



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H02M 3/335 (2020.02)*

(21)(22) Заявка: 2018117293, 13.10.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.10.2015

Дата регистрации:  
29.05.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.10.2015

(43) Дата публикации заявки: 14.11.2019 Бюл. № 32

(45) Опубликовано: 29.05.2020 Бюл. № 16

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 14.05.2018

(86) Заявка РСТ:  
US 2015/055338 (13.10.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2017/065750 (20.04.2017)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ЯМАГАМИ Сигехару (JP),  
НГО Кхай Доан Дзе (US)**

(73) Патентообладатель(и):

**НИССАН МОТОР КО., ЛТД. (JP),  
ВИРДЖИНИЯ ТЕК ИНТЕЛЛЕКЧУАЛ  
ПРОПЕРТИЗ, ИНК. (US)**

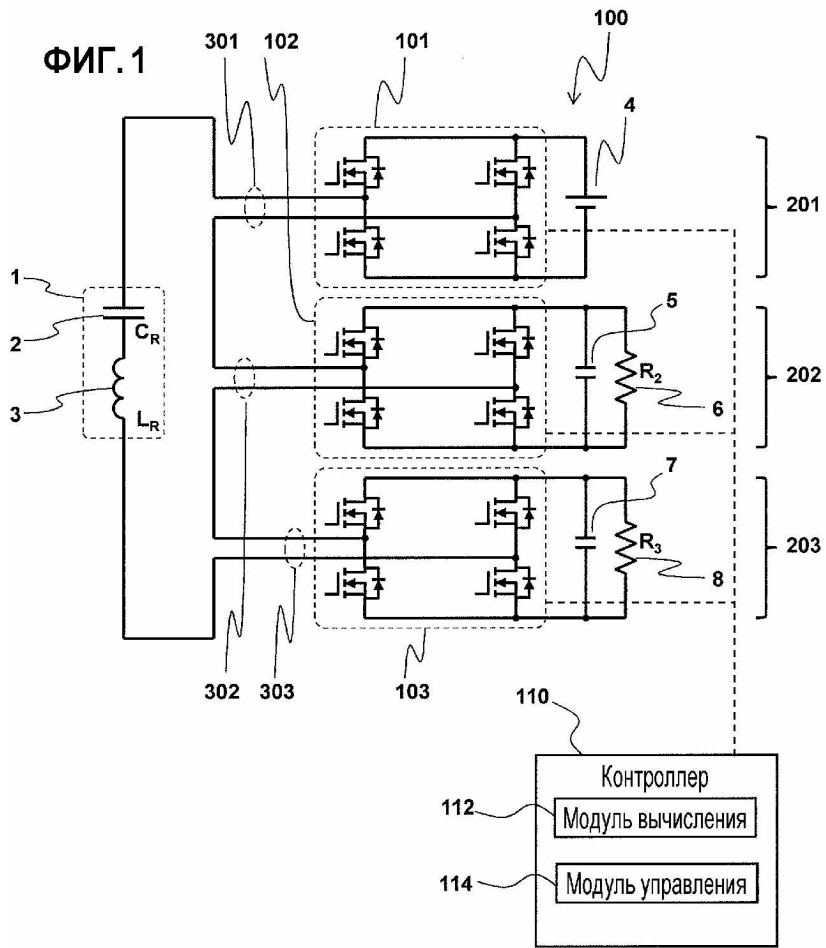
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 2012275197 A1, 01.11.2012. US  
2012014138 A1, 19.01.2012. RU 2427068 C2,  
20.08.2011. US 2011007527 A1, 13.01.2011. US  
6548985 B1, 15.04.2003.

## (54) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ МОЩНОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к преобразователю мощности. Техническим результатом является уменьшение числа составных частей, а также уменьшение габаритных размеров. Результат достигается тем, что преобразователь (100) мощности содержит, по меньшей мере, три переключающих схемы (101, 102, 103), по меньшей мере, один источник (4) питания, по меньшей мере, одну нагрузку (6, 8) и резонансную схему

(1). Входные клеммы переключающих схем (101, 102, 103) соединяются или, по меньшей мере, с одним источником (4) питания, или, по меньшей мере, с одной нагрузкой (6, 8), и выходные клеммы (301, 302, 303) переключающих схем (101, 102, 103) электрически последовательно соединяются с резонансной схемой (1) для формирования замкнутой схемы. 9 з.п. ф-лы, 24 ил., 2 табл.



**ФИГ. 1**



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H02M 3/335 (2020.02)*

(21)(22) Application: **2018117293, 13.10.2015**

(24) Effective date for property rights:  
**13.10.2015**

Registration date:  
**29.05.2020**

Priority:  
(22) Date of filing: **13.10.2015**

(43) Application published: **14.11.2019** Bull. № 32

(45) Date of publication: **29.05.2020** Bull. № 16

(85) Commencement of national phase: **14.05.2018**

(86) PCT application:  
**US 2015/055338 (13.10.2015)**

(87) PCT publication:  
**WO 2017/065750 (20.04.2017)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO  
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):  
**YAMAGAMI Shigeharu (JP),  
NGO Khai Doan The (US)**

(73) Proprietor(s):  
**NISSAN MOTOR CO., LTD. (JP),  
VIRGINIA TECH INTELLECTUAL  
PROPERTIES,INC. (US)**

(54) **POWER CONVERTER**

(57) Abstract:  
FIELD: electrical engineering.  
SUBSTANCE: invention relates to a power converter. Result is achieved by that power converter (100) comprises at least three switching circuits (101, 102, 103), at least one power supply (4), at least one load (6, 8) and resonance circuit (1). Input terminals of switching circuits (101, 102, 103) are connected to at

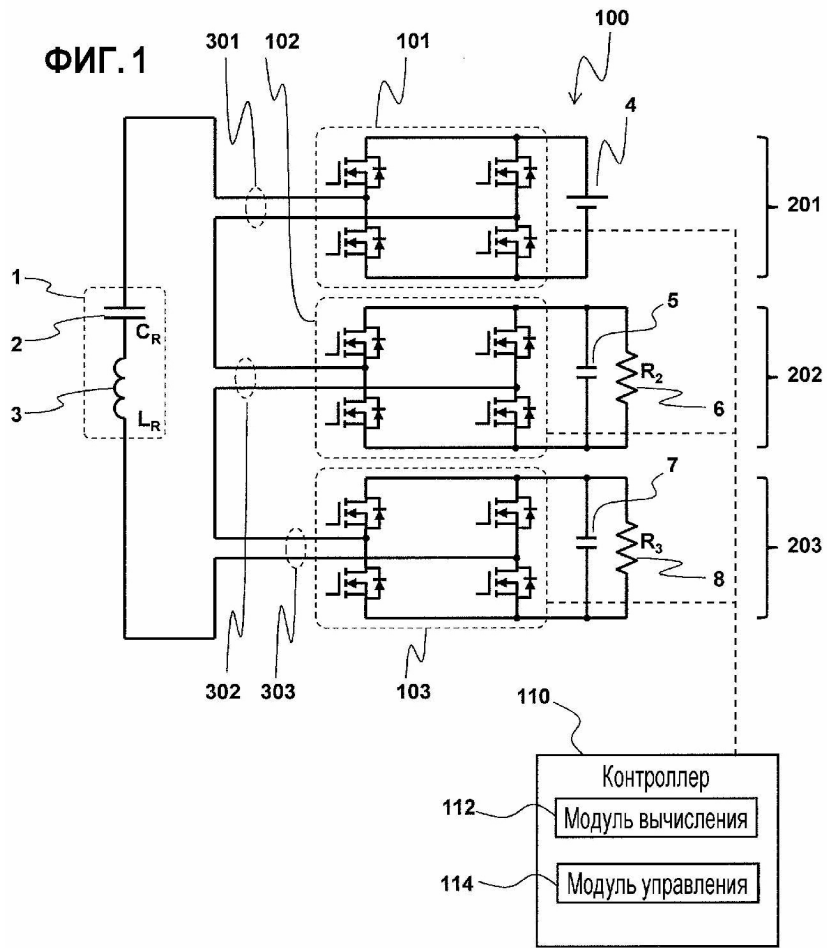
least one power supply (4) or at least one load (6, 8), and output terminals (301, 302, 303) of switching circuits (101, 102, 103) are electrically connected in series to resonance circuit (1) to form a closed circuit.

EFFECT: technical result is reduced number of components, as well as reduced overall dimensions.

10 cl, 24 dwg, 2 tbl

RU 2 722 388 C 2

RU 2 722 388 C 2



**ФИГ. 1**

Уровень техники

*Область техники, к которой относится изобретение*

[0001] Настоящее изобретение, в общем, относится к преобразователю мощности.

*Уровень техники*

5 [0002] В данной области техники традиционно известна система электропитания, которая может использоваться для подачи питания в транспортное средство, к примеру, в электрическое транспортное средство или в гибридное электрическое транспортное средство. Например, в транспортном средстве, например, используется система электропитания с двойным напряжением, в которой присутствуют 12-вольтовая система  
10 для того, чтобы питать электрическую нагрузку, такую как передние и задние фары, вентиляторы обогревателя, аудиосистему и т.д., и система высокого напряжения для того, чтобы питать тяговый инвертор, мотор и т.д. При использовании системы электропитания с двойным напряжением, удобно переносить энергию между двумя системами напряжения. С этой целью, преобразователь мощности устанавливается в  
15 транспортном средстве.

[0003] В частности, полномостовой преобразователь со сдвигом фаз предоставляется, например, в работе "A 1 kW 500 kHz Front-End Converter for the Distributed Power Supply System" авторов Mweene и др., IEEE Transactions on Power Electronics, издание 6, № 3, стр. 398-407, июль 1991 года (в дальнейшем "непатентный документ 1"). Кроме того,  
20 трехпортовый преобразователь предоставляется, например, в работе "Idling Port Isolation Control of Three-Port Bidirectional Converter for EVs" авторов Kim и др., IEEE Transactions on Power Electronics, издание 27, № 5, стр. 2495-2506, май 2012 года (в дальнейшем "непатентный документ 2"). При использовании этого трехпортового преобразователя непатентного документа 2, поток мощности в предварительно определенный порт  
25 может предотвращаться, чтобы переводить порт в бездействующий режим.

*Сущность изобретения*

[0004] При использовании преобразователя из непатентного документа 1, поток мощности между источниками питания и нагрузками является управляемым. Тем не менее, при использовании этого преобразователя, затруднительно уменьшать размер  
30 и стоимость преобразователя. С другой стороны, при использовании преобразователя из непатентного документа 2, число частей преобразователя может уменьшаться. Тем не менее, при использовании этого преобразователя, сложное действие переключения требуется для того, чтобы переводить порт в бездействующий режим, и затруднительно предотвращать потери энергии в бездействующем порту, что в свою очередь требует  
35 компонентной конструкции с учетом теплообразования вследствие потерь. Таким образом, при использовании этого преобразователя, также затруднительно уменьшать размер и стоимость преобразователя.

[0005] Один аспект заключается в том, чтобы предоставлять преобразователь мощности, при использовании которого может уменьшаться размер и стоимость.

40 [0006] С учетом состояния известной технологии и в соответствии с первым аспектом, преобразователь мощности включает в себя, по меньшей мере, три переключающих схемы, по меньшей мере, один источник питания, по меньшей мере, одну нагрузку и резонансную схему, причем входные клеммы переключающих схем соединяются или, по меньшей мере, с одним источником питания, или, по меньшей мере, с одной нагрузкой,  
45 и причем выходные клеммы переключающих схем электрически последовательно соединяются с резонансной схемой для формирования замкнутой схемы.

[0007] При использовании преобразователя мощности согласно первому аспекту, мощность между множеством портов может управляться требуемым образом. Таким

образом, можно предоставлять преобразователь мощности, при использовании которого может уменьшаться число частей, и могут уменьшаться размер и стоимость.

5 [0008] В соответствии со вторым аспектом, преобразователь мощности согласно первому аспекту, в котором сумма основной составляющей (основной гармоники) формы сигнала напряжения, сформированного посредством набора переключающих схем, который соединяется, по меньшей мере, с одним источником питания, по существу  
равна сумме основной составляющей формы сигнала напряжения, приложенного к набору переключающих схем, который соединяется, по меньшей мере, с одной нагрузкой.

10 [0009] При использовании преобразователя мощности согласно второму аспекту, мощность между множеством портов может управляться требуемым образом посредством задания суммы основной составляющей, по меньшей мере, одного источника питания, избирательно фильтрованного посредством резонансной схемы, равной сумме основной составляющей, по меньшей мере, одной нагрузки.

15 [0010] В соответствии с третьим аспектом, преобразователь мощности согласно первому или второму аспекту, в котором частоты форм сигнала напряжения по существу равны резонансной частоте резонансной схемы.

