



(51) МПК
H02M 3/337 (2006.01)
H02M 3/338 (2006.01)
H02M 7/523 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02M 3/337 (2006.01); *H02M 3/338* (2006.01); *H02M 7/523* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016130008, 26.02.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 26.02.2015

Дата регистрации:
 13.11.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
 27.02.2014 EP 14156928.5

(43) Дата публикации заявки: 28.03.2018 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 13.11.2018 Бюл. № 32

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 27.09.2016

(86) Заявка РСТ:
 EP 2015/053977 (26.02.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:
 WO 2015/128397 (03.09.2015)

Адрес для переписки:
 190000, Санкт-Петербург, ВОХ 1125,
 "ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

**МЭДСЕН Микки П (ДК),
 КОВАЧЕВИЧ Милован (ДК)**

(73) Патентообладатель(и):

**ДЕНМАРКС ТЕКНИСКЕ
 УНИВЕРСИТЕТ (ДК)**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2427068 C2, 20.08.2011. RU 2010140813 A, 20.04.2012. RU 2012140675 A, 27.03.2014. EA 8526 B1, 29.06.2007. US 2007171680 A1, 26.07.2007. US 20120250356 A1, 04.10.2012. WO 2013150352 A1, 10.10.2013. WO 2006114719 A1, 02.11.2006. EP 1858146 A1, 10.01.2007.

(54) РЕЗОНАНСНЫЙ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ МОЩНОСТИ С УПРАВЛЕНИЕМ ВКЛЮЧЕНИЕМ И ВЫКЛЮЧЕНИЕМ

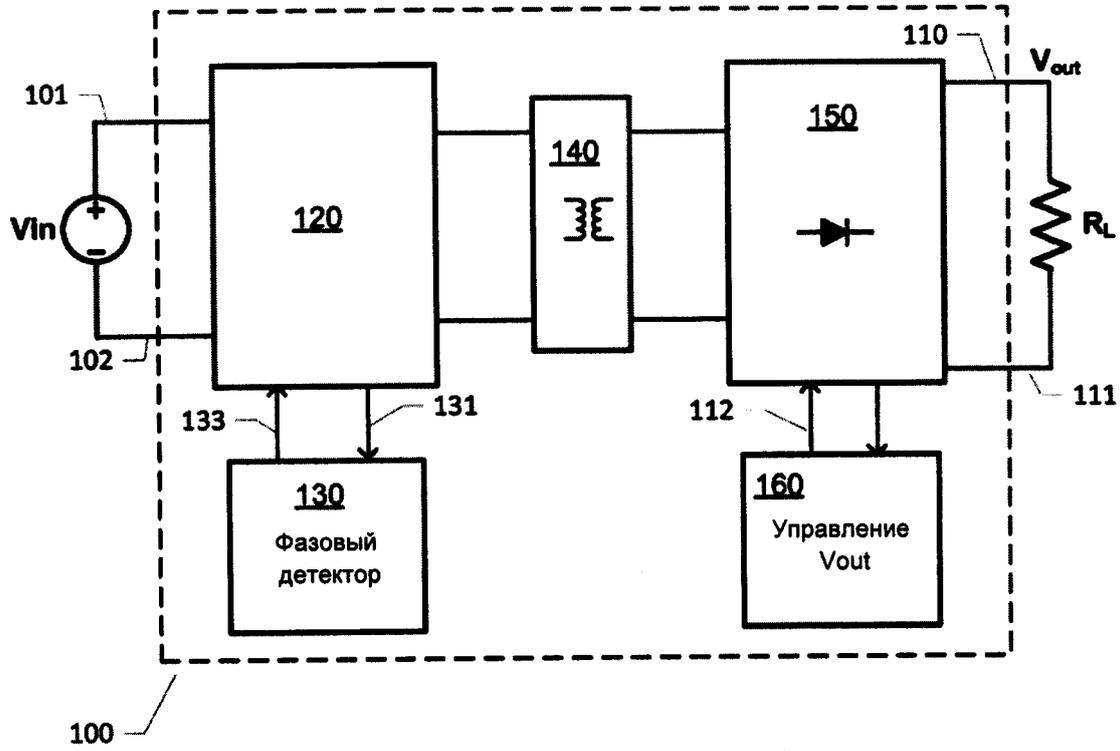
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в резонансных DC-DC преобразователях. Техническим результатом является упрощение при обеспечении высокого качества регулирования выходного напряжения преобразователя. Резонансный DC-DC (постоянного напряжения в постоянное напряжение) преобразователь мощности содержит цепь входной стороны с положительным и отрицательным входными

выводами для приема входного напряжения или тока и цепь выходной стороны с положительным и отрицательным выходными выводами для подачи выходного напряжения преобразователя и соединения с нагрузкой преобразователя. Резонансный DC-DC преобразователь мощности дополнительно содержит цепь выпрямления, соединенную между выходом резонансного контура и цепью выходной стороны. Резонансный контур выполнен с возможностью поочередной зарядки от входного напряжения или тока и

разрядки через цепь выпрямления посредством первого управляемого переключающего устройства в соответствии с первым управляющим сигналом переключателя. Второе управляемое переключающее устройство резонансного DC-DC преобразователя мощности выполнено с возможностью выбора первой импедансной характеристики резонансного контура в первом состоянии переключателя и выбора второй импедансной характеристики

резонансного контура во втором состоянии переключателя. Цепь управления выходным напряжением или током выполнена с возможностью регулировки выходных напряжения и/или тока преобразователя посредством активации и прерывания первого управляющего сигнала переключателя в соответствии с состоянием переключателя второго управляемого переключающего устройства. 2 н. и 17 з.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ. 1

RU 2672260 C2

RU 2672260 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02M 3/337 (2006.01)
H02M 3/338 (2006.01)
H02M 7/523 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H02M 3/337 (2006.01); *H02M 3/338* (2006.01); *H02M 7/523* (2006.01)

(21)(22) Application: **2016130008, 26.02.2015**

(24) Effective date for property rights:
26.02.2015

Registration date:
13.11.2018

Priority:

(30) Convention priority:
27.02.2014 EP 14156928.5

(43) Application published: **28.03.2018** Bull. № 10

(45) Date of publication: **13.11.2018** Bull. № 32

(85) Commencement of national phase: **27.09.2016**

(86) PCT application:
EP 2015/053977 (26.02.2015)

(87) PCT publication:
WO 2015/128397 (03.09.2015)

Mail address:
**190000, Sankt-Peterburg, BOX 1125,
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**MEDSEN Mikki P (DK),
KOVACHEVICH Milovan (DK)**

(73) Proprietor(s):

**DENMARKS TEKNISKE UNIVERSITET
(DK)**

(54) **ON AND OFF CONTROLLED RESONANT DC-DC POWER CONVERTER**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

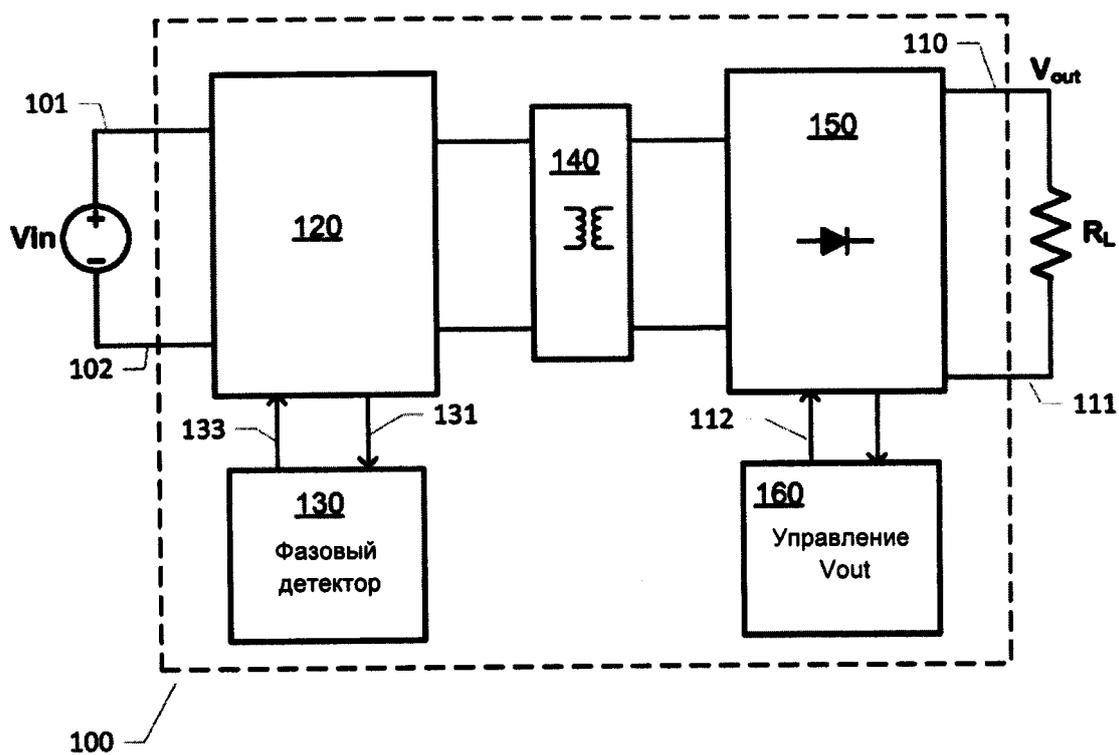
SUBSTANCE: invention relates to the field of electrical engineering and can be used in resonant DC-DC converters. Resonant DC-DC power converter comprises an input side circuit comprising a positive and a negative input terminal for receiving an input voltage or current and an output side circuit comprising positive and negative output terminals for supply of a converter output voltage and connection to a converter load. Resonant DC-DC power converter further comprises a rectification circuit connected between an output of a resonant network and the output side circuit. Resonant network is configured for alternatingly being charged from the input voltage or current and

discharged through the rectification circuit by a first controllable switch arrangement in accordance with a first switch control signal. Second controllable switch arrangement of the resonant DC-DC power converter is configured to select a first impedance characteristic of the resonant network in a first switch state and select a second impedance characteristic of the resonant network in a second switch state. Output voltage or current control circuit is configured to adjust the converter output voltage and/or current by activating and interrupting the first switch control signal in accordance with the switch state of the second controllable switch arrangement.

