

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202292928** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.02.03

(22) Дата подачи заявки
2021.04.13

(51) Int. Cl. **B60R 16/04** (2006.01)
B60L 50/50 (2019.01)
B60L 58/26 (2019.01)
H01M 10/44 (2006.01)
H01M 10/60 (2014.01)
H01M 10/656 (2014.01)
H01M 10/625 (2014.01)

(54) МОДУЛЬНЫЕ КАСКАДНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С УСТРОЙСТВОМ ОХЛАЖДЕНИЯ И С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАМЕНЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

(31) **63/009,996; 63/086,003**

(32) **2020.04.14; 2020.09.30**

(33) **US**

(86) **PCT/US2021/027159**

(87) **WO 2021/211635 2021.10.21**

(71) Заявитель:

ТАЭ ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК. (US)

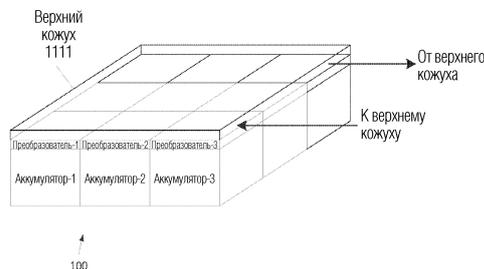
(72) Изобретатель:

Слепченков Михаил, Надери Рузбех (US)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Примерные варианты систем, устройств и способов предоставляются в данном документе для охлаждения модульной энергетической системы. Варианты осуществления могут использовать кожух, окружающий модульную энергетическую систему, чтобы направлять хладагент способом, который проходит поблизости от компонентов модулей модульной энергетической системы. Варианты осуществления могут обеспечивать последовательность нагнетания хладагента, так что хладагент охлаждает компоненты электрического транспортного средства, имеющие наименьшую желаемую рабочую температуру, первыми, за которыми следуют компоненты, имеющие относительно более высокие желаемые рабочие температуры. Примерные варианты осуществления систем, устройств и способов также предоставляются в данном документе для модульной энергетической системы со съёмными и заменяемыми источниками энергии. Система может быть расположена в электрическом транспортном средстве способом, который разрешает быстрое удаление источников энергии, имеющих относительно низкое состояние заряда, и замену таких источников энергии другими источниками энергии, имеющими относительно более высокое состояние заряда.



A1

202292928

202292928

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-576153EA/23

МОДУЛЬНЫЕ КАСКАДНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С УСТРОЙСТВОМ ОХЛАЖДЕНИЯ И С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАМЕНЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Перекрестная ссылка на родственные заявки

[0001] Эта заявка испрашивает преимущество и приоритет по отношению к предварительной заявке США № 63/009,996, зарегистрированной 14 апреля 2020 года, и предварительной заявке США № 63/086,003, зарегистрированной 28 сентября 2020 года, которые обе включены по ссылке в данный документ в своей полноте и для всех целей.

Область техники, к которой относится изобретение

[0002] Объект, описываемый в данном документе, относится, в общем, к системам, устройствам и способам для обеспечения охлаждения для модульных каскадных энергетических систем и для предоставления возможности удаления и замены источников энергии.

Уровень техники

[0003] Энергетические системы, имеющие несколько источников или потребителей энергии, являются общепринятыми во многих отраслях промышленности. Один пример является автомобильной отраслью. Современные автомобильные технологии, развивавшиеся за последнее столетие, характеризуются, среди прочего, взаимодействием двигателей, механических элементов и электронных схем. Они представляют собой ключевые компоненты, которые оказывают влияние на рабочие характеристики транспортного средства и опыт водителя. Двигатели бывают двигателями внутреннего сгорания или электрического типа, и почти во всех случаях энергия вращения от двигателя передается через набор очень сложных механических элементов, таких как сцепления, трансмиссии, дифференциалы, приводные валы, торсионные трубы, муфты и т.д. Эти детали в значительной степени управляют преобразованием крутящего момента и распределением мощности на колеса и определяют характеристики автомобиля и управляемость на дороге.

[0004] Электрическое транспортное средство (electric vehicle, EV) содержит различные электрические системы, которые относятся к цепи привода, включающие в себя, среди прочего, аккумулятор, зарядное устройство и устройство управления мотором. Аккумуляторные блоки высокого напряжения типично организуются в последовательной цепочке аккумуляторных модулей с более низким напряжением. Каждый такой модуль дополнительно включает в себя последовательно соединенный набор отдельных гальванических элементов и простую встроенную систему управления аккумулятором (battery management system, BMS) для того, чтобы регулировать связанные с базовым гальваническим элементом характеристики, такие как состояние заряда и напряжение. Электронные схемы с более сложными характеристиками или некоторой формой интеллектуальной взаимосоединяемости отсутствуют. Как следствие, любая функция

мониторинга или управления обрабатывается посредством отдельной системы, которая, если вообще присутствует где-либо в автомобиле, не имеет возможности отслеживать работоспособность, состояние заряда, температуру и другие влияющие на рабочие характеристики показатели отдельного гальванического элемента. Также отсутствует возможность в значительной степени регулировать потребляемую мощность в расчете на отдельный гальванический элемент в любой форме. Некоторые существенные последствия: (1) самый слабый гальванический элемент ограничивает совокупные рабочие характеристики всего аккумуляторного блока, (2) сбой любого гальванического элемента или модуля приводит к необходимости замены всего блока, (3) надежность и безопасность аккумулятора значительно уменьшается, (4) время работы от аккумулятора ограничено, (5) терморегулирование является затруднительным, (6) аккумуляторные блоки всегда работают ниже максимальных характеристик, (7) внезапный бросок за счет электрической мощности рекуперативного торможения не может легко накапливаться в аккумуляторах и требует рассеяния через разрядный резистор.

[0005] Зарядные схемы для EV типично реализуются в отдельных бортовых системах. Они разделяют мощность, поступающую извне EV, в форме сигнала переменного тока (AC) или сигнала постоянного тока (DC), преобразуют его в постоянный ток и подают его в аккумуляторный блок. Зарядные системы отслеживают напряжение и ток и типично подают устойчивое постоянное питание. С учетом конструкции аккумуляторных батарей и типичных зарядных схем существует небольшая возможность адаптировать зарядные потоки к отдельным аккумуляторным модулям на основе технического состояния элемента, характеристик производительности, температуры и т.д. Циклы заряда также являются типично длинными в качестве зарядных систем, и аккумуляторные блоки не имеют схему, которая обеспечивает возможность импульсного заряда или других технологий, которые должны оптимизировать перенос заряда или достижимый полный заряд.

[0006] Традиционные устройства управления содержат каскады DC-DC-преобразования, чтобы регулировать уровни напряжения аккумуляторных батарей до напряжения шины электрической системы EV. Электрический мотор, в свою очередь, приводится в действие простыми двухуровневыми многофазными преобразователями, которые обеспечивают необходимый сигнал(ы) переменного тока для мотора. Каждый мотор традиционно управляем посредством отдельного контроллера, который приводит в действие мотор в трехфазном конструктивном решении. Двухмоторные EV требуют двух контроллеров, в то время как EV с использованием четырех встроенных в колесо моторов требуют четырех отдельных контроллеров. Традиционная конструкция контроллеров также не имеет возможности приводить в действие моторы следующего поколения, к примеру, переключаемые реактивные моторы (switch reluctance motors, SRM), характеризующиеся посредством более высоких чисел полюсных наконечников. Адаптация требует более многофазных конструктивных решений, что усложняет системы и в конечном счете не позволяет разрешать проблемы, связанные с электрическим шумом и

рабочими характеристиками приведения в действие, такие как высокая пульсация крутящего момента и акустический шум.

[0007] Многие из этих недостатков применяются не только к автомобилям, но и к другим транспортным средствам с приводом от электромотора, а также к стационарным вариантам применения в значительной степени. По этим и другим причинам, существуют потребности в усовершенствованных системах, устройствах и способах для энергетических систем для мобильных и стационарных вариантов применения.

Сущность изобретения

[0008] Примерные варианты осуществления систем, устройств и способов предоставляются в данном документе для охлаждения модульной энергетической системы. Варианты осуществления могут использовать кожух, окружающий модульную энергетическую систему, чтобы направлять хладагент способом, который проходит поблизости от компонентов модулей модульной энергетической системы. Варианты осуществления могут обеспечивать последовательность нагнетания хладагента, так что хладагент охлаждает компоненты электрического транспортного средства, имеющие наименьшую желаемую рабочую температуру, первыми, за которыми следуют компоненты, имеющие относительно более высокие желаемые рабочие температуры.

[0009] Примерные варианты осуществления систем, устройств и способов также предоставляются в данном документе для модульной энергетической системы со съемными и заменяемыми источниками энергии. Система может быть сконфигурирована в широком множестве различных электрических конфигураций и размещена в электрическом транспортном средстве способом, который позволяет быстрое удаление источников энергии, имеющих относительно низкое состояние заряда, и замену таких источников энергии другими источниками энергии, имеющими относительно более высокое состояние заряда. Источники энергии могут быть разъемным образом защелкнуты по месту в электрическом транспортном средстве, так что каждый источник энергии является удаляемым из электрического соединения с электронной схемой преобразователя, ассоциированной с ним.

[0010] Другие системы, устройства, способы, признаки и преимущества изобретения должны становиться очевидными специалистам в данной области техники после изучения прилагаемых чертежей и подробного описания. Подразумевается, что все подобные дополнительные системы, способы, признаки и преимущества включены в рамки этого описания, находятся в рамках описанного здесь изобретения и защищены прилагаемой формулой изобретения. Ниоим образом признаки примерных вариантов осуществления не должны истолковываться в качестве ограничения прилагаемой формулы изобретения, при отсутствии специального перечисления этих признаков в формуле изобретения.

Краткое описание чертежей

[0011] Подробности объекта изобретения, изложенного в данном документе, как для его структуры, так и для его работы, могут быть очевидными посредством

исследования прилагаемых чертежей, на которых аналогичные ссылки с номерами относятся к аналогичным элементам. Компоненты на чертежах не обязательно должны быть нарисованы в масштабе, вместо этого акцент делается на иллюстрацию принципов изобретения. Более того, все иллюстрации предназначены для того, чтобы передавать общие идеи, при этом относительные размеры, формы и другие подробные атрибуты могут иллюстрироваться схематично, а не буквально или точно.

[0012] Фиг. 1A-1C являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления модульной энергетической системы.

[0013] Фиг. 1D-1E являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления устройств управления для энергетической системы.

[0014] Фиг. 1F-1G являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления модульных энергетических систем, соединенных с нагрузкой и источником заряда.

[0015] Фиг. 2A-2B являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления модуля и системы управления в энергетической системе.

[0016] Фиг. 2C является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления физической конфигурации модуля.

[0017] Фиг. 2D является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления физической конфигурации модульной энергетической системы.

[0018] Фиг. 3A-3C являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления модулей, имеющих различные электрические конфигурации.

[0019] Фиг. 4A-4F являются схематичными видами, изображающими примерные варианты осуществления источников энергии.

[0020] Фиг. 5A-5C являются схематичными видами, изображающими примерные варианты осуществления энергетических буферов.

[0021] Фиг. 6A-6C являются схематичными видами, изображающими примерные варианты осуществления преобразователей.

[0022] Фиг. 7A-7E являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления модульных энергетических систем, имеющих различные топологии.

[0023] Фиг. 8A является графиком, изображающим примерное выходное напряжение модуля.

[0024] Фиг. 8B является графиком, изображающим примерное многоуровневое выходное напряжение массива модулей.

[0025] Фиг. 8C является графиком, изображающим примерный опорный сигнал и несущие сигналы, используемые в способе управления с широтно-импульсной модуляцией.

[0026] Фиг. 8D является графиком, изображающим примерные опорные сигналы и несущие сигналы, используемые в способе управления с широтно-импульсной модуляцией.

[0027] Фиг. 8E является графиком, изображающим примерные сигналы

переключения, формируемые согласно способу управления с широтно-импульсной модуляцией.

[0028] Фиг. 8F является графиком, изображающим примерное многоуровневое выходное напряжение, формируемое посредством наложения выходных напряжений от массива модулей в способе управления с широтно-импульсной модуляцией.

[0029] Фиг. 9А-9В являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления контроллеров для модульной энергетической системы.

[0030] Фиг. 10А является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления многофазной модульной энергетической системы, имеющей модуль межкомпонентного соединения.

[0031] Фиг. 10В является схематичным чертежом, изображающим примерный вариант осуществления модуля межкомпонентного соединения в многофазном варианте осуществления на фиг. 10А.

[0032] Фиг. 10С является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления модульной энергетической системы, имеющей две подсистемы, соединенные вместе посредством модулей межкомпонентного соединения.

[0033] Фиг. 10D является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления трехфазной модульной энергетической системы, имеющей модули межкомпонентного соединения, питающие вспомогательные нагрузки.

[0034] Фиг. 10Е является схематичным видом, изображающим примерный вариант осуществления модулей межкомпонентного соединения в многофазном варианте осуществления на фиг. 10D.

[0035] Фиг. 10F является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления трехфазной модульной энергетической системы, имеющей модули межкомпонентного соединения, питающие вспомогательные нагрузки.

[0036] Фиг. 11А является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления последовательности процесса для охлаждения компонентов электрического транспортного средства.

[0037] Фиг. 11В является общим видом, изображающим примерный вариант осуществления кожуха, выполненного с возможностью охлаждения модульной энергетической системы.

[0038] Фиг. 11С является блок-схемой, изображающей другой примерный вариант осуществления последовательности процесса для охлаждения компонентов электрического транспортного средства.

[0039] Фиг. 11D является общим видом, изображающим другой примерный вариант осуществления кожуха, выполненного с возможностью охлаждения модульной энергетической системы.

[0040] Фиг. 11Е является общим видом, изображающим примерный вариант осуществления размещения компонентов модуля относительно верхнего кожуха.

[0041] Фиг. 11F является видом в поперечном сечении, изображающим примерный

вариант осуществления модуля поблизости от устройства охлаждения.

[0042] Фиг. 12А-12В являются боковыми видами, изображающими примерный вариант осуществления электрического транспортного средства, выполненного с возможностью работы с заменяемыми аккумуляторными модулями.

[0043] Фиг. 13А является схематичным чертежом, изображающим примерный вариант осуществления модульной энергетической системы, имеющей заменяемые аккумуляторные модули в электрическом транспортном средстве.

[0044] Фиг. 13В является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления электрической компоновки для модульной энергетической системы на фиг. 13А.

[0045] Фиг. 14А, 14D, 14Е и 14F являются общими видами, изображающими примерные варианты осуществления модуля преобразователя с заменяемым аккумуляторным модулем в различных состояниях зацепления и расцепления.

[0046] Фиг. 14В-14С являются видами с торца, изображающими примерные варианты осуществления корпуса для электронной схемы модуля.

Подробное описание изобретения

[0047] До того, как настоящий предмет изобретения подробно описывается, следует понимать, что это раскрытие сущности не ограничено конкретными описанными вариантами осуществления, поскольку они, конечно, могут варьироваться. Терминология, используемая в данном документе, существует лишь с целью описания отдельных вариантов осуществления и не предназначена быть ограничивающей, поскольку рамки настоящего раскрытия будут ограничены только прилагаемой формулой изобретения.

[0048] Перед описанием примерных вариантов осуществления, принадлежащих к системам охлаждения и сменным источникам энергии, сначала полезно описать эти лежащие в основе модульные энергетические системы более подробно. Со ссылкой на фиг. 1А-10F следующие параграфы описывают различные варианты применения, в которых варианты осуществления модульных энергетических систем могут быть реализованы, варианты осуществления систем управления или устройств для модульных энергетических систем, конфигурации вариантов осуществления модульной энергетической системы в отношении источников заряда и нагрузок, варианты осуществления отдельных модулей, варианты осуществления топологий для компоновки модулей в системах, варианты осуществления методологий управления, варианты осуществления балансировки рабочих характеристик модулей в системах и варианты осуществления использования модулей межкомпонентного соединения.

Примеры приложений

[0049] Стационарные варианты применения являются такими, в которых модульная энергетическая система находится в неподвижном местоположении во время использования, хотя она может быть приспособлена для транспортировки в альтернативные местоположения, когда не используется. Модульная энергетическая система постоянно находится в статическом местоположении, в то же время предоставляя

электрическую энергию для потребления одним или более другими объектами или накопления или буферизации энергии для последующего потребления. Примеры стационарных вариантов применения, с которыми могут использоваться варианты осуществления, раскрытые в данном документе, включают в себя, но не только: энергетические системы для использования посредством или в одной или более домашних конструкций или вычислительных узлов, энергетические системы для использования посредством или в одном или более промышленных сооружениях или вычислительных узлов, энергетические системы для использования посредством или в одном или более коммерческих сооружениях или вычислительных узлов, энергетические системы для использования посредством или в одном или более государственных учреждениях или вычислительных узлов (включающих в себя и военное и невоенное использование), энергетические системы для зарядки мобильных вариантов применения, описанных ниже (например, источник заряда или зарядная станция) и системы, которые преобразуют солнечную энергию, ветер, геотермальную энергию, ископаемое топливо или ядерные реакции в электричество для накопления. Стационарные варианты применения часто питают такие нагрузки как электросети и микроэлектросети, моторы и информационные центры. Стационарная энергетическая система может быть использована либо в роли накопления, либо без роли накопления.

[0050] Мобильные варианты применения, иногда упоминаемые как тяговые варианты применения, в общем, представляют собой варианты применения, в которых модульная энергетическая система расположена на или в объекте и накапливает и предоставляет электрическую энергию для преобразования в двигательную силу посредством электромотора, чтобы перемещаться или помогать в перемещении того объекта. Примеры мобильных объектов, с которыми могут использоваться варианты осуществления, раскрытые в данном документе, включают в себя, но не только, электрические и/или гибридные объекты, которые перемещаются или под материком, над или под водой, выше и без контакта с сушей или водой (например, полет или наведение в беспроводном режиме) или через внешнее пространство. Примеры мобильных объектов, с которыми могут использоваться варианты осуществления, раскрытые в данном документе, включают в себя, но не только, транспортные средства, поезда, трамваи, корабли, суда, самолеты и космические аппараты. Примеры мобильных транспортных средств, с которыми могут использоваться варианты осуществления, раскрытые в данном документе, включают в себя, но не только, транспортные средства, которые имеют только одно колесо или гусеницу, транспортные средства, которые имеют только два колеса или гусеницы, которые имеют только три колеса или гусеницы, транспортные средства, которые имеют только четыре колеса или гусеницы, и транспортные средства, которые имеют пять или более колес или гусениц. Примеры мобильных объектов, с которыми могут использоваться варианты осуществления, раскрытые в данном документе, включают в себя, но не только, автомобиль, автобус, грузовик, мотоцикл, скутер, транспортное средство промышленного назначения, горнодобывающий аппарат,

летательный аппарат (например, самолет, вертолет, беспилотный аппарат и т.д.), морское судно (например, торговые танкеры, корабли, яхты, лодки или т.п. плавучие средства), подводная лодка, локомотив или железнодорожное транспортное средство (например, поезд, трамвай и т.д.), транспортное средство военного назначения, космический аппарат и спутник.