[0011] При использовании преобразователя мощности согласно третьему аспекту, основная составляющая может избирательно получаться посредством задания частот форм сигнала напряжения таким образом, что они находятся около резонансной  
20 частоты резонансной схемы.

[0012] В соответствии с четвертым аспектом, преобразователь мощности согласно любому из первого-третьего аспектов, в котором фазы форм сигнала напряжения по существу равны друг другу.

25 [0013] При использовании преобразователя мощности согласно четвертому аспекту, сумма основной составляющей, по меньшей мере, одного источника питания и сумма основной составляющей, по меньшей мере, одной нагрузки могут задаваться равными друг другу посредством задания форм сигнала напряжения как имеющих идентичную фазу.

30 [0014] В соответствии с пятым аспектом, преобразователь мощности согласно любому из первого-четвертого аспектов, в котором, по меньшей мере, одна из выходных клемм переключающих схем последовательно соединяется с замкнутой схемой через изолирующий трансформатор.

35 [0015] При использовании преобразователя мощности согласно пятому аспекту, требуемая выходная клемма может быть электрически изолирована от другой выходной клеммы посредством соединения, по меньшей мере, одной пары выходных клемм через преобразователь.

40 [0016] В соответствии с шестым аспектом, преобразователь мощности согласно любому из первого-пятого аспектов, в котором характеристический импеданс резонансной схемы выше значения полного действующего нагрузочного сопротивления, последовательно соединенного с замкнутой схемой.

[0017] При использовании преобразователя мощности согласно шестому аспекту, основная составляющая формы сигнала напряжения может эффективно фильтроваться посредством резонансной схемы посредством задания характеристического импеданса резонансной схемы выше значения полного действующего нагрузочного сопротивления.

45 [0018] В соответствии с седьмым аспектом, преобразователь мощности согласно любому из первого-шестого аспектов, в котором, по меньшей мере, одна из выходных клемм переключающих схем электрически закорачивается через переключающий элемент верхнего плеча или переключающий элемент нижнего плеча в переключающей

схеме.

[0019] При использовании преобразователя мощности согласно седьмому аспекту, по меньшей мере, одна из выходных клемм переключающих схем электрически закорачивается через переключающий элемент верхнего плеча или переключающий элемент нижнего плеча в переключающей схеме. Таким образом, мощность, вводимая в короткозамкнутая выходная клемма, и мощность, выводимая из короткозамкнутой выходной клеммы, могут быть равны нулю, за счет этого уменьшая потери в переключающем элементе.

[0020] В соответствии с восьмым аспектом, преобразователь мощности согласно седьмому аспекту, в котором, по меньшей мере, одна из выходных клемм переключающих схем электрически закорачивается попеременно через переключающий элемент верхнего плеча и переключающий элемент нижнего плеча в переключающей схеме.

[0021] При использовании преобразователя мощности согласно восьмому аспекту, по меньшей мере, одна из выходных клемм переключающих схем электрически закорачивается попеременно через переключающий элемент верхнего плеча и переключающий элемент нижнего плеча в переключающей схеме. Таким образом, чрезмерное возрастание температуры в переключающем элементе, используемом для короткого замыкания, может предотвращаться.

[0022] В соответствии с девятым аспектом, преобразователь мощности согласно седьмому или восьмому аспекту, в котором, по меньшей мере, одна из переключающих схем включает в себя полномостовую схему.

[0023] При использовании преобразователя мощности согласно девятому аспекту, выходная клемма переключающей схемы может легко электрически закорачиваться посредством задания, по меньшей мере, одной из переключающих схем таким образом, что она включает в себя полномостовую схему.

[0024] В соответствии с десятым аспектом, преобразователь мощности согласно любому из первого-девятого аспекта дополнительно включает в себя модуль вычисления, выполненный с возможностью вычислять значение нагрузочного сопротивления на основе приложенного напряжения, по меньшей мере, для одной нагрузки и среднего тока, по меньшей мере, для одной нагрузки, и модуль управления, выполненный с возможностью определять коэффициент заполнения переключающих схем на основе значения нагрузочного сопротивления, значения напряжения источника питания и целевого значения напряжения, по меньшей мере, для одной нагрузки.

[0025] При использовании преобразователя мощности согласно десятому аспекту, преобразователь мощности включает в себя модуль вычисления, выполненный с возможностью вычислять значение нагрузочного сопротивления на основе приложенного напряжения, по меньшей мере, для одной нагрузки и среднего тока, по меньшей мере, для одной нагрузки, и модуль управления, выполненный с возможностью определять коэффициент заполнения переключающих схем на основе значения нагрузочного сопротивления, значения напряжения источника питания и целевого значения напряжения, по меньшей мере, для одной нагрузки. Таким образом, мощность между множеством портов может управляться требуемым образом.

Краткое описание чертежей

[0026] Ссылаясь теперь на прилагаемые чертежи, которые являются частью этого исходного раскрытия сущности:

[0027] Фиг. 1 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя мощности в соответствии с первым вариантом осуществления;

[0028] Фиг. 2 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру, которая является идентичной схемной структуре, проиллюстрированной на фиг. 1, за исключением того, что второй и третий изолирующие трансформаторы добавляются во второй и третий порты, соответственно;

5 [0029] Фиг. 3 является принципиальной схемой, иллюстрирующей эквивалентную схему переменного тока схемной структуры, проиллюстрированной на фиг. 2;

[0030] Фиг. 4 иллюстрирует формы сигнала напряжения, иллюстрирующие взаимосвязь между  $v_{FC1}(t)$  и  $v_{SQ1}(t)$ ;

10 [0031] Фиг. 5 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру второго порта, проиллюстрированного на фиг. 2;

[0032] Фиг. 6 является принципиальной схемой, иллюстрирующей эквивалентную схему переменного тока схемной структуры второго порта, проиллюстрированного на фиг. 5;

[0033] Фиг. 7 является формой сигнала  $i_2(t)$ ;

15 [0034] Фиг. 8 является графиком среднего тока  $I_{AVE2}$ , протекающего через второе нагрузочное сопротивление;

[0035] Фиг. 9 иллюстрирует графики, выражающие  $\sin(\beta)$  и  $\sin(\gamma)$  в качестве функций  $\sin(\alpha)$ ;

20 [0036] Фиг. 10 иллюстрирует графики, иллюстрирующие взаимосвязи между коэффициентом заполнения первого порта и эквивалентными сопротивлениями  $R_{E2}$  и  $R_{E3}$ ;

[0037] Фиг. 11 иллюстрирует графики, иллюстрирующие взаимосвязи между коэффициентом заполнения первого порта и коэффициентами заполнения второго и третьего портов;

[0038] Фиг. 12 иллюстрирует график, иллюстрирующий взаимосвязь между коэффициентом заполнения первого порта и пиковым напряжением для напряжения  $v_{FC1}(t)$ ;

30 [0039] Фиг. 13 иллюстрирует график, иллюстрирующий взаимосвязь между коэффициентом заполнения первого порта и пиковым резонансным током  $I_R$  для тока;

[0040] Фиг. 14 иллюстрирует график, иллюстрирующий взаимосвязь между коэффициентом заполнения первого порта и коэффициентом  $Q$ ;

[0041] Фиг. 15 иллюстрирует принципиальную схему, используемую в моделировании;

35 [0042] Фиг. 16 иллюстрирует формы сигналов  $v_{SQ1}(t)$ ,  $v_{SQ2}(t)$  и  $v_{SQ3}(t)$ ;

[0043] Фиг. 17 иллюстрирует формы сигналов  $i_R(t)$ ,  $i_1(t)$ ,  $i_2(t)$  и  $i_3(t)$ ;

[0044] Фиг. 18 иллюстрирует формы сигналов выходных напряжений  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  второго и третьего портов, соответственно;

40 [0045] Фиг. 19 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя мощности в соответствии со вторым вариантом осуществления;

[0046] Фиг. 20 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя мощности в соответствии с третьим вариантом осуществления;

[0047] Фиг. 21 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя мощности в соответствии с четвертым вариантом осуществления;

45 [0048] Фиг. 22 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя мощности в соответствии с пятым вариантом осуществления;

[0049] Фиг. 23 является принципиальной схемой, иллюстрирующей эквивалентную схему переменного тока схемной структуры, проиллюстрированной на фиг. 22; и



[0050] Фиг. 24 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя мощности в соответствии с модифицированным примером пятого варианта осуществления.

Подробное описание вариантов осуществления

5 [0051] Далее поясняются выбранные варианты осуществления со ссылкой на чертежи. Специалистам в данной области техники из этого раскрытия сущности должно быть очевидным, что нижеприведенные описания вариантов осуществления предоставляются  
10 только для иллюстрации, а не для ограничения изобретения, заданного посредством прилагаемой формулы изобретения и ее эквивалентов. Аналогичные ссылки с номерами на чертежах обозначают аналогичные либо идентичные элементы или признаки, и в силу этого описания аналогичных либо идентичных элементов или признаков могут опускаться в последующих вариантах осуществления.

*Первый вариант осуществления*

15 [0052] Ссылаясь на фиг. 1-18 и таблицы 1 и 2, преобразователь 100 мощности проиллюстрирован в соответствии с первым вариантом осуществления. Фиг. 1 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя 100 мощности. Как показано на фиг. 1, преобразователь 100 мощности представляет собой так называемый многопортовый преобразователь с тремя портами, такими как первый порт 201, второй порт 202 и третий порт 203. Первый порт 201 включает в себя первую  
20 переключающую схему 101 и первый источник 4 питания. Второй порт 202 включает в себя вторую переключающую схему 102, второй сглаживающий конденсатор 5 и второе нагрузочное сопротивление 6. Третий порт 203 включает в себя третью переключающую схему 103, третий сглаживающий конденсатор 7 и третье нагрузочное сопротивление 8. Как проиллюстрировано на фиг. 1, каждая из первой, второй и третьей  
25 переключающих схем 101, 102 и 103 включает в себя четыре переключающих элемента, таких как MOSFET или любые другие элементы по мере необходимости. В проиллюстрированном варианте осуществления, каждая из первой, второй и третьей переключающих схем 101, 102 и 103 включает в себя полномостовую схему. Тем не менее, первая, вторая и третья переключающие схемы 101, 102 и 103 могут представлять  
30 собой другой тип схемы, такой как полумостовая схема.

[0053] Преобразователь 100 мощности также включает в себя контроллер 110, имеющий модуль 112 вычисления и модуль 114 управления. Контроллер 110 управляет первой, второй и третьей переключающими схемами 101, 102 и 103, соответственно, с использованием широтно-импульсной модуляции (PWM). В частности, в  
35 проиллюстрированном варианте осуществления, контроллер 110 управляет первой, второй и третьей переключающими схемами 101, 102 и 103, соответственно, с использованием PWM со сдвигом фаз. Контроллер 110 по существу определяет коэффициенты заполнения первой, второй и третьей переключающих схем 101, 102 и 103, соответственно, чтобы получать требуемые выходные напряжения во втором и  
40 третьем нагрузочных сопротивлениях 6 и 8 относительно предварительно определенного входного напряжения в первом источнике 4 питания. Далее поясняется работа контроллера 110.

[0054] Специалисты в данной области техники могут принимать во внимание, что контроллер 110 предпочтительно включает в себя, по меньшей мере, один  
45 микрокомпьютер с управляющей программой, которая управляет компонентами контроллера 110, как пояснено ниже. Таким образом, микрокомпьютер или микрокомпьютеры может быть выполнен и запрограммированы с возможностью осуществлять любой из модуля 112 вычисления и модуля 114 управления. Контроллер

110 включает в себя другие стандартные компоненты, такие как схема интерфейса ввода, схема интерфейса вывода и устройства хранения данных, такие как устройство ROM (постоянное запоминающее устройство) и устройство RAM (оперативное запоминающее устройство). Специалистам в данной области техники из этого раскрытия 5 сущности должно быть очевидным, что точная структура и алгоритмы для контроллера 100 могут представлять собой любую комбинацию аппаратных средств и программного обеспечения, которая должна выполнять функции настоящего изобретения. Другими словами, пункты "средство плюс функция" при использовании в подробном описании и формуле изобретения должны включать в себя любую структуру или аппаратные 10 средства и/или алгоритм или программное обеспечение, которые могут использоваться для того, чтобы выполнять функцию пункта "средство плюс функция". Помимо этого, хотя несколько компонентов контроллера 110 описываются как модули или блоки, эти компоненты не обязательно должны быть отдельными или отдельными компонентами, и один компонент или модуль может выполнять операции нескольких компонентов 15 или модулей, поясненных в данном документе. Кроме того, каждый модуль может включать в себя микроконтроллер, как пояснено выше, или несколько модулей могут совместно использовать один или более микроконтроллеров.