EFFECT: technical result is simplification while

C 2
0 9 2 2 6 0
R U

R U
2 6 7 2 2 6 0
C 2



ФИГ. 1

RU 2672260 C2

RU 2672260 C2

Настоящее изобретение относится к резонансному DC-DC преобразователю (преобразователю мощности постоянного тока в мощность постоянного тока), содержащему цепь входной стороны, содержащую положительный и отрицательный входные выходы для приема входного напряжения или тока, и цепь выходной стороны, содержащую положительный и отрицательный выходные выходы для подачи выходных мощности, напряжения или тока преобразователя и соединения с нагрузкой преобразователя. Резонансный DC-DC преобразователь мощности дополнительно содержит цепь выпрямления, соединенную между выходом резонансного контура, или резонансной схемы, и цепью выходной стороны. Резонансный контур выполнен с возможностью поочередной зарядки от входного напряжения или тока и разрядки через цепь выпрямления посредством первого управляемого переключающего устройства в соответствии с первым управляющим сигналом переключателя. Второе управляемое переключающее устройство резонансного DC-DC преобразователя мощности выполнено с возможностью выбора первой импедансной характеристики резонансного контура в первом состоянии переключателя и выбора второй импедансной характеристики резонансного контура во втором состоянии переключателя. Цепь управления выходным напряжением или током выполнена с возможностью регулировки выходных напряжения и/или тока преобразователя посредством активации и прерывания первого управляющего сигнала переключателя в соответствии с состоянием переключателя второго управляемого переключающего устройства.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Плотность мощности и стоимость компонентов являются ключевыми показателями производительности как изолированных, так и неизолированных DC-DC преобразователей мощности для обеспечения наименьшего возможного физического размера и/или наименьшей стоимости для заданных требований по выходной мощности или спецификаций. Резонансные преобразователи мощности особенно пригодны для высоких частот переключения, таких как частоты выше 1 МГц, где переключающие потери стандартных топологий SMPS (switched-mode power supply, импульсный источник питания) (топологии Buck (понижающая), Boost (повышающая) и т.д.) неприемлемы с точки зрения эффективности преобразования. В целом, из-за происходящего в результате уменьшения электрического и физического размера компонентов цепей преобразователя мощности, таких как катушки индуктивности и конденсаторы, желательны высокие частоты переключения. Более маленькие компоненты обеспечивают возможность увеличения плотности мощности DC-DC преобразователя мощности. В резонансном преобразователе мощности входной полупроводниковый переключатель типа "chopper" (прерыватель) (часто МОП-транзистор или БТИЗ) стандартного импульсного источника питания заменен на "резонансный" полупроводниковый переключатель. Резонансный полупроводниковый переключатель основан на резонансах резонансного контура, обычно содержащего различные цепи емкостей и индуктивностей для создания формы импульса либо тока, либо напряжения на концах полупроводникового переключателя таким образом, что, когда происходит переключение состояния, через указанный полупроводниковый переключатель нет тока или на его концах нет напряжения. Следовательно, рассеяние мощности в значительной степени исключается по меньшей мере в некоторых из внутренних емкостей или индуктивностей входного полупроводникового переключателя таким образом, что становится возможным значительное увеличение частоты переключения в СВЧ диапазоне, например, до значений выше 30 МГц. Эта концепция известна в области техники под названием операция переключения при нулевом напряжении и/или нулевом токе (ZVS, zero voltage

switching и/или ZCS, zero current switching). Широко используемые импульсные преобразователи мощности, работающие под ZVS и/или ZCS, часто описываются как инверторы или преобразователи мощности класса E, класса F или класса DE.

Однако значительной проблемой остается регулировка или управление выходной мощностью/напряжением/током резонансных DC-DC преобразователей мощности эффективным способом. Если резонансный преобразователь мощности управляется посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ) "резонансного" полупроводникового переключателя, возможность ZVS теряется, и эффективность преобразования мощности значительно упадет. Изменение частоты переключения резонансного преобразователя мощности также применялось в преобразователях предшествующего уровня техники для управления выходным напряжением/током этого резонансного преобразователя мощности, но такая методика управления страдает от ограниченного диапазона регулировки выходного напряжения и увеличения потерь преобразования мощности. Управление выходным напряжением/током резонансного преобразователя мощности посредством процедуры управления, которая является комбинацией изменяющейся частоты переключения и ШИМ, также применялось в существующих резонансных преобразователях мощности и в целом доказало, что работает хорошо. К сожалению, эта методика или процедура управления приводит к управляющим схемам высокой сложности.

Другой более простой, но все еще эффективный способ регулировки или управления выходной мощностью/напряжением/током резонансных DC-DC преобразователей мощности состоял во включении и выключении всего резонансного преобразователя мощности импульсным способом. Эта схема управления называется "управлением в прерывистом режиме" или "управлением включением/выключением". Управление в прерывистом режиме обеспечивает резонансному преобразователю мощности возможность работы при фиксированной частоте переключения, где эффективность преобразования является высокой или оптимальной в течение периодов времени включения или активации. В течение периодов времени, когда преобразователь мощности выключен или деактивирован, потери мощности по существу исключены благодаря отсутствию переключающей активности резонансного транзистора, который приводит в действие резонансный преобразователь мощности. В идеале, управление в прерывистом режиме резонансным преобразователем мощности приводит к регулировке полной нагрузки и постоянной эффективности от нуля до полной нагрузки на преобразователь.

Управление включением/выключением преобразователей мощности уровня техники было достигнуто посредством управления напряжением сигнала на управляющем выводе "резонансного" полупроводникового переключателя, например, выводе затвора МОП-транзистора. Эта схема может работать удовлетворительным образом в некоторых применениях, но для регулировки или корректировки выходного напряжения и тока преобразователя требуется управляющий сигнал обратной связи от выходной/вторичной стороны преобразователя на управляющий вывод "резонансного" полупроводникового переключателя. Это представляет значительную проблему в изолированных резонансных преобразователях мощности, поскольку управляющий сигнал обратной связи должен пересекать барьер с гальванической развязкой между схемами первичной стороны и схемами вторичной стороны. Традиционно, для поддержания с гальванической развязкой между схемами входной стороны и схемами выходной стороны резонансного преобразователя мощности управляющий сигнал на резонансный полупроводниковый переключатель передавали через относительно

медленный и дорогостоящий оптоволоконный или через громоздкий и медленный трансформатор. Однако, временная задержка через оптоволоконный или трансформатор представляет серьезное препятствие для управления включением/выключением резонансных преобразователей мощности, где для обеспечения адекватного управления выходным напряжением и током преобразователя в высокой степени желательна быстрая переходная характеристика. Проблема временной задержки особенно ярко выражена для высокочастотных резонансных преобразователей мощности, работающих с частотами переключения 20 МГц или выше.

ТСО-ШЕНГ ЧАН и др.: "Способ управления первичной стороны для беспроводной системы передачи энергии", периодическое издание IEEE Transactions on Circuits and Systems I: regular papers, IEEE, том 59, №. 8 раскрывает беспроводную систему передачи энергии (WETS, wireless energy transmission system), передающую мощность от цепи первичной стороны на цепь вторичной стороны через барьер оболочки. Издание IEEE раскрывает резонансный DC-DC преобразователь мощности на основе класса E с индуктивным трансформатором мощности, соединяющим цепь входной стороны и цепь выходной стороны через барьер оболочки. Цепь защиты заряда содержит управляемый переключатель (Ms) вторичной стороны, который селективно соединяет и отсоединяет нагрузку батареи (Vb) от выхода преобразователя мощности. Контроллер первичной стороны работает посредством обнаружения изменений входного тока и фазы входного реактивного сопротивления для определения состояния переключателя (Ms) вторичной стороны. Предложенный диапазон частот переключения DC-DC преобразователя мощности на основе класса E находится между 83-175 кГц.

В свете этих проблем и серьезных задач, связанных с резонансными преобразователями мощности предшествующего уровня техники, будет преимущественным предоставление нового управляющего механизма для управления включением/выключением резонансного преобразователя мощности, исключая потребность в передаче управляющего сигнала обратной связи от цепи управления выходным напряжением через барьер с гальванической развязкой на управляющий вывод резонансного полупроводникового переключателя. Исключение управляющего сигнала обратной связи также будет преимущественным в неизолированных преобразователях мощности из-за временной задержки и занятости области монтажа или несущей области, связанной с пересылкой управляющего сигнала обратной связи на резонансный транзистор.

С учетом приведенного выше остается серьезная задача уменьшения размера и стоимости компонентов как изолированных, так и неизолированных резонансных DC-DC преобразователей мощности. Также остается задача обеспечения механизма управления выходным напряжением с быстрой переходной характеристикой для обеспечения хорошей регулировки выходного напряжения преобразователя даже для высокочастотных резонансных преобразователей мощности. Следовательно, в высокой степени желателен новый механизм управления для резонансных преобразователей мощности, который упрощает управление выходным напряжением преобразователя и уменьшает количество электронных компонентов, требующихся для выполнения регулировки выходного напряжения.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Первый аспект настоящего изобретения относится к резонансному DC-DC преобразователю мощности, содержащему цепь входной стороны, содержащую положительный и отрицательный входные выводы для приема входного напряжения или тока, и цепь выходной стороны, содержащую положительный и отрицательный

выходные выводы для подачи выходных мощности, напряжения или тока преобразователя и соединения с нагрузкой преобразователя. Резонансный DC-DC преобразователь мощности дополнительно содержит цепь выпрямления, соединенную между выходом резонансного контура и цепью выходной стороны. Резонансный контур выполнен с возможностью поочередной зарядки от входного напряжения или тока и разрядки через цепь выпрямления посредством первого управляемого переключающего устройства в соответствии с первым управляющим сигналом переключателя, причем частота этого управляющего сигнала переключателя составляет 20 МГц или выше, более предпочтительно 30 МГц или выше. Второе управляемое переключающее устройство резонансного DC-DC преобразователя мощности выполнено с возможностью выбора первой импедансной характеристики резонансного контура в первом состоянии переключателя и выбора второй импедансной характеристики резонансного контура во втором состоянии переключателя. Цепь управления выходным напряжением или током выполнена с возможностью регулировки или корректировки выходных напряжения и/или тока преобразователя посредством активации и прерывания первого управляющего сигнала переключателя в соответствии с состоянием переключателя второго управляемого переключающего устройства.

Первая и вторая импедансные характеристики резонансного контура могут проявлять различные резонансные частоты и/или различные значения добротности при резонансной частоте, как объясняется более подробно ниже. Частота переключения первого управляющего сигнала переключателя предпочтительно расположена приблизительно на резонансной частоте резонансного контура, когда резонансный DC-DC преобразователь мощности является работающим или включенным для обеспечения высокой эффективности преобразования мощности.

Цепь управления выходным напряжением или током выполнена с возможностью регулировки выходных напряжения или тока преобразователя посредством управления состоянием, т.е. проводящим состоянием или непроводящим состоянием, второго управляемого переключающего устройства и, тем самым, выключением или включением работы настоящего резонансного DC-DC преобразователя мощности. Поскольку второе управляемое переключающее устройство может быть удобно размещено в цепи выходной стороны резонансного DC-DC преобразователя мощности, выходное напряжение преобразователя может быть отрегулировано посредством контура управления напряжением или током, полностью расположенного на выходной стороне преобразователя. Следовательно, регулировка выходного напряжения и/или тока изолированных вариантов резонансного DC-DC преобразователя мощности может быть достигнута с помощью управления компонентами, размещенными только в цепи вторичной стороны. Потребность в подаче выходного управляющего сигнала, такого как выходной сигнал напряжения или выходной сигнал тока, обратно на входную или первичную сторону таких изолированных резонансных DC-DC преобразователей мощности была исключена. Как упомянуто выше, это исключение потребности в передаче управляющего сигнала обратной связи обратно в цепь входной или первичной стороны, в частности, на управляющий вывод первого переключающего устройства, является преимущественным как в неизолированных, так и изолированных вариантах настоящих резонансных DC-DC преобразователей мощности. В связи с изолированными резонансными DC-DC преобразователями мощности исключение управляющего сигнала обратной связи на первое переключающее устройство цепи входной стороны устраняет потребность в дорогостоящих, громоздких изолирующих устройствах, таких как оптосоединители или трансформаторы, для передачи управляющего сигнала обратной

связи через барьер с гальванической развязкой.

В связи с неизолированными резонансными DC-DC преобразователями мощности способность выполнения регулировки выходного напряжения и/или тока в цепи выходной стороны исключает временную задержку и занятость площади монтажа, связанные с пересылкой управляющего сигнала обратной связи на первое переключающее устройство цепи входной стороны. Это улучшает переходную характеристику неизолированного резонансного DC-DC преобразователя мощности таким образом, чтобы обеспечивать лучшую регулировку выходного напряжения и/или тока преобразователя для нагрузки. Эта особенность является особенно преимущественной для резонансного DC-DC преобразователя мощности, работающего при СВЧ частотах переключения 30 МГц или выше, где короткое время задержки при включении и выключении преобразователя мощности улучшает характеристики регулировки.