[0051] В описываемых вариантах осуществления в данном документе ссылка может быть выполнена на отдельный стационарный вариант применения (например, электросеть, микроэлектросеть, информационные центры, облачные вычислительные окружения) или мобильный вариант применения (например, электромобиль). Такие ссылки задаются для простоты пояснения и не означают, что конкретный вариант осуществления ограничен для использования только этим конкретным мобильным или стационарным вариантом применения. Варианты осуществления систем, предоставляющих мощность в электромотор, могут использоваться в мобильных и в стационарных вариантах применения. Хотя определенные конфигурации могут быть более подходящими для некоторых вариантов применения по сравнению с другими, все примерные варианты осуществления, раскрываемые в данном документе, допускают использование в мобильных и в стационарных вариантах применения, если не указано иное.

Примерные модульных энергетических систем

[0052] Фиг. 1А является блок-схемой, которая изображает примерный вариант осуществления модульной энергетической системы 100. Здесь, система 100 включает в себя систему 102 управления, соединенную с возможностью связи с N модулями 108-1 по 108-N источника-преобразователя, по путям или линиям 106-1 по 106-N связи, соответственно. Модули 108 конфигурируются для накопления энергии и вывода энергии при необходимости к нагрузке 101 (или другим модулям 108). В этих вариантах осуществления любое число из двух или более модулей 108 может быть использовано (например, N больше или равно двум). Модули 108 могут быть соединены друг с другом множеством способов, как будет описано более подробно в отношении фиг. 7А-7Е. Для легкости иллюстрации, на фиг. 1А-1С модули 108 показаны соединенными последовательно или как одномерный массив, где N-ый модуль соединен с нагрузкой 101.

[0053] Система 100 конфигурируется для подачи питания к нагрузке 101. Нагрузка 101 может быть любым типом нагрузки, таким как мотор или электросеть. Система 100 также конфигурируется для накопления мощности, принимаемой от источника заряда. Фиг. 1F является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления системы 100 с интерфейсом 151 ввода мощности для приема мощности от источника 150 заряда и интерфейсом вывода мощности для вывода мощности к нагрузке 101. В этом варианте осуществления система 100 может принимать и накапливать мощность через интерфейс 151 и в то же время выводить мощность через интерфейс 152. Фиг. 1G является блок-схемой, изображающей другой примерный вариант осуществления системы 100 с переключаемым интерфейсом 154. В этом варианте осуществления система 100 может

выбирать или быть проинструктирована, чтобы выбирать, между приемом мощности от источника 150 заряда и выводом мощности к нагрузке 101. Система 100 может быть сконфигурирована, чтобы питать множество нагрузок 101, включающих в себя как первичные, так и вспомогательные нагрузки, и/или принимать мощность от множества источников 150 заряда (например, эксплуатируемая энергокомпанией электрическая сеть и локальный возобновляемый источник энергии (например, солнечной)).

[0054] Фиг. 1В изображает другой примерный вариант осуществления системы 100. Здесь, система 102 управления реализуется как ведущее устройство управления (master control device, MCD) 112, соединенное с возможностью связи с N различных локальных устройств управления (local control device, LCD) 114-1 по 114-N по путям или линиям 115-1 по 115-N связи, соответственно. Каждое LCD 114-1 по 114-N соединяется с возможностью связи с одним модулем 108-1 по 108-N по путям или линиям 116-1 по 116-N связи, соответственно, так что существует соотношение 1:1 между множеством LCD 114 и модулями 108.

[0055] Фиг. 1С изображает другой примерный вариант осуществления системы 100. Здесь, MCD 112 соединяется с возможностью связи с M различных LCD 114-1 по 114-M по путям или линиям 115-1 по 115-M связи, соответственно. Каждое LCD 114 может быть соединено с и управлять двумя или более модулями 108. В примере, показанном здесь, каждое LCD 114 соединяется с возможностью связи с двумя модулями 108, так что M LCD 114-1 по 114-M соединяются с 2M модулями 108-1 по 108-2M по путям или линиям 116-1 по 116-2M связи, соответственно.

[0056] Система 102 управления может быть сконфигурирована как единственное устройство (например, фиг. 1А) для всей системы 100 или может быть распределена между или реализована как множество устройств (например, фиг. 1В-1С). В некоторых вариантах осуществления система 102 управления может быть распределена между множеством LCD 114, ассоциированных с модулями 108, так что MCD 112 не является необходимым и может быть опущено из системы 100.

[0057] Система 102 управления может быть сконфигурирована, чтобы выполнять управление с помощью программного обеспечения (инструкций, хранящихся в памяти, которые являются исполняемыми посредством схемы обработки), аппаратных средств или их сочетания. Одно или более устройств системы 102 управления могут, каждое, включать в себя схему 120 обработки и память 122, как показано здесь. Примерные реализации схемы обработки и памяти описываются дополнительно ниже.

[0058] Система 102 управления может иметь интерфейс связи для связи с устройствами 104, внешними по отношению к системе 100, по линии или пути 105 связи. Например, система 102 управления (например, MCD 112) может выводить данные или информацию о системе 100 другому устройству 104 управления (например, электронному блоку управления (Electronic Control Unit, ECU) или блоку управления мотором (Motor Control Unit, MCU) транспортного средства в мобильном варианте применения, контроллеру электросети в стационарном варианте применения, и т.д.).

[0059] Пути или линии 105, 106, 115, 116 и 118 связи (фиг. 2В) могут, каждый, быть проводными (например, электрическим, оптическим) или беспроводными путями связи, которые передают данные или информацию двухсторонне, параллельным или последовательным образом. Данные могут передаваться в стандартизированном (например, IEEE, ANSI) или специальном (проприетарном) формате. В автомобильных вариантах применения пути 115 связи могут быть сконфигурированы для связи согласно протоколам FlexRay или CAN. Пути 106, 115, 116 и 118 связи могут также предоставлять проводное электропитание, чтобы непосредственно подавать рабочую мощность для системы 102 от одного или более модулей 108. Например, рабочая мощность для каждого LCD 114 может подаваться только посредством одного или более модулей 108, с которыми это LCD 114 соединяется, а рабочая мощность для MCD 112 может подаваться опосредованно от одного или более модулей 108 (как, например, через сеть электропитания автомобиля).

[0060] Система 102 управления выполнена с возможностью управлять одним или более модулями 108 на основе информации о состоянии, принятой от тех же или других одного или более модулей 108. Управление может также быть основано на одном или более других факторах, таких как требования к нагрузке 101. Управляемые аспекты включают в себя, но не только, одно или более из напряжения, тока, фазы и/или выходной мощности каждого модуля 108.

[0061] Информация о состоянии каждого модуля 108 в системе 100 может быть сообщена в систему 102 управления, которая может независимо управлять каждым модулем 108-1...108-N. Другие варианты являются возможными. Например, отдельный модуль 108 (или подмножество модулей 108) может управляться на основе информации о состоянии этого отдельного модуля 108 (или подмножества), на основе информации о состоянии другого модуля 108, который не является этим отдельным модулем 108 (или подмножеством), на основе информации о состоянии всех модулей 108, отличных от этого отдельного модуля 108 (или подмножества), на основе информации о состоянии этого отдельного модуля 108 (или подмножества) и информации о состоянии, по меньшей мере, одного другого модуля 108, который не является этим отдельным модулем 108 (или подмножеством), или на основе информации о состоянии всех модулей 108 в системе 100.

[0062] Информация о состоянии может быть информацией об одном или более аспектах, характеристиках или параметрах каждого модуля 108. Типы информации о состоянии включают в себя, но не только, следующие аспекты модуля 108 или одного или более его компонентов (например, источника энергии, энергетического буфера, преобразователя, схемы наблюдения): состояние заряда (State of Charge, SOC) (например, уровень заряда источника энергии относительно его емкости, такой как доля или процент) одного или более источников энергии модуля, исправность (State of Health, SOH) (например, качественный показатель состояния источника энергии в сравнении с его идеальными условиями) одного или более источников энергии модуля, температура одного или более источников энергии или других компонентов модуля, емкость одного

или более источников энергии модуля, напряжение одного или более источников энергии и/или других компонентов модуля, ток одного или более источников энергии и/или других компонентов модуля и/или наличие или отсутствие неисправности в каком-либо одном или более компонентах модуля.

[0063] Множество LCD 114 могут быть сконфигурированы, чтобы принимать информацию о состоянии от каждого модуля 108 или определять информацию о состоянии из наблюдаемых сигналов или данных, принимаемых от или в каждом модуле 108, и сообщать эту информацию в MCD 112. В некоторых вариантах осуществления каждое LCD 114 может сообщать необработанные собранные данные в MCD 112, которое затем алгоритмическим способом определяет информацию о состоянии на основе этих необработанных данных. MCD 112 может затем использовать информацию о состоянии модулей 108, чтобы соответствующим образом выполнять управляющие определения. Определения могут принимать форму инструкций, команд или другой информации (такой как индекс модуляции, описываемый в данном документе), которая может быть использована множеством LCD 114, чтобы либо поддерживать, либо регулировать работу каждого модуля 108.

[0064] Например, MCD 112 может принимать информацию о состоянии и оценивать эту информацию, чтобы определять различие между, по меньшей мере, одним модулем 108 (например, его компонентом) и, по меньшей мере, одним или более другими модулями 108 (например, их сравнимыми компонентами). Например, MCD 112 может определять, что конкретный модуль 108 работает с одним из следующих условий по сравнению с одним или более другими модулями 108: с относительно более низким или более высоким SOC, с относительно более низкой или более высокой SOH, с относительно более низкой или более высокой емкостью, с относительно более низким или более высоким напряжением, с относительно более низким или более высоким током, с относительно более низкой или более высокой температурой или с или без неисправности. В таких примерах MCD 112 может выводить управляющую информацию, которая инструктирует уменьшение или увеличение (в зависимости от условия) релевантного аспекта (например, выходного напряжения, тока, мощности, температуры) этого конкретного модуля 108. Таким образом, использование отличного от других модуля 108 (например, работающего с относительно более низким SOC или более высокой температурой) может быть уменьшено с тем, чтобы вынуждать релевантный параметр этого модуля 108 (например, SOC или температуру) приближаться к параметру одного или более других модулей 108.

[0065] Определение того, следует или нет регулировать работу конкретного модуля 108, может быть сделано для сравнения информации состояния в предварительно определенные пороговые значения, пределы или условия и не обязательно для сравнения в состоянии других модулей 108. Предварительно определенные пороговые значения, пределы или условия могут представлять собой статические пороговые значения, пределы или условия, к примеру, заданные посредством изготовителя, которые не изменяются во

время использования. Предварительно определенные пороговые значения, пределы или условия могут представлять собой динамические пороговые значения, пределы или условия, которым разрешается изменяться или которые фактически изменяются в ходе использования. Например, MCD 112 управления может регулировать работу модуля 108, если информация состояния для этого модуля 108 указывает то, что он работает с нарушением (например, выше или ниже) предварительно определенного порогового значения или предела либо за пределами предварительно определенного диапазона приемлемых рабочих условий. Аналогично, MCD 112 управления может регулировать работу модуля 108, если информация состояния для этого модуля 108 указывает присутствие фактической или потенциальной неисправности (например, аварийный сигнал или предупреждение) или указывает отсутствие или удаление фактической или потенциальной неисправности. Примеры неисправности включают в себя, но не только, фактический сбой компонента, потенциальный сбой компонента, короткозамкнутую схему или другое состояние чрезмерного тока, разомкнутую схему, состояние чрезмерного напряжения, сбой при приеме связи, прием поврежденных данных и т.п. В зависимости от типа и серьезности неисправности, использование неисправного модуля может быть уменьшено, чтобы избежать повреждения модуля, или использование модуля может быть полностью прекращено.

[0066] MCD 112 может управлять модулями 108 в системе 100 для достижения или приближения к желаемой цели. Цель, например, может быть операцией всех модулей 108 на идентичных или аналогичных уровнях относительно друг друга или в пределах предварительно определенных пороговых значений или условиях. Этот процесс также называется "балансировкой" или поиском баланса при работе или в рабочих характеристиках модулей 108. Термин "баланс" при использовании в данном документе не требует абсолютного равенства между модулями 108 или компонентами этого, а вместо этого используется в широком смысле для того, чтобы объяснить, что работа системы 100 может использоваться для того, чтобы активно уменьшать диспаратности в работе между модулями 108, которые в противном случае существуют.

[0067] MCD 112 может сообщать управляющую информацию в LCD 114 с целью управления модулями 108, ассоциированными с LCD 114. Управляющая информация может быть, например, индексом модуляции и опорным сигналом, как описывается в данном документе, модулированным опорным сигналом или иным. Каждое LCD 114 может использовать (например, принимать и обрабатывать) управляющую информацию, чтобы формировать сигналы переключения, которые управляют работой одного или более компонентов (например, преобразователя) в ассоциированном модуле(ях) 108. В некоторых вариантах осуществления MCD 112 формирует сигналы переключения непосредственно и выводит их в LCD 114, которое ретранслирует сигналы переключения предназначенному компоненту модуля.

[0068] Вся или часть системы 102 управления может быть объединена с внешним устройством 104 управления системы, которое управляет одним или более другими

асpekтами мобильного или стационарного варианта применения. Когда объединено в этом совместно используемом или общем устройстве управления (или подсистеме), управление системой 100 может быть реализовано любым желаемым образом, таким как одно или более приложений системы программного обеспечения, исполняемых схемой обработки совместно используемого устройства, с помощью аппаратных средств совместно используемого устройства или их сочетания. Неисчерпывающие примеры внешних устройств 104 управления включают в себя: ECU или MCU транспортного средства, имеющий способность управления для одной или более других функций транспортного средства (например, управление мотором, управление интерфейсом водителя, управление тягой и т.д.); контроллер электросети или микросети, имеющий ответственность за одну или более других функций управления мощностью (например, согласование нагрузки, прогнозирование требуемой мощности нагрузки, передача и переключение, интерфейс с источниками заряда (например, дизельным, солнечным, ветровым), прогнозирование мощности источника заряда, наблюдение за резервным источником, диспетчеризация ресурсов и т.д.); и подсистема управления информационным центром (например, управление окружающей средой, управление сетью, управление резервированием и т.д.).

[0069] Фиг. 1D и 1E являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления совместно используемого или общего устройства управления (или системы) 132, в котором система 102 управления может быть реализована. На фиг. 1D общее устройство 132 управления включает в себя ведущее устройство 112 управления и внешнее устройство 104 управления. Ведущее устройство 112 управления включает в себя интерфейс 141 для связи с множеством LCD 114 по пути 115, также как интерфейс 142 для связи с внешним устройством 104 управления по внутренней шине 136 связи. Внешнее устройство 104 управления включает в себя интерфейс 143 для связи с главным устройством 112 управления по шине 136 и интерфейсу 144 для связи с другими объектами (например, компонентами транспортного средства или электросетью) общего варианта применения по пути 136 связи. В некоторых вариантах осуществления общее устройство 132 управления может быть объединено в качестве общего корпуса или блока с устройствами 112 и 104, реализованными как дискретные интегральные микросхемы (integrated circuit, IC) или интегральные модули, содержащиеся в них.

[0070] На фиг. 1E внешнее устройство 104 управления действует как общее устройство 132 управления, при этом главная функциональность управления реализована как компонент 112 в устройстве 104. Этот компонент 112 может быть или включать в себя программное обеспечение или другие программные инструкции, сохраненные и/или жестко закодированные в памяти устройства 104 и исполняемые его схемой обработки. Компонент может также содержать специализированные аппаратные средства. Компонент может быть автономным модулем или ядром, с одним или более внутренними аппаратными средствами и/или интерфейсами программного обеспечения (например, прикладным программным интерфейсом (application program interface, API)) для связи с операционным программным обеспечением внешнего устройства 104 управления.

Внешнее устройство 104 управления может организовывать связь с множеством LCD 114 через интерфейс 141 и другими устройствами через интерфейс 144. В различных вариантах осуществления устройство 104/132 может быть объединено в качестве единственной IC-микросхемы, может быть объединено во множество IC-микросхем в едином интегральном модуле или объединено в качестве множества полупроводниковых интегральных модулей в общем корпусе.

[0071] В вариантах осуществления на фиг. 1D и 1E главная функциональность управления системы 102 совместно используется в общем устройстве 132, однако, другие разделения совместного управления разрешается. Например, часть главной функциональности управления может быть распределена между общим устройством 132 и специализированным MCD 112. В другом примере главная функциональность управления и, по меньшей мере, часть локальной функциональности управления могут быть реализованы в общем устройстве 132 (например, с остающейся локальной функциональностью управления, реализованной во множестве LCD 114). В некоторых вариантах осуществления вся система 102 управления реализуется в общем устройстве (или подсистеме) 132. В некоторых вариантах осуществления локальная функциональность управления реализуется в устройстве, совместно используемом с другим компонентом каждого модуля 108, таким как система управления аккумулятором (Battery Management System, BMS).

Примеры модулей в каскадных энергетических системах

[0072] Модуль 108 может включать в себя один или более источников энергии и преобразователь силовой электронной схемы и, если желательно, энергетический буфер. Фиг. 2A-2B являются блок-схемами, изображающими дополнительные примерные варианты осуществления системы 100 с модулем 108, имеющим преобразователь 202, энергетический буфер 204 и источник 206 энергии. Преобразователь 202 может быть преобразователем напряжения или преобразователем тока. Варианты осуществления описываются в данном документе со ссылкой на преобразователи напряжения, хотя варианты осуществления не ограничиваются таковыми. Преобразователь 202 может быть сконфигурирован, чтобы преобразовывать сигнал постоянного тока (DC) из источника 204 энергии в сигнал переменного тока (AC) и выводить его через соединение 110 для подачи мощности (например, инвертор). Преобразователь 202 может также принимать AC или DC-сигнал через соединение 110 и прикладывать его к источнику 204 энергии с той или другой полярностью в непрерывной или импульсной форме. Преобразователь 202 может быть или включать в себя компоновку переключателей (например, транзисторов большой мощности), таких как полумост полного моста (H-мост). В некоторых вариантах осуществления преобразователь 202 включает в себя только переключатели, и преобразователь (и модуль в целом) не включает в себя трансформатор.