[0055] Преобразователь 100 мощности может использоваться, например, для подачи питания в транспортное средство. В проиллюстрированном варианте осуществления, 20 как проиллюстрировано на фиг. 1, преобразователь 100 мощности представляет собой преобразователь постоянного тока в постоянный ток с первым источником 4 питания в качестве одного ввода и вторым и третьим нагрузочными сопротивлениями 6 и 8 в качестве нескольких (пары) выводов. Тем не менее, число вводов преобразователя 100 мощности может отличаться требуемым образом, и число выводов преобразователя 25 100 мощности может отличаться требуемым образом. Как проиллюстрировано на фиг. 1, первый источник 4 питания представляет собой источник питания постоянного тока, такой как аккумулятор. Тем не менее, как следует понимать в данной области техники, при использовании преобразователя 100 мощности, мощность может доставляться из конечного источника в качестве мощности переменного тока. В этом случае, 30 доставляемая мощность переменного тока затем преобразуется в мощность постоянного тока с использованием компоновки с выпрямителем или любой другой подходящей компоновки. После этого преобразованная мощность постоянного тока может прикладываться к преобразователю 100 мощности в качестве ввода. Кроме того, как следует понимать в данной области техники, выводы преобразователя 100 мощности 35 могут соединяться, например, с системой электропитания с двойным напряжением, установленной в транспортном средстве.

[0056] Как проиллюстрировано на фиг. 1, при использовании преобразователя 100 мощности, первая выходная клемма 301 первой переключающей схемы 101, вторая выходная клемма 302 второй переключающей схемы 102, третья выходная клемма 303 40 третьей переключающей схемы 103 и последовательная резонансная схема 1 последовательно соединяются друг с другом таким образом, что формируется замкнутая схема. Последовательная резонансная схема 1 включает в себя резонансный конденсатор 2 и резонансный индуктор 3.

[0057] Ссылаясь теперь на фиг. 2, поясняется работа преобразователя 100 мощности. 45 Фиг. 2 иллюстрирует схемную структуру, которая является идентичной схемной структуре, проиллюстрированной на фиг. 1, за исключением того, что второй и третий изолирующие трансформаторы 21 и 22 добавляются во второй и третий порты 202 и 203, соответственно. Как показано на фиг. 2, числа витков второго изолирующего

трансформатора 21 составляют  $n_{2P}$  и  $n_{2S}$ , соответственно, в то время как числа витков третьего изолирующего трансформатора 22 составляют  $n_{3P}$  и  $n_{3S}$ , соответственно. В конфигурации, показанной на фиг. 2, первый, второй и третий порты 201, 202 и 203 электрически изолированы друг от друга.

[0058] Ссылаясь на фиг. 2, поясняется работа преобразователя 100 мощности с учетом отношений витков второго и третьего изолирующих трансформаторов 21 и 22. Схемная конфигурация, показанная на фиг. 1, достигается посредством задания чисел витков, показанных на фиг. 2, следующим образом:  $n_{2P}=n_{2S}$  и  $n_{3P}=n_{3S}$ .

[0059] На фиг. 2,  $V_{DC1}$  представляет напряжение первого источника 4 питания,  $R_2$  представляет значение сопротивления второго нагрузочного сопротивления 6,  $V_{DC2}$  представляет напряжение, приложенное ко второму нагрузочному сопротивлению 6,  $R_3$  представляет значение сопротивления третьего нагрузочного сопротивления 8, и  $V_{DC3}$  представляет напряжение, приложенное к третьему нагрузочному сопротивлению 8. Кроме того, на фиг. 2,  $v_{SQ1}(t)$ ,  $v_{SQ2}(t)$  и  $v_{SQ3}(t)$  представляют дифференциальные напряжения выходных клемм первого, второго и третьего портов 201, 202 и 203, соответственно. Кроме того, на фиг. 2,  $i_R(t)$  представляет ток, который протекает через последовательную резонансную схему 1.

[0060] Фиг. 3 иллюстрирует эквивалентную схему переменного тока схемы многопортового преобразователя, показанной на фиг. 2. Эквивалентная схема переменного тока, показанная на фиг. 3, включает в себя первый эквивалентный источник 31 питания переменного тока, второе эквивалентное нагрузочное сопротивление 32 и третье эквивалентное нагрузочное сопротивление 33. Первый эквивалентный источник 31 питания переменного тока имеет компонент напряжения  $v_{FC1}(t)$ . На фиг. 3,  $R_{E2}$  представляет значение сопротивления второго эквивалентного нагрузочного сопротивления 32, и  $v_{FC2}(t)$  представляет значение напряжения, приложенного ко второму эквивалентному нагрузочному сопротивлению 32. Кроме того, на фиг. 3,  $R_{E3}$  представляет значение сопротивления третьего эквивалентного нагрузочного сопротивления 33, и  $v_{FC3}(t)$  представляет значение напряжения, приложенного к третьему эквивалентному нагрузочному сопротивлению 33.

[0061] При использовании эквивалентной схемы переменного тока, показанной на фиг. 3, частоты  $f_S$  напряжений  $v_{FC1}(t)$ ,  $v_{FC2}(t)$  и  $v_{FC3}(t)$  задаются по существу равными резонансной частоте  $f_R$  последовательной резонансной схемы 1. Согласно этому условию по частоте, как следует понимать из принципа последовательного резонанса, импеданс последовательной резонансной схемы 1 становится по существу нулевым, и напряжение, приложенное к последовательной резонансной схеме 1, становится по существу нулевым. Следовательно, следующие формулы (1)-(3) удовлетворяются:

$$v_{FC1}(t) + v_{FC2}(t) + v_{FC3}(t) = 0 \quad (1)$$

$$-v_{FC2}(t) = \frac{R_{E2}}{R_{E2} + R_{E3}} v_{FC1}(t) \quad (2)$$

$$-v_{FC3}(t) = \frac{R_{E3}}{R_{E2} + R_{E3}} v_{FC1}(t) \quad (3)$$

[0062] Фиг. 4 иллюстрирует формы сигнала напряжения, иллюстрирующие взаимосвязь между  $v_{FC1}(t)$  и  $v_{SQ1}(t)$ . На фиг. 4,  $v_{FC1}(t)$  проиллюстрирована с помощью

штрихпунктирной линии, в то время как  $v_{SQ1}(t)$  проиллюстрирована с помощью сплошной линии. Здесь,  $v_{SQ1}(t)$  представляет прямоугольную волну, сформированную посредством первого источника 4 питания и первой переключающей схемы 101.

5 Прямоугольная волна, к примеру, аналогичная означенной, может формироваться посредством управления сдвигом фаз, как следует понимать в данной области техники. В проиллюстрированном варианте осуществления,  $v_{SQ1}(t)$  является прямоугольной волной, как проиллюстрировано на фиг. 4, где  $\alpha$  представляет угол прохождения тока первой переключающей схемы 101. Основная составляющая  $v_{FC1}(t)$  этой прямоугольной  
10 волны выражается посредством следующей формулы (4):

$$v_{FC1}(t) = \frac{4}{\pi} V_{DC1} \sin(\alpha) \sin(\omega t) \quad (4)$$

[0063] Аналогично, основная составляющая  $v_{FC2}(t)$  для  $v_{SQ2}(t)$  и основная составляющая  $v_{FC3}(t)$  для  $v_{SQ3}(t)$  выражаются посредством следующих формул (5) и (6)  
15 с учетом отношений витков второго и третьего изолирующих трансформаторов 21 и 22, где  $\beta$  представляет угол прохождения тока  $v_{SQ2}(t)$ , и  $\gamma$  представляет угол прохождения тока  $v_{SQ3}(t)$ .

$$20 \quad v_{FC2}(t) = -\left(\frac{n_{2P}}{n_{2S}}\right) \frac{4}{\pi} V_{DC2} \sin(\beta) \sin(\omega t) \quad (5)$$

$$v_{FC3}(t) = -\left(\frac{n_{3P}}{n_{3S}}\right) \frac{4}{\pi} V_{DC3} \sin(\gamma) \sin(\omega t) \quad (6)$$

[0064] Кроме того, амплитуды  $v_{FC1}(t)$ ,  $v_{FC2}(t)$  и  $v_{FC3}(t)$  выражаются посредством  
25 следующих формул (7)-(9):

$$V_{FC1} = \frac{4}{\pi} V_{DC1} \sin(\alpha) \quad (7)$$

$$30 \quad V_{FC2} = \left(\frac{n_{2P}}{n_{2S}}\right) \frac{4}{\pi} V_{DC2} \sin(\beta) \quad (8)$$

$$V_{FC3} = \left(\frac{n_{3P}}{n_{3S}}\right) \frac{4}{\pi} V_{DC3} \sin(\gamma) \quad (9)$$

[0065] На основе этих формул (7)-(9), следующие формулы (10) и (11) получаются,  
35 как следует понимать в данной области техники:

$$V_{FC2} = \frac{R_{E2}}{R_{E2} + R_{E3}} V_{FC1} \quad (10)$$

$$40 \quad V_{FC3} = \frac{R_{E3}}{R_{E2} + R_{E3}} V_{FC1} \quad (11)$$

[0066] После этого, ссылаясь на фиг. 5-8, поясняется эквивалентное сопротивление второго порта 202. Фиг. 5 иллюстрирует схемную структуру второго порта 202, тогда как фиг. 6 иллюстрирует эквивалентную схему переменного тока.

45 [0067] На фиг. 5,  $i_2(t)$  представляет электрические токи из второй переключающей схемы 102 во второй сглаживающий конденсатор 5 и второе нагрузочное сопротивление 6. Фиг. 7 иллюстрирует форму сигнала  $i_2(t)$ , в то время как фиг. 8 иллюстрирует график среднего тока  $I_{AVE2}$ , протекающего через второе нагрузочное сопротивление 6. На

фиг. 7,  $i_2(t)$  проиллюстрирован с помощью сплошной линии, в то время как  $i_R(t)$  проиллюстрирован с помощью пунктирной линии. В дальнейшем в этом документе, для упрощения пояснения, отношение витков второго изолирующего трансформатора 21 предположительно равно 1. В то время, когда угол прохождения тока второй переключательной схемы 102 составляет  $\beta$ ,  $i_2(t)$  равен току, протекающему через последовательную резонансную схему 1. Поскольку напряжение  $V_{DC2}$ , приложенное ко второму нагрузочному сопротивлению  $\delta$ , является постоянным, ток  $I_{AVE2}$ , протекающий через второе нагрузочное сопротивление  $\delta$ , также является постоянным. Следовательно, следующая формула (12) удовлетворяется, как следует понимать в данной области техники, поскольку среднее  $i_2(t)$  равно  $I_{AVE2}$ :

$$I_{AVE2} = \left( \frac{n_{2P}}{n_{2S}} \right) \frac{1}{\left( \frac{\pi}{2} \right)} I_R \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2} + \varphi} \sin \theta \, d\theta = \left( \frac{n_{2P}}{n_{2S}} \right) \frac{2}{\pi} I_R \sin \beta \quad (12)$$

[0068] Кроме того, амплитуда  $I_R$  тока выражается посредством следующей формулы (13), как следует понимать в данной области техники:

$$I_R = \left( \frac{n_{2S}}{n_{2P}} \right) \frac{\pi}{2} \frac{1}{\sin \beta} I_{AVE2} \quad (13)$$

[0069] Таким образом, эквивалентное сопротивление  $R_{E2}$  вычисляется на основе формул (8) и (12), как показано в следующей формуле (14):

$$R_{E2} = \frac{V_{FC2}}{I_R} = \left( \frac{n_{2P}}{n_{2S}} \right)^2 \frac{8}{\pi^2} (\sin \beta)^2 \frac{V_{DC2}}{I_{AVE2}} \\ = \left( \frac{n_{2P}}{n_{2S}} \right)^2 \frac{8}{\pi^2} (\sin \beta)^2 R_2 \quad (14)$$

[0070] Аналогично, как следует понимать в данной области техники, эквивалентное сопротивление  $R_{E3}$  третьего порта 203 также вычисляется, как показано в следующей формуле (15):

$$R_{E3} = \left( \frac{n_{3P}}{n_{3S}} \right)^2 \frac{8}{\pi^2} (\sin \gamma)^2 R_3 \quad (15)$$

[0071] Углы  $\beta$  и  $\gamma$  прохождения тока вычисляются как функция  $\alpha$ , как показано в следующих формулах (16) и (17), соответственно, посредством подстановки формул (7)-(9), (14) и (15) в формулы (10) и (11):

$$\sin \beta = \frac{R_3 V_{DC2} V_{DC1}}{V_{DC3}^2 R_2 + V_{DC2}^2 R_3} \frac{n_{2S}}{n_{2P}} \sin \alpha \quad (16)$$

$$\sin \gamma = \frac{R_2 V_{DC3} V_{DC1}}{V_{DC3}^2 R_2 + V_{DC2}^2 R_3} \frac{n_{3S}}{n_{3P}} \sin \alpha \quad (17)$$

[0072] Амплитуда  $I_R$  тока вычисляется посредством следующей формулы (18):

$$I_R = \frac{V_{R1}}{R_{E2} + R_{E3}} \quad (18)$$

[0073] Добротность (коэффициент Q) резонансной схемы вычисляется посредством следующей формулы (19):

$$Q = \frac{2\pi \cdot f_S L_R}{R_{E2} + R_{E3}} = \frac{1}{(R_{E2} + R_{E3}) \cdot 2\pi \cdot f_S C_R} \quad (19)$$

[0074] Обычно, при условии, что коэффициент Q является высоким, аппроксимация переменным током удовлетворяется.