Второе управляемое переключающее устройство может быть вставлено в различных местоположениях схем выходной стороны резонансного DC-DC преобразователя мощности для выбора между первой и второй импедансными характеристиками резонансного контура. Второе управляемое переключающее устройство предпочтительно соединено с выходом резонансного контура. В соответствии с одним вариантом осуществления второе управляемое переключающее устройство соединено последовательно между выходом цепи выпрямления и положительным или отрицательным выходным выводом для соединения нагрузки преобразователя в проводящем состоянии переключателя и отсоединения нагрузки преобразователя в непроводящем состоянии переключателя. Таким способом положительный или отрицательный выходной вывод и нагрузка преобразователя могут быть электрически отсоединены от остальной части резонансного DC-DC преобразователя мощности в состоянии выключения этого преобразователя.

Цепь выпрямления предпочтительно выполнена с возможностью проявления резистивного импеданса при резонансной частоте резонансного контура с присоединенной нагрузкой преобразователя. В этой ситуации первая импедансная характеристика, включающая резонансную частоту, резонансного контура, может быть определена при помощи одного или большего количества взаимосоединенных катушек индуктивности и конденсаторов резонансного контура с незначительным влиянием со стороны компонентов цепи выпрямления. С другой стороны, когда нагрузка преобразователя отсоединена от выхода цепи выпрямления посредством второго управляемого переключающего устройства, цепь выпрямления может проявлять различный и нерезистивный входной импеданс, который нагружает резонансный контур. Эта нерезистивная нагрузка приводит к изменению импедансных характеристик резонансного контура таким образом, чтобы выбирать вторую импедансную характеристику резонансного контура. Такая вторая импедансная характеристика резонансного контура может проявлять более низкие резонансную частоту и значение добротности, чем значение добротности и резонансная частота первой импедансной характеристики. Вторая импедансная характеристика резонансного контура может обладать более низкой или более высокой, т.е. различной резонансной частотой, чем резонансная частота первой импедансной характеристики резонансного контура из-за того, например, что катушка индуктивности и/или конденсатор цепи выпрямления имеет/имеют влияние на резонансную частоту резонансного контура. Эти типы различий между первой и второй импедансными характеристиками резонансного контура могут эксплуатироваться для включения и отключения колебания контура обратной связи

около первого управляемого переключающего устройства, как более подробно описано ниже. В соответствии с другим вариантом осуществления изобретения второе управляемое переключающее устройство соединено через выход резонансного контура для выбора первой импедансной характеристики резонансного контура в непроводящем состоянии и второй импедансной характеристики резонансного контура в проводящем состоянии.

В другом варианте осуществления импедансная характеристика резонансного контура изменяется от первой импедансной характеристики до второй импедансной характеристики резонансного контура при помощи присоединения одной или большего количества дополнительных емкостей и/или присоединения одной или большего количества дополнительных индуктивностей к существующим емкостям и индуктивностям резонансного контура, соответственно, посредством второго управляемого переключающего устройства.

В предпочтительном варианте осуществления резонансного DC-DC преобразователя мощности цепь выпрямления содержит второе управляемое переключающее устройство; и цепь управления выполнена с возможностью генерации управляющего сигнала для второго управляемого переключающего устройства синхронно с первым управляющим сигналом переключения. В этом варианте осуществления соответствующие функции цепи выпрямления и второго управляемого переключающего устройства объединены. Таким образом, второе управляемое переключающее устройство в дополнение к соединению и отсоединению нагрузки преобразователя может работать в качестве синхронного двухполупериодного или однополупериодного выпрямителя и замещать функции одного или большего количества обычных выпрямительных диодов цепи выпрямления.

Цепь управления выходным напряжением или током резонансного DC-DC преобразователя мощности может содержать самовозбуждающийся контур обратной связи, соединенный между выходным выводом и управляющим выводом первого управляемого переключающего устройства. В этом варианте осуществления первая импедансная характеристика резонансного контура имеет конфигурацию, обеспечивающую возможность включения колебания самовозбуждающегося контура обратной связи, а вторая импедансная характеристика резонансного контура имеет конфигурацию, обеспечивающую возможность отключения колебания самовозбуждающегося контура обратной связи. Следовательно, переключение состояния второго управляемого переключающего устройства может быть использовано для активации и прерывания работы преобразователя мощности посредством включения и отключения колебания или переключения первого управляемого переключающего устройства, соответственно. Указанное последнее устройство может, например, содержать транзистор, такой как МОП-транзистор, где самовозбуждающийся контур обратной связи соединен между выводами затвора и стока этого МОП-транзистора. Специалистам в данной области техники будет понятно, что для предотвращения передачи сигналов обратной связи самовозбуждающегося контура обратной связи от цепи выходной стороны самовозбуждающийся контур обратной связи предпочтительно полностью расположен в цепи входной стороны резонансного DC-DC преобразователя мощности.

Самовозбуждающийся контур обратной связи может содержать первую внутреннюю емкость переключателя, соединенную между выходным и управляющим выводами первого управляемого переключающего устройства. Самовозбуждающийся контур обратной связи дополнительно содержит первый источник напряжения смещения,

выполненный с возможностью генерации первого регулируемого напряжения смещения, и первую катушку индуктивности, предпочтительно по существу с постоянной индуктивностью, соединенную между первым источником напряжения смещения и управляющим выводом первого управляемого переключающего устройства.

5 Самовозбуждающийся контур обратной связи в дополнение к первой внутренней емкости переключателя может содержать внешний конденсатор, соединенный между выходным и управляющим выводами первого управляемого переключателя. Специалистам в данной области техники будет понятно, что первая внутренняя емкость переключателя может содержать емкость сток-затвор МОП-транзистора, содержащегося
10 в первом управляемом переключающем устройстве. Несколько разработок резонансного DC-DC преобразователя мощности на основании самовозбуждающегося контура обратной связи около переключающего устройства входной стороны раскрыты в одновременно находящейся на рассмотрении заявкой указанного заявителя РСТ/ЕР 2013/072548. Специалистам в данной области техники будет понятно, что в настоящих
15 резонансных DC-DC преобразователях мощности могут быть применены эти самовозбуждающиеся контуры обратной связи.

Первая и вторая импедансные характеристики резонансного контура, которые включают и отключают колебание первого управляемого переключающего устройства, соответственно, могут различаться различными способами. В одном варианте
20 осуществления значение добротности первой импедансной характеристики больше 5 при резонансной частоте первой импедансной характеристики; а значение добротности второй импедансной характеристики меньше 2 при резонансной частоте второй импедансной характеристики. В другом варианте осуществления резонансная частота первой импедансной характеристики по меньшей мере в 1,4 раза больше, чем
25 резонансная частота второй импедансной характеристики.

В диапазоне преимущественных вариантов осуществления резонансного DC-DC преобразователя мощности частота первого управляющего сигнала переключателя расположена на 20 МГц или выше, например, 30 МГц или выше, в так называемом СВЧ диапазоне. В этих вариантах осуществления обсужденная выше резонансная частота
30 первой импедансной характеристики резонансного контура расположена на 20 МГц или выше, или 30 МГц или выше. Резонансная частота первой импедансной характеристики резонансного контура предпочтительно расположена приблизительно на частоте первого управляющего сигнала переключателя. Резонансные DC-DC преобразователи мощности предпочтительно способствуют переключению при нулевом
35 напряжении и/или нулевом токе полупроводникового переключателя или переключателей, приводя в действие или возбуждая резонансный контур.

Цепь управления выходным напряжением или током может содержать контур регулировки, например, контур регулировки напряжения, тока или мощности, соединенный между выходным напряжением/током преобразователя и управляющим
40 выводом второго управляемого переключающего устройства для регулировки выходного напряжения и/или тока преобразователя в соответствии с одним или большим количеством DC опорных напряжений или токов. Контур регулировки напряжения или тока может содержать, например, генератор DC опорного напряжения, выполненный с возможностью подачи указанного одного или большего количества DC опорных
45 напряжений,

один или большее количество компараторов, выполненных с возможностью сравнения выходного напряжения преобразователя по меньшей мере с первым DC опорным напряжением и выбора проводящего состояния или непроводящего состояния

второго управляемого переключающего устройства в зависимости от результата указанного сравнения.

В этом варианте осуществления контур регулировки напряжения может использовать одно DC опорное напряжение для регулировки выходного напряжения преобразователя. Резонансный DC-DC преобразователь мощности может быть выключен, когда выходное напряжение преобразователя превышает указанное одно DC опорное напряжение посредством выбора надлежащего состояния второго управляемого переключающего устройства. Аналогичным образом, DC-DC преобразователь мощности может быть включен, когда выходное напряжение преобразователя меньше, чем указанное одно DC опорное напряжение посредством выбора противоположного состояния второго управляемого переключающего устройства.

В альтернативном варианте осуществления резонансного DC-DC преобразователя мощности контур регулировки напряжения или тока содержит по меньшей мере два различных DC опорных напряжений или токов, которые используют в качестве опорных для управления регулировкой выхода. В этом варианте осуществления генератор DC опорного напряжения выполнен с возможностью подачи первого DC опорного напряжения и второго DC опорного напряжения, где первое DC опорное напряжение выше, чем второе DC опорное напряжение; указанный один или большее количество компараторов выполнены с возможностью:

сравнения выходного напряжения преобразователя с первым и вторым DC опорными напряжениями; и

выбора одного из проводящего и непроводящего состояний второго управляемого переключающего устройства в случае, если выходное напряжение преобразователя превышает первое DC опорное напряжение,

выбора противоположного состояния второго управляемого переключающего устройства в случае падения выходного напряжения преобразователя ниже второго DC опорного напряжения.

Как упомянуто ранее, резонансный DC-DC преобразователь мощности может содержать барьер с гальванической развязкой. Барьер с гальванической развязкой предпочтительно расположен между цепью входной стороны и цепью выходной стороны для обеспечения гальванической развязки между выходным напряжением преобразователя и цепью входной стороны. Этот барьер с гальванической развязкой может содержать пару магнитно соединенных катушек индуктивности, содержащую первую катушку индуктивности, электрически соединенную с цепью входной стороны, и вторую катушку индуктивности, электрически соединенную со входом цепи выпрямления. Эта пара магнитно соединенных катушек индуктивности может содержать трансформатор. В другом варианте осуществления барьер с гальванической развязкой содержит первый и второй разделительные конденсаторы. Первый разделительный конденсатор может быть расположен в несущей линии сигнала резонансного преобразователя мощности, например, последовательно между выходом резонансного контура и цепью выпрямления. Второй разделительный конденсатор может быть расположен в отрицательном проводе напряжения или проводе заземления резонансного преобразователя мощности между цепями выходной и выходной сторон. Барьер с гальванической развязкой на основе разделительного конденсатора является особенно полезным в резонансных DC-DC преобразователях мощности, работающих при 20 МГц или выше, из-за относительно малых емкостей, требующихся для первого и второго конденсаторов при таких высоких частотах. Эти малые емкости обеспечивают каждому из первого и второго конденсатора возможность быть физически небольшими, а также

реализации в виде неэлектролитических конденсаторов с поверхностным монтажом, например, керамических конденсаторов с емкостью ниже 100 нФ.

5 Специалистам в данной области техники будет понятно, что в настоящем изобретении могут быть использованы все топологии резонансных DC-DC преобразователей мощности, например, SEPIC (single-ended primary inductor converter, несимметричный преобразователь постоянного напряжения на катушках индуктивности), класс E, класс F, класс DE или топологии преобразователя, полученные из них. Несколько примерных топологий класса E изолированных и неизолированных резонансных DC-DC преобразователей мощности подробно описаны ниже в сочетании с сопутствующими чертежами.