[0073] Преобразователь 202 может также (или альтернативно) быть сконфигурирован, чтобы выполнять AC-DC преобразование (например, выпрямитель), такое, чтобы заряжать источник DC-энергии от AC-источника, DC-DC преобразование

и/или AC-AC преобразование (например, в сочетании с AC-DC преобразователем). В некоторых вариантах осуществления, для того чтобы выполнять AC-AC преобразование, преобразователь 202 может включать в себя трансформатор, либо отдельно, либо в сочетании с одним или более силовыми полупроводниковыми приборами (например, переключателями, диодами, тиристорами и т.п.). В других вариантах осуществления, таких как варианты, где вес и стоимость являются значительным фактором, преобразователь 202 может быть сконфигурирован, чтобы выполнять преобразования с помощью лишь силовых переключателей, силовых диодов или других полупроводниковых устройств и без трансформатора.

[0074] Источник 206 энергии предпочтительно является надежным устройством накопления энергии, приспособленным для вывода постоянного тока и имеющим плотность энергии, приспособленную для вариантов применения накопления энергии для снабжаемых электричеством устройств. Топливный элемент может быть единственным топливным элементом, множеством топливных элементов, соединенных последовательно или параллельно, или модулем топливных элементов. Два или более источников энергии могут быть включены в каждый модуль, и два или более источников могут включать в себя два аккумулятора одинакового или различного типа, два конденсатора одинакового или различного типа, два топливных элемента одинакового или различного типа, один или более аккумуляторов, объединенных с одним или более конденсаторами и/или топливными элементами, и один или более конденсаторов, объединенных с одним или более топливными элементами.

[0075] Источник 206 энергии может быть гальванической батареей, такой как единственный элемент батареи или множество элементов батареи, соединенных вместе в аккумуляторном модуле или массиве или любом их сочетании. Фиг. 4A-4D являются схематическими чертежами, изображающими примерные варианты осуществления источника 206 энергии, сконфигурированного как отдельный элемент 402 батареи (фиг. 4A), аккумуляторный модуль с последовательным соединением множества (например, четырех) элементов 402 (фиг. 4B), аккумуляторный модуль с параллельным соединением отдельных элементов 402 (фиг. 4C) и аккумуляторный модуль с параллельным соединением с ветвями, имеющими множество (например, два) элементов 402 каждая (фиг. 4D). Примеры типов аккумуляторов описываются в другом месте в данном документе.

[0076] Источник 206 энергии может также быть конденсатором высокой энергетической плотности (high energy density, HED), таким как ультраконденсатор или суперконденсатор. HED-конденсатор может быть сконфигурирован как двухслойный конденсатор (хранилище электростатического заряда), псевдоконденсатор (хранилище электрохимического заряда), гибридный конденсатор (электростатический и электрохимический) или иным образом, как противоположность твердому диэлектрическому типу типичного электролитического конденсатора. HED-конденсатор может иметь плотность энергии в 10-100 раз (или более высокую) больше по сравнению с

электролитическим конденсатором, в дополнение к более высокой емкости. Например, HED-конденсаторы могут иметь удельную энергию больше 1,0 ватт-час на килограмм (Вт-ч/кг) и емкость больше 10-100 фарад (Ф). Как и с аккумуляторами, описанными относительно фиг. 4А-4D, источник 206 энергии может быть сконфигурирован как отдельный HED-конденсатор или множество HED-конденсаторов, соединенных вместе в массив (например, последовательно, параллельно или в их сочетании).

[0077] Источник 206 энергии может также быть топливным элементом. Примеры топливных элементов включают в себя топливные элементы на основе протонообменных мембран (proton-exchange membrane fuel cell, PEMFC), топливные элементы на основе фосфорной кислоты (phosphoric acid fuel cell, PAFC), высокоэнергетические топливные элементы, щелочные топливные элементы, высокотемпературные топливные элементы, твердооксидные топливные элементы, топливные элементы с расплавленным электролитом и другие. Как и с аккумуляторами, описанными относительно фиг. 4А-4D, источник 206 энергии может быть сконфигурирован как отдельный топливный элемент или множество топливных элементов, соединенных вместе в массив (например, последовательно, параллельно или в их сочетании). Вышеупомянутые примеры аккумуляторов, конденсаторов и топливных элементов не предназначены, чтобы формировать исчерпывающий список, и обычные специалисты в области техники распознают другие варианты, которые попадают в рамки настоящего предмета изучения.

[0078] Энергетический буфер 204 может гасить или фильтровать колебания в токе по DC-линии или линии связи (например, $+V_{DCL}$ и $-V_{DCL}$, как описано ниже), чтобы помогать в поддержании устойчивости в напряжении DC-линии связи. Эти колебания могут быть относительно низко- (например, килогерцовыми) или высокими (например, мегагерцовыми) частотными колебаниями или гармониками, вызванными переключением преобразователя 202 или другими переходными состояниями. Эти колебания могут быть поглощены буфером 204 вместо пропускания к источнику 206 или к портам IO3 и IO4 преобразователя 202.

[0079] Силовое соединение 110 представляет собой соединение для переноса энергии или мощности в, из и через модуль 108. Модуль 108 может выводить энергию из источника 206 энергии в соединение 110 для подачи мощности, в котором она может переноситься в другие модули системы или в нагрузку. Модуль 108 также может принимать энергию из других модулей 108 или источника заряда (зарядного устройства постоянного тока, однофазного зарядного устройства, многофазного зарядного устройства). Сигналы могут также быть пропущены через модуль 108, обходя источник 206 энергии. Маршрутизация энергии или мощности в и из модуля 108 выполняется посредством преобразователя 202 под управлением LCD 114 (или другого объекта системы 102).

[0080] В варианте осуществления на фиг. 2А LCD 114 реализуется как компонент, отдельный от модуля 108 (например, не в кожухе совместно используемого модуля), и соединяется с и приспособлен для связи с преобразователем 202 по пути 116 связи. В

варианте осуществления на фиг. 2В LCD 114 включено в качестве компонента модуля 108 и соединяется с и приспособлено для связи с преобразователем 202 по внутреннему пути 118 связи (например, совместно используемой шине или дискретным соединениям). LCD 114 может также быть приспособлено для приема сигналов от и передачи сигналов в энергетический буфер 204 и/или источник 206 энергии по путям 116 или 118.

[0081] Модуль 108 может также включать в себя схему 208 наблюдения, выполненную с возможностью наблюдать (например, собирать, обнаруживать, измерять и/или определять) за одним или более аспектами модуля 108 и/или его компонентов, такими как напряжение, ток, температура или другие рабочие параметры, которые составляют информацию о состоянии (или может быть использован, чтобы определять информацию о состоянии, например, посредством LCD 114). Главной функцией информации о состоянии является описание состояния одного или более источников 206 энергии модуля 108, чтобы предоставлять возможность определений о том, насколько использовать источник энергии в сравнении с другими источниками в системе 100, хотя информация о состоянии, описывающая состояние других компонентов (например, напряжение, температуру и/или наличие неисправности в буфере 204, температура и/или наличие неисправности в преобразователе 202, наличие неисправности где-либо еще в модуле 108, и т.д.), может быть использована также в определении коэффициента использования. Схема 208 наблюдения может включать в себя один или более датчиков, шунтов, делителей, детекторов отказа, кулоновских счетчиков, контроллеров или других аппаратных средств и/или программного обеспечения, сконфигурированных для наблюдения за такими аспектами. Схема 208 наблюдения может быть отдельной от различных компонентов 202, 204 и 206 или может быть объединена с каждым компонентом 202, 204 и 206 (как показано на фиг. 2А-2В) или любым их сочетанием. В некоторых вариантах осуществления схема 208 наблюдения может быть частью или совместно использоваться с системой управления аккумулятором (BMS) для источника 204 энергии аккумулятора. Дискретная схема не нуждается в наблюдении за каждым типом информации о состоянии, поскольку более чем один тип информации о состоянии может наблюдаться с помощью единственной схемы или устройства или иначе алгоритмически определяться без необходимости в дополнительных схемах.

[0082] LCD 114 может принимать информацию о состоянии (или необработанные данные) о компонентах модуля по путям 116, 118 связи. LCD 114 может также передавать информацию компонентам модуля по путям 116, 118. Пути 116 и 118 могут включать в себя диагностические, измерительные, защитные и управляющие сигнальные линии. Передаваемая информация может быть управляющими сигналами для одного или более компонентов модуля. Управляющие сигналы могут быть сигналами переключения для преобразователя 202 и/или одним или более сигналами, которые запрашивают информацию о состоянии от компонентов модуля. Например, LCD 114 может инструктировать передачу информации о состоянии по путям 116, 118, запрашивая информацию о состоянии непосредственно или прикладывая сигнал возбуждения

(например, напряжение), чтобы инструктировать формирование информации о состоянии, в некоторых случаях в сочетании с сигналами переключения, которые помещают преобразователь 202 в конкретное состояние.

[0083] Физическая конфигурация или компоновка модуля 108 может принимать различные формы. В некоторых вариантах осуществления модуль 108 может включать в себя общий корпус, в котором все компоненты модуля, например, преобразователь 202, буфер 204 и источник 206, размещаются, вместе с другими необязательными компонентами, такими как объединенное LCD 114. В других вариантах осуществления различные компоненты могут быть разделены в отдельные корпуса, которые скрепляются вместе. Фиг. 2С является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления модуля 108, имеющего первый корпус 220, который удерживает источник 206 энергии модуля и сопровождающую электронную схему, такую как схема 208 наблюдения (не показана), второй корпус 222, который удерживает электронную схему модуля, такую как преобразователь 202, энергетический буфер 204 и другую сопровождающую электронную схему, такую как схема наблюдения (не показана), и третий корпус 224, который удерживает LCD 114 (не показано) для модуля 108. Электрические соединения между различными компонентами модуля могут проходить через корпуса 220, 222, 224 и могут выставляться наружу на какой-либо из внешних сторон корпуса для соединения с другими устройствами, такими как другие модули 108 или MCD 112.

[0084] Модули 108 системы 100 могут быть физически размещены относительно друг друга в различных конфигурациях, которые зависят от потребностей варианта применения и числа нагрузок. Например, в стационарном варианте применения, где система 100 предоставляет мощность для микросети, модули 108 могут быть размещены в одной или более стойках или других конструкциях. Такие конфигурации могут подходить также для более крупных мобильных вариантов применения, таких как морские суда. Альтернативно, модули 108 могут быть скреплены вместе и располагаться в общем корпусе, называемом блоком. Стойка или блок может иметь свою собственную выделенную систему охлаждения, совместно используемую между всеми модулями. Блочные конфигурации являются полезными для меньших мобильных вариантов применения, таких как электромобили. Система 100 может быть реализована с одной или более стойками (например, для параллельной подачи в микросеть) или одним или более блоками (например, обслуживающими различные моторы транспортного средства) или их сочетанием. Фиг. 2D является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления системы 100, сконфигурированной как блок с девятью модулями 108, электрически и физически соединенными вместе в общем корпусе 230.

[0085] Примеры этих и дополнительных конфигураций описываются в международной заявке № PCT/US20/25366, зарегистрированной 27 марта 2020 года и озаглавленной "Module-Based Energy Systems Capable of Cascaded and Interconnected Configurations and Methods Related Thereto", которая объединена по ссылке в данный документ в своей полноте для всех целей.

[0086] Фиг. 3А-3С являются блок-схемами, изображающими примерные варианты осуществления модулей 108, имеющих различные электрические конфигурации. Эти варианты осуществления описываются как имеющие одно LCD 114 для каждого модуля 108, при этом LCD 114 размещается в ассоциированном модуле, но может быть сконфигурировано иначе, как описано в данном документе. Фиг. 3А изображает первую примерную конфигурацию модуля 108А в системе 100. Модуль 108А включает в себя источник 206 энергии, энергетический буфер 204 и преобразователь 202А. Каждый компонент имеет силовые соединительные порты (например, клеммы, соединители), в которые мощность может вводиться, и/или из которых мощность может выводиться, называемые в данном документе IО-портами. Такие порты могут также называться входными портами или выходными портами в зависимости от контекста.

[0087] Источник 206 энергии может быть сконфигурирован как какой-либо из типов источника энергии, описываемых в данном документе (например, аккумулятор, как описано относительно фиг. 4А-4D, НED-конденсатор, топливный элемент или иным образом). Порты IО1 и IО2 источника 206 энергии могут быть соединены с портами IО1 и IО2, соответственно, энергетического буфера 204. Энергетический буфер 204 может быть сконфигурирован, чтобы буферизовать или фильтровать высоко- и низкочастотные энергетические пульсации, достигающие буфера 204 через преобразователь 202, которые могут в ином случае ухудшать рабочую характеристику модуля 108. Топология и компоненты для буфера 204 выбираются, чтобы размещать максимальную допустимую амплитуду этих высокочастотных пульсаций напряжения. Несколько (неисчерпывающих) примерных вариантов осуществления энергетического буфера 204 изображаются на схематических чертежах на фиг. 5А-5С. На фиг. 5А буфер 204 является электролитическим и/или пленочным конденсатором C_{EB} , на фиг. 5В буфер 204 является сетью 710 Z-источника, сформированной посредством двух дросселей L_{EB1} и L_{EB2} и двух электролитических и/или пленочных конденсаторов C_{EB1} и C_{EB2} , и на фиг. 5С буфер 204 является сетью 720 псевдо Z-источника, сформированной посредством двух дросселей L_{EB1} и L_{EB2} , двух электролитических и/или пленочных конденсаторов C_{EB1} и C_{EB2} и диода D_{EB} .

[0088] Порты IО3 и IО4 энергетического буфера 204 могут быть соединены с портами IО1 и IО2, соответственно, преобразователя 202А, который может быть сконфигурирован как какой-либо из типов преобразователя мощности, описываемых в данном документе. Фиг. 6А является схематичным чертежом, изображающим примерный вариант осуществления преобразователя 202А, сконфигурированного как DC-AC преобразователь, который может принимать DC-напряжение в портах IО1 и IО2 и переключаться на формирование импульсов в портах IО3 и IО4. Преобразователь 202А может включать в себя множество переключателей, и здесь преобразователь 202А включает в себя четыре переключателя S3, S4, S5, S6, размещенных в конфигурации полного моста. Система 102 управления или LCD 114 могут независимо управлять каждым переключателем через управляющие входные линии 118-3 к каждому затвору.

[0089] Переключатели могут быть любым подходящим типом переключателя, таким как силовые полупроводниковые приборы типа полевых транзисторов со структурой металл-оксид-полупроводник (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, MOSFET), показанных здесь, биполярных транзисторов с изолированным затвором (insulated gate bipolar transistor, IGBT) или транзисторов на основе нитрида галлия (gallium nitride, GaN). Полупроводниковые переключатели могут работать при относительно высоких частотах переключения, за счет этого разрешая преобразователю 202 работать в режиме с широтно-импульсной модуляцией (PWM) при необходимости и реагировать на команды управления в течение относительно короткого интервала времени. Это может предоставлять высокий допуск для регулирования выходного напряжения и быстрое динамическое поведение в переходных режимах.

[0090] В этом варианте осуществления напряжение V_{DCL} DC-линии может быть приложено к преобразователю 202 между портами IO1 и IO2. Посредством соединения V_{DCL} с портами IO3 и IO4 путем различных сочетаний переключателей S3, S4, S5, S6 преобразователь 202 может формировать три различных вывода напряжения в портах IO3 и IO4: $+V_{DCL}$, 0 и $-V_{DCL}$. Сигнал переключения, предоставляемый каждому переключателю, управляет тем, является ли переключатель включенным (замкнутым) или выключенным (разомкнутым). Чтобы получать $+V_{DCL}$, переключатели S3 и S6 включаются, в то время как S4 и S5 выключаются, тогда как $-V_{DCL}$ может быть получено путем включения переключателей S4 и S5 и выключения S3 и S6. Выходное напряжение может быть установлено в ноль (включающее в себя близкое к нулю) или опорное напряжение путем включения S3 и S5 с выключенными S4 и S6 или путем включения S4 и S6 с выключенными S3 и S5. Эти напряжения могут быть выведены из модуля 108 через соединение 110 для подачи мощности. Порты IO3 и IO4 преобразователя 202 могут быть соединены с (или формировать) IO-портами 1 и 2 модуля соединения 110 для подачи мощности, с тем, чтобы формировать выходное напряжение для использования с выходными напряжениями от других модулей 108.

[0091] Управляющие или переключающие сигналы для вариантов осуществления преобразователя 202, описываемого в данном документе, могут быть сформированы различными способами в зависимости от метода управления, используемого системой 100 для формирования выходного напряжения преобразователя 202. В некоторых вариантах осуществления методом управления является PWM-метод, такой как широтно-импульсная модуляция методом пространственных векторов (space vector pulse-width modulation, SVPWM) или синусоидальная широтно-импульсная модуляция (sinusoidal pulse-width modulation, SPWM) или их разновидности. Фиг. 8А является графиком напряжения в зависимости от времени, изображающим пример выходного сигнала 802 напряжения преобразователя 202. Для легкости описания варианты осуществления в данном документе будут описаны в контексте метода PWM-управления, хотя варианты осуществления не ограничиваются таковыми. Другие классы методов могут быть использованы. Один альтернативный класс основывается на гистерезисе, примеры

которого описываются в международных публикациях №№ WO 2018/231810A1, WO 2018/232403A1 и WO 2019/183553A1, которые объединены по ссылке в данном документе для всех целей.

[0092] Каждый модуль 108 может быть сконфигурирован с множеством источников 206 энергии (например, двумя, тремя, четырьмя или более). Каждый источник 206 энергии модуля 108 может быть управляемым (переключаемым), чтобы подавать мощность к соединению 110 (или принимать мощность от источника заряда) независимо от других источников 206 модуля. Например, все источники 206 могут выводить мощность к соединению 110 (или заряжаться) в одно и то же время, или только один (или подмножество) источников 206 может подавать мощность (или заряжаться) в какое-либо одно время. В некоторых вариантах осуществления источники 206 модуля могут обмениваться энергией между собой, например, один источник 206 может заряжать другой источник 206. Каждый из источников 206 может быть сконфигурирован как какой-либо источник энергии, описываемый в данном документе (например, аккумулятор, HED-конденсатор, топливный элемент). Каждый из источников 206 может иметь одинаковый тип (например, каждый может быть аккумулятором) или различный тип (например, первый источник может быть аккумулятором, а второй источник может быть HED-конденсатором, или первый источник может быть аккумулятором, имеющим первый тип (например, NMC), а второй источник может быть аккумулятором, имеющим второй тип (например, LFP).

[0093] Фиг. 3В является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления модуля 108В в конфигурации двойного источника энергии с первичным источником 206А энергии и вторичным источником 206В энергии. Порты IO1 и IO2 первичного источника 202А могут быть соединены с портами IO1 и IO2 энергетического буфера 204. Модуль 108В включает в себя преобразователь 202В, имеющий дополнительный IO-порт. Порты IO3 и IO4 буфера 204 могут быть соединены портами IO1 и IO2, соответственно, преобразователя 202В. Порты IO1 и IO2 вторичного источника 206В могут быть соединены с портами IO5 и IO2, соответственно, преобразователя 202В (также соединены с портом IO4 буфера 204).