[0075] Как следует понимать из формул (16) и (17),  $\sin(\beta)$  и  $\sin(\gamma)$  являются пропорциональными  $\sin(\alpha)$ . Таким образом, если  $\alpha$  задается равным значению, то  $\beta$  и  $\gamma$  могут вычисляться на основе схемных параметров.

$V_{DC1}$ (В)	40	$R_2$ (Ом)	20	$n_{2P}$ (витки)	1	$f_S$ (Гц)	100000
$V_{DC2}$ (В)	40	$R_3$ (Ом)	5	$n_{2S}$ (витки)	1	$C_R$ (Ф)	5,00E-08
$V_{DC3}$ (В)	10			$n_{3P}$ (витки)	1	$L_R$ [H]	5,07E-05
				$n_{3S}$ (витки)	1		

Табл. 1

Вышеприведенная таблица 1 иллюстрирует пример схемных параметров.

[0076] Фиг. 9 иллюстрирует графики, выражающие  $\sin(\beta)$  и  $\sin(\gamma)$  в качестве функций  $\sin(\alpha)$ . На фиг. 9, взаимосвязь между  $\sin(\alpha)$  и  $\sin(\beta)$  проиллюстрирована с помощью серой сплошной линии, в то время как взаимосвязь между  $\sin(\alpha)$  и  $\sin(\gamma)$  проиллюстрирована с помощью черной пунктирной линии. Другими словами, как следует понимать в данной области техники, при условии, что  $\sin(\beta)$ ,  $\sin(\gamma)$  и  $\sin(\alpha)$  удовлетворяют взаимосвязям, показанным на фиг. 9, значения  $V_{DC2}$ ,  $V_{DC3}$  получаются, как показано в таблице 1.

[0077] Фиг. 10-14 иллюстрируют графики, выражающие параметры в качестве функций коэффициента заполнения первого порта 201, соответственно. Фиг. 10 иллюстрирует график, иллюстрирующий взаимосвязи между коэффициентом заполнения первого порта 201 (Duty1) и эквивалентными сопротивлениями  $R_{E2}$  и  $R_{E3}$ . На фиг. 10, взаимосвязь между Duty1 и эквивалентным сопротивлением  $R_{E2}$  проиллюстрирована с помощью серой сплошной линии, в то время как взаимосвязь между Duty1 и эквивалентным сопротивлением  $R_{E3}$  проиллюстрирована с помощью черной пунктирной линии. Фиг. 11 иллюстрирует графики, иллюстрирующие взаимосвязи между коэффициентом заполнения первого порта 201 (Duty1) и коэффициентами заполнения второго и третьего портов 202 и 203 (Duty2 и Duty3). На фиг. 11, взаимосвязь между Duty1 и Duty2 проиллюстрирована с помощью серой сплошной линии, в то время как взаимосвязь между Duty1 и Duty3 проиллюстрирована с помощью черной пунктирной линии. Фиг. 12 иллюстрирует график, иллюстрирующий взаимосвязь между коэффициентом заполнения первого порта 201 (Duty1) и пиковым напряжением для напряжения  $v_{FC1}(t)$ . Фиг. 13 иллюстрирует график, иллюстрирующий взаимосвязь между коэффициентом заполнения первого порта 201 (Duty1) и пиковым резонансным током  $I_R$  для тока. Фиг. 14 иллюстрирует график, иллюстрирующий взаимосвязь между коэффициентом заполнения первого порта 201 (Duty1) и коэффициентом Q.

[0078] Коэффициенты заполнения первого, второго и третьего портов 201, 202 и 203 соответствуют углам прохождения тока, соответственно, как показано в следующих формулах (20)-(22), как следует понимать в данной области техники:

$$Duty1 = \frac{\alpha}{\pi/2} \quad (20)$$

$$\text{Duty2} = \frac{\beta}{\pi/2} \quad (21)$$

$$\text{Duty3} = \frac{\gamma}{\pi/2} \quad (22)$$

5

[0079] Как показано на фиг. 13, амплитуда  $I_R$  резонансного тока уменьшается по мере того, как увеличивается Duty1. Чем ниже становится амплитуда  $I_R$  резонансного тока, тем ниже становятся потери на электропроводность электропроводок преобразователя или полупроводникового устройства. Таким образом, с точки зрения потерь на электропроводность, предпочтительно, если Duty1 является высоким. С другой стороны, коэффициент Q уменьшается по мере того, как Duty1 становится более высоким.

10

[0080] При использовании этого преобразователя 100 мощности, коэффициент Q может поддерживаться равным или большим 1 посредством задания импеданса на частоте переключения последовательной резонансной схемы 1 выше значения полного действующего нагрузочного сопротивления, за счет этого удовлетворяя аппроксимации переменным током, используемой в вышеуказанном анализе. Как результат, выходные напряжения получаются требуемым образом.

15

[0081] При использовании преобразователя 100 мощности, контроллер 110 управляет первой, второй и третьей переключающими схемами 101, 102 и 103, соответственно, чтобы получать требуемые выходные напряжения. В частности, в проиллюстрированном варианте осуществления, модуль 112 вычисления контроллера 110 вычисляет значения  $R_2$  и  $R_3$  сопротивления (например, значения нагрузочного сопротивления) второго и третьего нагрузочных сопротивлений 6 и 8 на основе приложенных напряжений  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  ко второму и третьему нагрузочным сопротивлениям 6 и 8 и средних токов  $I_{AVE2}$  и  $I_{AVE3}$  ко второму и третьему нагрузочным сопротивлениям 6 и 8, соответственно, как следует понимать в данной области техники. Более конкретно, модуль 112 вычисления вычисляет значение  $R_2$  сопротивления посредством деления приложенного напряжения  $V_{DC2}$  на средний ток  $I_{AVE2}$  и вычисляет значение  $R_3$  сопротивления посредством деления приложенного напряжения  $V_{DC3}$  на средний ток  $I_{AVE3}$ . Здесь, приложенные напряжения  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  определяются посредством датчиков напряжения (не показаны), которые выполнены с возможностью определять приложенные напряжения ко второму и третьему нагрузочным сопротивлениям 6 и 8, соответственно, в то время как средние токи  $I_{AVE2}$  и  $I_{AVE3}$  определяются посредством датчиков тока (не показаны), которые выполнены с возможностью определять средние токи, протекающие через второе и третье нагрузочные сопротивления 6 и 8, соответственно.

20

25

30

35

40

45

[0082] Затем модуль 114 управления контроллера 110 определяет коэффициенты заполнения первой, второй и третьей переключающих схем 101, 102 и 103 на основе значений  $R_2$  и  $R_3$  нагрузочного сопротивления, целевого значения  $V_{DC1}$  питающего напряжения и целевых значений  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  напряжения ко второму и третьему нагрузочным сопротивлениям 6 и 8, как следует понимать в данной области техники. В проиллюстрированном варианте осуществления, целевое значение  $V_{DC1}$  питающего напряжения и целевые значения  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  напряжения предварительно установлены или предварительно сохранены в модуле 114 управления контроллера 110, в то время как значения  $R_2$  и  $R_3$  нагрузочного сопротивления вычисляются посредством модуля

112 вычисления контроллера 110. Более конкретно, в проиллюстрированном варианте осуществления, как показано в вышеприведенной таблице 1, целевое значение  $V_{DC1}$  питающего напряжения и целевые значения  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  напряжения предварительно

5 установлены равными 40 (В), 40 (В) и 10 (В), соответственно.  
 [0083] Как следует понимать в данной области техники, формула (19) может преобразовываться, чтобы выражать взаимосвязь между коэффициентом  $Q$  и углом  $\alpha$  прохождения тока с использованием формул (14)-(17). В частности, посредством подстановки целевого значения  $V_{DC1}$  питающего напряжения, целевых значений  $V_{DC2}$   
 10 и  $V_{DC3}$  напряжения и значений  $R_2$  и  $R_3$  нагрузочного сопротивления в формулы (16) и (17), может получаться взаимосвязь между  $\sin(\alpha)$  и  $\sin(\beta)$  и взаимосвязь между  $\sin(\alpha)$  и  $\sin(\gamma)$ . Другими словами, с использованием формул (16) и (17),  $\sin(\beta)$  и  $\sin(\gamma)$  могут выражаться как функции  $\sin(\alpha)$ , соответственно. Кроме того, как следует понимать в данной области техники, посредством подстановки  $\sin(\beta)$  и  $\sin(\gamma)$ , которые получены в  
 15 качестве функций  $\sin(\alpha)$ , и значений  $R_2$  и  $R_3$  нагрузочного сопротивления, которые вычислены посредством модуля 112 вычисления, в формулы (14) и (15), значения  $R_{E2}$  и  $R_{E3}$  действующего нагрузочного сопротивления могут вычисляться как функции  $\sin(\alpha)$ . Затем посредством подстановки значений  $R_{E2}$  и  $R_{E3}$  действующего нагрузочного  
 20 сопротивления, которые вычислены, и схемных параметров  $f_s$  и  $C_R$ , которые предварительно установлены или предварительно сохранены, в формулу (19), может получаться взаимосвязь между коэффициентом  $Q$  и углом  $\alpha$  прохождения тока. В проиллюстрированном варианте осуществления, как показано в вышеприведенной таблице 1, схемные параметры  $f_s$  и  $C_R$  предварительно установлены равными 100000  
 25 (Гц) и  $5,00E-08$  (Ф), соответственно.

[0084] Как упомянуто выше, предпочтительно, если коэффициент  $Q$  поддерживается достаточно высоким. Например, для того, чтобы оптимально удовлетворять аппроксимации переменным током, используемой в вышеуказанном анализе,  
 30 нагрузочного сопротивления, и в этом случае, коэффициент  $Q$  должен быть равным или большим 1. Другими словами, в проиллюстрированном варианте осуществления, коэффициент  $Q$  задается равным или большим 1. В проиллюстрированном варианте осуществления, коэффициент  $Q$  задается равным 4,134, например, как описано ниже. После того, как определяется коэффициент  $Q$ , угол  $\alpha$  прохождения тока может  
 35 получаться из вышеуказанной взаимосвязи между коэффициентом  $Q$  и углом  $\alpha$  прохождения тока, как следует понимать в данной области техники. Кроме того, после того, как получается угол  $\alpha$  прохождения тока, углы  $\beta$  и  $\gamma$  прохождения тока, например, могут получаться из вышеуказанных взаимосвязей между  $\sin(\alpha)$  и  $\sin(\beta)$  и между  $\sin(\alpha)$  и  $\sin(\gamma)$  с использованием формул (16) и (17).

40 [0085] Затем модуль 114 управления контроллера 110 определяет скважности  $Duty1$ ,  $Duty2$  и  $Duty3$  импульсов первой, второй и третьей переключающих схем 101, 102 и 103 на основе результатов вычисления углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  прохождения тока. В частности, модуль 114 управления вычисляет скважности  $Duty1$ ,  $Duty2$  и  $Duty3$  импульсов согласно  
 45 формулам (20), (21) и (22), соответственно. Затем модуль 116 управления управляет переключающими элементами первой, второй и третьей переключающих схем 101, 102 и 103, соответственно, с использованием PWM со сдвигом фаз таким образом, что скважности  $Duty1$ ,  $Duty2$  и  $Duty3$  импульсов могут получаться в первом, втором и третьем портах 201, 202 и 203, соответственно. PWM со сдвигом фаз для переключающих



элементов известна в данной области техники. Таким образом, подробные описания опускаются для краткости.