10 Первое управляемое переключающее устройство может содержать один или большее количество полупроводниковых переключателей, и второе управляемое переключающее устройство может содержать один или большее количество полупроводниковых переключателей. Каждый из полупроводниковых переключателей первого и второго управляемых переключающих устройств может содержать полупроводниковый транзистор, такой как МОП-транзистор или БТИЗ, такой как МОП-транзистор на основе нитрида галлия (GaN) или карбида кремния (SiC). Управляющий вывод или выходы первого управляемого переключающего устройства могут соответственно содержать вывод (выводы) затвора или вывод (выводы) базы указанного одного или большего количества полупроводниковых переключателей. Управляющий вывод каждого из указанных полупроводниковых переключателей может приводиться в действие посредством первого управляющего сигнала переключателя для переменного воздействия на полупроводниковые переключатели между включенными положениями или выключенными положениями. Управляющий вывод или выходы второго управляемого переключающего устройства могут содержать вывод (выводы) затвора или вывод (выводы) базы указанного одного или большего количества полупроводниковых переключателей.

Один вариант осуществления резонансного DC-DC преобразователя мощности содержит беспроводной приемник данных для приема удаленных команд данных для управления состоянием переключателя для второго управляемого переключающего устройства. Удаленная команда данных может быть использована для прерывания или активации работы резонансного DC-DC преобразователя мощности посредством команд, принятых через беспроводную сеть бытовой автоматизации. Удаленная команда данных может быть введена в цепь управления выходным напряжением или током, которая управляет переключением состояния второго управляемого переключающего устройства. Таким образом, резонансный DC-DC преобразователь мощности может быть включен или выключен или отрегулирован с помощью удаленного управления. Беспроводной приемник данных может быть совместимым с различными беспроводными протоколами передачи данных промышленных стандартов, таких как протоколы связи ZigBee, или проводными протоколами передачи данных, такими как протокол DALI (Digital Addressable Lighting Interface, цифровой интерфейс освещения с возможностью адресации).

Специалистам в данной области техники будет понятно, что первое управляемое переключающее устройство может быть сформировано посредством одного транзистора, например, МОП-устройства п типа, или нескольких взаимосвязанных транзисторов в зависимости от выбранной топологии резонансного DC-DC преобразователя мощности. В некоторых вариантах осуществления первое управляемое переключающее устройство может содержать топологию полумостового переключателя

или топологию полномостового переключателя.

Барьер с гальванической развязкой может содержать трансформатор, который содержит пару магнитно соединенных катушек индуктивности, содержащую первую катушку индуктивности, электрически соединенную с цепью первичной стороны, и вторую катушку индуктивности, электрически соединенную с цепью выходной стороны. Первая и вторая катушки индуктивности могут являться отдельными обмотками, намотанными вокруг обычной магнитопроницаемой структуры для формирования развязывающего трансформатора. В альтернативном варианте осуществления первая и вторая катушки индуктивности объединены в печатную плату без промежуточного магнитного материала. На этой печатной плате может быть смонтирован весь DC-DC преобразователь мощности.

Один вариант осуществления резонансного DC-DC преобразователя мощности расположен на одной по существу плоской несущей подложке для формирования компактного узла преобразователя мощности одноблочного исполнения и низкой стоимости, который хорошо подходит для интеграции в различные типы бытовой аппаратуры, такие как светодиодные лампы и зарядные устройства для батарей. Этот вариант осуществления резонансного DC-DC преобразователя мощности содержит одну по существу плоскую несущую подложку, имеющую первую поверхность и вторую противоположную поверхность, причем цепь входной стороны, цепь выходной стороны, цепь выпрямления, резонансный контур, первое управляемое переключающее устройство, второе управляемое переключающее устройство и цепь управления выходным напряжением или током расположены на первой поверхности и/или второй поверхности. Указанная одна плоская несущая подложка может содержать одностороннюю или двустороннюю печатную плату, которая может содержать дополнительные слои между верхним слоем, содержащим первую поверхность, и нижним слоем, содержащим вторую поверхность. Специалистам в данной области техники будет понятно, что соответствующие активные и пассивные электронные компоненты цепи входной стороны, цепи выходной стороны, цепи выпрямления, резонансного контура, первого управляемого переключающего устройства, второго управляемого переключающего устройства и цепи управления выходным напряжением или током могут быть прикреплены к верхней и/или нижней несущим поверхностям посредством пайки или склейки.

Второй аспект настоящего изобретения относится к способу эксплуатации резонансного DC-DC преобразователя мощности для генерации выходного напряжения или тока преобразователя, причем указанный способ включает следующие этапы:

- а) поочередная зарядка и разрядка резонансного контура резонансного преобразователя от источника входного напряжения или тока посредством первого управляемого переключающего устройства в соответствии с первым управляющим сигналом переключателя,
- б) выпрямление резонансного тока резонансного контура,
- в) разрядка выпрямленного резонансного тока в цепь выпрямления для производства выпрямленного выходного напряжения,
- д) переключение между первой импедансной характеристикой или второй импедансной характеристикой резонансного контура посредством выбора первого или второго состояния переключателя второго управляемого переключающего устройства,
- е) регулировка выходного напряжения или тока преобразователя посредством поочередной активации и прерывания первого управляющего сигнала переключателя

в соответствии с первым или вторым состоянием переключателя второго управляемого переключающего устройства.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения будут более
5 подробно описаны в сочетании с сопутствующими чертежами, на которых:

на фиг. 1 показана схематичная структурная схема верхнего уровня резонансного DC-DC преобразователя мощности в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления настоящего изобретения,

на фиг. 1А) схематичная структурная схема узла преобразователя мощности,
10 содержащий резонансный DC-DC преобразователь мощности в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления настоящего изобретения,

на фиг. 2 показана упрощенная схема электрической цепи изолированного типа класса E DC-DC преобразователя мощности в соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения,

на фиг. 3 показана упрощенная схема электрической цепи изолированного типа класса E DC-DC преобразователя мощности в соответствии со вторым вариантом осуществления настоящего изобретения,

на фиг. 4 показана упрощенная схема электрической цепи самовозбуждающегося изолированного DC-DC преобразователя мощности класса E в соответствии с третьим
20 вариантом осуществления настоящего изобретения, и

на фиг. 5 показана упрощенная схема электрической цепи неизолированного DC-DC преобразователя мощности класса E в соответствии с четвертым вариантом осуществления настоящего изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ

25 ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

На фиг. 1 показана упрощенная схематичная структурная схема резонансного DC-DC преобразователя 100 мощности в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления настоящего изобретения, Подробные схематичные принципиальные
30 схемы примерных вариантов осуществления настоящих резонансных DC-DC преобразователей мощности описаны ниже со ссылкой на фиг. 2, 3, 4 и 5. Резонансный DC-DC преобразователь 100 мощности содержит входной блок 120 и выходной блок 150, соединенные через необязательный барьер 140 с гальванической развязкой. Барьер 140 с гальванической развязкой может содержать различные типы электроизоляционных элементов или компонентов, таких как пара разделительных конденсаторов или пара
35 магнитно соединенных катушек индуктивности, таких как трансформатор. Входной блок 120 содержит цепь входной стороны, которая содержит положительный входной вывод 101 и отрицательный входной вывод 102 для приема DC или AC входного напряжения V_{in} от источника мощности или напряжения. Цепь входной стороны может
40 содержать входной конденсатор (не показан), электрически соединенный между положительным и отрицательным входными выводами 101, 102 для формирования энергетического резервуара для источника входного напряжения и подавления AC компонентов пульсирующего напряжения и/или шумовых компонентов DC или AC входного напряжения V_{in} . Выходной блок 150 содержит цепь выходной стороны,
45 которая содержит положительный и отрицательный выходные выводы 110, 111, соответственно, для приема DC выходного напряжения V_{out} преобразователя и соединения с нагрузкой преобразователя. Нагрузка преобразователя схематично представлена посредством нагрузочного сопротивления RL. Выходной блок 150

дополнительно содержит цепь выпрямления, схематично представленную символом диода и соединенную между выходом резонансного контура (не показан) резонансного DC-DC преобразователя 100 мощности и цепью выходной стороны. Входной блок 120 содержит первое управляемое переключающее устройство, содержащее по меньшей мере один управляемый полупроводниковый переключатель, работающий в соответствии с управляющим сигналом переключателя. Управляемый полупроводниковый переключатель или переключатели могут содержать транзистор, такой как биполярный плоскостной транзистор, МОП-транзистор или БТИЗ, где вывод (выводы) базы или затвора соединены с управляющим сигналом переключателя.

Управляемое переключающее устройство соединено с резонансным контуром таким образом, что он поочередно заряжается от DC или AC входного напряжения и разряжается через цепь выпрямления для производства DC выходного напряжения V_{out} . Частота управляющего сигнала переключателя первого управляемого переключающего устройства соответственно устанавливает частоту переключения резонансного DC-DC преобразователя 100 мощности. Резонансный контур может быть исключительно расположен во входном блоке 120 в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения, тогда как в других вариантах осуществления резонансный контур может содержать некоторые пассивные компоненты барьера 140 с гальванической развязкой и/или цепи выпрямления. Резонансный контур предпочтительно содержит по меньшей мере один конденсатор и по меньшей мере одну катушку индуктивности, соединенные друг с другом. Резонансный DC-DC преобразователь 100 мощности дополнительно содержит цепь 160 управления выходным напряжением или током, которая выполнена с возможностью регулировки DC выходного напряжения V_{out} посредством активации и прерывания обсужденного ранее управляющего сигнала переключателя первого управляемого переключающего устройства в соответствии с состоянием переключателя второго управляемого переключающего устройства (не показано). Состояние переключателя второго управляемого переключающего устройства управляется с помощью управляющей линии или провода 112, который может быть соединен с подходящим управляющим выводом второго управляемого переключающего устройства, как обсуждается более подробно ниже. Когда управляющий сигнал переключателя первого управляемого переключающего устройства прерывается или останавливается, т.е. не переключает, резонансный контур больше не заряжается или не возбуждается, а DC выходное напряжение V_{out} постепенно снижается из-за тока, вытягиваемого нагрузкой преобразователя. Когда управляющий сигнал переключателя первого управляемого переключающего устройства активируется, резонансный контур снова заряжается или возбуждается посредством первого управляемого переключающего устройства и подает резонансный ток на цепь выпрямления и цепь выходной стороны таким образом, что DC выходное напряжение V_{out} постепенно возрастает.

Различные типы управляющих механизмов используют в различных вариантах осуществления настоящего резонансного DC-DC преобразователя мощности для управления активацией и прерыванием управляющего сигнала переключателя первого управляемого переключающего сигнала. В одном варианте осуществления второе управляемое переключающее устройство выполнено с возможностью соединения и отсоединения нагрузки RL преобразователя таким образом, что импедансные характеристики резонансного контура изменяются. В другом варианте осуществления импедансная характеристика резонансного контура изменяется посредством

переключения второго управляемого переключающего устройства между проводящим состоянием и непроводящим состоянием, например, добавляя одну или большее количество дополнительных емкостей или индуктивностей в резонансный контур. Это изменение импедансных характеристик резонансного контура в некоторых вариантах осуществления может быть обнаружено посредством резонансного фазового детектора 130. Резонансный фазовый детектор 130 может быть выполнен с возможностью отслеживания через линию 131 отслеживания сигнала резонансного напряжения или резонансного тока резонансного контура. Резонансный фазовый детектор 130 может быть выполнен с возможностью измерения изменения фазы или амплитуды между резонансным током и резонансным напряжением при номинальной резонансной частоте указанного контура, вызванного изменением импедансных характеристик резонансного контура, вызванных переключением состояния второго управляемого переключающего устройства.