[0094] В этом примерном варианте осуществления модуля 108В первичный источник 202А энергии, вместе с другими модулями 108 системы 100, подает среднюю мощность, необходимую нагрузке. Вторичный источник 202В может обслуживать функцию вспомогательного источника 202 энергии, предоставляя дополнительную мощность при пиках мощности нагрузки или поглощая избыточную мощность или иным образом.

[0095] Как упомянуто, первичный источник 206А и вторичный источник 206В могут быть использованы одновременно или в отдельные моменты времени в зависимости от состояния переключения преобразователя 202В. Если, в то же самое время электролитический и/или пленочный конденсатор (C_{ES}) может быть размещен параллельно с источником 206В, как изображено на фиг. 4Е, чтобы действовать в качестве

энергетического буфера для источника 206В, или источник 206В энергии может быть сконфигурирован, чтобы использовать НED-конденсатор параллельно с другим источником энергии (например, аккумулятором или топливным элементом), как изображено на фиг. 4F.

[0096] Фиг. 6В и 6С являются схематическими видами, изображающими примерные варианты осуществления преобразователей 202В и 202С, соответственно. Преобразователь 202В включает в себя фрагменты 601 и 602А схемы переключения. Фрагмент 601 включает в себя переключатели S3-S6, сконфигурированные как полный мост аналогичным образом с преобразователем 202А, и выполнен с возможностью выборочно соединять IO1 и IO2 с одним из IO3 и IO4, тем самым, изменяя выходные напряжения модуля 108В. Фрагмент 602А включает в себя переключатели S1 и S2, сконфигурированные как полумост и соединенные между IO1 и IO2. Соединяющий дроссель L_C подключается между портом IO5 и узлом 1, присутствующим между переключателями S1 и S2, так что фрагмент 602А переключателя является двухсторонним преобразователем, который может регулировать (повышать или понижать) напряжение (или обратно пропорционально ток). Фрагмент 602А переключателя может формировать два различных напряжения в узле 1, которыми являются $+V_{DCL2}$ и 0, обращенных к порту IO2, которые могут быть равны фактически нулевому потенциалу. Ток, получаемый от или вводимый в источник 202В энергии, может управляться посредством регулировки напряжения на соединяющем дросселе L_C , с помощью, например, метода широтно-импульсной модуляции или гистерезисного способа управления для коммутации переключателей S1 и S2. Другие методы могут также быть использованы.

[0097] Преобразователь 202С отличается от преобразователя 202В, поскольку переключающий фрагмент 602В включает в себя переключатели S1 и S2, сконфигурированные как полумост и соединенные между портами IO5 и IO2. Соединяющий дроссель L_C подключается между портом IO1 и узлом 1, присутствующим между переключателями S1 и S2, так что переключающий фрагмент 602В конфигурируется для регулировки напряжения.

[0098] Система 102 управления или LCD 114 могут независимо управлять каждым переключением преобразователей 202В и 202С по управляющим входным линиям 118-3 к каждому затвору. В этих вариантах осуществления и в варианте осуществления на фиг. 6А LCD 114 (не MCD 112) формирует переключающие сигналы для переключателей преобразователя. Альтернативно, MCD 112 может формировать переключающие сигналы, которые могут быть сообщены непосредственно переключателям или ретранслированы посредством LCD 114.

[0099] В вариантах осуществления, где модуль 108 включает в себя три или более источников 206 энергии, преобразователи 202В и 202С могут быть масштабированы соответствующим образом, так что каждый дополнительный источник 206В энергии соединяется с дополнительным IO-портом, ведущим к дополнительному фрагменту 602А или 602В схемы переключения, в зависимости от потребностей конкретного источника.

Например, преобразователь 202 с двойным источником может включать в себя оба переключающих фрагмента 202А и 202В.

[00100] Модули 108 с множеством источников 206 энергии приспособлены для выполнения дополнительных функций, таких как совместное использование энергии между источниками 206, захват энергии в варианте применения (например, рекуперативное торможение), заряд первичного источника посредством вторичного источника, даже в то время как вся система находится в состоянии разряда, и активная фильтрация выходного сигнала модуля. Функция активной фильтрации может также быть выполнена посредством модулей, имеющих типичный электролитический конденсатор вместо вторичного источника энергии. Примеры этих функций описываются более подробно в международной заявке № PCT/US20/25366, зарегистрированной 27 марта 2020 года и озаглавленной "Module-Based Energy Systems Capable of Cascaded and Interconnected Configurations and Methods Related Thereto" и международной публикации № WO 2019/183553, зарегистрированной 22 марта 2019 года и озаглавленной "Systems and Methods for Power Management and Control", которые обе включены по ссылке в данный документ в своей полноте для всех целей.

[00101] Каждый модуль 108 может быть сконфигурирован для питания одной или нескольких вспомогательных нагрузок от одного или нескольких источников 206 энергии. Вспомогательные нагрузки представляют собой нагрузки, для которых требуется более низкое напряжение, чем для основной нагрузки 101. Примеры вспомогательных нагрузок могут, например, представлять собой бортовую электрическую сеть электротранспортного средства, HVAC-систему электротранспортного средства. Нагрузка системы 100, например, может представлять собой одну из фаз электромотора транспортного средства или электрической сети. Этот вариант осуществления может обеспечивать возможность полного развязывания между электрическими характеристиками (напряжением и током на контактных выводах) источника энергии и электрическими характеристиками нагрузок.

[00102] Фиг. 3С является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления модуля 108С, сконфигурированного, чтобы подавать мощность к первой вспомогательной нагрузке 301 и второй вспомогательной нагрузке 302, когда модуль 108С включает в себя источник 206 энергии, энергетический буфер 204 и преобразователь 202В, соединенные вместе способом, аналогичным способу на фиг. 3В. Первая вспомогательная нагрузка 301 требует напряжения, эквивалентного напряжению, прикладываемому от источника 206. Нагрузка 301 соединяется с Ю-портами 3 и 4 модуля 108С, которые, в свою очередь, соединяются с портами Ю1 и Ю2 источника 206. Источник 206 может выводить мощность как к силовому соединению 110, так и к нагрузке 301. Вторичная вспомогательная нагрузка 302 требует постоянного напряжения, более низкого по сравнению с напряжением источника 206. Нагрузка 302 соединяется с Ю-портами 5 и 6 модуля 108С, которые соединяются с портами Ю5 и Ю2, соответственно, преобразователя 202В. Преобразователь 202В может включать в себя переключающий фрагмент 602, имеющий соединяющий дроссель L_C , соединенный с

портом IO5 (фиг. 6B). Энергия, подаваемая источником 206, может быть подана к нагрузке 302 через переключающий фрагмент 602 преобразователя 202B. Предполагается, что нагрузка 302 имеет входной конденсатор (конденсатор может быть добавлен в модуль 108C, если нет), таким образом, переключатели S1 и S2 могут быть коммутированы, чтобы регулировать напряжение на и ток через соединяющий дроссель L_C и, таким образом, создавать устойчивое постоянное напряжение для нагрузки 302. Это регулирование может понижать напряжение источника 206 до напряжения более низкой величины, которое требуется нагрузкой 302.

[00103] Модуль 108C может, таким образом, быть сконфигурирован, чтобы питать одну или более первых вспомогательных нагрузок способом, описанным в отношении нагрузки 301, при этом одна или более первых нагрузок соединены с IO-портами 3 и 4. Модуль 108C может также быть сконфигурирован, чтобы питать одну или более вторых вспомогательных нагрузок способом, описанным в отношении нагрузки 302. Если множество вторых вспомогательных нагрузок 302 присутствует, тогда для каждой дополнительной нагрузки 302 модуль 108C может быть масштабирован с помощью дополнительных выделенных выходных портов модуля (типа 5 и 6), дополнительного выделенного переключающего фрагмента 602 и IO-порта дополнительного преобразователя, соединенного с дополнительным фрагментом 602.

[00104] Источник 206 энергии может, таким образом, подавать мощность для любого числа вспомогательных нагрузок (например, 301 и 302), также как соответствующий фрагмент системы выводит мощность, необходимую первичной нагрузке 101. Поток мощности от источника 206 к различным нагрузкам может регулироваться при желании.

[00105] Модуль 108 может быть сконфигурирован при необходимости с двумя или более источниками 206 энергии (фиг. 3B) и питать первую и/или вторую вспомогательные нагрузки (фиг. 3C) посредством добавления переключающего фрагмента 602 и порта IO5 преобразователя для каждого дополнительного источника 206B или второй вспомогательной нагрузки 302. IO-порты дополнительного модуля (например, 3, 4, 5, 6) могут быть добавлены при необходимости. Модуль 108 может также быть сконфигурирован как модуль межкомпонентного соединения для обмена энергией (например, для балансировки) между двумя или более массивами, двумя или более блоками или двумя или более системами 100, как описывается дополнительно в данном документе. Эта функциональность межкомпонентного соединения может аналогично быть объединена с возможностями множества источников и/или питания множества вспомогательных нагрузок.

[00106] Система 102 управления может выполнять различные функции в отношении компонентов модулей 108A, 108B и 108C. Эти функции могут включать в себя управление использованием (объем использования) каждого источника 206 энергии, защиту энергетического буфера 204 от сверхтока, перенапряжения и высокотемпературных условий и управление и защиту преобразователя 202.

[00107] Например, чтобы управлять (например, регулировать посредством увеличения, уменьшения или поддержания) использованием каждого источника 206 энергии, LCD 114 может принимать одно или более наблюдаемых напряжений, температур и токов от каждого источника 206 энергии (или схемы наблюдения). Наблюдаемые напряжения могут быть, по меньшей мере, одним из, предпочтительно всеми, напряжений каждого элементарного компонента, независимого от других компонентов (например, каждого отдельного аккумуляторного элемента, HED-конденсатора и/или топливного элемента) источника 206 или напряжений групп элементарных компонентов в целом (например, напряжения массива аккумуляторов, массива HED-конденсаторов и/или массива топливных элементов). Аналогично, наблюдаемые температуры и токи могут быть, по меньшей мере, одним, предпочтительно всеми, из температур и токов каждого элементарного компонента, независимого от других компонентов источника 206, или температурами и токами групп элементарных компонентов в целом или любым их сочетанием. Наблюдаемые сигналы могут быть информацией о состоянии, с помощью которой LCD 114 может выполнять одно или более из следующего: вычисление или определение реальной емкости, фактического состояния заряда (SOC) и/или исправности (SOH) элементарных компонентов или групп элементарных компонентов; задание или вывод предупреждения или сигнализирующего указания на основе наблюдаемой и/или вычисленной информации о состоянии; и/или передача информации о состоянии в MCD 112. LCD 114 может принимать управляющую информацию (например, индекс модуляции, синхронизирующий сигнал) от MCD 112 и использовать эту управляющую информацию для формирования переключающих сигналов для преобразователя 202, который управляет использованием источника 206.

[00108] Чтобы защищать энергетический буфер 204, LCD 114 может принимать одно или более наблюдаемых напряжений, температур и токов от энергетического буфера 204 (или схемы наблюдения). Наблюдаемые напряжения могут быть, по меньшей мере, одним, предпочтительно всеми, из напряжений каждого элементарного компонента буфера 204 (например, C_{EB} , C_{EB1} , C_{EB2} , L_{EB1} , L_{EB2} , D_{EB}), независимого от других компонентов, или напряжений групп элементарных компонентов или буфера 204 в целом (например, между IO1 и IO2 или между IO3 и IO4). Аналогично наблюдаемые температуры и токи могут быть, по меньшей мере, одними, предпочтительно всеми, из температур и токов каждого элементарного компонента буфера 204, независимого от других компонентов, или температур и токов групп элементарных компонентов или буфера 204 в целом или любым их сочетанием. Наблюдаемые сигналы могут быть информацией о состоянии, с помощью которой LCD 114 может выполнять одно или более из следующего: задание или вывод предупреждения или сигнализирующего указания; сообщение информации о состоянии в MCD 112; или управление преобразователем 202, чтобы регулировать (увеличивать или уменьшать) использование источника 206 и модуля 108 в целом для защиты буфера.

[00109] Чтобы управлять и защищать преобразователь 202, LCD 114 может

принимать управляющую информацию от MCD 112 (например, модулированный опорный сигнал или опорный сигнал и индекс модуляции), которая может быть использована с PWM-методом в LCD 114 для формирования управляющих сигналов для каждого переключателя (например, S1-S6). LCD 114 может принимать сигнал обратной связи по току от датчика тока преобразователя 202, который может быть использован для защиты от сверхтока вместе с одним или более сигналами о состоянии отказа от схем формирователя (не показаны) переключателей преобразователя, которые могут нести информацию о состояниях отказа (например, коротком замыкании или режимах отказа с разомкнутой цепью) всех переключателей преобразователя 202. На основе этих данных LCD 114 может выполнять решение о том, какое сочетание переключающих сигналов должно быть приложено для управления использованием модулем 108 и потенциального обхода или отключения преобразователя 202 (и всего модуля 108) от системы 100.

[00110] При управлении модулем 108С, который питает вторую вспомогательную нагрузку 302, LCD 114 может принимать одно или более наблюдаемых напряжений (например, напряжение между I/O-портами 5 и 6) и один или более наблюдаемых токов (например, ток в соединяющем дросселе L_C , который является током нагрузки 302) в модуле 108С. На основе этих модулей LCD 114 может регулировать циклы переключения (например, посредством регулировки индекса модуляции или опорного сигнала) S1 и S2, чтобы управлять (и стабилизировать) напряжением для нагрузки 302.

Примеры топологий каскадной энергетической системы

[00111] Два или более модулей 108 могут быть соединены вместе в каскадном массиве, который выводит сигнал напряжения, сформированный посредством наложения дискретных напряжений, сформированных каждым модулем 108 в массиве. Фиг. 7А является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления топологии системы 100, где N модулей 108-1, 108-2 ... 108-N соединяются вместе последовательно, чтобы формировать последовательный массив 700. В этом и всех вариантах осуществления, описанных в данном документе, N может быть любым целым числом больше одного. Массив 700 включает в себя I/O-порт SIO1 первой системы и I/O-порт SIO2 второй системы, через которые формируется выходное напряжение массива. Массив 700 может быть использован в качестве источника DC или однофазной AC-энергии для DC или AC однофазных нагрузок, которые могут быть соединены с SIO1 и SIO2 массива 700. Фиг. 8А является графиком напряжения в зависимости от времени, изображающим примерный выходной сигнал, создаваемый единственным модулем 108, имеющим источник энергии 48 В. Фиг. 8В является графиком напряжения в зависимости от времени, изображающим примерный однофазный AC-выходной сигнал, сформированный массивом 700, имеющим шесть 48В модулей 108, соединенных последовательно.

[00112] Система 100 может быть размещена в широком множестве различных топологий, чтобы удовлетворять изменяющимся потребностям вариантов применения. Система 100 может предоставлять многофазную мощность (например, двухфазную, трехфазную, четырехфазную, пятифазную, шестифазную и т.д.) к нагрузке с помощью

множества массивов 700, где каждый массив может формировать АС-выходной сигнал, имеющий различный фазовый угол.

[00113] Фиг. 7В является блок-схемой, изображающей систему 100 с двумя массивами 700-РА и 700-РВ, соединенными вместе. Каждый массив 700 является одномерным, сформированным посредством последовательного соединения N модулей 108. Два массива 700-РА и 700-РВ могут, каждый, формировать однофазный АС-сигнал, где два АС-сигнала имеют различные фазовые углы РА и РВ (например, разнесены на 180 градусов). IO-порт 1 модуля 108-1 каждого массива 700-РА и 700-РВ может формировать или быть соединен с IO-портами SIO1 и SIO2 системы, соответственно, которые, в свою очередь, могут служить в качестве первого вывода каждого массива, который может предоставлять двухфазную мощность нагрузке (не показана). Или альтернативно порты SIO1 и SIO 2 могут быть соединены, чтобы предоставлять однофазную мощность от двух параллельных массивов. IO-порт 2 модуля 108-N каждого массива 700-РА и 700-РВ могут служить в качестве второго вывода для каждого массива 700-РА и 700-РВ на противоположном конце массива от IO-портов SIO1 и SIO2 системы и могут быть соединены вместе в общем узле и необязательно использоваться для дополнительного IO-порта SIO3 системы при желании, который может служить в качестве нейтрали. Этот общий узел может называться шиной, а IO-порт 2 модулей 108-N каждого массива 700 может называться находящимся на стороне шины массивов.

[00114] Фиг. 7С является блок-схемой, изображающей систему 100 с тремя массивами 700-РА, 700-РВ и 700-РС, соединенными вместе. Каждый массив 700 является одномерным, сформированным посредством последовательного соединения N модулей 108. Три массива 700-1 и 700-2 могут, каждый, формировать однофазный АС-сигнал, где три АС-сигнала имеют различные фазовые углы РА, РВ, РС (например, разнесены на 120 градусов). IO-порт 1 модуля 108-1 каждого массива 700-РА, 700-РВ и 700-РС может формировать или быть соединен с IO-портами SIO1, SIO2 и SIO3 системы, соответственно, которые, в свою очередь, могут предоставлять трехфазную мощность нагрузке (не показана). IO-порт 2 модуля 108-N каждого массива 700-РА, 700-РВ и 700-РС могут быть соединены вместе в общем узле и необязательно использованы для дополнительного IO-порта SIO4 системы при желании, который может служить в качестве нейтрали.

[00115] Идеи, описанные в отношении двухфазных и трехфазных вариантов осуществления на фиг. 7В и 7С, могут быть распространены на системы 100, формирующие еще больше фаз мощности. Например, неисчерпывающий список дополнительных примеров включает в себя: систему 100, имеющую четыре массива 700, каждый из которых конфигурируется для формирования однофазного АС-сигнала, имеющего различный фазовый угол (например, с интервалом 90 градусов); систему 100, имеющую пять массивов 700, каждый из которых конфигурируется для формирования однофазного АС-сигнала, имеющего различный фазовый угол (например, с интервалом 72 градуса); и систему 100, имеющую шесть массивов 700, каждый массив сконфигурирован

для формирования однофазного АС-сигнала, имеющего различный фазовый угол (например, с интервалом 60 градусов).