[0086] В проиллюстрированном варианте осуществления, вычисления, выполняемые посредством модуля 112 вычисления и модуля 114 управления контроллера 110, описываются пошагово. Тем не менее, конечно, множество этапов вычислений могут выполняться в качестве одного этапа вычисления. Например, в проиллюстрированном варианте осуществления, скважности Duty1, Duty2 и Duty3 импульсов в конечном счете получают в качестве функций приложенных напряжений  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$ , определенных посредством датчиков напряжения, и средних токов  $I_{AVE2}$  и  $I_{AVE3}$ , определенных посредством датчиков тока, когда предоставлены целевые значения  $V_{DC1}$ ,  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  напряжения, целевое значение коэффициента Q и схемные параметры, такие как  $n_{2P}$ ,  $n_{2S}$ ,  $n_{3P}$ ,  $n_{3S}$ , fs и  $C_R$ . Таким образом, контроллер 110 также может вычислять скважности Duty1, Duty2 и Duty3 импульсов в ответ на получение приложенных напряжений  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  из датчиков напряжения и средних токов  $I_{AVE2}$  и  $I_{AVE3}$  из датчиков тока. Кроме того, вышеуказанные вычисления, поясненные как использующие предварительно установленные целевые значения, к примеру, целевые значения  $V_{DC1}$ ,  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  напряжения и целевое значение коэффициента Q, могут выполняться посредством использования значений, определенных посредством датчиков, или значений, вычисленных способом, известным в данной области техники, по мере необходимости. Аналогично, вышеуказанные вычисления, поясненные как использующие значения, определенные посредством датчиков, могут выполняться посредством использования предварительно установленных целевых значений по мере необходимости.

[0087] После этого поясняются результаты моделирования вышеуказанных операций преобразователя 100 мощности.

[0088] Фиг. 15 иллюстрирует принципиальную схему, используемую в моделировании. Принципиальная схема, показанная на фиг. 15, по существу имеет топологию, идентичную топологии принципиальной схемы, показанной на фиг. 1, в отношении основных компонентов. Дополнительные компоненты или клеммы на фиг. 15 показаны в целях моделирования. Тем не менее, как следует понимать в данной области техники, схемы, показанные посредством принципиальных схем, показанных на фиг. 1 и 15, работают по существу идентично. В частности, переключатели sw01-sw04 и диоды D01-D04, показанные на фиг. 15, соответствуют переключающим элементам первой переключающей схемы 101, показанной на фиг. 1, переключатели sw05-sw08 и диоды D05-D08, показанные на фиг. 15, соответствуют переключающим элементам второй переключающей схемы 102, и переключатели sw09-sw12, и диоды D09-D12, показанные на фиг. 15, соответствуют переключающим элементам третьей переключающей схемы 103.

[0089] При этом моделировании, также используются схемные параметры, показанные в таблице 1. Кроме того, при этом моделировании, используются коэффициенты заполнения и коэффициент Q, показанные в нижеприведенной таблице 2.

Duty1	0,560
Duty2	0,423
Duty3	0,423
Q	4,134

Табл. 2

[0090] Фиг. 16 иллюстрирует формы сигналов  $v_{SQ1}(t)$ ,  $v_{SQ2}(t)$  и  $v_{SQ3}(t)$ . Формы сигналов

$v_{SQ1}(t)$ ,  $v_{SQ2}(t)$  и  $v_{SQ3}(t)$  имеют пиковые напряжения  $V_{DC1}$ ,  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$ , соответственно, и имеют коэффициенты заполнения, показанные в таблице 2.

[0091] Фиг. 17 иллюстрирует формы сигналов  $i_R(t)$ ,  $i_1(t)$ ,  $i_2(t)$  и  $i_3(t)$ . При этом моделировании, поскольку коэффициент  $Q$  задается равным высокому значению в 4,134, как показано в таблице 2,  $i_R(t)$  является синусоидальной волной.

[0092] Фиг. 18 иллюстрирует формы сигналов выходных напряжений  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  второго и третьего портов 202 и 203, соответственно. Средние значения выходного напряжения составляют 39,6 В и 9,97 В, соответственно, которые по существу равны целевым напряжениям в 40 В и 10 В, показанным в таблице 1, соответственно. Таким образом, при использовании этого преобразователя 100 мощности, требуемые выходные напряжения во втором и третьем портах 202 и 203 могут получаться.

[0093] В проиллюстрированном варианте осуществления, преобразователь 100 мощности включает в себя первую, вторую и третью переключающие схемы 101, 102 и 103 (например, по меньшей мере, три переключающих схемы), первый источник 4 питания (например, по меньшей мере, один источник питания), второе и третье нагрузочные сопротивления 6 и 8 (например, по меньшей мере, одну нагрузку) и последовательную резонансную схему 1 (например, резонансную схему). Входные клеммы первой, второй и третьей переключающих схем 101, 102 и 103 соединяются либо с первым источником 4 питания (например, по меньшей мере, один источник питания), либо со вторым и третьим нагрузочными сопротивлениями 6 и 8 (например, по меньшей мере, с одной нагрузкой). Выходные клеммы 301, 302 и 303 первой, второй и третьей переключающих схем 101, 102 и 103 электрически последовательно соединяются с последовательной резонансной схемой 1 таким образом, что формируется замкнутая схема.

[0094] При использовании этого преобразователя 100 мощности, мощность между множеством портов 201, 202 и 203 может управляться требуемым образом. Таким образом, можно предоставлять преобразователь мощности, при использовании которого может уменьшаться число частей, и могут уменьшаться размер и стоимость.

[0095] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, сумма основной составляющей формы  $v_{FC1}(t)$  сигнала напряжения, сформированного посредством первой переключающей схемы (например, набора переключающих схем), которая соединяется с первым источником 4 питания (например, по меньшей мере, с одним источником питания), по существу равна сумме основных составляющих форм  $v_{FC2}(t)$  и  $v_{FC3}(t)$  сигнала напряжения, прикладываемого ко второй и третьей переключающим схемам 102 и 103 (например, к набору переключающих схем), которые соединяются со вторым и третьим нагрузочными сопротивлениями 6 и 8 (например, по меньшей мере, с одной нагрузкой).

[0096] При использовании этого преобразователя 100 мощности, мощность между множеством портов 201, 202 и 203 может управляться требуемым образом посредством задания суммы основной составляющей, по меньшей мере, одного источника питания, избирательно фильтрованного посредством последовательной резонансной схемы 1, равной сумме основной составляющей, по меньшей мере, одной нагрузки.

[0097] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, частоты  $f_S$  форм  $v_{FC1}(t)$ ,  $v_{FC2}(t)$  и  $v_{FC3}(t)$  сигнала напряжения по существу равны резонансной частоте  $f_R$  последовательной резонансной схемы 1.

[0098] При использовании этого преобразователя 100 мощности, основная составляющая может избирательно получаться посредством задания частот  $f_s$  форм  $v_{FC1}(t)$ ,  $v_{FC2}(t)$  и  $v_{FC3}(t)$  сигнала напряжения таким образом, что они находятся около резонансной частоты  $f_R$  последовательной резонансной схемы 1.

[0099] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, фазы форм  $v_{SQ1}(t)$ ,  $v_{SQ2}(t)$  и  $v_{SQ3}(t)$  сигнала напряжения по существу равны друг другу.

[00100] При использовании этого преобразователя 100 мощности, сумма основной составляющей  $v_{FC1}(t)$  первого источника питания (например, по меньшей мере, одного источника питания) и сумма основных составляющих  $v_{FC2}(t)$  и  $v_{FC3}(t)$  второго и третьего нагрузочных сопротивлений 6 и 8 (например, по меньшей мере, одной нагрузки) могут задаваться равными друг другу посредством задания форм  $v_{SQ1}(t)$ ,  $v_{SQ2}(t)$  и  $v_{SQ3}(t)$  сигнала напряжения как имеющих идентичную фазу.

[00101] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, выходные клеммы второй и третьей переключающих схем 102 и 103 последовательно соединяются с замкнутой схемой через второй и третий изолирующие трансформаторы 21 и 22.

[00102] При использовании этого преобразователя 100 мощности, требуемая выходная клемма может быть электрически изолирована от другой выходной клеммы посредством соединения требуемой выходной клеммы через изолирующий трансформатор.

[00103] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, характеристический импеданс резонансной схемы выше значения полного действующего нагрузочного сопротивления, последовательно соединенного с замкнутой схемой.

[00104] При использовании преобразователя мощности согласно шестому аспекту, основная составляющая формы сигнала напряжения может эффективно фильтроваться посредством резонансной схемы посредством задания характеристического импеданса последовательной резонансной схемы 1 выше значения  $R_{E2}$  и  $R_{E3}$  полного действующего нагрузочного сопротивления.

[00105] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, первая, вторая и третья переключающие схемы 101, 102 и 103 (например, по меньшей мере, одна из переключающих схем) включают в себя полномостовую схему.

[00106] В проиллюстрированном варианте осуществления, преобразователь 100 мощности включает в себя модуль 112 вычисления, выполненный с возможностью вычислять значения  $R_2$  и  $R_3$  нагрузочного сопротивления на основе приложенных напряжений  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  ко второму и третьему нагрузочным сопротивлениям 6 и 8 (например, по меньшей мере, к одной нагрузке) и средних токов  $I_{AVE2}$  и  $I_{AVE3}$  ко второму и третьему нагрузочным сопротивлениям 6 и 8 (например, по меньшей мере, к одной нагрузке), и модуль 114 управления, выполненный с возможностью определять скважности  $Duty1$ ,  $Duty2$  и  $Duty3$  импульсов первой, второй и третьей переключающих схем 101, 102 и 103 на основе значений  $R_2$  и  $R_3$  нагрузочного сопротивления (например, значения нагрузочного сопротивления), целевого значения  $V_{DC1}$  питающего напряжения (например, значения питающего напряжения) и целевых значений  $V_{DC2}$  и  $V_{DC3}$  напряжения (например, целевых значений напряжения) ко второму и третьему

нагрузочным сопротивлениям 6 и 8 (например, по меньшей мере, к одной нагрузке).

[00107] При использовании этого преобразователя 100 мощности, мощность между множеством портов 201, 202 и 203 может управляться требуемым образом.

*Второй вариант осуществления*

5 [00108] Фиг. 19 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя 100 мощности в соответствии со вторым вариантом осуществления. Преобразователь 100 мощности, проиллюстрированный на фиг. 19, по существу является идентичным преобразователю 100 мощности, проиллюстрированному на фиг. 1, за исключением того, что второй источник 9 питания соединяется со вторым  
10 портом 202 вместо второго нагрузочного сопротивления 6, проиллюстрированного на фиг. 1.

[00109] Более конкретно, при использовании преобразователя 100 мощности в соответствии с первым вариантом осуществления, две нагрузки соединяются с одним источником питания. С другой стороны, при использовании преобразователя 100  
15 мощности в соответствии со вторым вариантом осуществления, одна нагрузка соединяется с двумя источниками питания. Другими словами, преобразователь 100 мощности формирует преобразователь постоянного тока постоянного тока с первым и вторым источниками 4 и 9 питания в качестве нескольких (пары) вводов и третьим нагрузочным сопротивлением 8 в качестве одного вывода.

20 [00110] При использовании этого преобразователя 100 мощности в соответствии со вторым вариантом осуществления, как показано на фиг. 19, даже если два источника питания предоставляются, преобразователь 100 мощности может работать аналогично тому, как пояснено в первом варианте осуществления, как следует понимать в данной области техники.

25 *Третий вариант осуществления*

[00111] Фиг. 20 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя 100 мощности в соответствии с третьим вариантом осуществления. Преобразователь 100 мощности, проиллюстрированный на фиг. 20, по существу является идентичным преобразователю 100 мощности, проиллюстрированному  
30 на фиг. 2, за исключением того, что первый изолирующий трансформатор 23 вставляется в местоположении, в котором первый порт 201 соединяется с последовательной резонансной схемой 1.

[00112] Более конкретно, как показано на фиг. 20, числа витков первого изолирующего трансформатора 23 составляют  $n_{1P}$  и  $n_{1S}$ , и первый порт 201 электрически  
35 изолирован от замкнутой схемы. При этой конфигурации, каждый из первого, второго и третьего портов 201, 202 и 203 может быть изолирован от последовательной резонансной схемы 1, как следует понимать в данной области техники. Кроме того, преобразователь 100 мощности может работать аналогично тому, как пояснено в первом варианте осуществления, как следует понимать в данной области техники, с  
40 учетом чисел витков первого изолирующего трансформатора 23.

*Четвертый вариант осуществления*

[00113] Фиг. 21 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя 100 мощности в соответствии с четвертым вариантом осуществления. Преобразователь 100 мощности, проиллюстрированный на фиг. 21, по существу является идентичным преобразователю 100 мощности, проиллюстрированному на фиг. 1, за исключением того, что более трех портов 201, 202, 203, ..., и 204 (N портов: N больше трех) предоставляются в преобразователе 100 мощности.