Резонансный фазовый детектор 130 может генерировать управляющий сигнал переключения для первого переключающего устройства и подавать этот управляющий сигнал 133 на управляющий вывод или выходы резонансного контура, такой как вывод базы или затвора, как обсуждалось выше. В одном преимущественном варианте осуществления настоящего резонансного DC-DC преобразователя 100 мощности резонансный фазовый детектор 130 интегрирован в самовозбуждающийся контур обратной связи, сформированный около первого управляемого переключающего устройства. Таким образом, колебание самовозбуждающегося контура обратной связи либо включено, либо отключено в соответствии с состоянием переключателя второго управляемого переключающего устройства, как более подробно обсуждено ниже со ссылкой на фиг. 4 и 5.

На фиг. 1А) схематично показано, как резонансные DC-DC преобразователи 100 мощности в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления настоящего изобретения могут быть расположены на одной по существу плоской несущей подложке 180, такой как печатная плата. Резонансный DC-DC преобразователь мощности, смонтированный на такой одной несущей подложке 180, формирует компактный узел преобразователя мощности одноблочного исполнения и низкой стоимости, который хорошо подходит для интеграции в различные типы бытовой аппаратуры, такие как светодиодные лампы и зарядные устройства для батарей. Кроме того, монтаж входного блока 120, барьера 140 с гальванической развязкой и выходного блока 150 на общей несущей подложке обеспечивает возможность высокой эффективности преобразования мощности благодаря тому, что цепи входной и выходной сторон резонансного DC-DC преобразователя мощности помещены вблизи друг друга. Одна по существу плоская несущая подложка 180 может содержать верхнюю или первую поверхность 182 и вторую противоположную поверхность (не показана). Специалистам в данной области техники будет понятно, что активные и пассивные электронные компоненты рассматриваемого варианта осуществления резонансного DC-DC преобразователя мощности могут быть прикреплены к верхней и/или нижней несущим поверхностям, например, посредством пайки или склейки. Эти пассивные и активные электронные компоненты могут содержать соответствующие полупроводниковые переключатели, конденсаторы, катушки индуктивности, выводы, компараторы и т.д. вариантов 200, 300, 400 и 500 осуществления резонансного DC-DC преобразователя мощности, обсуждаемых подробно ниже и иллюстрированных на фиг. 2, 3, 4 и 5. Аналогично, подходящие траектории электрических проводов могут быть сформированы на верхней/нижней несущих поверхностях одной плоской несущей подложки 180 для связи блоков 120, 130, 140,

150, 160 цепи требуемым способом. Верхняя или нижняя поверхность 182 по существу плоской несущей подложки 180 также содержит положительный входной вывод 101 и отрицательный входной вывод 102 для приема DC или AC входного напряжения V_{in} от источника мощности или напряжения указанного преобразователя. Верхняя или
5 нижняя поверхность 182 по существу плоской несущей подложки 180 содержит положительный и отрицательный выходные выходы 110, 111, соответственно, для подачи DC выходного напряжения V_{out} вместе с сопутствующими выходными мощностью и током, генерируемыми посредством преобразователя на предполагаемую
10 нагрузку, например, светодиодные устройства или лампы.

Резонансные DC-DC преобразователи 100 мощности в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления настоящего изобретения могут содержать необязательный беспроводной или проводной приемник 190 данных для приема удаленных команд данных для цепи 160 управления выходным напряжением или током. Удаленная команда данных может быть использована для прерывания,
15 активации или регулировки работы резонансного DC-DC преобразователя мощности через цепь 160 управления выходным напряжением или током. Удаленная команда данных может быть подвержена операции логического ИЛИ с помощью управляющего сигнала переключателя, иным образом обеспеченного цепью 160 управления выходным
20 напряжением или током через сигнальный провод или линию 112. Таким образом, резонансный DC-DC преобразователь мощности может быть включен или выключен или отрегулирован с помощью удаленного управления и может быть интегрирован с беспроводной или проводной сетью бытовой автоматизации. Необязательный приемник 190 данных может быть совместимым с различными беспроводными протоколами
25 передачи данных промышленных стандартов, таких как протоколы связи ZigBee, или проводными протоколами передачи данных, такими как протокол DALI (Digital Addressable Lighting Interface, цифровой интерфейс освещения с возможностью адресации).

На фиг. 2 показана схема электрической цепи изолированного DC-DC преобразователя 200 мощности класса E. Преобразователь 200 мощности содержит
30 входной блок 220 и выходной блок 250, соединенные через используемый при необходимости барьер 240 с гальванической развязкой, сформированный посредством последовательных или разделительных конденсаторов C2 и C3. Цепь 220 входной стороны содержит положительный входной вывод 202 и отрицательный входной вывод 201 для приема DC или AC входного напряжения V_{in} от источника мощности или
35 напряжения. Входной конденсатор (не показан) может быть дополнительно соединен между положительным и отрицательным входными выводами 201, 202 для формирования энергетического резервуара для источника входного напряжения и подавления AC компонентов пульсирующего напряжения и/или шумовых компонентов DC или AC входного напряжения V_{in} . Цепь 220 входной стороны дополнительно
40 содержит резонансный контур, как обсуждено ниже, который поочередно заряжается от DC или AC входного напряжения V_{in} и разряжается через цепь 250 выпрямления класса E при помощи первого управляемого переключающего устройства S1. В настоящем варианте осуществления переключающее устройство содержит один управляемый полупроводниковый транзистор или переключатель S1. Специалистам в
45 данной области техники будет понятно, что в других вариантах осуществления настоящего изобретения первое управляемое переключающее устройство S1 может содержать множество управляемых полупроводниковых транзисторов или переключателей. Первое управляемое переключающее устройство S1 может содержать,

например, полумостовое устройство с парой расположенных друг над другом полупроводниковых транзисторов или переключателей в соответствующем варианте осуществления класса DE резонансного DC-DC преобразователя мощности. Один управляемый полупроводниковый переключатель S1 может содержать транзистор, такой как МОП-транзистор или БТИЗ, например, МОП-транзистор на основе нитрида галлия (GaN) или карбида кремния (SiC).

Резонансный контур содержит по меньшей мере первую катушку L1 индуктивности, первый конденсатор C1, который может являться паразитной емкостью части S1, и вторую катушку L2 индуктивности и разделительные конденсаторы C2 и C3 барьера 240 с гальванической развязкой. Емкость разделительного конденсатора C3 может быть намного больше, чем емкость C2, например, более, чем в 10 раз больше, таким образом, что в установке резонансной частоты резонансного контура влиянием емкости C3 можно пренебречь. Зарядка и разрядка или возбуждение резонансного контура следует за приложением первого управляющего сигнала переключателя к управляющему выводу или выводу 204 затвора полупроводникового переключателя S1 таким образом, что переключатель S1 изменяется между проводящим/включенным состоянием и непроводящим/выключенным состоянием при частоте первого управляющего сигнала переключателя, когда резонансный преобразователь 200 мощности активен или включен. Преобразователь 200 мощности предпочтительно сконструирован или выполнен таким образом, что частота первого управляющего сигнала переключателя расположена в непосредственной близости к резонансной частоте резонансного контура, когда выбрано включенное или проводящее состояние второго управляемого переключающего устройства S2, как подробно объясняется ниже. Следовательно, частота переключения резонансного преобразователя 200 мощности соответствует частоте первого управляющего сигнала переключателя, когда этот преобразователь включен или активен. Переключение состояния полупроводникового переключателя S1 генерирует резонансный ток в резонансном контуре, протекающий от выхода этого резонансного контура через цепь выпрямления класса E выходного блока 250 для производства выпрямленного DC выходного напряжения V_{out} на концах емкости выпрямления. Цепь выпрямления класса E содержит катушку L3 индуктивности, выпрямительный диод D1 и конденсатор C4. Специалистам в данной области техники будет понятно, что катушка L3 индуктивности и конденсатор C4 могут влиять на установку резонансной частоты резонансного контура в зависимости от размеров преобразователя. Однако, влияние выпрямляющих компонентов L3 и C4 может быть минимальным в тех вариантах осуществления преобразователя мощности, где цепь выпрямления выполнена с возможностью проявления по существу резистивного входного импеданса при резонансной частоте резонансного контура, когда переключатель S2 находится в своем проводящем или включенном состоянии. Конденсаторы C5 и C6 обеспечивают стабильное выходное напряжение или ток преобразователя.

Кроме того, выходной блок содержит положительный и отрицательный выходные выводы 210, 211, соответственно, которые подают DC выходное напряжение V_{out} преобразователя на нагрузку RL преобразователя 200 мощности класса E. Нагрузка преобразователя на чертеже схематично иллюстрирована посредством нагрузочного сопротивления RL, но на практике содержит различные типы электрических нагрузок, например, комплект светодиодов или перезаряжаемая батарея и т.д. Второй управляемый полупроводниковый переключатель S2 помещен между положительным выходным узлом 209 цепи выпрямления и нагрузкой RL преобразователя. Следовательно, S2 помещен последовательно с нагрузкой преобразователя таким образом, что она

отсоединена от преобразователя 200 класса E, когда переключатель S2 переключен в свое выключенное или непроводящее состояние. В таком выключенном состоянии S2 конденсатор С6 электрически изолирован от цепи выпрямления преобразователя, но может мгновенно подавать мощность на нагрузку преобразователя, тогда как DC
5 выходное напряжение преобразователя мощности отклоняется из-за тока, вытягиваемого нагрузкой RL преобразователя. В противоположной ситуации, когда S2 помещен в свое включенное или проводящее состояние, положительный выходной узел 209 цепи выпрямления соединен с нагрузкой RL преобразователя, а выпрямляющие конденсаторы С5 и С6 помещены параллельно таким образом, чтобы формировать
10 объединенный выходной конденсатор преобразователя 200 мощности. Специалистам в данной области техники будет понятно, что второй управляемый полупроводниковый переключатель S2 предпочтительно разработан или выбран таким образом, что его сопротивление во включенном состоянии заметно меньше, чем эквивалентное сопротивление нагрузки, например, по меньшей мере в 10 раз меньше, для минимизации
15 потерь мощности во включенном состоянии в S2 и падения напряжения на S2.

Второй управляемый полупроводниковый переключатель S2 предпочтительно содержит по меньшей мере один МОП-транзистор, такой как МОП-транзистор n типа. Второй управляемый полупроводниковый переключатель S2, разумеется, может быть сформирован посредством множества параллельно соединенных отдельных
20 полупроводниковых переключателей, такого как множество параллельно соединенных МОП-транзисторов.

Специалистам в данной области техники будет понятно, что компоновка второго управляемого полупроводникового переключателя S2 работает для соединения нагрузки RL преобразователя с выходом выпрямителя в проводящем состоянии переключателя
25 S2 и отсоединения нагрузки RL преобразователя от выходного узла 209 выпрямителя в непроводящем состоянии переключателя S2. Это в сущности изменяет нагрузку на выходе резонансного контура, представленную цепью выпрямления из-за того, что эквивалентный входной импеданс цепи выпрямления заметно возрастает, когда нагрузка RL преобразователя отсоединена посредством переключателя S2. Это изменение
30 нагрузки на выходе резонансного контура, вызванное переключением состояния переключателя S2, изменяет импедансные частотные характеристики резонансного контура таким образом, что он проявляет вторую и различную импедансную частотную характеристику в непроводящем состоянии переключателя S2 (когда нагрузка преобразователя отсоединена). Это изменение импедансных характеристик по частоте
35 резонансного контура может, например, содержать изменение значения добротности и/или изменение резонансной частоты. Импедансные частотные характеристики резонансного контура может быть представлены его импедансными характеристиками, как видно на выходе переключающего транзистора S1, т.е. выводе затвора S1 в настоящем варианте осуществления. Добротность импедансных характеристик
40 резонансного контура может изменяться, например, от значения между 5 и 20 в проводящем состоянии переключателя S2 вниз до значения между 0,5 и 2 в непроводящем состоянии переключателя S2. Резонансная частота резонансного контура может снижаться, например, с коэффициентом где-то между 1,4 и 3, таким как около 1,41 от проводящего состояния к непроводящему состоянию переключателя S2,
45 например, от приблизительно 30 МГц до приблизительно 21 МГц. Преобразователь 200 мощности класса E дополнительно содержит цепь 260 управления выходным напряжением, которая выполнена с возможностью регулировки DC выходного напряжения V_{out} посредством включения/активации или отключения/прерывания

первого управляющего сигнала переключателя на вывод 204 затвора первого переключателя S1 в соответствии с выбором первой импедансной характеристики или второй импедансной характеристики резонансного контура. Цепь управления выходным напряжением содержит компаратор 208 и генератор DC опорного напряжения (не показан), подающий DC опорное напряжение V_{ref} на первый вход компаратора 208.