[00116] Система 100 может быть сконфигурирована так, что массивы 700 взаимосвязываются в электрических узлах между модулями 108 в каждом массиве. Фиг. 7D является блок-схемой, изображающей систему 100 с тремя массивами 700-РА, 700-РВ и 700-РС, соединенными вместе в объединенной последовательной и дельта компоновке. Каждый массив 700 включает в себя первое последовательное соединение М модулей 108, где М равно двум или больше, соединенных со вторым последовательным соединением N модулей 108, где N равно двум или больше. Дельта-конфигурация формируется посредством межкомпонентных соединений между массивами, которые могут быть размещены в любом желаемом местоположении. В этом варианте осуществления Ю-порт 2 модуля 108-(М+N) массива 700-РС соединяется с Ю-портом 2 модуля 108-М и Ю-портом 1 модуля 108-(М+1) массива 700-РА, Ю-порт 2 модуля 108-(М+N) массива 700-РВ соединяется с Ю-портом 2 модуля 108-М и Ю-портом 1 модуля 108-(М+1) массива 700-РС, и Ю-порт 2 модуля 108-(М+N) массива 700-РА соединяется с Ю-портом 2 модуля 108-М и Ю-портом 1 модуля 108-(М+1) массива 700-РВ.

[00117] Фиг. 7E является блок-схемой, изображающей систему 100 с тремя массивами 700-РА, 700-РВ и 700-РС, соединенными вместе в объединенной последовательной и дельта компоновке. Этот вариант осуществления аналогичен варианту осуществления на фиг. 7D за исключением различных кросс-соединений. В этом варианте осуществления Ю-порт 2 модуля 108-М массива 700-РС соединяется с Ю-портом 1 модуля 108-1 массива 700-РА, Ю-порт 2 модуля 108-М массива 700-РВ соединяется с Ю-портом 1 модуля 108-1 массива 700-РС, и Ю-порт 2 модуля 108-М массива 700-РА соединяется с Ю-портом 1 модуля 108-1 массива 700-РВ. Компоновки на фиг. 7D и 7E могут быть реализованы со всего лишь двумя модулями в каждом массиве 700. Объединенные дельта и последовательные конфигурации предоставляют возможность эффективного обмена энергией между всеми модулями 108 системы (межфазовая балансировка) и фазами энергосистемы или нагрузки, а также предоставляет возможность уменьшения суммарного числа модулей 108 в массиве 700 для получения желаемых выходных напряжений.

[00118] В вариантах осуществления, описанных в данном документе, хотя является полезным, чтобы число модулей 108 было одинаковым в каждом массиве 700 в системе 100, это не требуется, и различные массивы 700 могут иметь различающиеся количества модулей 108. Дополнительно, каждый массив 700 может иметь модули 108, которые все имеют одинаковую конфигурацию (например, все модули являются 108А, все модули являются 108В, все модули являются 108С или прочими) или различные конфигурации (например, один или более модулей являются 108А, один или более являются 108В и один или более являются 108С или иным образом). По существу, рамки топологий системы 100, охватываемых в данном документе, являются широкими.

Примерные варианты осуществления методологий управления

[00119] Как упомянуто, управление системой 100 может выполняться согласно различным методологиям, таким как гистерезис или PWM. Несколько примеров PWM включают в себя модуляцию с помощью пространственного вектора и синусоидальную широтно-импульсную модуляцию, где переключающие сигналы для преобразователя 202 формируются с помощью метода сдвинутой по фазе несущей, которая постоянно поворачивает использование каждого модуля 108, чтобы равным образом распределять мощность между ними.

[00120] Фиг. 8С-8F являются графиками, изображающими примерный вариант осуществления методологии сдвинутого по фазе PWM-управления, которая может формировать многоуровневый выходной PWM-сигнал с помощью сдвинутых с приращением двухуровневых сигналов. PWM-сигнал X-уровня может быть создан посредством суммирования $(X-1)/2$ двухуровневых PWM-сигналов. Эти двухуровневые сигналы могут быть сформированы посредством сравнения опорного сигнала V_{ref} с несущими, сдвинутыми с приращением на $360^\circ/(X-1)$. Несущие являются треугольными, но варианты осуществления не ограничиваются этим. Девятиуровневый пример показан на фиг. 8С (использующий четыре модуля 108). Несущие сдвигаются с приращением на $360^\circ/(9-1)=45^\circ$ и сравниваются с V_{ref} . Получившиеся в результате двухуровневые PWM-сигналы показаны на фиг. 8Е. Эти двухуровневые сигналы могут быть использованы в качестве переключающих сигналов для полупроводниковых переключателей (например, S1-S6) преобразователей 202. В качестве примера со ссылкой на фиг. 8Е, для одномерного массива 700, включающего в себя четыре модуля 108, каждый с преобразователем 202, 0° сигнал существует для управления S3, а 180° сигнал для S6 первого модуля 108-1, 45° сигнал существует для S3, и 225° сигнал для S6 второго модуля 108-2, 90° сигнал существует для S3, и 270° сигнал существует для S6 третьего модуля 108-3, и 135° сигнал существует для S3 и 315° сигнал существует для S6 четвертого модуля 108-4. Сигнал для S3 является дополняющим для S4, а сигнал для S5 является дополняющим для S6 с достаточным временем запаздывания, чтобы избежать броска через каждый полумост. Фиг. 8F изображает примерный однофазный AC-сигнал, созданный посредством наложения (суммирования) выходных напряжений от четырех модулей 108.

[00121] Альтернативой является использование положительного и отрицательного опорного сигнала с первыми $(N-1)/2$ несущими. Девятиуровневый пример показан на фиг. 8D. В этом примере 0° по 135° переключающие сигналы (фиг. 8Е) формируются посредством сравнения $+V_{ref}$ с 0° по 135° несущими на фиг. 8D, и 180° по 315° переключающие сигналы формируются посредством сравнения $-V_{ref}$ с 0° по 135° несущими на фиг. 8D. Однако, логика сравнения в последнем случае является перевернутой. Другие методы, такие как декодер конечного автомата, могут также быть использованы для формирования сигналов затвора для переключателей преобразователя 202.

[00122] В многофазных вариантах осуществления системы, идентичные несущие могут использоваться в течение каждой фазы, или набор несущих может сдвигаться в

целом в течение каждой фазы. Например, в трехфазной системе с единственным опорным напряжением (V_{ref}), каждый массив 700 может использовать одинаковое число несущих с одинаковыми относительными смещениями, как показано на фиг. 8C и 8D, но несущие второй фазы сдвинуты на 120 градусов по сравнению с несущими первой фазы, а несущие третьей фазы сдвинуты на 240 градусов по сравнению с несущими первой фазы. Если различное опорное напряжение доступно для каждой фазы, тогда информация о фазе может передаваться в опорном напряжении, и одинаковые несущие могут быть использованы для каждой фазы. Во многих случаях несущие частоты будут фиксированными, но в некоторых примерных вариантах осуществления несущие частоты могут регулироваться, что может помогать в уменьшении потерь в EV-моторах в условиях большого тока.

[00123] Подходящие переключающие сигналы могут быть предоставлены каждому модулю системой 102 управления. Например, MCD 112 может предоставлять V_{ref} и подходящие несущие сигналы каждому LCD 114 в зависимости от модуля или модулей 108, которыми LCD 114 управляет, и LCD 114 может затем формировать переключающие сигналы. Или все LCD 114 в массиве могут быть снабжены всеми несущими сигналами, и LCD может выбирать подходящие несущие сигналы.

[00124] Относительные использования каждого модуля 108 могут быть отрегулированы на основе информации о состоянии, чтобы выполнять балансировку одного или более параметров, как описано в данном документе. Балансировка параметров может подразумевать регулировку использования, чтобы минимизировать отклонение параметров со временем по сравнению с системой, где регулировка использования отдельного модуля не выполняется. Использование может быть относительным интервалом времени, когда модуль 108 разряжается, когда система 100 находится в состоянии разряда, или относительным интервалом времени, когда модуль 108 заряжается, когда система 100 находится в состоянии заряда.

[00125] Как описывается в данном документе, модули 108 могут быть сбалансированы относительно других модулей в массиве 700, что может называться балансировкой внутри массива или внутри фазы, и различные массивы 700 могут быть сбалансированы относительно друг друга, что может называться балансировкой между массивами или межфазной балансировкой. Массивы 700 различных подсистем могут также быть сбалансированы относительно друг друга. Система 102 управления может одновременно выполнять любое сочетание внутрифазной балансировки, межфазной балансировки, использование множества источников энергии в модуле, активную фильтрацию и питание вспомогательной нагрузки.

[00126] Фиг. 9A является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления контроллера 900 массива системы 102 управления для однофазного AC или DC-массива. Контроллер 900 массива может включать в себя детектор 902 пика, делитель 904 и контроллер 906 внутрифазной (или внутри массива) балансировки. Контроллер 900 массива может принимать сигнал (V_r) опорного напряжения и

информацию о состоянии о каждом из N модулей 108 в массиве (например, состояние заряда (SOC_i), температуру (T_i), емкость (Q_i) и напряжение (V_i)) в качестве входных данных и формировать нормализованный сигнал (V_{rn}) опорного напряжения и индексы (M_i) модуляции в качестве выходных данных. Детектор 902 пика обнаруживает пик (V_{pk}) для V_r , который может быть особым для фазы, с которой контроллер 900 работает и/или осуществляет балансировку. Делитель 904 формирует V_{rn} , разделяя V_r на его обнаруженное V_{pk} . Контроллер 906 внутрифазной балансировки использует V_{pk} вместе с информацией о состоянии (например, SOC_i , T_i , Q_i , V_i и т.д.), чтобы формировать индексы M_i модуляции для каждого модуля 108 в управляемом массиве 700.

[00127] Индексы модуляции и V_{rn} могут быть использованы для формирования переключающих сигналов для каждого преобразователя 202. Индекс модуляции может быть числом между нулем и единицей (включающим в себя ноль и единицу). Для конкретного модуля 108 нормализованное опорное напряжение V_{rn} может быть модулировано или масштабировано посредством M_i , и этот модулированный опорный сигнал (V_{rnm}) может быть использован как V_{ref} (или $-V_{ref}$) согласно методу PWM, описанному в отношении фиг. 8C-8F, или согласно другим методам. Таким образом, индекс модуляции может быть использован для управления PWM-переключающими сигналами, предоставляемыми схеме переключения преобразователя (например, S3-S6 или S1-S6), и, таким образом, регулирует работу каждого модуля 108. Например, модуль 108, управляемый, чтобы поддерживать нормальную или полную работу, может принимать M_i , равный единице, в то время как модуль 108, управляемый для менее чем нормальной или полной работы, может принимать M_i менее единицы, и модуль 108, управляемый, чтобы прекращать вывод мощности, может принимать M_i , равный нулю. Эта операция может выполняться различными способами посредством системы 102 управления, например, посредством MCD 112, выводящего V_{rn} и M_i в соответствующие LCD 114 для модуляции и формирования сигнала переключения, посредством MCD 112, выполняющего модуляцию и вывод модулированного V_{rnm} в соответствующие LCD 114 для формирования сигнала переключения, или посредством MCD 112, выполняющего модуляцию и формирование сигнала переключения и вывод сигналов переключения во множество LCD или преобразователей 202 каждого модуля 108 непосредственно. V_{rn} может отправляться непрерывно, при этом M_i отправляется с регулярными интервалами, например, однократно в течение каждого периода V_{rn} или один раз в минуту, и т.д.

[00128] Контроллер 906 может формировать M_i для каждого модуля 108 с помощью какого-либо типа или сочетания типов информации о состоянии (например, SOC, температуры (T), Q , SOH, напряжения, тока), описанных в данном документе. Например, при использовании SOC и T , модуль 108 может иметь относительно высокий M_i , если SOC является относительно высоким, а температура является относительно низкой по сравнению с другими модулями 108 в массиве 700. Если либо SOC является относительно низким, либо T является относительно высокой, тогда этот модуль 108 может иметь относительно низкий M_i , приводя в результате к меньшему использованию

по сравнению с другими модулями 108 в массиве 700. Контроллер 906 может определять M_i , так что сумма напряжений модуля не превышает V_{pk} . Например, V_{pk} может быть суммой произведений напряжения источника 206 каждого модуля и M_i для этого модуля (например, $V_{pk}=M_1V_1+M_2V_2+M_3V_3 \dots + M_NV_N$ и т.д.). Другая комбинация индексов модуляции и в силу этого соответствующих долей по напряжению посредством модулей может использоваться, но полное сформированное напряжение должно оставаться идентичным.

[00129] Контроллер 900 может управлять операцией до степени, это не предотвращает достижение требований выходной мощности системы в любой момент (например, к примеру, во время максимального ускорения EV), так что SOC источника(ов) энергии в каждом модуле 108 остается сбалансированным или сходится к сбалансированному состоянию, если они являются несбалансированными, и/или так что температура источника(ов) энергии или другого компонента (например, энергетический буфер) в каждом модуле остается сбалансированной или сходится к сбалансированному состоянию, если они являются несбалансированными. Поток мощности в/из модулей может регулироваться таким образом, что разность емкости между источниками не вызывает отклонение SOC. Балансировка SOC и температуры может косвенно вызывать некоторую балансировку SOH. Напряжение и ток могут быть непосредственно балансироваться, если требуется, но во многих вариантах осуществления главная цель системы состоит в том, чтобы балансировать SOC и температуру, и балансировка SOC может приводить к равновесию напряжения и тока в высокосимметричных системах, в которых модули имеют аналогичную емкость и импеданс.

[00130] Поскольку балансировка всех параметров может не быть возможной одновременно (например, балансировка одного параметра дополнительно может разбалансировать другой параметр), комбинация балансировки любых двух или более параметров (SOC, T, Q, SOH, V, I) может применяться с приоритетом, отданным любому в зависимости от требований варианта применения. Приоритет в балансировке может предоставляться для SOC по сравнению с другими параметрами (T, Q, SOH, V, I), с исключениями для случая, если один из других параметров (T, Q, SOH, V, I) достигает серьезного несбалансированного состояния за пределами порогового значения.

[00131] Балансировка между массивами 700 различных фаз (или массивами одной и той же фазы, например, если используются параллельные массивы) может выполняться одновременно с внутрифазной балансировкой. Фиг. 9B изображает примерный вариант контроллера 950 Ω -фазы (или Ω -массива), выполненного с возможностью работы в системе 100 Ω -фазы, имеющей, по меньшей мере, Ω массивов 700, где Ω является любым целым числом больше единицы. Контроллер 950 может включать в себя один контроллер 910 межфазной (или между массивами) балансировки и Ω контроллеров 906-PA ... 906-P Ω внутрифазной балансировки для фаз PA по P Ω , также как детектор 902 пика и делитель 904 (фиг. 9A) для формирования нормализованных опорных сигналов V_{rnPA} по $V_{rnP\Omega}$ из характерного для каждой фазы опорного сигнала V_{rPA} по $V_{rP\Omega}$. Контроллеры 906

внутрифазной балансировки могут формировать M_i для каждого модуля 108 каждого массива 700, как описано в отношении фиг. 9А. Контроллер 910 межфазной балансировки конфигурируется или программируется, чтобы балансировать аспекты модулей 108 по всей многомерной системе, например, между массивами различных фаз. Это может быть осуществлено посредством введения общей моды в фазы (например, сдвига нейтральной точки) или посредством использования модулей межкомпонентных соединений (описанных в данном документе) или посредством того и другого. Введение общей моды подразумевает привнесение сдвига фазы и амплитуды в опорные сигналы V_{iPA} по V_{iPQ} , чтобы формировать нормализованные сигналы V_{inPA} по V_{inPQ} , чтобы компенсировать разбалансировку в одном или более массивах, и описывается дополнительно в международной заявке № PCT/US20/25366, включенной в данный документ.

[00132] Контроллеры 900 и 950 (также как контроллеры 906 и 910 балансировки) могут быть реализованы в виде аппаратных средств, программного обеспечения или их сочетания в системе 102 управления. Контроллеры 900 и 950 могут быть реализованы в MCD 112, распределены частично или полностью между множеством LCD 114 или могут быть реализованы как дискретные контроллеры, независимые от MCD 112 и множества LCD 114.

Примерные варианты осуществления модулей межкомпонентных соединений (Interconnection, IC)

[00133] Модули 108 могут быть подключены между модулями различных массивов 700 в целях обмена энергией между массивами, действия в качестве источника для вспомогательной нагрузки или того и другого. Такие модули называются в данном документе модулями 108IC межкомпонентных соединений (IC). IC-модуль 108IC может быть реализован в любой из уже описанных конфигураций (108А, 108В, 108С) модуля и других, которые должны быть описаны в данном документе. IC-модули 108IC могут включать в себя любое число из одного или более источников энергии, необязательный энергетический буфер, схему переключения для подачи энергии к одному или более массивам и/или для подачи мощности к одной или более вспомогательным нагрузкам, схему управления (например, локальное устройство управления) и схему наблюдения для сбора информации о состоянии о самом IC-модуле или его различных нагрузках (например, SOC источника энергии, температуры источника энергии или энергетического буфера, емкости источника энергии, SOH источника энергии, показателей измерения напряжения и/или тока, принадлежащих к IC-модулю, показателей измерения напряжения и/или тока, принадлежащих к вспомогательной нагрузке(ам), и т.д.).

[00134] Фиг. 10А является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления системы 100, приспособленной для формирования мощности Ω -фазы с помощью Ω массивов 700-РА по 700-РQ, где Ω является любым целым числом больше единицы. В этом и другом вариантах осуществления IC-модуль 108IC может быть расположен на стороне шины массивов 700, такие массивы 700, с которыми модуль 108IC соединяется (массивы 700-РА по 700-РQ в этом варианте осуществления), электрически

подключаются между модулем 108IC и выводами (например, SIO1 по SIO Ω) нагрузки. Здесь, модуль 108IC имеет Ω IO-портов для соединения с IO-портом 2 каждого модуля 108-N массивов 700-PA по 700-P Ω . В конфигурации, изображенной здесь, модуль 108IC может выполнять межфазную балансировку, выборочно соединяя один или более источников энергии модуля 108IC с одним или более массивами 700-PA по 700-P Ω (или ни с одним выводом или одинаково со всеми выводами, если межфазная балансировка не требуется). Система 100 может управляться посредством системы 102 управления (не показано, см. фиг. 1A).

[00135] Фиг. 10B является схематичный чертеж, изображающий примерный вариант осуществления модуля 108IC. В этом варианте осуществления модуль 108IC включает в себя источник 206 энергии, соединенный с энергетическим буфером 204, который, в свою очередь, соединяется со схемой 603 переключения. Схема 603 переключения может включать в себя блоки 604-PA по 604-P Ω схемы переключения для независимого соединения источника 206 энергии с каждым из массивов 700-PA по 700-P Ω , соответственно. Различные конфигурации переключения могут быть использованы для каждого блока 604, который в этом варианте осуществления конфигурируется как полумост с двумя полупроводниковыми переключателями S7 и S8. Каждый полумост управляется посредством управляющих линий 118-3 от LCD 114. Эта конфигурация является аналогичной модулю 108A, описанному в отношении фиг. 3A. Как описано в отношении преобразователя 202, схема 603 переключения может быть сконфигурирована в любой компоновке и с любыми типами переключателей (например, MOSFET, IGBT, кремниевыми, GaN и т.д.), подходящими для требований варианта применения.