[00114] В частности, в проиллюстрированном варианте осуществления, N-ый порт

204 включает в себя N-ую переключающую схему 104, N-ый сглаживающий конденсатор 10 и N-ое нагрузочное сопротивление 11 со значением  $R_N$  нагрузочного сопротивления. Другими словами, в проиллюстрированном варианте осуществления, преобразователь 100 мощности формирует преобразователь постоянного тока постоянного тока с

5 первым источником 4 питания в качестве одного ввода и вторым, третьим, ..., и N-ым нагрузочными сопротивлениями 6, 8, ..., и 11 в качестве нескольких (N-1) выводов.

[00115] Как показано на фиг. 21, даже если число портов превышает три порта, которые проиллюстрированы на фиг. 1, преобразователь 100 мощности, проиллюстрированный на фиг. 21, может работать аналогично тому, как пояснено в

10 первом варианте осуществления, как следует понимать в данной области техники.

[00116] В проиллюстрированном варианте осуществления, несколько портов 201, 202, 203, ..., и 204 преобразователя 100 мощности имеют один источник питания 4. Тем не менее, конечно, несколько портов 201, 202, 203, ..., и 204 могут включать в себя

15 множество источников питания по мере необходимости.

#### *Пятый вариант осуществления*

[00117] Фиг. 22 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную структуру преобразователя 100 мощности в соответствии с пятым вариантом осуществления. Преобразователь 100 мощности, проиллюстрированный на фиг. 22, по

20 существу является идентичным преобразователю 100 мощности, проиллюстрированному на фиг. 2. При использовании преобразователя 100 мощности, проиллюстрированного на фиг. 22, третий порт 203 становится бездействующим посредством задания обмена мощностью в третьем порту 203 равным нулю.

[00118] При использовании традиционного преобразователя, к примеру, как проиллюстрировано в непатентном документе 2, комплексное управление требуется,

25 чтобы задавать обмен мощностью в требуемом порту равным нулю. Таким образом, образуются потери вследствие потерь на переключение или потерь на электропроводность в переключающей схеме бездействующего порта, что снижает эффективность использования энергии. С другой стороны, при использовании преобразователя 100 мощности, проиллюстрированного на фиг. 22, ток, протекающий

30 через третье нагрузочное сопротивление 8, задается нулевым посредством включения пары переключающих элементов в нижнем плече третьей переключающей схемы 103 и выключения пары переключающих элементов в верхнем плече третьей переключающей схемы 103. Это обусловлено тем, что как показано в эквивалентной схеме переменного

35 тока преобразователя 100 мощности на фиг. 23, порты 201, 202 и 203 эквивалентно соединяются последовательно, и в силу этого третий порт 203 может эквивалентно закорачиваться. С другой стороны, при использовании многопортового преобразователя, имеющего множество электропроводок относительно одного изолирующего трансформатора, как проиллюстрировано в непатентном документе 2,

40 если выходная клемма полномостовой схемы закорачивается, аналогично настоящей заявке, напряжение, приложенное к электропроводам изолирующего трансформатора, становится нулевым, что предотвращает обмен мощностью в других портах. С другой стороны, в настоящей заявке, обмен мощностью в требуемом порту (например, в третьем порту 203 на фиг. 22) может легко задаваться нулевым посредством

45 поддержания включенными либо переключающих элементов в верхнем плече, либо переключающих элементов в нижнем плече, и потери на переключение переключающих элементов или переключающей схемы могут уменьшаться. Таким образом, можно предоставлять высокоэффективную схему.

[00119] Фиг. 24 является принципиальной схемой, иллюстрирующей схемную

структуру преобразователя 100 мощности в соответствии с модифицированным примером пятого варианта осуществления. Преобразователь 100 мощности, проиллюстрированный на фиг. 24, по существу является идентичным преобразователю 100 мощности, проиллюстрированному на фиг. 22. При использовании преобразователя 100 мощности, проиллюстрированного на фиг. 24, пара переключающих элементов в верхнем плече включается. Обычно, потери на переключение в переключающих элементах, которые включены, равны нулю, но образуются потери на электропроводность, что приводит к выработыванию тепла. Чтобы предотвращать только нагрев одного из верхнего плеча и нижних плеч, состояние, в котором включается нижнее плечо, и состояние, в котором включается верхнее плечо, попеременно переключаются в течение предварительно определенного интервала. Это рассеивает вырабатываемое тепло и понижает требуемый номинальный ток переключающих элементов. Таким образом, можно предоставлять недорогую схему.

[00120] В проиллюстрированном варианте осуществления, пояснен пример, в котором электрически закорачивается выходная клемма третьей переключающей схемы 103. Конечно, выходная клемма второй переключающей схемы 102 также может электрически закорачиваться, идентично тому, как поясняется выше.

[00121] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, выходная клемма третьей переключающей схемы 103 (например, по меньшей мере, одна из выходных клемм переключающих схем) электрически закорачивается через переключающие элементы верхнего плеча или переключающие элементы нижнего плеча в третьей переключающей схеме 103.

[00122] При использовании этого преобразователя 100 мощности, выходная клемма третьей переключающей схемы 103 электрически закорачивается через переключающие элементы верхнего плеча или переключающие элементы нижнего плеча в третьей переключающей схеме 103. Таким образом, мощность, вводимая в короткозамкнутая выходная клемма, и мощность, выводимая из короткозамкнутой выходной клеммы, могут быть равны нулю, за счет этого уменьшая потери в переключающем элементе третьей переключающей схемы 103.

[00123] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, выходная клемма третьей переключающей схемы 103 (например, по меньшей мере, одна из выходных клемм переключающих схем) электрически закорачивается попеременно через переключающие элементы верхнего плеча и переключающие элементы нижнего плеча в третьей переключающей схеме 103.

[00124] При использовании этого преобразователя 100 мощности, выходная клемма третьей переключающей схемы 103 (например, по меньшей мере, одна из выходных клемм переключающих схем) электрически закорачивается попеременно через переключающие элементы верхнего плеча и переключающие элементы нижнего плеча в третьей переключающей схеме 103. Таким образом, чрезмерное возрастание температуры в переключающих элементах, используемых для короткого замыкания, может предотвращаться.

[00125] В проиллюстрированном варианте осуществления, при использовании преобразователя 100 мощности, первая, вторая и третья переключающие схемы 101, 102 и 103 (например, по меньшей мере, одна из переключающих схем) включают в себя полномостовую схему.

[00126] При использовании этого преобразователя 100 мощности, выходная клемма третьей переключающей схемы 103 может легко электрически закорачиваться посредством задания третьей переключающей схемы 103 таким образом, что она

включает в себя полномостовую схему.

#### Общая интерпретация терминов

[00127] В понимании объема настоящего изобретения, термин "содержащий" и его производные, при использовании в данном документе, имеют намерение быть допускающими поправки терминами, которые указывают присутствие заявленных признаков, элементов, компонентов, групп, целых чисел и/или этапов, но не исключают присутствие других незаявленных признаков, элементов, компонентов, групп, целых чисел и/или этапов. Вышеприведенное также применяется к словам, имеющим аналогичные значения, к примеру, терминам "включающий в себя", "имеющий" и их производным. Кроме того, термины "часть", "секция", "участок", "деталь" или "элемент" при использовании в единственном числе могут иметь двойное значение одной части или множества частей. Термины степени, такие как "по существу", "почти" и "приблизительно", при использовании в данном документе означают обоснованную величину отклонения модифицированного термина, так что конечный результат существенно не изменяется.

[00128] Следует понимать, что, хотя термины "первый", "второй" и т.д. могут использоваться в данном документе для того, чтобы описывать различные элементы, компоненты, области, слои, позиции и/или секции, эти элементы, компоненты, области, слои, позиции и/или секции не должны быть ограничены посредством этих терминов. Эти термины используются только для того, чтобы отличать один элемент, компонент, область, слой, позицию или секцию от другого элемента, компонента, области, слоя, позиции или секции. Таким образом, первый элемент, компонент, область, слой, позиция или секция, поясненные выше, могут называться вторым элементом, компонентом, областью, слоем, позицией или секцией без отступления от идей иллюстративных вариантов осуществления.

[00129] Хотя только выбранные варианты осуществления являются предпочтительными для того, чтобы иллюстрировать настоящее изобретение, специалистам в данной области техники из этого раскрытия сущности должно быть очевидным, что различные изменения и модификации могут выполняться в данном документе без отступления от объема изобретения, заданного в прилагаемой формуле изобретения. Например, размер, форма, местоположение или ориентация различных компонентов могут быть изменены при необходимости и/или желании. Компоненты, которые показаны непосредственно соединенными или контактирующими друг с другом, могут иметь промежуточные структуры, расположенные между ними. Функции одного элемента могут выполняться посредством двух и наоборот. Структуры и функции одного варианта осуществления могут приспосабливаться в другом варианте осуществления. Необязательно одновременное присутствие всех преимуществ в конкретном варианте осуществления. Каждый признак, который является уникальным относительно предшествующего уровня техники, один или в комбинации с другими признаками, также должен считаться отдельным описанием дополнительных вариантов осуществления изобретения заявителем, включающим в себя структурные и/или функциональные принципы, осуществленные посредством таких признаков. Таким образом, вышеприведенные описания вариантов осуществления согласно настоящему изобретению предоставляются только для иллюстрации, а не для ограничения изобретения, заданного посредством прилагаемой формулы изобретения и ее эквивалентов.

(57) Формула изобретения

1. Преобразователь мощности, содержащий:

- по меньшей мере три переключающих схемы, выполненных с возможностью преобразования между постоянным током (DC) и переменным током (AC);

- по меньшей мере один источник питания DC;

5 - по меньшей мере одну нагрузку и

- резонансную схему,

причем клеммы стороны DC одной из упомянутых переключающих схем соединяются с источником питания, клеммы стороны DC другой из упомянутых переключающих схем соединяются с соответствующей нагрузкой и клеммы стороны DC по меньшей

10 мере одной из оставшихся из упомянутых по меньшей мере трех переключающих схем соединяются либо с нагрузкой, соответствующей упомянутой переключающей схеме, либо с источником питания, соответствующим упомянутой переключающей схеме, и

причем клеммы стороны AC переключающих схем электрически последовательно соединяются с резонансной схемой для формирования замкнутой схемы.

15 2. Преобразователь мощности по п. 1, в котором:

сумма основной составляющей формы сигнала напряжения, сформированного посредством набора переключающих схем, который соединен по меньшей мере с одним источником питания, по существу равна сумме основной составляющей формы сигнала напряжения, приложенного к набору переключающих схем, который соединен по

20 меньшей мере с одной нагрузкой.

3. Преобразователь мощности по п. 1 или 2, в котором:

частоты форм сигнала напряжения по существу равны резонансной частоте резонансной схемы.

4. Преобразователь мощности по любому из пп. 1-3, в котором:

25 фазы форм сигнала напряжения по существу равны друг другу.

5. Преобразователь мощности по любому из пп. 1-4, в котором:

по меньшей мере одна из клемм стороны AC переключающих схем последовательно соединена с замкнутой схемой через изолирующий трансформатор.

6. Преобразователь мощности по любому из пп. 1-5, в котором:

30 характеристический импеданс резонансной схемы выше значения полного действующего нагрузочного сопротивления.

7. Преобразователь мощности по любому из пп. 1-6, в котором:

по меньшей мере одна из клемм стороны AC переключающих схем электрически закорочена через переключающий элемент верхнего плеча или переключающий элемент

35 нижнего плеча в переключающей схеме.

8. Преобразователь мощности по п. 7, в котором:

по меньшей мере одна из клемм стороны AC переключающих схем электрически закорочена попеременно через переключающий элемент верхнего плеча и переключающий элемент нижнего плеча в переключающей схеме.

40 9. Преобразователь мощности по п. 7 или 8, в котором:

по меньшей мере одна из переключающих схем включает в себя полномостовую схему.

10. Преобразователь мощности по любому из пп. 1-9, дополнительно содержащий:

- модуль вычисления, выполненный с возможностью вычислять значение

45 нагрузочного сопротивления на основе приложенного напряжения по меньшей мере для одной нагрузки и среднего тока по меньшей мере для одной нагрузки, и

- модуль управления, выполненный с возможностью определять коэффициент заполнения переключающих схем на основе значения нагрузочного сопротивления,



значения напряжения источника питания и целевого значения напряжения по меньшей мере для одной нагрузки.