Выход компаратора соединен с выводом 212 затвора переключателя S2 таким образом, что выход компаратора выбирает одно из проводящего состояния и непроводящего состояния переключателя S2 в зависимости от логического уровня выхода компаратора. Механизм управления цепи управления выходным напряжением, которая включает или отключает управляющий сигнал затвора на переключателе S1, может реагировать на выбранные импедансные характеристики резонансного контура, как управляется состоянием переключателя S2, с помощью различных механизмов обнаружения и управления. В одном варианте осуществления резонансный фазовый детектор 230 выполнен с возможностью отслеживания через линию 231 отслеживания сигнала резонансного напряжения или резонансного тока резонансного контура, как описано в связи с резонансным фазовым детектором 130. В случае реагирования резонансный фазовый детектор 230 производит подачу управляющего сигнала 233 на вывод 204 затвора первого переключателя S1 для выборочной активации или прерывания переключения состояния S1.

Другой вариант осуществления механизма управления цепи управления выходным напряжением содержит самовозбуждающийся контур обратной связи, соединенный между выводом стока, т.е. выходным выводом, и выводом 204 затвора переключателя S1. Первая импедансная характеристика резонансного контура имеет конфигурацию, обеспечивающую возможность включения колебания самовозбуждающегося контура обратной связи посредством разработки подходящего коэффициента обратной связи. Следовательно, сигнал затвора переключателя S1 будет активным или включенным и переключающим при частоте колебания, заданной амплитудной и фазовой характеристикой коэффициента обратной связи самовозбуждающегося контура обратной связи. Эта частота колебания является частотой переключения преобразователя 200 класса E во время активной или включенной работы и обычно будет расположена близко к максимуму импеданса резонансного контура, где коэффициент обратной связи имеет наибольшую амплитуду. Напротив, вторая импедансная характеристика резонансного контура имеет конфигурацию, обеспечивающую возможность отключения или прерывания колебания самовозбуждающегося контура обратной связи посредством изменения коэффициента обратной связи самовозбуждающегося контура обратной связи подходящим способом. Когда колебание самовозбуждающегося контура обратной связи прерывается, управляющий сигнал затвора на затворе 204 переключателя S1 отключается или прерывается, например, срезается до постоянного уровня напряжения ниже порогового напряжения S1, если он является МОП-транзистором. Как объяснено выше, цепь управления выходным напряжением активирует или прерывает/деактивирует преобразователь 200 класса E посредством управления состоянием второго переключателя S2, состояние переключателя которого в свою очередь включает или отключает собственные колебания контура обратной связи около переключателя S1. Последний определяет частоту переключения преобразователя 200 мощности класса E. Следовательно, включенное или проводящее состояние переключателя S2, когда присоединена нагрузка преобразователя, включает нормальную или включенную работу преобразователя 200 мощности класса E. Кроме того, преобразователь 200

мощности класса Е переключен в выключенное или нерабочее состояние посредством выбора выключенного состояния второго переключателя S2, когда отсоединена нагрузка преобразователя, с помощью сигнала затвора на вывод 212 затвора S2. Таким образом, цепь 260 управления выходным напряжением обеспечивает управление включением/выключением преобразователя 200 мощности класса Е для регулировки DC выходного напряжения через переключение состояния переключателя S2 высокоэффективным и удобным способом. В частности, управление включением/выключением выполняют посредством изменения состояния переключателя S2, помещенного на вторичной или выходной стороне преобразователя 200 мощности класса Е, от управляющего сигнала, полученного из цепи вторичной стороны. Следовательно, регулировка DC выходного напряжения достигается без передачи какого-либо управляющего сигнала через барьер с гальванической развязкой, сформированных посредством последовательных конденсаторов C2 и C3 в настоящем варианте осуществления, на переключатель S1 в цепи входной стороны, как более подробно объяснено ниже со ссылкой на варианты осуществления DC-DC преобразователя мощности на основе собственного колебания, показанных на фиг. 4 и 5.

Частота управляющего сигнала переключателя на затворе 204 переключателя S1 предпочтительно составляет 20 МГц или выше, или даже выше 30 МГц для обеспечения так называемого DC-DC преобразователя 200 мощности СВЧ типа. Управляющий сигнал переключателя может содержать ШИМ модулированный управляющий сигнал. Цепь выпрямления может содержать выпрямитель на диодной основе или синхронный выпрямитель перед выпрямляющим конденсатором для производства выходного напряжения преобразователя V_{out} , как DC выходного напряжения. Преобразователь 200 мощности класса Е может содержать конденсатор C1, соединенный через выводы стока или источника переключателя S1 или расположенного параллельно им для увеличения резонансного тока и/или регулировки/точной настройки резонансной частоты преобразователя 200 класса Е. Аналогично, еще один дополнительный конденсатор C4 может быть расположен параллельно выпрямительному диоду D1 для регулировки рабочего цикла резонансного преобразователя 200 мощности.

На фиг. 3 показана упрощенная схема электрической цепи изолированного типа класса Е DC-DC преобразователя 300 мощности в соответствии со вторым вариантом осуществления настоящего изобретения. Основное различие между настоящим преобразователем 300 класса Е и предыдущим вариантом 200 осуществления класса Е лежит в интеграции функций отдельного выпрямительного диода D1 и второго управляемого полупроводникового переключателя S2 преобразователя 200 класса Е в одном компоненте S2 настоящего преобразователя 300 мощности класса Е. Специалистам в данной области техники будет понятно, что обсужденные выше признаки, функции и компоненты первого варианта осуществления преобразователя 200 класса Е также можно применять к настоящему варианту осуществления преобразователя 300 мощности класса Е. Аналогично, соответствующие признаки и компоненты первого и второго вариантов осуществления преобразователей 200, 300 мощности класса Е были снабжены соответствующими ссылочными обозначениями для легкого сопоставления.

Специалистам в данной области техники будет понятно, что расположение и управление второго управляемого полупроводникового переключателя S2 в преобразователе 300 мощности класса Е служат двум различным функциям. Первая функция аналогична функциональности переключателя S2 преобразователя 200 класса

Е, обсужденного выше, т.е. для соединения нагрузки RL преобразователя с выходом выпрямителя в проводящем состоянии переключателя S2 и отсоединения нагрузки RL преобразователя от выхода выпрямителя в непроводящем состоянии переключателя S2. Нагрузка на выход резонансного контура, приложенная к цепи выпрямления, изменяется между проводящим и непроводящим состояниями переключателя S2, как
5 обсуждено выше, из-за того, что эквивалентный входной импеданс цепи выпрямления заметно возрастает, когда нагрузка RL преобразователя отсоединена посредством переключателя S2. Это изменение нагрузки на выходе резонансного контура, вызванное переключением состояния переключателя S2, изменяет импедансные характеристики резонансного контура таким образом, что он проявляет вторую и различную
10 импедансную характеристику в непроводящем состоянии переключателя S2 (когда нагрузка преобразователя отсоединена). Это переключение состояния управляется посредством контура управления напряжением, содержащим компаратор 308, и цепью 305 включения или приведения затвора. Выход цепи 305 приведения затвора соединен с выводом 312 затвора переключателя S2 и выполнен с возможностью определения
15 состояния переключателя S2, т.е. проводящего или непроводящего. Цепь управления (не показана) соединена с цепью 305 включения затвора таким образом, что когда переключатель S2 находится в проводящем состоянии во время нормальной или включенной работы преобразователя 300 мощности класса Е, управляющий сигнал затвора на затворе 312 синхронно переключается на управляющий сигнал затвора переключателя S1 на входном блоке 320. Таким образом, переключатель S2 работает в качестве синхронного однополупериодного выпрямителя и замещает работу
20 выпрямительного диода D1 преобразователя 200 мощности класса Е. Выпрямляющее действие переключателя S2 генерирует DC выходное напряжение V_{out} преобразователя через выпрямляющий конденсатор C5, соединенный через отрицательный и
25 положительный выходные выводы 310, 311 преобразователя 300 мощности класса Е. Преобразователь 300 мощности класса Е может содержать конденсатор C1, как показано, соединенный через выводы стока или источника переключателя S1 или расположенного параллельно им для увеличения резонансного тока и/или регулировки/
30 точной настройки резонансной частоты преобразователя 300 класса Е. Аналогично, еще один дополнительный конденсатор C4 может быть расположен параллельно интегрированному выпрямительному переключателю и переключателю S2 нагрузки преобразователя для регулировки рабочего цикла резонансного преобразователя 300 мощности. Также для приведения в действие управляемого переключателя S2 для
35 синхронного выпрямления может быть использован самовозбуждающийся привод затвора, таким образом, может быть предотвращена связь через барьер развязки.

На фиг. 4 показана упрощенная схема электрической цепи самовозбуждающегося изолированного DC-DC преобразователя 400 мощности класса Е в соответствии с третьим вариантом осуществления настоящего изобретения. Основное различие между
40 настоящим преобразователем 400 класса Е и предыдущим преобразователем 200 класса Е, обсужденном в сочетании с фиг. 2, лежит в расположении самовозбуждающегося контура обратной связи, соединенного между выходным выводом или выводом стока первого управляемого полупроводникового переключателя S1 и управляющим выводом 404 переключателя S1. Самовозбуждающийся контур обратной связи содержит
45 конденсатор C7 обратной связи, соединенный между выводами стока и затвора переключателя S1, и последовательную катушку L4 индуктивности, помещенную между выводом 404 затвора и источником V_{bias} напряжения смещения. Собственное колебание управляемого полупроводникового переключателя или транзистора S1 достигается

посредством надлежащего фазового сдвига, индуцированного посредством комбинации конденсатора С7 обратной связи и катушки L4 индуктивности затвора в комбинации с надлежащим усилением по напряжению, обеспеченному первой импедансной характеристикой резонансного контура. Следовательно, когда второй управляемый полупроводниковый переключатель S2 помещен в проводящее состояние, т.е. с нагрузкой RL преобразователя, присоединенной к выходу преобразователя, собственное колебание переключателя или транзистора S1 включено. Когда транзистор S1 является самовозбуждающимся, преобразователь 400 мощности включен или выполнен с возможностью подачи DC выходного напряжения и тока на нагрузку RL преобразователя. В противоположном состоянии, т.е. выключенном состоянии, переключателя S2 резонансный контур, содержащий по меньшей мере L1, L2, C1 и C2, проявляет импедансную характеристику, отличную от первой импедансной характеристики, из-за отсоединения нагрузки RL преобразователя от выхода цепи выпрямления. Вторая импедансная характеристика резонансного контура имеет конфигурацию, обеспечивающую возможность отключения колебания самовозбуждающегося контура обратной связи около транзисторного переключателя S1. Это может быть достигнуто посредством разработки второй импедансной характеристики резонансного контура со сниженным значением добротности и/или измененной резонансной частотой по сравнению с первой импедансной характеристикой. Значение добротности при резонансной частоте первой импедансной характеристики, например, может быть больше 5 или 10, тогда как значение добротности при резонансной частоте второй импедансной характеристики может быть меньше 2 или 1. Кроме того, резонансная частота первой импедансной характеристики может быть расположена на требуемой/целевой частоте переключения DC-DC преобразователя 400 мощности, например, 20 МГц или выше или 30 МГц или выше, тогда как резонансная частота второй импедансной характеристики, например, может быть по меньшей мере в 1,4 раза ниже, чем резонансная частота первой импедансной характеристики. Специалистам в данной области техники будет понятно, что функциональность ранее обсужденных резонансных фазовых детекторов 130, 230, 330 интегрирована в самовозбуждающийся контур обратной связи, сформированный около транзистора S1. Таким образом, колебание самовозбуждающегося контура обратной связи либо включено, либо отключено в соответствии с состоянием переключателя второго управляемого переключателя S2.