[00136] Блоки 604 схемы переключения соединяются между положительной и отрицательной клеммами источника 206 энергии и имеют вывод, который соединяется с IO-портом модуля 108IC. Блоки 604-PA по 604-P Ω могут управляться посредством системы 102 управления, чтобы выборочно соединять напряжение $+V_{IC}$ или $-V_{IC}$ с соответствующими I/O-портами 1- Ω модуля. Система 102 управления может управлять схемой 603 переключения согласно какому-либо желаемому методу управления, включающему в себя методы PWM и гистерезиса, упомянутые в данном документе. Здесь, схема 102 управления реализуется как LCD 114 и MCD 112 (не показаны). LCD 114 может принимать данные наблюдения или информацию о состоянии от схемы наблюдения модуля 108IC. Эти данные наблюдения и/или другая информация о состоянии, полученная из этих данных наблюдения, могут быть выведены в MCD 112 для использования в управлении системой, как описано в данном документе. LCD 114 может также принимать информацию о синхронизации (не показана) в целях синхронизации модулей 108 системы 100 и одного или более несущих сигналов (не показаны), таких как сигналы пилообразной формы, используемые в PWM (фиг. 8C-8D).

[00137] Для межфазной балансировки пропорционально больше энергии от источника 206 может подаваться к какому-либо одному или более массивам 700-PA по 700-P Ω , который имеет относительно низкий заряд по сравнению с другими массивами

700. Подача этой добавочной энергии к конкретному массиву 700 предоставляет возможность уменьшения вывода энергии этих каскадных модулей 108-1 по 108-N в этом массиве 700 относительно массива(ов) непитаемой фазы.

[00138] Например, в некоторых примерных вариантах осуществления, применяющих PWM, LCD 114 может быть сконфигурировано, чтобы принимать нормализованный опорный сигнал (V_{rn}) напряжения (от MCD 112) для каждого из одного или более массивов 700, с которыми модуль 108IC соединяется, например, V_{rnPA} по $V_{rnP\Omega}$. LCD 114 может также принимать индексы $MiPA$ по $MiP\Omega$ модуляции для блоков 604-PA по 604-P Ω переключения для каждого массива 700, соответственно, от MCD 112. LCD 114 может модулировать (например, умножать) каждый соответствующий V_{rn} с помощью индекса модуляции для секции переключения, соединенной непосредственно с этим массивом (например, V_{rnA} , умноженный на MiA), и затем использовать несущий сигнал для формирования управляющего сигнала(ов) для каждого блока 604 переключения. В других вариантах осуществления MCD 112 может выполнять модуляцию и выводить модулированные опорные сигналы напряжения для каждого блока 604 непосредственно в LCD 114 модуля 108IC. В еще одних вариантах осуществления вся обработка и модуляция может происходить посредством единого объекта управления, который может выводить управляющие сигналы непосредственно в каждый блок 604.

[00139] Это переключение может модулироваться таким образом, что мощность из источника 206 энергии подается в массив(ы) 700 с соответствующими интервалами и длительностями. Такая технология может реализовываться различными способами.

[00140] На основе собранной информации о состоянии для системы 100, такой как текущая емкость (Q) и SOC каждого источника энергии в каждом массиве, MCD 112 может определять совокупный заряд для каждого массива 700 (например, совокупный заряд для массива может быть определен как сумма емкостей, умноженных на SOC для каждого модуля этого массива). MCD 112 может определять, существует ли сбалансированное или несбалансированное состояние (например, посредством использования пороговых значений относительной разности и других показателей, описываемых в данном документе) и формировать индексы $MiPA$ по $MiP\Omega$ модуляции соответственно для каждого блока 604-PA по 604-P Ω переключения.

[00141] Во время сбалансированной работы Mi для каждого блока 604 переключения может быть задан в значение, которое вызывает подачу одинакового или сходного количества полезной энергии с течением времени посредством источника 206 энергии и/или энергетического буфера 204 к каждому массиву 700. Например, Mi для каждого блока 604 переключения может быть одинаковым или аналогичным и может быть задан на уровне или в значение, которое вынуждает модуль 108IC выполнять чистый или усредненный по времени разряд энергии в один или более массивов 700-PA по 700-P Ω во время сбалансированной работы, с тем, чтобы истощать модуль 108IC с той же скоростью, что и другие модули 108 в системе 100. В некоторых вариантах осуществления Mi для каждого блока 604 может быть задан на уровне или в значение, которое не

вызывает чистый или усредненный по времени разряд энергии во время сбалансированной работы (вызывает разряд полезной энергии, равный нулю). Это может быть полезным, если модуль 108IC имеет более низкий совокупный заряд по сравнению с другими модулями в системе.

[00142] Когда несбалансированное состояние возникает между массивами 700, тогда индексы модуляции системы 100 могут быть отрегулированы, чтобы вызывать сходимость к сбалансированному состоянию или минимизировать дальнейшее расхождение. Например, система 102 управления может инструктировать модулю 108IC разряжаться больше в массив 700 с низким зарядом по сравнению с другими, а также может инструктировать модулям 108-1 по 108-N этого массива 700 с низким зарядом разряжаться относительно меньше (например, на основе усреднения по времени). Относительная полезная энергия, предоставляемая модулем 108IC, увеличивается по сравнению с модулями 108-1 по 108-N подвергаемого действию массива 700, а также по сравнению с количеством полезной энергии, которое модуль 108IC предоставляет другим массивам. Это может быть выполнено путем увеличения M_i для блока 604 переключения, питающего этот массив 700 с низким зарядом, и путем уменьшения индексов модуляции модулей 108-1 по 108-N массива 700 с низким зарядом способом, который поддерживает V_{out} для этого массива с низким зарядом на подходящих или требуемых уровнях и поддерживает индексы модуляции для других блоков 604 переключения, питающих другие массивы с более высоким зарядом, относительно неизменными (или уменьшая их).

[00143] Конфигурация модуля 108IC на фиг. 10А-10В может быть использована отдельно, чтобы обеспечивать межфазную или между массивами балансировку для единой системы, или может быть использована в сочетании с одним или более другими модулями 108IC, каждый из которых имеет источник энергии и один или более переключающих фрагментов 604, соединенных с одним или более массивами. Например, модуль 108IC с Ω переключающими фрагментами 604, соединенными с Ω различных массивов 700, может быть объединен со вторым модулем 108IC, имеющим один переключающий фрагмент 604, соединенный с массивом 700, так что два модуля объединяются, чтобы обслуживать систему 100, имеющую $\Omega+1$ массивов 700. Любое число модулей 108IC может быть объединено таким образом, каждый соединяется с одним или более массивами 700 системы 100.

[00144] Кроме того, IC-модули могут быть сконфигурированы, чтобы обмениваться энергией между двумя или более подсистемами системы 100. Фиг. 10С является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления системы 100 с первой подсистемой 1000-1 и второй подсистемой 1000-2, взаимно соединенными посредством IC-модулей. В частности, подсистема 1000-1 выполнена с возможностью подавать трехфазную мощность, PA, PB и PC, к первой нагрузке (не показана) посредством I/O-портов SIO1, SIO2 и SIO3 системы, в то время как подсистема 1000-2 выполнена с возможностью подавать трехфазную мощность PD, PE и PF ко второй нагрузке (не показана) посредством I/O-портов SIO4, SIO5 и SIO6 системы,

соответственно. Например, подсистемы 1000-1 и 1000-2 могут быть сконфигурированы как отдельные блоки, подающие мощность для различных моторов EV или как различные стойки, подающие мощность для различных микросетей.

[00145] В этом варианте осуществления каждый модуль 108IC соединяется с первым массивом подсистемы 1000-1 (через IO-порт 1) и первым массивом подсистемы 1000-2 (через IO-порт 2), и каждый модуль 108IC может быть электрически соединен с каждым другим модулем 108IC посредством I/O-портов 3 и 4, которые соединяются с источником 206 энергии каждого модуля 108IC, как описано в отношении модуля 108C на фиг. 3C. Это соединение размещает источники 206 модулей 108IC-1, 108IC-2 и 108IC-3 параллельно, и, таким образом, энергия, накопленная и подаваемая модулями 108IC, объединяется вместе посредством этой параллельной компоновки. Другие компоновки, такие как последовательные соединения, могут также быть использованы. Модули 108IC размещаются в общем кожухе подсистемы 1000-1, однако, модули межкомпонентных соединений могут быть внешними к общему кожуху и физически расположены как независимые объекты между общими кожухами обеих подсистем 1000.

[00146] Каждый модуль 108IC имеет блок 604-1 переключения, соединенный с IO-портом 1, и блок 604-2 переключения, соединенный с I/O-портом 2, как описано в отношении фиг. 10B. Таким образом, для балансировки между подсистемами 1000 (например, балансировки между блоками или между стойками), конкретный модуль 108IC может подавать относительно больше энергии к одному из двух или к обоим массивам, с которыми он соединяется (например, модуль 108IC-1 может питать массив 700-PA и/или массив 700-PD). Схема управления может наблюдать за относительными параметрами (например, SOC и температурой) массивов различных подсистем и регулировать вывод энергии IC-модулей, чтобы компенсировать дисбалансы между массивами или фазами различных подсистем тем же образом, который описывается в данном документе в качестве компенсации дисбалансов между двумя массивами в одной и той же стойке или блоке. Поскольку все три модуля 108IC являются параллельными, обмен энергией может эффективно осуществляться между какими-либо и всеми массивами системы 100. В этом варианте осуществления каждый модуль 108IC питает два массива 700, но другие конфигурации могут быть использованы, включающие в себя единственный IC-модуль для всех массивов системы 100, и конфигурация с одним выделенным IC-модулем для каждого массива 700 (например, шесть IC-модулей для шести массивов, где каждый IC-модуль имеет один блок 604 переключения). Во всех случаях с несколькими IC-модулями, источники энергии могут соединяться вместе параллельно, с тем чтобы совместно использовать энергию, как описано в данном документе.

[00147] В системах с IC-модулями между фазами, межфазная балансировка также может выполняться посредством сдвига нейтральной точки (или введения общего режима), как описано выше. Такая комбинация предоставляет возможность более надежной и гибкой балансировки под более широким диапазоном рабочих условий. Система 100 может определять соответствующие обстоятельства, при которых, чтобы

выполнять межфазную балансировку с одним только сдвигом нейтральной точки, один только межфазный ввод энергии либо комбинация обоих одновременно.

[00148] IC-модули могут также быть сконфигурированы, чтобы подавать мощность к одной или более вспомогательным нагрузкам 301 (с тем же напряжением, что и источник 206) и/или одной или более вспомогательным нагрузкам 302 (с напряжениями, пониженными от источника 302). Фиг. 10D является блок-схемой, изображающей примерный вариант осуществления трехфазной системы 100 с двумя модулями 108IC, соединенными для выполнения межфазной балансировки и для питания вспомогательных нагрузок 301 и 302. Фиг. 10E является схематичным чертежом, изображающим этот примерный вариант осуществления системы 100 с акцентом на модулях 108IC-1 и 108IC-2. Здесь, схема 102 управления опять реализуется как LCD 114 и MCD 112 (не показаны). Множество LCD 114 могут принимать данные наблюдения от модулей 108IC (например, SOC для ES1, температуру ES1, Q для ES1, напряжение вспомогательных нагрузок 301 и 302, и т.д.) и может выводить эти и/или другие данные наблюдения в MCD 112 для использования в управлении системой, как описано в данном документе. Каждый модуль 108IC может включать в себя переключающий фрагмент 602A (или 602B, описанный в отношении фиг. 6C) для каждой нагрузки 302, питаемой этим модулем, и каждый переключающий фрагмент 602 может управляться, чтобы поддерживать требуемый уровень напряжения для нагрузки 302 посредством LCD 114 либо независимо, либо на основе управляющих входных данных от MCD 112. В этом варианте осуществления каждый модуль 108IC включает в себя переключающий фрагмент 602A, соединенные вместе, чтобы питать одну нагрузку 302, хотя это не требуется.

[00149] Фиг. 10F является блок-схемой, изображающей другой примерный вариант осуществления трехфазной системы, сконфигурированной, чтобы подавать мощность к одной или более вспомогательным нагрузкам 301 и 302 с помощью модулей 108IC-1, 108IC-2 и 108IC-3. В этом варианте осуществления модули 108IC-1 и 108IC-2 конфигурируются тем же образом, что и описанный в отношении фиг. 10D-10E. Модуль 108IC-3 конфигурируется в чисто вспомогательной роли и активно не вводит напряжение или ток в какой-либо массив 700 системы 100. В этом варианте осуществления модуль 108IC-3 может быть сконфигурирован аналогично модулю 108C на фиг. 3B, имеющему преобразователь 202B, C (фиг. 6B-6C) с одним или более вспомогательными переключающими фрагментами 602A, но пропуская переключающий фрагмент 601. По существу, один или более источников 206 энергии модуля 108IC-3 взаимосвязываются параллельно с источниками энергии модулей 108IC-1 и 108IC-2, и, таким образом, этот вариант осуществления системы 100 конфигурируется с дополнительной энергией для питания вспомогательных нагрузок 301 и 302 и для поддержания заряда на источниках 206A модулей 108IC-1 и 108IC-2 через параллельное соединение с источником 206 модуля 108IC-3.

[00150] Источник 206 энергии каждого IC-модуля может иметь то же напряжение и емкость, что и источники 206 других модулей 108-1 по 108-N системы, хотя это не

требуется. Например, относительно более высокая емкость может быть желательной в варианте осуществления, когда один модуль 108IC подает энергию множеству массивов 700 (фиг. 10А), чтобы предоставлять возможность IC-модулю разряжаться с той же скоростью, что и модули самих фазных массивов. Если модуль 108IC также питает вспомогательную нагрузку, тогда даже более значительная емкость может быть желательна с тем, чтобы разрешать IC-модулю питать вспомогательную нагрузку и разряжаться с относительно такой же скоростью, что и другие модули.

[00151] Вышеупомянутые варианты осуществления, описанные в отношении фиг. 1А-10F, могут быть использованы со всеми последующими вариантами осуществления, принадлежащими к системам охлаждения для системы 100, и реализацией системы 100 в вариантах применения, имеющих съемные и заменяемые модули.

Примерные варианты осуществления систем охлаждения

[00152] Поскольку количество тепла, сформированного системой 100 во время работы, может быть значительным, часто является необходимым предусматривать систему охлаждения, которая имеет функцию циркуляции хладагента поблизости от различных элементов системы 100 и/или моторов и каких-либо других элементов EV, которые требуют охлаждения. Фиг. 11А изображает пример охлаждающей компоновки 1100, где хладагент нагнетается насосом 1101 через различные элементы компоновки 1100. Хладагент может циркулировать так, что компоненты с наибольшими требованиями к охлаждению охлаждаются первыми, а компоненты с более слабыми термическими требованиями охлаждаются последними. Например, в этом варианте осуществления, насос 1101 осуществляет циркуляцию хладагента сначала к аккумуляторным модулям 206, которые могут требовать хладагента с относительно низкой температурой между 20 и 30°C, а затем к преобразователю 202 мощности и управляющей (например, LCD 114) электронной схеме 1104 модулей 108, которые могут требовать хладагента с относительно более высокой температурой вплоть до 40 или 50°C и, наконец, к одному или более моторам 1106, которые могут требовать хладагента с еще более высокой температурой менее чем 60°C. После циркуляции в непосредственной близости к этим компонентам, чтобы охладить их, хладагент может проходить через теплообменник 1108, где его температура приводится обратно к температуре, близкой к требованиям аккумуляторных модулей 206, в этот момент он циркулирует через насос 1101, и цикл повторяется.

[00153] Одна или более подсистем 1000, описываемых в данном документе, могут быть реализованы в общем кожухе. Система накопления энергии, содержащаяся в общем кожухе, часто называется блоком, например, аккумуляторным блоком. Фиг. 11В изображает пример общего кожуха 1110 для одной или более подсистем системы 100. Общий кожух 1110 будет включать в себя каждый из модулей 108 одной или более подсистем и может также включать в себя какие-либо модули межкомпонентных соединений, которые присутствуют. Источники энергии, энергетические буферы, электронная схема электропитания (переключающая схема) преобразователя, управляющая электронная схема и любые другие компоненты модулей будут содержаться

в общем кожухе 1110. Рассмотрим, например, фиг. 11Е, где аккумуляторный модуль 206 располагается в нижней части, и ассоциированный преобразователь мощности и управляющая электронная схема 1104 располагаются над аккумуляторными в кожухе. Общий кожух 1110 может включать в себя нижний кожух 1112, такой как основание, и противоположный верхний кожух 1111, такой как крышка, и верхний и нижний кожухи могут включать в себя один или более трубопроводов для циркуляции хладагента через эти аспекты кожухов 1111 и 1112, чтобы охлаждать модули 108. Как показано здесь, хладагент от насоса 301 может циркулировать в нижний кожух 1112, где он проходит через трубопроводную сеть 1114, аналогичную сети, показанной для верхнего кожуха 1111, и, таким образом, проходит поблизости от аккумуляторов и обеспечивает их охлаждение. Хладагент может выходить из нижнего кожуха 1112 и проходить в верхний кожух 1111 (либо через трубопровод, внешний по отношению к кожуху 1110, или через трубопровод в боку или внутри кожуха 1110) и циркулировать по трубопроводной сети 1114, где он проходит поблизости от электронной схемы модулей и охлаждает ее. Хладагент может затем выходить из верхнего кожуха 1111, где он может проходить к следующему компоненту системы, такому как мотор(ы) 1106.

[00154] В некоторых вариантах осуществления возможно предоставлять хладагент только через верхнюю часть кожуха 1111 и охлаждать все аспекты модулей 108 без первоначального охлаждения аккумуляторов и затем последовательного охлаждения электронной схемы. Фиг. 11С изображает примерную компоновку 320, где хладагент циркулирует от насоса 301 к модулям 320, где он охлаждает как аккумуляторы, так и ассоциированную электронную схему в одно и то же время, и затем проходит к мотору(ам) 1106 и к теплообменнику 1108. Фиг. 11D изображает примерный вариант осуществления, аналогичный варианту осуществления на фиг. 11В, но где хладагент проходит по трубопроводной сети 1114 только внутри верхнего кожуха.