5

10

15

20

25

30

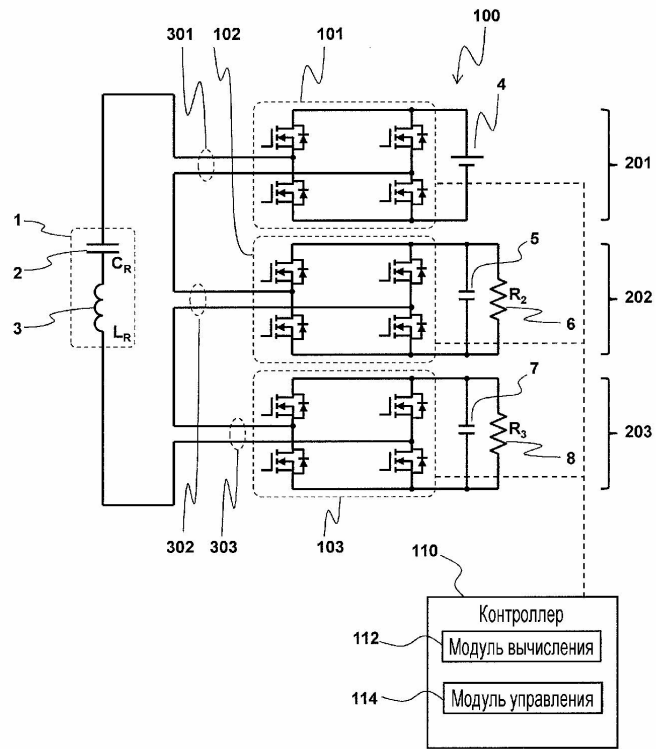
35

40

45

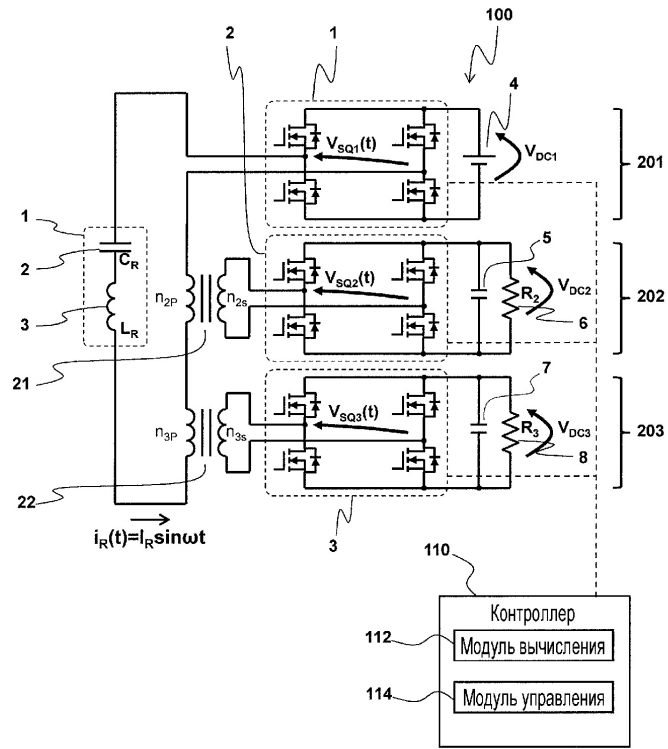
1

1/18

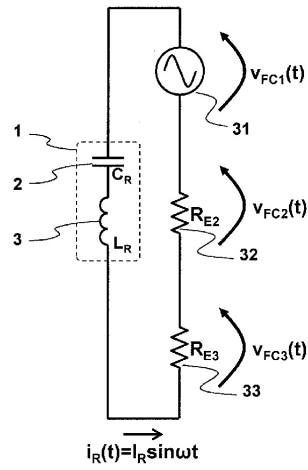


ФИГ. 1

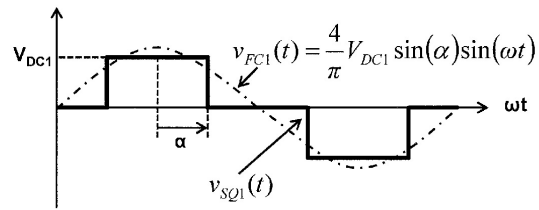
2



ФИГ. 2

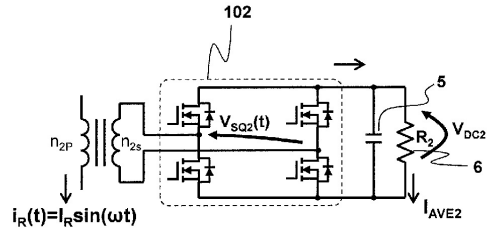


ФИГ. 3

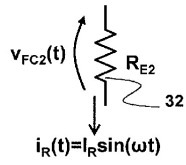


ФИГ. 4

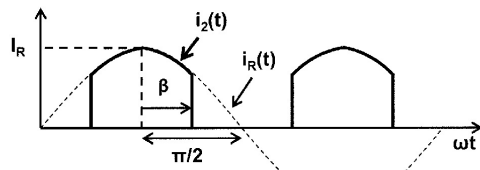
4/18



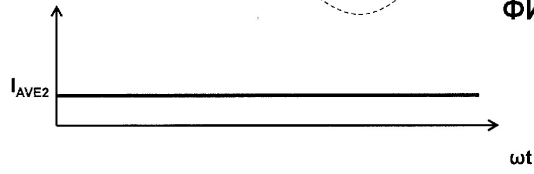
ФИГ. 5



ФИГ. 6

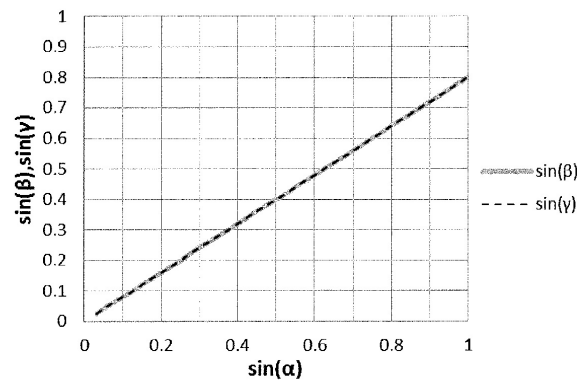


ФИГ. 7



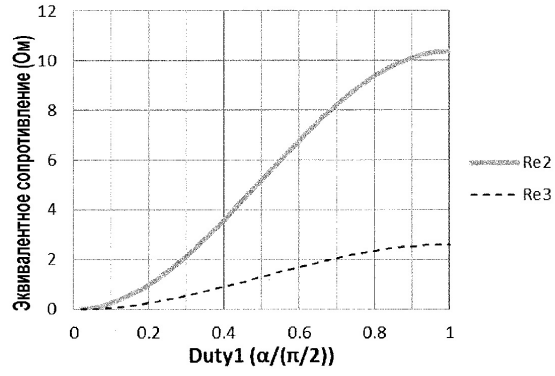
ФИГ. 8

5/18

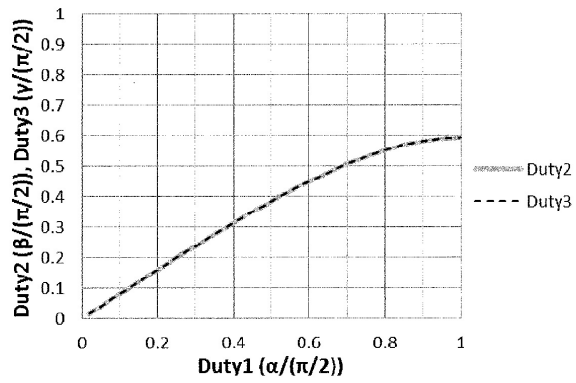


ФИГ. 9

6/18

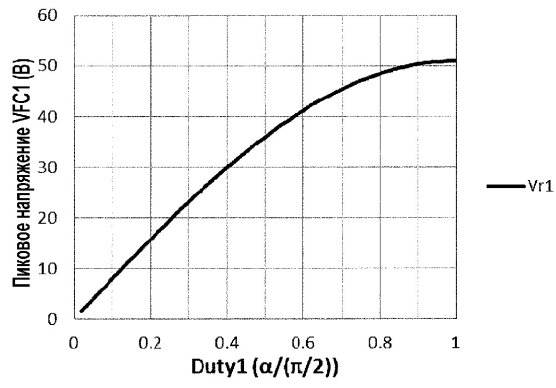


ФИГ. 10

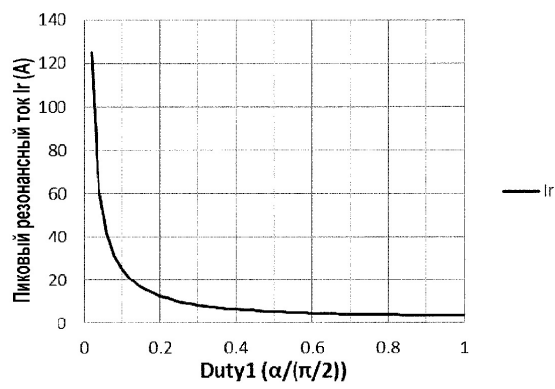