Специалистам в данной области техники будет понятно, что каждый из изображенных конденсаторов С7, С8 и С1 на практике может представлять внутренние емкости устройства только транзисторного переключателя S1, например, емкости сток-затвор, затвор-исток и сток-исток варианта осуществления переключателя S1 с МОП-транзистором. В альтернативном варианте одна или большее количество внутренних емкостей устройства могут быть дополнены соединенным параллельно внешним конденсатором для обеспечения требуемой емкости. Специалистам в данной области техники будет понятно, что обсужденные выше признаки, функции и компоненты контура управления выходным напряжением, цепи выпрямления и барьера гальванической развязки первого варианта осуществления преобразователя 200 класса E также можно применять к соответствующим компонентам и цепям настоящего варианта осуществления преобразователя 400 мощности. Следовательно, соответствующие компоненты первого и третьего вариантов осуществления преобразователей 200, 400 мощности класса E были снабжены соответствующими ссылочными обозначениями для легкого сопоставления.

На фиг. 5 показана упрощенная схема электрической цепи неизолированного резонансного DC-DC преобразователя 500 мощности класса E в соответствии с четвертым вариантом осуществления настоящего изобретения. Основное различие между настоящим преобразователем 500 класса E и предыдущим преобразователем 200 класса E, обсужденном в сочетании с фиг. 2, лежит в отсутствии барьера с гальванической развязкой между входным блоком 520 и выходным блоком 550 и различном соединении второго управляемого полупроводникового переключателя S2. Выходное напряжение V_{out} преобразователя регулируется посредством поочередной активации и прерывания первого управляющего сигнала переключателя на вывод 512 затвора полупроводникового переключателя S2 для включения и отключения резонансного преобразователя 500 мощности, как обсуждено в связи с описанием предыдущих вариантов осуществления резонансного преобразователя мощности. Регулировка DC выходного напряжения V_{out} преобразователя 500 мощности выполняется посредством цепи 560 управления выходным напряжением, содержащей цепь 515 согласования, соединенную с выходным напряжением V_{out} преобразователя и компаратором 508. Опорный вход компаратора 508 соединен с DC опорным напряжением V_{ref} , а другой вход компаратора принимает DC выходное напряжение после согласования. Как объяснено выше, выходной сигнал компаратора обеспечивает управляющий сигнал на вывод затвора второго управляемого переключателя S2 для поочередного его переключения между его проводящим и непроводящим состояниями в зависимости от уровня DC выходного напряжения относительно DC опорного напряжения V_{ref} . Настоящий DC-DC преобразователь 500 мощности содержит самовозбуждающийся контур обратной связи, схематично показанный блоком 530 цепи, для выключения и включения преобразователя 500 мощности в зависимости от выбранного состояния переключателя S2. Самовозбуждающийся контур обратной связи может быть соединен между выходным выводом или выводом стока первого управляемого полупроводникового переключателя S1 и управляющим выводом 504 переключателя S1, как обсуждено выше в связи с третьим вариантом осуществления.

Хотя полупроводниковый переключатель S2 каждого из ранее обсужденных вариантов 200, 300, 400 осуществления преобразователя мощности последовательно соединен между выходом резонансного контура и нагрузкой преобразователя, соответствующий переключатель S2 настоящего преобразователя 500 мощности соединен через выход резонансного контура и отрицательный шинопровод 511 питания или заземления преобразователя 500 мощности. Резонансный контур преобразователя 500 мощности содержит по меньшей мере L1, L2 и C1. Следовательно, переключатель S2 функционирует как разомкнутая цепь, когда он помещен в непроводящее состояние или выключенное состояние посредством надлежащего выходного сигнала компаратора на вывод 512 затвора S2. Следовательно, переключатель S2 представляет по существу отсутствие нагрузки на выходе резонансного контура в своем непроводящем состоянии таким образом, чтобы выбирать первую импедансную характеристику резонансного контура. В проводящем состоянии переключатель S2 является по сути цепью короткого замыкания на выходе резонансного контура на заземляющую или отрицательную линию питающего напряжения через низкоимпедансный тракт, поскольку сопротивление во включенном состоянии переключателя S2 может быть существенно меньше, чем импеданс резонансного контура. Следовательно, резонансный контур проявляет вторую и предпочтительно заметно различную импедансную характеристику в проводящем состоянии S2. Аналогичным образом, как обсуждалось в связи с самовозбуждающимся

контуром третьего варианта 400 осуществления, вторая импедансная характеристика резонансного контура имеет конфигурацию, обеспечивающую возможность отключения колебания самовозбуждающегося контура обратной связи около транзисторного переключателя S1. Это может быть достигнуто посредством выполнения резонансного контура со второй импедансной характеристикой, которая проявляет сниженное значение добротности и/или измененную резонансную частоту по сравнению с аналогичными признаками первой импедансной характеристикой. Значение добротности при резонансной частоте первой импедансной характеристики, например, может быть больше 5 или 10, тогда как значение добротности при резонансной частоте второй импедансной характеристики может быть меньше 2 или 1. Кроме того, резонансная частота первой импедансной характеристики может быть 20 МГц или выше, такой как 30 МГц или выше, тогда как резонансная частота второй импедансной характеристики может быть ниже, например, по меньшей мере в 1,4 раза ниже.

(57) Формула изобретения

15

1. Резонансный DC-DC преобразователь мощности, содержащий:

5

- цепь входной стороны, содержащую положительный и отрицательный входные выводы для приема выходного напряжения или тока,

20

- цепь выходной стороны, содержащую положительный и отрицательный выходные выводы для подачи выходных мощности, напряжения или тока преобразователя и соединения с нагрузкой преобразователя,

- цепь выпрямления, соединенную между выходом резонансного контура и цепью выходной стороны,

25

причем резонансный контур выполнен с возможностью поочередной зарядки от входного напряжения или тока и разрядки через цепь выпрямления посредством первого управляемого переключающего устройства в соответствии с первым управляющим сигналом переключателя, при этом частота этого управляющего сигнала переключателя составляет 20 МГц или выше, более предпочтительно 30 МГц или выше,

30

- второе управляемое переключающее устройство, выполненное с возможностью выбора первой импедансной характеристики резонансного контура в первом состоянии переключателя и выбора второй импедансной характеристики резонансного контура во втором состоянии переключателя,

35

- цепь управления выходным напряжением или током, выполненная с возможностью регулировки выходных напряжения и/или тока преобразователя посредством активации и прерывания первого управляющего сигнала переключателя в соответствии с состоянием переключателя второго управляемого переключающего устройства.

40

2. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по п. 1, в котором второе управляемое переключающее устройство соединено последовательно между выходом цепи выпрямления и положительным или отрицательным выходным выводом для соединения нагрузки преобразователя в проводящем состоянии переключателя и отсоединения нагрузки преобразователя в непроводящем состоянии переключателя.

45

3. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по п. 1, в котором второе управляемое переключающее устройство присоединено на концах выхода резонансного контура для выбора первой импедансной характеристики резонансного контура в непроводящем состоянии и второй импедансной характеристики резонансного контура в проводящем состоянии.

4. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по п. 2 или 3, в котором цепь выпрямления содержит второе управляемое переключающее устройство и цепь

управления выполнена с возможностью выработки управляющего сигнала для второго управляемого переключающего устройства синхронно с первым управляющим сигналом переключения.

5 5. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, в котором цепь управления выходным напряжением или током содержит:

самовозбуждающийся контур обратной связи, соединенный между выходным выводом и управляющим выводом первого управляемого переключающего устройства; причем первая импедансная характеристика резонансного контура имеет конфигурацию, обеспечивающую возможность включения колебания самовозбуждающегося контура
10 обратной связи, и

вторая импедансная характеристика резонансного контура имеет конфигурацию, обеспечивающую возможность отключения колебания самовозбуждающегося контура обратной связи.

15 6. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, в котором значение добротности первой импедансной характеристики больше 5 при резонансной частоте первой импедансной характеристики и

значение добротности второй импедансной характеристики меньше 2 при резонансной частоте второй импедансной характеристики.

20 7. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, в котором резонансная частота первой импедансной характеристики по меньшей мере в 1,4 раза больше, чем резонансная частота второй импедансной характеристики.

8. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, в котором цепь управления выходным напряжением или током содержит:

контур регулировки напряжения или тока, соединенный между выводом выходного
25 напряжения преобразователя и управляющим выводом второго управляемого переключающего устройства для регулировки выходного напряжения преобразователя в соответствии с одним или большим количеством DC опорных напряжений или токов.

9. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по п. 8, в котором контур регулировки напряжения или тока содержит:

30 генератор DC опорного напряжения, выполненный с возможностью подачи указанных одного или большего количества DC опорных напряжений или токов, один или большее количество компараторов, выполненных с возможностью сравнения выходного напряжения преобразователя по меньшей мере с первым DC опорным напряжением и выбора проводящего состояния или непроводящего состояния
35 второго управляемого переключающего устройства в зависимости от результата сравнения.

10. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по п. 9, в котором генератор DC опорного напряжения выполнен с возможностью подачи первого DC опорного напряжения и второго DC опорного напряжения, где первое DC опорное напряжение
40 выше, чем второе DC опорное напряжение;

причем указанные один или большее количество компараторов выполнены с возможностью:

сравнения выходного напряжения преобразователя с первым и вторым DC опорными напряжениями и

45 выбора одного из проводящего и непроводящего состояний второго управляемого переключающего устройства в случае, если выходное напряжение преобразователя превышает первое DC опорное напряжение,

выбора противоположного состояния второго управляемого переключающего

устройства в случае падения выходного напряжения преобразователя ниже второго DC опорного напряжения.

11. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по п. 5, в котором самовозбуждающийся контур обратной связи содержит:

- 5 первую внутреннюю емкость переключателя, соединенную между выходным и управляющим выводами первого управляемого переключающего устройства, первый источник напряжения смещения, выполненный с возможностью выработки первого регулируемого напряжения смещения, первую катушку индуктивности, предпочтительно по существу с постоянной
- 10 индуктивностью, соединенную между первым источником напряжения смещения и управляющим выводом первого управляемого переключающего устройства.

12. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, содержащий барьер с гальванической развязкой, расположенный между цепью входной стороны и цепью выходной стороны.

- 15 13. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по п. 12, в котором барьер с гальванической развязкой содержит первый и второй соединительные конденсаторы.

14. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, содержащий топологию преобразователя, выбранную из группы, содержащей класс E, класс F, класс DE.

- 20 15. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, в котором первое управляемое переключающее устройство содержит один или большее количество полупроводниковых переключателей и второе управляемое переключающее устройство содержит один или большее количество полупроводниковых переключателей;

причем каждый из полупроводниковых переключателей содержит

25 полупроводниковый транзистор, такой как МОП-транзистор или БТИЗ, такой как МОП-транзистор на основе нитрида галлия (GaN) или карбида кремния (SiC).

16. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, дополнительно содержащий:

- беспроводной или проводной приемник данных для приема удаленных команд
- 30 данных для управления состоянием переключателя для второго управляемого переключающего устройства.

17. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, дополнительно содержащий:

- одну по существу плоскую несущую подложку, имеющую первую поверхность и
- 35 вторую противоположную поверхность, причем цепь входной стороны, цепь выходной стороны, цепь выпрямления, резонансный контур, первое управляемое переключающее устройство, второе управляемое переключающее устройство и цепь управления выходным напряжением или током прикреплены на первой поверхности и/или второй поверхности.

- 40 18. Резонансный DC-DC преобразователь мощности по п. 17, в котором указанная одна по существу плоская несущая подложка содержит одностороннюю или двустороннюю печатную плату.

19. Способ эксплуатации резонансного DC-DC преобразователя мощности для генерирования выходного напряжения или тока преобразователя, включающий

45 следующие этапы:

а) поочередная зарядка и разрядка резонансного контура указанного резонансного преобразователя от источника входного напряжения посредством первого управляемого переключающего устройства в соответствии с первым управляющим сигналом

переключателя,

b) выпрямление резонансного тока резонансного контура,

c) разрядка выпрямленного резонансного тока в цепь выпрямления для производства выпрямленного выходного напряжения,

5 d) переключение между первой импедансной характеристикой или второй импедансной характеристикой резонансного контура посредством выбора первого или второго состояния переключателя второго управляемого переключающего устройства,

10 e) регулировка выходного напряжения или тока преобразователя посредством поочередной активации и прерывания первого управляющего сигнала переключателя в соответствии с первым или вторым состоянием переключателя второго управляемого переключающего устройства.

15

20

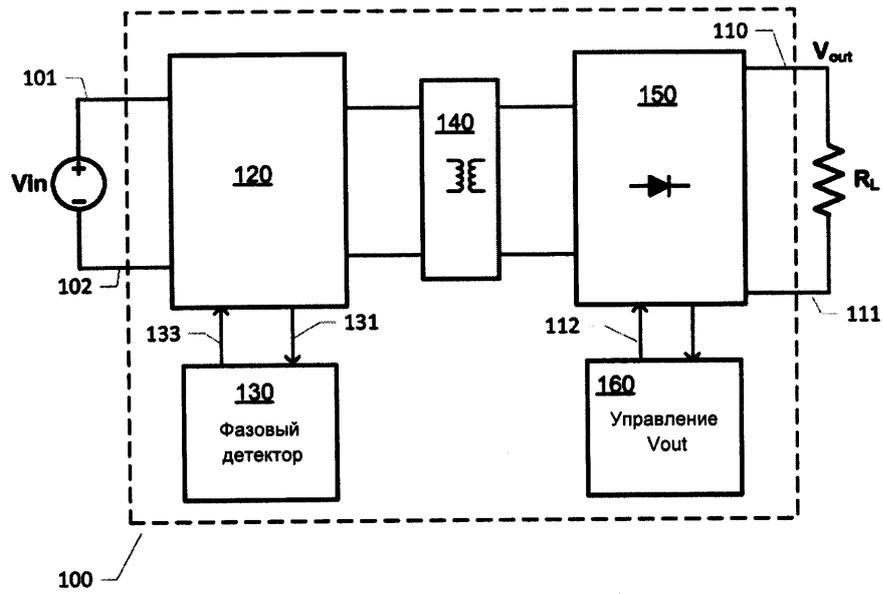
25

30

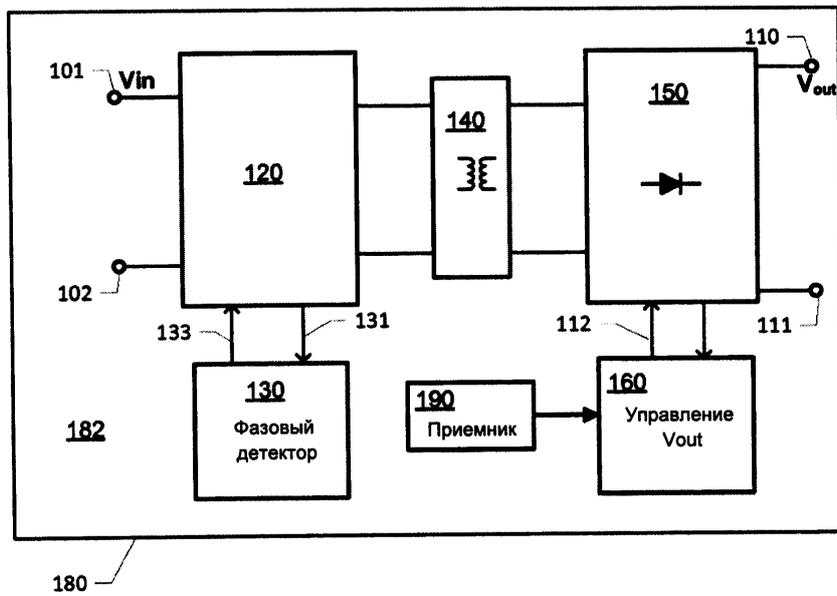
35

40

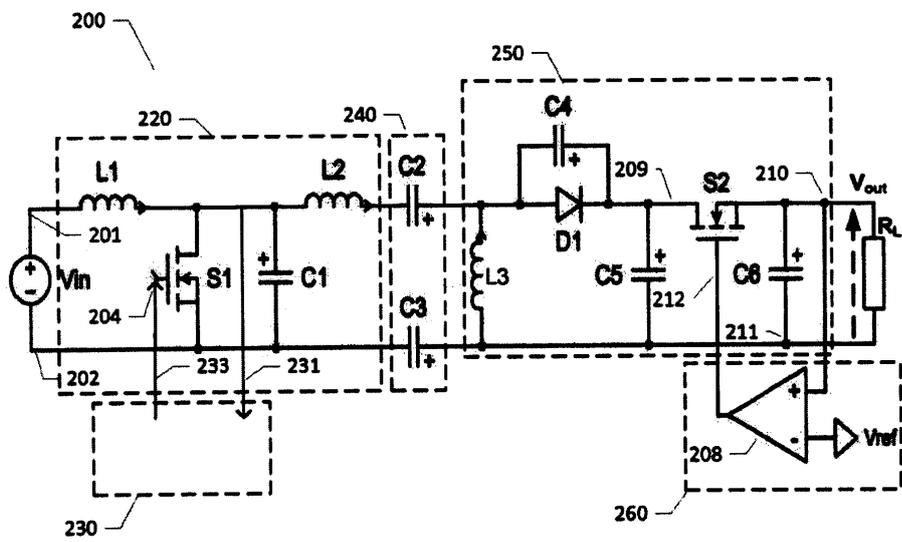
45



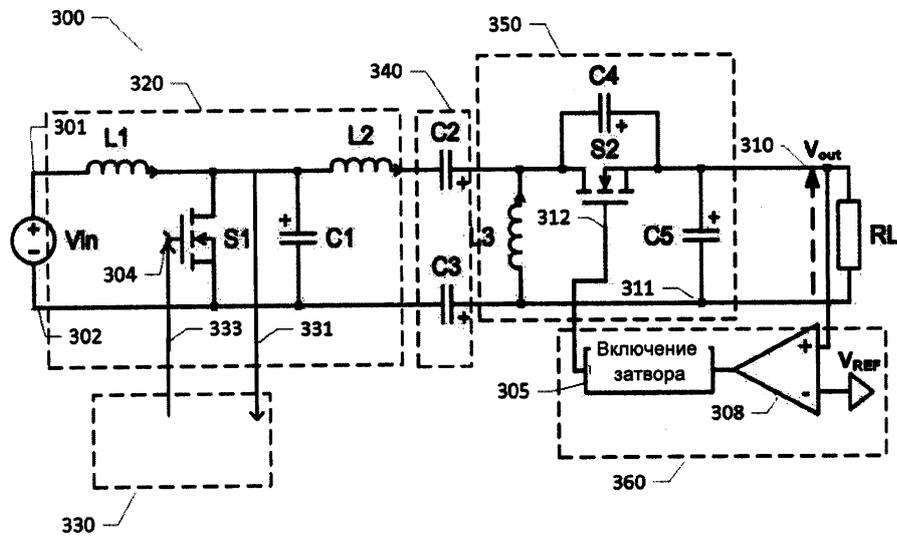
ФИГ. 1



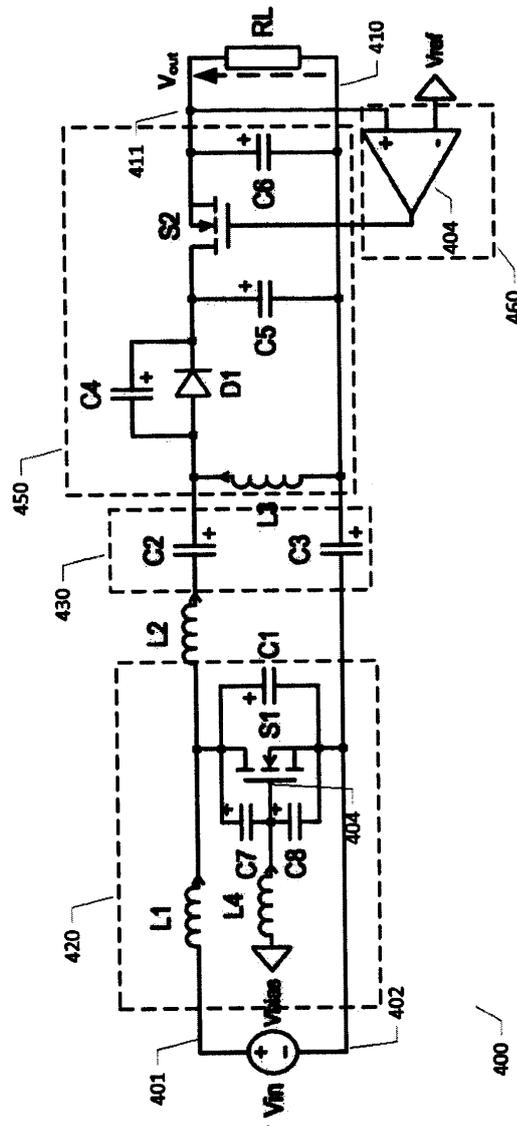
ФИГ. 1 А)



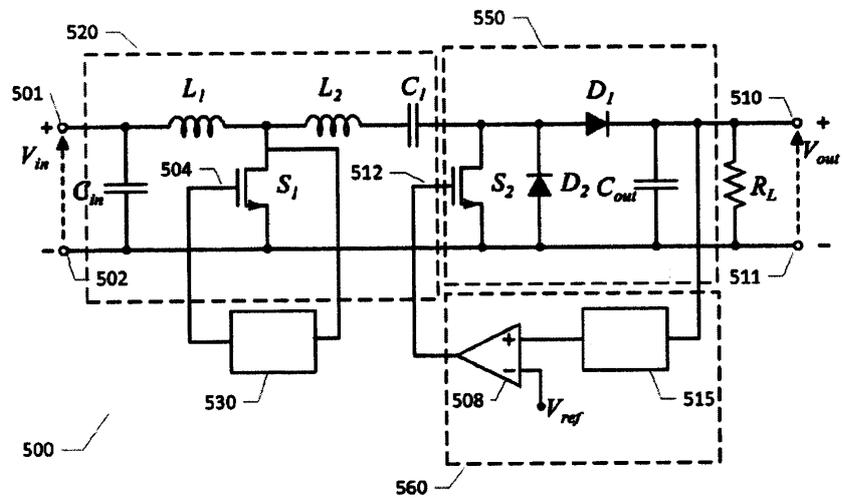
ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5