[00155] Фиг. 11Е является общим видом, показывающим примерную компоновку для модулей в кожухе 1110. Здесь каждый модуль показан как аккумулятор рядом с его преобразователем (например, первый модуль является сочетанием аккумулятора-1 и преобразователя-1 и т.д.). Только верхний кожух 1111 показан здесь, и бока и низ кожуха 1110, также как трубопроводная сеть в верхнем кожухе, опущены для ясности. В этом примере преобразователь размещается над аккумулятором, и хладагент идет через верхний кожух 1111 над преобразователем, так что тепло от аккумулятора проходит вверх через преобразователь к верхнему кожуху 1111, где оно удаляется через циркулирующий хладагент. Обратная конфигурация может также быть реализована, где преобразователь размещается на дне, а аккумулятор размещается над преобразователем, и тепло снова извлекается через верхний кожух, как на фиг. 11Е, или через низ и верх, как на фиг. 11В. В еще одном варианте осуществления преобразователь и аккумулятор могут быть размещены, как показано на фиг. 11Е или в обратной конфигурации, но хладагент может проходить только через нижний кожух. В еще одном варианте осуществления преобразователь и аккумулятор могут быть размещены бок о бок, и хладагент может

циркулировать через верхний и/или нижний кожух. Все вышеупомянутые варианты могут быть реализованы с хладагентом, также проходящим через трубопроводную сеть в верхней, нижней и/или боковых стенках кожуха.

[00156] Фиг. 11F является поперечным сечением примерного варианта осуществления, где преобразователь и управляющая электронная схема 1108 размещаются над аккумулятором 206. Этот вариант осуществления будет описан в отношении трубопроводов 1114 в верхнем кожухе 1111, но отличительные признаки этого варианта осуществления могут быть аналогично применены к трубопроводам 1114, проходящим в дне кожуха или боку кожуха, как описано. На фиг. 11F электронная схема 1108 преобразователя и системы управления содержится в корпусе 1122 для электронной схемы. Электронная схема 1108 устанавливается на одной или более подложках 1124, таких как плата печатного монтажа (printed circuit board, PCB) или плата с изолированной металлической подложкой (insulated metal substrate, IMS), которая предоставляет электрические соединения, проходящие между различными компонентами. PCB или IMS ориентируется поверх электронной схемы 1108, так что электронная схема устанавливается в перевернутом положении. Аккумулятор 206 располагается под корпусом 1122 и опирается на основание 1126, которое может быть нижним кожухом. Аккумулятор 206 имеет положительную и отрицательную клеммы 1128, расположенные на верхней стороне аккумулятора. Электрические соединения 1130 проходят от клемм 1128 через (или альтернативно внешне по отношению к) корпус 1122 к PCB или IMS и/или к электронике преобразователя для переключения. PCB или IMS располагается непосредственно рядом с теплоотводящей пластиной 1132, состоящей из сильно проводящего тепло материала, например, алюминия, алюминиевого сплава, меди или стали.

[00157] Верхний кожух 1111 включает в себя трубопровод 1114 для хладагента 1136, описанный в отношении фиг. 11B и 11D. Трубопровод 1114 может состоять из сильно проводящего тепло материала, например, алюминия, меди или стали и быть сформирован с многоугольным поперечным сечением, как изображено здесь, хотя другие формы, такие как эллиптическая или круглая или сочетание закругленной и многоугольной форм, могут быть использованы. Трубопровод 1114 может располагаться в канале 1120 в верхнем кожухе 1111, имеющем форму, соответствующую трубопроводу. Например, если трубопровод 1114 имеет многоугольное поперечное сечение, тогда канал 1120 может также иметь многоугольное поперечное сечение, чтобы предоставлять возможность трубопроводу 1114 располагаться в нем. Верхний кожух 1111 может также состоять из сильно проводящего тепло материала, например, алюминия, меди или стали. Каналы 1120 могут быть подвергнуты механической обработке или вытравлены в верхнем кожухе 1111, и трубопровод 1114 может быть впрессован в них.

[00158] Как показано здесь, два участка трубопровода 1114 проходят над отдельным модулем 108 системы 100. Если желательно, пограничный слой 1134 может присутствовать между нижней поверхностью трубопроводов 1114 и верхней

поверхностью теплоотвода 1132. Пограничный слой 1134 может быть материалом с высокой теплопроводимостью и степенью деформируемости или упругости, чтобы формировать непрерывный и долговечный контакт между теплоотводом 1132 и нижней поверхностью трубопровода 1114 (также как нижней поверхностью верхнего кожуха 1111). Пограничный слой 1134 может быть относительно более тонким по сравнению с верхним кожухом 1111 и теплоотводом 1132, и пограничный слой 1134 может состоять, например, из теплопроводящего полимера.

[00159] В этом варианте осуществления трубопроводы 1114 показаны проходящими поверх одного модуля, однако, плотность компоновки трубопроводов 1114 будет варьироваться на основе термических требований варианта применения. В то время как предпочтительно, по меньшей мере, один трубопровод 1114 проходит поверх каждого модуля, это не требуется. Один трубопровод 1114 может совместно использоваться двумя или более модулями. Трубопроводы 1114 могут направляться над центром модуля или могут быть в позициях приблизительно на одной трети расстояния от стороны модуля, как изображено на фиг. 11F, или иначе.

[00160] Конфигурация, описанная в отношении фиг. 11F, может выполнять надежное охлаждение для вариантов осуществления, описываемых в данном документе, с помощью только верхнего кожуха для кожуха 1110. Как упомянуто, аналогичные компоновки могут быть размещены вдоль боков кожуха 1110 и/или вдоль дна кожуха 1110, так что трубопровод 1114 находится рядом с нижней стороной аккумуляторов или отделяется от нижней стороны аккумуляторов вторым пограничным слоем.

Примерные варианты осуществления съемных и заменяемых модулей

[00161] Примерные топологии, описываемые в данном документе, могут быть сконфигурированы, чтобы разрешать удаление источника 206 энергии каждого модуля 108 из его местоположения в EV и замену. Эта возможность снятия и замены может быть использована для быстрой и удобной замены аккумуляторов (или других источников энергии), которые имеют относительно низкий заряд, на аккумуляторы, которые имеют относительно высокий заряд, таким образом, потенциально значительно сокращая время, необходимое для заряда EV. Такая возможность является полезной в окружениях, где EV используется в течение продолжительного периода времени на протяжении дня, таких как операции транспортного парка (например, совместное использование транспортных средств, доставка или аренда автомобилей).

[00162] Фиг. 12A и 12B изображают примерный вариант осуществления EV 1200, имеющего возможность сменного аккумулятора (или другого источника). В этом варианте осуществления каждая сторона (левая и правая) EV имеет панель доступа к аккумулятору или всего одну дверцу, которая закрыта во время работы EV и открывается, чтобы разрешать доступ в пространство 1202, удерживающее различные аккумуляторы системы 100. Аккумуляторы могут иметь тонкий форм-фактор, так что аккумулятор имеет относительно большую длину и относительно малую высоту, как будет описано более подробно в данном документе. Малая высота разрешает размещение аккумуляторов вдоль

дна шасси, так что любой пассажир или водитель может садиться поверх аккумуляторов и их модулей, без значительного добавления к общей высоте EV 1200. Фиг. 12А изображает EV 1200 с закрытой всего одной дверцей для доступа к аккумулятору, а фиг. 12В изображает EV 1200 с открытой дверцей 1201 для доступа к аккумулятору, в этом случае в поднятом положении. Открытие всего одной дверцы доступа к аккумулятору раскрывает пространство 1202 для доступа к аккумулятору, из которого каждый аккумулятор может быть удален и заменен на другой (или тот же аккумулятор после зарядки или ремонта в некоторых случаях).

[00163] В варианте осуществления фиг. 12А-12В и также на фиг. 13А, изображенном ниже, каждый аккумулятор конфигурируется как аккумуляторный модуль (ВМ), имеющий множество элементов. Модульная энергетическая система включает в себя множество подсистем для питания различных электрических моторов EV 1200. Каждый аккумуляторный модуль упоминается в отношении подсистемы, в которой он находится, фазы массива, в котором он находится, и уровня массива, в котором модуль, размещающий аккумуляторный модуль, находится. Например, аккумуляторный модуль, ассоциированный с первой подсистемой, массив для фазы первой подсистемы и модуль на уровне 2 (например, модуль 108-2) массива, называется ВМ1А2 (аккумуляторный модуль, подсистема 1, фаза А, уровень 2). Ссылка на аккумуляторный модуль, ассоциированный с модулем 108IC межкомпонентного соединения, сконфигурированным в соответствии с каким-либо из вариантов осуществления, описываемых в данном документе, выполняется посредством его состояния в качестве модуля межкомпонентного соединения (IC), дверцы 1201 для доступа к аккумулятору, через которую он является доступным (L для левого, R для правого), и номера модуля межкомпонентного соединения (например, 1, 2, 3). Например, аккумуляторный модуль, который является частью третьего модуля межкомпонентного соединения, доступный с левой стороны транспортного средства, называется ВМ1СL3. Преобразователи (С) на фиг. 13А снабжаются ссылками аналогичным образом.

[00164] Фиг. 13А является видом сверху вниз поперечного сечения примерного варианта осуществления EV 1200 с системой 100 в нем. В этом варианте осуществления EV 1200 включает в себя четыре колесных мотора 1-4. Дверцы 1201 доступа к аккумуляторам показаны слева и справа. Система 100 конфигурируется в электрической компоновке, аналогичной компоновке, описанной в отношении фиг. 13В. В этом варианте осуществления каждый мотор снабжается мощностью посредством трех массивов, каждый из которых имеет внутри три модуля 108. Система 100 может быть сконфигурирована для любого числа модулей N в каждом массиве, где N равно двум или более. Здесь, каждый модуль представляется посредством аккумуляторного модуля, соединенного с преобразователем, другие компоненты не показаны. Преобразователь может включать в себя всю электронную схему, ассоциированную с модулем (включающую в себя локальное управляющее устройство 114 для этого модуля). Электронная схема, характерная для аккумулятора, например, такая как система

управления аккумулятором (BMS), может быть расположена вместе с аккумуляторным модулем. Соединения для подачи мощности между модулями показаны в центральной области EV 1200. Эти соединения могут быть реализованы с изолированными шинами. Изолированные шины могут быть размещены вдоль внутренней стороны преобразователей, как показано здесь, вдоль нижней стороны преобразователей, вдоль верхней стороны преобразователей или в любой их комбинации, чтобы эффективно передавать мощность. Хотя не показано, обмен данными между модулями и с ведущим устройством 112 управления также присутствует.

[00165] Также показаны шесть IC-модулей 108IC. Модули ICL1, ICL2 и ICL3 межкомпонентных соединений взаимосвязывают подсистемы, питающие моторы 1 и 2, в то время как модули ICR1, ICR2 и ICR3 межкомпонентных соединений взаимосвязывают подсистемы, питающие моторы 3 и 4. Модули межкомпонентных соединений могут быть использованы для питания вспомогательных нагрузок (не показаны) и для выполнения межфазной балансировки.

[00166] Фиг. 14А является общим видом, изображающим примерный вариант осуществления аккумуляторного модуля 206 и корпуса 1402 для электронной схемы модуля. Аккумуляторный модуль 206 может быть сконфигурирован с любым стандартным рабочим напряжением (например, 24 В, 48 В, 60 В и т.д.) и имеет тонкий форм-фактор. Продольный размер (длина), показанный здесь, может быть больше 18 дюймов, в то время как ширина и высота могут быть 6 дюймов или меньше. В других вариантах осуществления длина может быть, по меньшей мере, вдвое больше ширины, по меньшей мере, в три раза больше ширины, по меньшей мере, в четыре раза больше ширины или, по меньшей мере, в пять раз больше ширины. В этом варианте осуществления ширина приблизительно равна половине высоты. Корпус 1402 присоединяется к рельсовой направляющей 1404, которая может направлять скользящее движение аккумуляторного модуля 206 в электрическое соединение с преобразователем и другой электронной схемой (например, энергетическим буфером 204, LCD 114). Аккумуляторный модуль 206 имеет положительную клемму 1411, которая показана здесь, и отрицательную клемму на противоположной стороне (не показана). Ориентация может быть перевернута в зависимости от варианта осуществления. Другая конфигурация, где положительная и отрицательная клеммы находятся на одной и той же стороне (лицевой стороне корпуса 1402), может также быть реализована, как показано на фиг. 14F. Аккумуляторный модуль 206 также имеет информационное соединение (не показано) для передачи информации об аккумуляторе, такой как информация о заряде и температуре, это информационное соединение может сопрягаться с электрическим соединителем, обозначенным как BMS на корпусе 1402. Аккумуляторный модуль 206 может быть защелкнут или заперт в запертом и соединенном положении с электронной схемой в корпусе 1402. Фиг. 14А изображает один примерный вариант осуществления замкового механизма 1406 в форме панели, которая может поворачиваться относительно рельсовой направляющей 1404. Панель включает в себя силовой соединитель 1408 (+), который

может соединяться с положительной клеммой 1411 аккумулятора. Другой силовой соединитель 1409 (-) показан под BMS-портом, и этот соединитель может сопрягаться с отрицательной клеммой на аккумуляторном модуле 206.

[00167] Фиг. 14D изображает аккумуляторный модуль 206 в процессе скольжения в (или из) электрический контакт с электронной схемой в корпусе 1402. Фиг. 14E изображает аккумуляторный модуль 206 после полного продвижения в контакт с электронной схемой, и после того как замковый механизм 1406 был поднят в запертое положение, которое формирует электрическое соединение с положительной клеммой аккумуляторного модуля 206. Мощность от этого соединения может быть направлена вдоль нижней стороны рельсовой направляющей 1404 к электронной схеме на противоположном конце. В положении на фиг. 14E аккумуляторный модуль 206 находится в закрепленном положении относительно корпуса 1402, и все электрические соединения между аккумулятором 206 и электронной схемой в корпусе 1402 были выполнены. Аккумуляторные модули 206 будут в положении, изображенном на фиг. 14E, во время работы EV.

[00168] Чтобы удалить аккумуляторный модуль 206, который был полностью или частично разряжен, дверца 1201 для доступа к аккумулятору EV может быть открыта, замковый механизм 1406 для этого аккумуляторного модуля 206 может быть открыт, и аккумуляторный модуль 206 может выскальзывать из электрического контакта с электронной схемой, по рельсовой направляющей 1404 и удален из EV 1200 через открытую дверцу 1201 для доступа к аккумулятору. Таким образом, все аккумуляторные модули 206 всех модулей могут быть удалены и заменены в быстрой последовательности, чтобы преобразовывать EV 1200, которое имеет низкий заряд, в EV, которое имеет высокий заряд или полностью заряжено, в течение нескольких минут (например, пяти минут или менее).

[00169] Фиг. 14B является видом с торца, изображающим торец корпуса 1402, противоположный торцу, имеющему BMS и порт силового соединителя 1409 (-). Здесь показан порт управления и данных для обмена информацией с локальным управляющим устройством 114 (не показано) в корпусе 1402. Информация из этого порта управления и данных может быть направлена другим модулям системы 100 и ведущему управляющему устройству 112 (не показано). Также показаны порты 1 и 2 силового соединения для соединения с другими компонентами системы 100 в зависимости от положения модуля в системе 100 (например, соединение с другими модулями или с мотором). Рассмотрим, например, IO-порты 1 и 2 модулей 108A-108C на фиг. 3A-3C.

[00170] Фиг. 14C является видом с торца, изображающим торец корпуса 1402 модуля межкомпонентного соединения. Модуль 108IC межкомпонентного соединения может быть сконфигурирован практически аналогично модулю, описанному с помощью фиг. 14A, 14B, 14D, 14E и 14F, но с дополнительными портами 3, 4, 5 и/или 6 силового соединения (например, IO-портами 3-6 модуля 108C на фиг. 3C) для подачи мощности к другим модулям 108IC межкомпонентного соединения и к дополнительным нагрузкам

301 и 302 (например, фиг. 13В).

[00171] Различные данные и порты силового соединения, описанные в отношении фиг. 14А-14F, могут быть реализованы любым желаемым образом. Например, порты на аккумуляторном модуле 206 могут быть сконфигурированы как штепсельные порты, предназначенные для соединения с соответствующими гнездовыми портами на корпусе 1402 и замковом механизме 1406 или наоборот. Ю-порты, показанные на фиг. 14В и 14С могут, каждый быть реализованы как штепсельные или гнездовые порты, предназначенные для соединения с шинами или другими соединителями для передачи данных и/или мощности в и из корпуса 1402.

[00172] В то время как не ограничиваются таковыми, настоящие варианты осуществления могут быть использованы с электрическими транспортными средствами, имеющими универсальную EV-платформу, которая включает в себя электрическую силовую цепь с системой накопления энергии и одним или более моторами, присоединенными к ней, колесные моторы без силовой цепи или их сочетание. Универсальная EV-платформа может быть рамой основания или шасси EV, которая может быть присоединена, сопряжена или иначе объединена с любым числом EV-корпусов в зависимости от конкретного варианта применения, такого как автоматизированный самоходный и не имеющий пассажиров кузов (например, низковольтный вариант применения для автоматизированных служб доставки), кузов среднего размера для использования в вариантах применения, перевозящих, по меньшей мере, одного пассажира или водителя (и, таким образом, имеющих умеренные или средние требования по напряжению), которые не требуют транспортировки тяжелых грузов (например, седан или купе или спорт-кар), и кузов большого размера для перемещения множества пассажиров с водителем и/или большими грузами (и, таким образом, требующий относительно высоковольтной мощности) (например, пассажирский автобус, грузоперевозка, и т.п.).

[00173] Различные аспекты настоящего предмета изобретения изложены ниже, при анализе и/или в дополнении к вариантам осуществления, описанным выше, при этом акцент делается на взаимозависимость и взаимозаменяемость нижеприведенных вариантов осуществления. Другими словами, акцент делается на том факте, что каждый признак вариантов осуществления может комбинироваться с каждым другим признаком, если иное не указано или не задано в явной форме.

[00174] Во многих вариантах осуществления предоставляется модульная энергосистема, управляемая для подачи мощности к нагрузке, система включает в себя: множество модулей, соединенных вместе, чтобы выводить сигнал АС-напряжения, включающий в себя наложение первых выходных напряжений от каждого модуля, при этом каждый модуль включает в себя источник энергии и электронную схему преобразователя, соединенную с источником энергии и выполненную с возможностью формировать первое выходное напряжение от источника энергии; и кожух для множества модулей, при этом кожух выполнен с возможностью пропускать хладагент для

охлаждения множества модулей.

[00175] В некоторых вариантах осуществления кожух включает в себя участок трубопровода, выполненный с возможностью пропускать хладагент. Кожух может включать в себя канал, имеющий форму, соответствующую форме участка трубопровода, при этом участок трубопровода располагается в канале. Участок трубопровода может быть впрессован в канал. Первый модуль из множества модулей может иметь электронную схему преобразователя, установленную на подложке, и подложка может размещаться между участком трубопровода и электронной схемой преобразователя первого модуля. Подложка и электронная схема преобразователя могут размещаться между источником энергии первого модуля и участком трубопровода. Система может дополнительно включать в себя теплоотвод, размещенный между участком трубопровода и подложкой. Система может дополнительно включать в себя пограничный слой, размещенный между участком трубопровода и теплоотводом. Пограничный слой может быть деформируемым. Участок трубопровода может быть в контакте с пограничным слоем, пограничный слой может быть в контакте с теплоотводом, а теплоотвод может быть в контакте с подложкой. Каждый из множества модулей может иметь электронную схему преобразователя, установленную на подложке, и подложка может размещаться между участком трубопровода и электронной схемой преобразователя каждого модуля.

