 может быть разомкнут. Ток дросселя 15 при этом рекуперирован в конденсатор 16 по контуру 15-10-11-16-5-15. По окончании процесса рекуперации, диод 10 запирается и ток через дроссель 15 прекращается. По окончании требуемой длительности открытого состояния ключа 5, производят его выключение. При этом ток ключа 5 перехватывается
30 конденсатором 8 и фронт напряжения на ключе 5 затягивается. Таким образом, достигается снижение коммутационных потерь при коммутации ключа 5.

Из описанного режима работы видно, что появление тока дросселя 15 и начало квазирезонансного процесса зависит от напряжения на конденсаторе 8 в момент замыкания соответствующего вспомогательного ключа. При напряжении, равном
35 напряжению питания, на конденсаторе 8 в момент замыкания ключа 9 или нулевом напряжении на конденсаторе 8 в момент замыкания ключа 12, токов через вспомогательные ключи не возникает. В свою очередь, напряжение на конденсаторе 8 в эти моменты определяется величиной тока нагрузки мостового/полумостового инвертора, протекающего через вывод 4. Таким образом, при достаточно высоком
40 уровне тока нагрузки, перезаряд конденсатора 8 будет производиться автоматически и никаких тепловых потерь во вспомогательных цепях снаббера не возникает, однако в тех случаях, когда ток нагрузки будет недостаточно высок, снаббер обеспечит мягкое переключение основных транзисторных ключей без бросков тока через них.

При этом, отсутствие паразитной индуктивности, образованной выводами
45 конденсатора прототипа, подключенного между положительным выводом питания и выводом средней точки полумоста, приводит к устранению соответствующего паразитного колебательного контура и существенному снижению бросков и осцилляций напряжения на основных транзисторных ключах при их выключении, способных

вывести из строя силовые элементы устройства, что является одним из основных преимуществ полезной модели относительно прототипа [2]. Это преимущество особенно эффективно при использовании ортогональных шин питания. В примере конструктивного исполнения, представленном на фиг. 2 видно, что подключение вышеуказанного демпферного конденсатора прототипа было бы затруднено, поскольку конструктивно его подключению препятствует шина питания устройства. С другой стороны, использование ортогональных шин питания имеет ряд преимуществ по сравнению с классическими плоскими компланарными шинами. Представленная на фиг. 2 конструкция, полученная за счет использования нового заявляемого схемотехнического решения с использованием стандартной элементной базы, позволяет получить компактное расположение элементов устройства, избегая длинных токовых контуров, приводящих к существенным паразитным индуктивностям и, как следствие, к существенным паразитным высокочастотным резонансным процессам. За счет снижения уровня этих опасных резонансных процессов дополнительно снижается уровень тепловых потерь, вызванных осцилляциями напряжения на закрытых основных транзисторных ключах и запертых антипараллельных им диодах, а также снижается уровень высокочастотных помех как кондуктивного, так и полевого типов, создаваемых устройством.

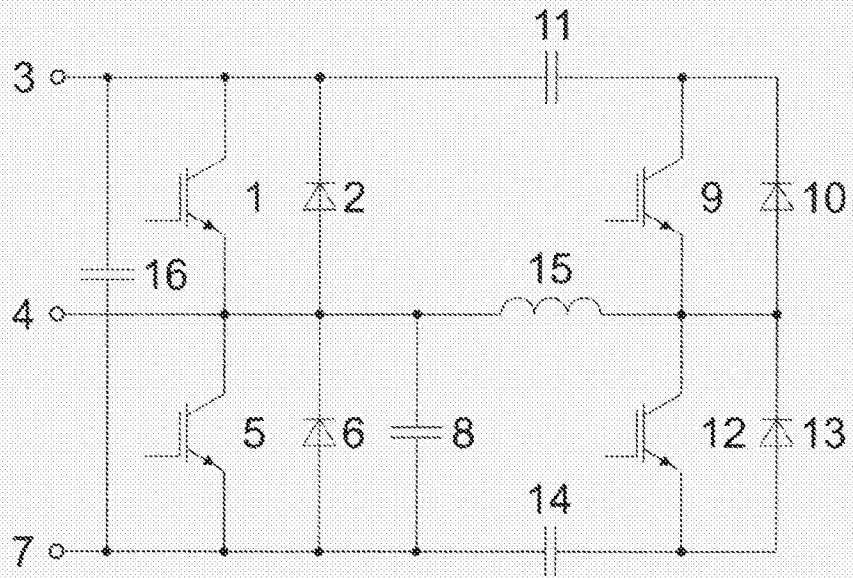
Таким образом, в заявляемой полезной модели достигается заявленный технический результат.

Заявляемая полезная модель является промышленно применимой, так как может быть многократно реализована с помощью серийно выпускаемых элементов с достижением указанного технического результата.

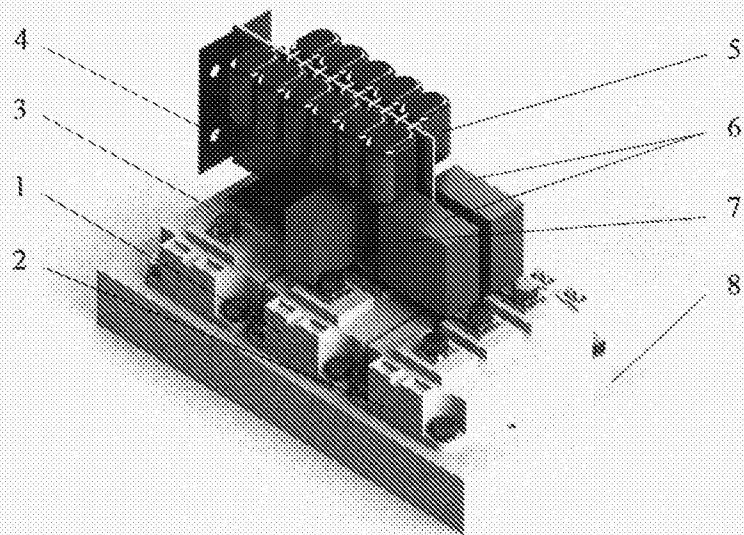
(57) Формула полезной модели

Устройство для снижения коммутационных потерь мостового/полумостового инвертора напряжения, содержащее четыре транзисторных ключа, четыре диода, три конденсатора, дроссель, причем коллектор первого транзисторного ключа, зашунтированного антипараллельным диодом, соединен с положительным выводом питания, а его эмиттер подключен к выводу средней точки полумоста, к которой также подключен коллектор второго транзисторного ключа, зашунтированного антипараллельным диодом, эмиттер которого соединен с отрицательным выводом питания, к которому также подключен вывод демпферного конденсатора, другой вывод которого связан с выводом средней точки полумоста, причем к положительному выводу питания также подключен вывод первого разделительного конденсатора, другой вывод которого подключен к коллектору третьего транзисторного ключа, зашунтированного антипараллельным диодом, эмиттер которого связан с коллектором четвертого транзисторного ключа, зашунтированного антипараллельным диодом, и выводом дросселя, другой вывод которого подключен к выводу средней точки полумоста, причем эмиттер четвертого транзисторного ключа связан с выводом второго разделительного конденсатора, другой вывод которого связан с отрицательным выводом питания, отличающееся тем, что дополнительно содержит конденсатор, причем один его вывод связан с положительным выводом питания, а другой его вывод подключен к отрицательному выводу питания устройства.

Устройство для снижения коммутационных потерь мостового/полумостового инвертора напряжения



Фиг. 1



Фиг. 2