ФИГ. 11

7/18



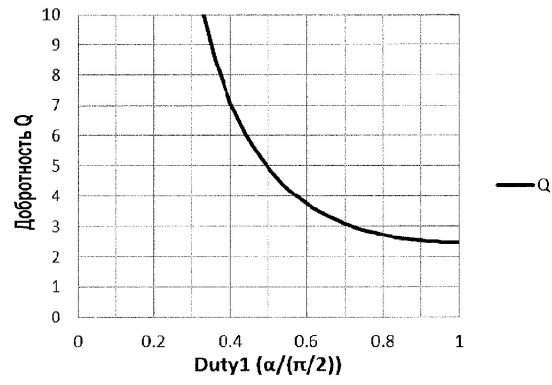
ФИГ. 12



ФИГ. 13

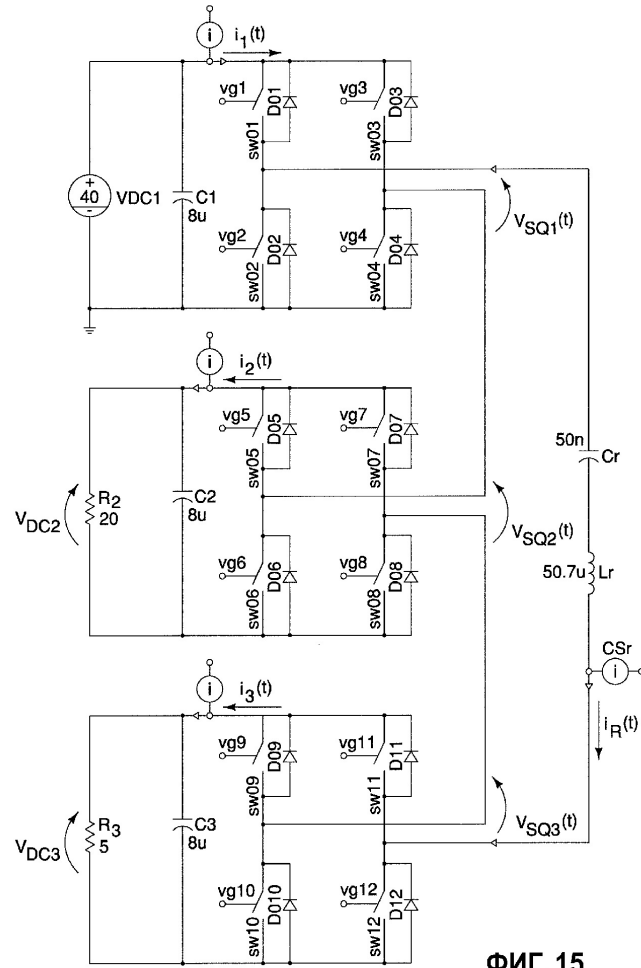


8/18

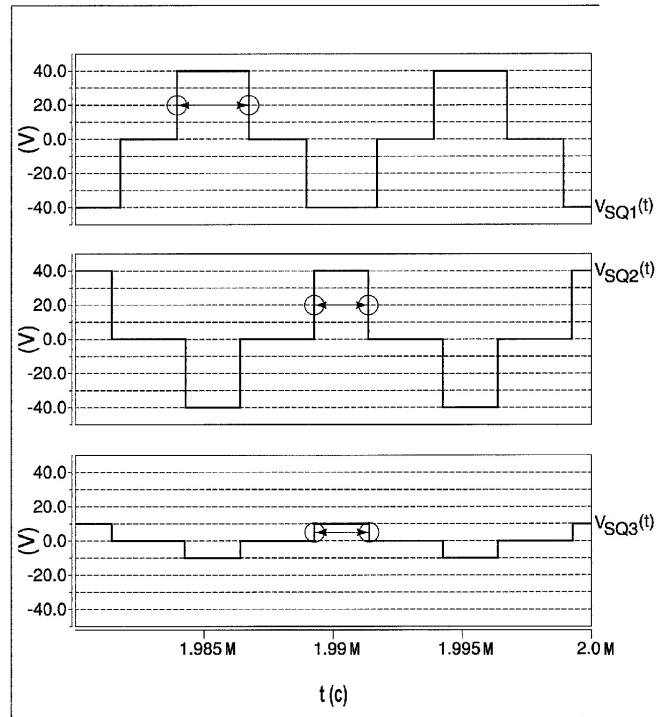


ФИГ. 14

9/18

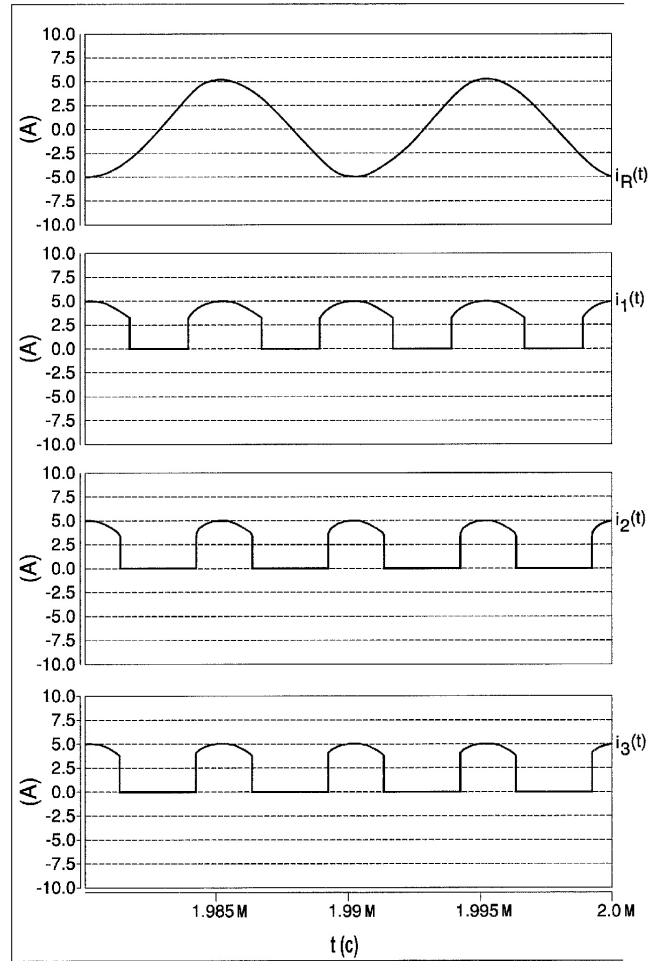


ФИГ. 15

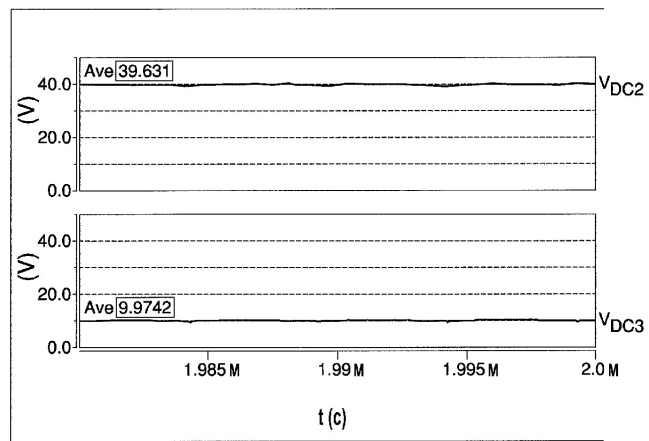


ФИГ. 16

11/18

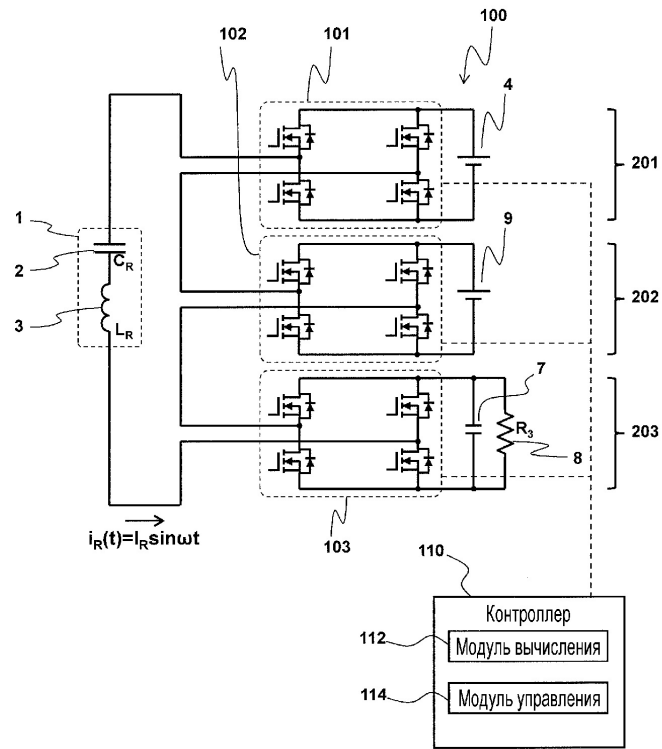


ФИГ. 17



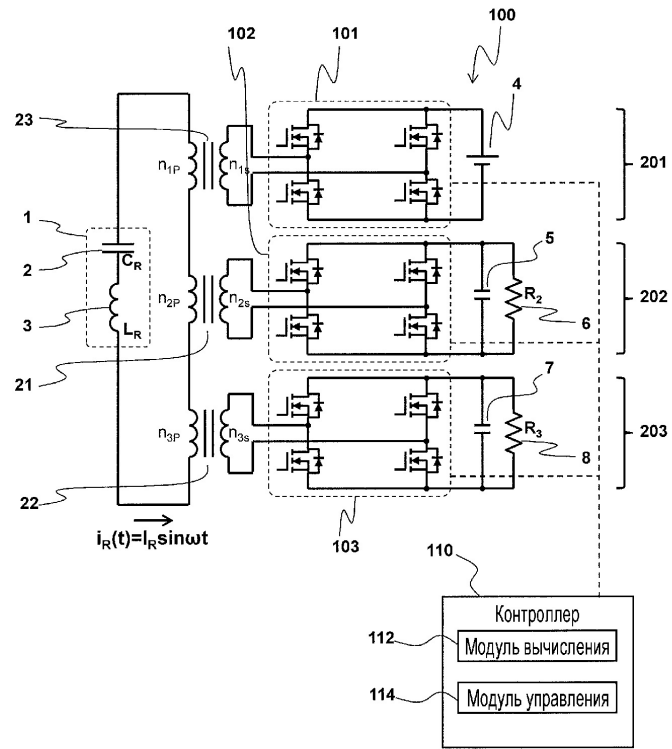
ФИГ. 18

13/18



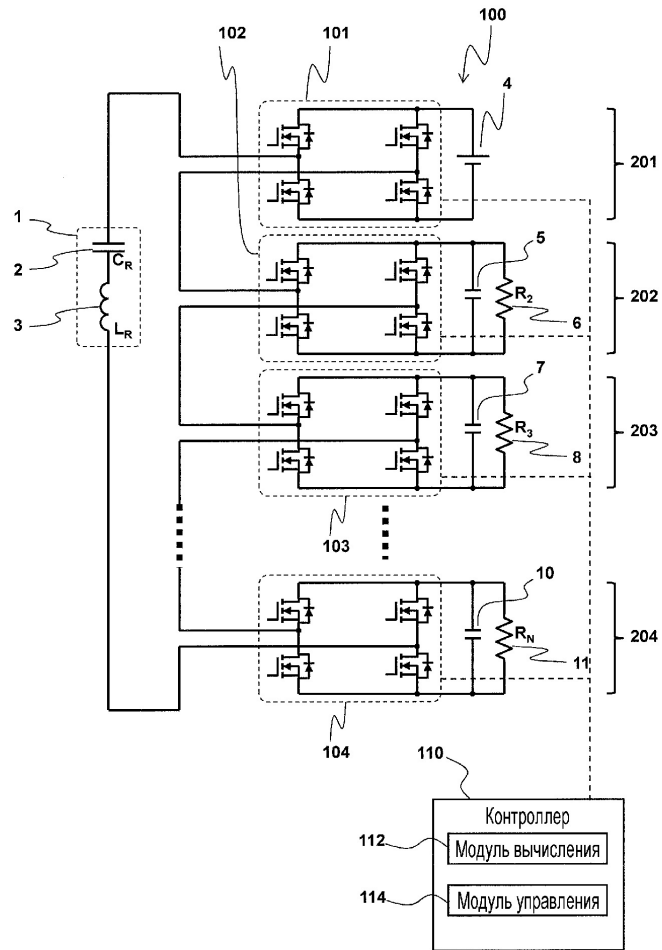
ФИГ. 19

14/18



ФИГ. 20

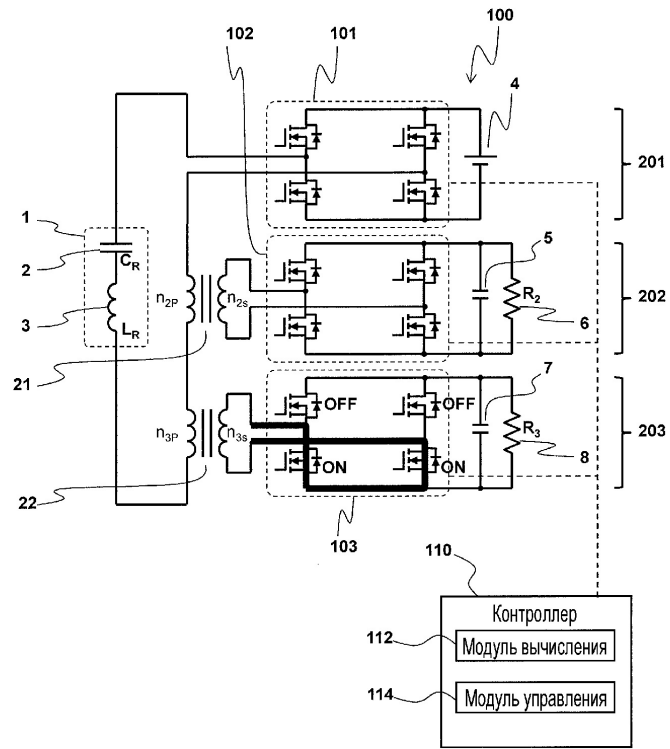
15/18



ФИГ. 21

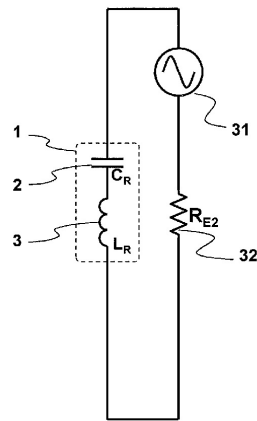


16/18

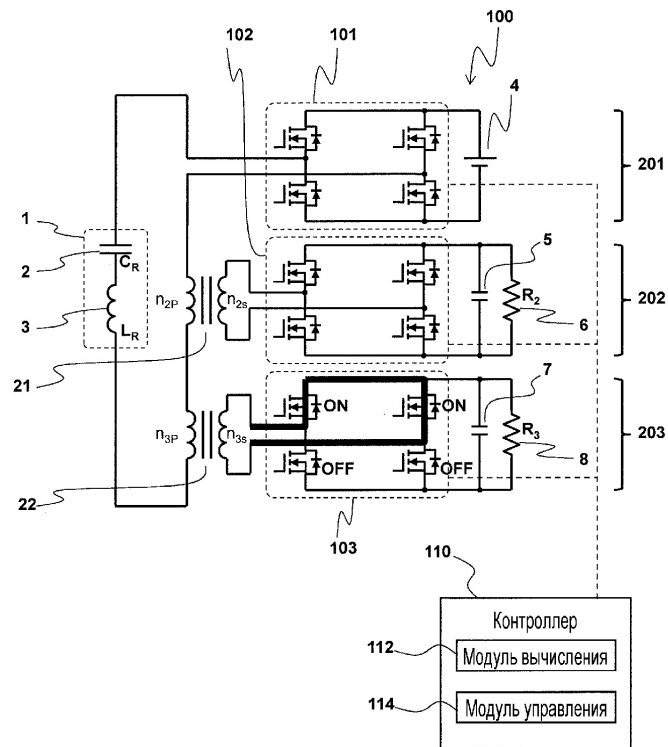


ФИГ. 22

17/18



ФИГ. 23



ФИГ. 24