[00176] В некоторых вариантах осуществления кожух включает в себя первый участок основания, второй участок, противоположный участку основания, и участок боковой стенки. Участок трубопровода может быть, по меньшей мере, в одном из первого участка основания, второго участка и участка боковой стенки. Второй участок может быть крышкой кожуха, и при этом участок трубопровода находится в крышке.

[00177] Во многих вариантах осуществления предоставляется способ охлаждения модульной энергетической системы электрического транспортного средства, способ включает в себя: нагнетание хладагента через охлаждающее устройство поблизости с модульной энергетической системой, так что хладагент охлаждает модули модульной энергетической системы; затем нагнетание хладагента поблизости с мотором EV, чтобы охлаждать мотор; и затем нагнетание хладагента через теплообменник, чтобы охлаждать хладагент.

[00178] В некоторых вариантах осуществления нагнетание хладагента через охлаждающее устройство включает в себя: нагнетание хладагента поблизости, по меньшей мере, с одним аккумулятором модуля модульной энергетической системы, чтобы охлаждать, по меньшей мере, один аккумулятор; и затем нагнетание хладагента поблизости с электронной схемой модуля, чтобы охлаждать электронную схему.

[00179] В некоторых вариантах осуществления нагнетание хладагента через охлаждающее устройство включает в себя нагнетание хладагента через участок кожуха модульной энергетической системы. Участок может быть, по меньшей мере, одним из участка основания, второго участка, противоположного участку основания, и участка боковой стенки.

[00180] В некоторых вариантах осуществления нагнетание хладагента через охлаждающее устройство включает в себя нагнетание хладагента через участок основания кожуха модульной энергетической системы и затем через второй участок кожуха, который противоположен участку основания. Аккумуляторы модулей модульной энергетической системы могут располагаться рядом с участком основания, а электронная схема модулей модульной энергетической системы может располагаться рядом со вторым участком. Нагнетание хладагента через охлаждающее устройство может включать в себя нагнетание хладагента только через один из участка основания, второго участка и участка боковой стенки.

[00181] Во многих вариантах осуществления предоставляется модульная энергетическая система, управляемая, чтобы подавать мощность к мотору электрического транспортного средства, система включает в себя: по меньшей мере, три массива, каждый массив содержит множество модулей, соединенных вместе, чтобы выводить сигнал АС-напряжения, содержащий наложение первых выходных напряжений от каждого модуля, при этом каждый модуль содержит источник энергии и электронную схему преобразователя, выполненную с возможностью формировать первое выходное напряжение от источника энергии, при этом сигналы АС-напряжения, выводимые тремя массивами, подают трехфазную мощность к мотору, при этом источник энергии является разъемным образом соединяемым с электронной схемой преобразователя.

[00182] В некоторых вариантах осуществления система дополнительно включает в себя замковый механизм, выполненный с возможностью разъемным образом соединять источник энергии с электронной схемой преобразователя. Каждый модуль может включать в себя корпус для удержания электронной схемы преобразователя. Корпус может быть присоединен к рельсовой направляющей для источника энергии. Источник энергии может иметь возможность скольжения по рельсовой направляющей.

[00183] В некоторых вариантах осуществления источник энергии имеет ширину, длину и высоту, при этом длина, по меньшей мере, вдвое больше ширины. Длина может быть, по меньшей мере, в три раза больше ширины. Длина может быть, по меньшей мере, в четыре раза больше ширины.

[00184] В некоторых вариантах осуществления замковый механизм включает в себя силовой соединитель для соединения источника энергии с электронной схемой преобразователя.

[00185] В некоторых вариантах осуществления система включает в себя, по меньшей мере, один модуль межкомпонентного соединения, включающий в себя источник энергии и преобразователь, при этом преобразователь модуля межкомпонентного соединения соединяется, по меньшей мере, с двумя массивами. Модуль межкомпонентного соединения может включать в себя корпус, который удерживает преобразователь модуля межкомпонентного соединения, при этом корпус включает в себя порт управления, по меньшей мере, два соединителя для присоединения преобразователя, по меньшей мере, к двум массивам и, по меньшей мере, два

соединителя для присоединения источника энергии или преобразователя модуля межкомпонентного соединения, по меньшей мере, к одной вспомогательной нагрузке.

[00186] В некоторых вариантах осуществления источник энергии является аккумуляторным модулем. Корпус каждого модуля может включать в себя соединитель для соединения системы управления аккумулятором аккумуляторного модуля с локальным управляющим устройством, размещаемым в корпусе.

[00187] В некоторых вариантах осуществления система дополнительно включает в себя систему управления для управления преобразователями модулей. Система управления может быть сконфигурирована, чтобы управлять внутрифазной балансировкой в каждом массиве. Система управления может быть сконфигурирована, чтобы управлять межфазной балансировкой между массивами.

[00188] Во многих вариантах осуществления предоставляется электрическое транспортное средство, электрическое транспортное средство включает в себя: электромотор; модульную энергетическую систему, сконфигурированную в соответствии с каким-либо из вариантов осуществления, описанных в данном документе, чтобы подавать мощность для электромотора; и, по меньшей мере, одну панель доступа, выполненную с возможностью перемещаться между первым положением, которое покрывает источники энергии модульной энергетической системы, и вторым положением, которое раскрывает источники энергии для удаления.

[00189] В некоторых вариантах осуществления, по меньшей мере, одна панель доступа является дверцей, сконфигурированной, чтобы поворачиваться.

[00190] Во многих вариантах осуществления предоставляется способ управления мощностью для электрического транспортного средства, когда электрическое транспортное средство включает в себя модульную энергетическую систему, имеющую, по меньшей мере, три массива, каждый массив включает в себя множество модулей, соединенных вместе каскадным образом, чтобы формировать сигнал АС-напряжения для мотора электрического транспортного средства, при этом каждый модуль включает в себя аккумуляторный модуль и электронную схему преобразователя, и где способ включает в себя: удаление первого аккумуляторного модуля из первого положения в электрическом транспортном средстве; и вставку второго аккумуляторного модуля в первое положение в электрическом транспортном средстве, при этом второй аккумуляторный модуль имеет относительно более высокое состояние заряда по сравнению с первым аккумуляторным модулем.

[00191] В некоторых вариантах осуществления удаление первого аккумуляторного модуля включает в себя разблокировку первого аккумуляторного модуля из запертого состояния в электрическом транспортном средстве. Способ может дополнительно включать в себя запираение второго аккумуляторного модуля в первом положении.

[00192] В некоторых вариантах осуществления способ может дополнительно включать в себя перемещение панели доступа электрического транспортного средства из закрытого положения, которое покрывает первый аккумуляторный модуль, в открытое

положение, которое раскрывает первый аккумуляторный модуль перед удалением первого аккумуляторного модуля. Панель доступа может быть под пассажирской дверью.

[00193] В некоторых вариантах осуществления способ дополнительно включает в себя удаление всех аккумуляторных модулей из электрического транспортного средства и вставку других аккумуляторных модулей, имеющих относительно более высокие состояния заряда по сравнению с удаленными аккумуляторными модулями.

[00194] В некоторых вариантах осуществления удаление первого аккумуляторного модуля из первого положения в электрическом транспортном средстве включает в себя удаление первого аккумуляторного модуля из электрического контакта с электронной схемой первого преобразователя, ассоциированной с первым аккумуляторным модулем. Вставка второго аккумуляторного модуля в первое положение в электрическом транспортном средстве может включать в себя вставку второго аккумуляторного модуля в электрический контакт с электронной схемой первого преобразователя.

[00195] В некоторых вариантах осуществления удаление первого аккумуляторного модуля из первого положения в электрическом транспортном средстве может включать в себя скольжение первого аккумуляторного модуля по рельсовой направляющей.

[00196] В некоторых вариантах осуществления вставка второго аккумуляторного модуля в первое положение в электрическом транспортном средстве может включать в себя скольжение второго аккумуляторного модуля по рельсовой направляющей.

[00197] Термин "модуль", когда используется в данном документе, ссылается на одно из двух или более устройств или подсистем в более крупной системе. Модуль может быть сконфигурирован, чтобы работать совместно с другими модулями аналогичного размера, функции и физической компоновки (например, местоположением электрических клемм, соединителей и т.д.). Модули, имеющие одинаковую функцию и источник(и) энергии, могут быть сконфигурированы идентично (например, по размеру и физической компоновке) всем другим модулям в той же системе (например, стойке или блоке), в то время как модули, имеющие различные функции или источник(и) энергии, могут изменяться по размеру и физической компоновке. В то время как каждый модуль может быть физически съемным и заменяемым относительно других модулей системы (например, аналогично колесам на автомобиле или лезвиям в лезвийном сервере информационной технологии (ИТ)), это не требуется. Например, система может помещаться в общий корпус, который не разрешает удаление и замену любого модуля, без разборки системы в целом. Тем не менее, все без исключения варианты осуществления в данном документе могут иметь такую конфигурацию, в которой каждый модуль является съемным и сменным относительно других модулей удобным способом, к примеру, без разборки системы.

[00198] Термин "ведущее устройство управления" используется в данном документе в широком смысле и не требует реализации конкретного протокола, к примеру, взаимосвязи ведущих и ведомых устройств с другими устройствами, к примеру, с локальным устройством управления.

[00199] Термин "вывод" используется в данном документе в широком смысле и не исключает функционирование двунаправленным способом и в качестве вывода и в качестве ввода. Аналогично, термин "ввод" используется в данном документе в широком смысле и не исключает функционирование двунаправленным способом в качестве как ввода, так и вывода.

[00200] Термины "клемма" и "порт" используются в данном документе, в широком смысле, могут быть однонаправленными или двунаправленными, могут представлять собой ввод или вывод и не требуют конкретной физической или механической конструкции, к примеру, розеточной или штекерной конфигурации.

[00201] Различные обозначения ссылочными номерами используются в данном документе. Эти обозначения используются для облегчения описания настоящего предмета изучения и не ограничивают рамки этого предмета изучения. Как правило, род элементов снабжается ссылкой с номером, например, "123", а его подрод снабжается ссылкой с буквой, присоединенной к номеру, например, 123А или 123В. Ссылки на род без буквенного дополнения (например, 123) ссылаются на род в целом, включающий в себя все подроды. Некоторые чертежи показывают множественные экземпляры одного и того же элемента. Такие элементы могут быть дополнены числом или буквой в формате "-X", например, 123-1, 123-2 или 123-РА. Этот -X формат не подразумевает, что элементы должны быть сконфигурированы идентично в каждом случае, но вместо этого используется, чтобы облегчать различие, когда выполняется ссылка на элементы на чертежах. Ссылка на род 123 без добавления -X в широком смысле ссылается на все экземпляры элемента в роду.

[00202] Различные аспекты настоящего предмета изобретения изложены ниже, при анализе и/или в дополнении к вариантам осуществления, описанным выше, при этом акцент делается на взаимозависимость и взаимозаменяемость нижеприведенных вариантов осуществления. Другими словами, акцент делается на том факте, что каждый признак вариантов осуществления может комбинироваться с каждым другим признаком, если иное не указано в явной форме или не является логически неправдоподобным.

[00203] Схема обработки может включать в себя один или более процессоров, микропроцессоров, контроллеров и/или микроконтроллеров, каждый из которых может представлять собой дискретную или автономную микросхему либо распределяться между (и составлять часть) определенным числом различных микросхем. Может реализовываться любой тип схемы обработки, такой как, но не только, персональные вычислительные архитектуры (например, используемые в настольных РС, переносных компьютерах, планшетных компьютерах и т.д.), архитектуры на основе программируемых вентиляционных матриц, собственные архитектуры, пользовательские архитектуры и т.п. Схема обработки может включать в себя процессор цифровых сигналов, который может реализовываться в аппаратных средствах и/или программном обеспечении. Схема обработки может выполнять программные инструкции, сохраненные в запоминающем устройстве, которые инструктируют схеме обработки предпринимать различные действия

и управлять другими компонентами.

[00204] Схема обработки также может выполнять другие программные и/или аппаратные процедуры. Например, схема обработки может соединяться со схемой связи и выполнять аналого-цифровые преобразования, кодирование и декодирование, другую обработку цифровых сигналов, мультимедийные функции, преобразование данных в формат (например, синфазный и квадратурный), подходящий для предоставления в схему связи, и/или может инструктировать схеме связи передавать данные (в проводном или в беспроводном режиме).

[00205] Любой и все сигналы связи, описанные в данном документе, могут передаваться в беспроводном режиме за исключением случаев, когда отмечено или логически неправдоподобно. Схема связи может включаться в себя для беспроводной связи. Схема связи может реализовываться как одна или более микросхем и/или компонентов (например, передающее устройство, приемное устройство, приемопередающее устройство и/или другая схема связи), которые осуществляют беспроводную связь по линиям связи в соответствии с соответствующим протоколом (например, Wi-Fi, Bluetooth, технология Bluetooth с низким энергопотреблением, связь ближнего радиуса действия (NFC), радиочастотная идентификация (RFID), собственные протоколы и т.п.). Одна или более других антенн могут включаться со схемой связи при необходимости работать с различными протоколами и схемами. В некоторых вариантах осуществления, схема связи может совместно использовать антенну для передачи по линиям связи. Схема RF-связи может включать в себя передающее устройство и приемное устройство (например, интегрированные в качестве приемопередающего устройства) и ассоциированную логику кодера.

[00206] Схема обработки также может быть выполнена с возможностью выполнять операционную систему и любые программные приложения и выполнять другие функции, не связанные с обработкой передаваемой и принимаемой связи.

[00207] Компьютерные программные инструкции для выполнения операций в соответствии с описанным предметом изобретения могут быть написаны на любой комбинации одного или более языков программирования, включающих в себя объектно-ориентированный язык программирования, к примеру, Java, JavaScript, Smalltalk, C++, C#, Transact-SQL, XML, PHP и т.п., и традиционные процедурные языки программирования, к примеру, язык программирования "C" или аналогичные языки программирования.

[00208] Память, устройство хранения данных и/или компьютерно-читаемые носители могут совместно использоваться посредством одного или более из присутствующих различных функциональных модулей либо могут распределяться между двумя или более из них (например, в качестве отдельных запоминающих устройств, присутствующих в различных микросхемах). Память также может представлять собой отдельную собственную микросхему.

[00209] В той степени, в которой варианты осуществления, раскрытые в данном документе, включают в себя или работают в ассоциации с запоминающим устройством,

устройством хранения данных и/или компьютерно-читаемыми носителями, это запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или компьютерно-читаемые носители являются некрatkвременными. Соответственно, в той степени, в которой запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или компьютерно-читаемые носители охватываются посредством одного или более пунктов формулы изобретения, это запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или компьютерно-читаемые носители являются только некрatkвременными. Термины "некрatkвременный" и "материальный", когда используются в данном документе, предназначаются, чтобы описывать память, запоминающее устройство и/или компьютерно-читаемые носители, исключаящие распространение электромагнитных сигналов, но не предназначаются, чтобы ограничивать тип памяти, запоминающего устройства и/или компьютерно-читаемых носителей с точки зрения устойчивости хранения или иным образом. Например, "некрatkвременная" и/или "материальная" память, устройство хранения данных и/или компьютерно-читаемые носители охватывают энергозависимые и энергонезависимые носители, к примеру, носители с произвольным доступом (например, RAM, SRAM, DRAM, FRAM и т.д.), носители только для чтения (например, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, флэш-память и т.д.) и комбинации вышеозначенного (например, гибридное RAM и ROM, NVRAM и т.д.) и их разновидности.

[00210] Следует отметить, что все признаки, элементы, компоненты, функции и этапы, описанные относительно любого варианта осуществления, предоставленного в настоящем документе, имеют намерение быть свободно комбинируемыми и заменяемыми признаками, элементами, компонентами, функциями и этапами любого другого варианта осуществления. Если определенный признак, элемент, компонент, функция или этап описывается относительно только одного варианта осуществления, то следует понимать, что этот признак, элемент, компонент, функция или этап может использоваться с каждым другим вариантом осуществления, описанным в данном документе, если в явной форме не указано иное. В силу этого, этот абзац служит в качестве базовых сведений и письменного подтверждения для введения пунктов формулы изобретения, в любое время, которые комбинируют признаки, элементы, компоненты, функции и этапы из различных вариантов осуществления либо которые заменяют признаки, элементы, компоненты, функции и этапы из одного варианта осуществления на признаки, элементы, компоненты, функции и этапы из другого, даже если нижеприведенное описание явно не утверждает, в конкретном примере, что такие комбинации или замены являются возможными. Следует явно принимать во внимание, что специальное перечисление каждой возможной комбинации и замены является излишне обременительным, в частности, при условии, что допустимость каждой такой комбинации и замены должна легко пониматься специалистами в данной области техники.

[00211] При использовании в данном документе и в прилагаемой формуле изобретения, формы указания единственного числа включают в себя несколько объектов ссылки, если контекст явно не предписывает иное.

[00212] Хотя варианты осуществления допускают различные модификации и альтернативные формы, их конкретные примеры показаны на чертежах и подробно описаны в данном документе. Тем не менее, следует понимать, что эти варианты осуществления не должны ограничиваться конкретной раскрытой формой, но наоборот, эти варианты осуществления должны охватывать все модификации, эквиваленты и альтернативы, попадающие в пределы сущности раскрытия сущности. Кроме того, любые признаки, функции, этапы или элементы вариантов осуществления могут излагаться или добавляться в формулу изобретения, как и отрицательные ограничения, которые задают изобретаемый объем формулы изобретения посредством признаков, функций, этапов или элементов, которые не находятся в пределах этого объема.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Модульная энергетическая система, управляемая для подачи мощности к нагрузке, содержащая:

множество модулей, соединенных вместе, чтобы выводить сигнал напряжения переменного тока (АС), содержащий наложение первых выходных напряжений от каждого модуля, при этом каждый модуль содержит источник энергии и электронную схему преобразователя, соединенную с источником энергии и выполненную с возможностью формировать первое выходное напряжение из источника энергии; и

кожух для множества модулей, при этом кожух выполнен с возможностью пропускать хладагент для охлаждения множества модулей.

2. Система по п. 1, при этом кожух содержит участок трубопровода, выполненный с возможностью пропускать хладагент.

3. Система по п. 2, при этом кожух содержит канал, имеющий форму, соответствующую форме участка трубопровода, при этом участок трубопровода расположен в канале.

4. Система по п. 3, при этом участок трубопровода впрессован в канал.

5. Система по п. 2, при этом первый модуль из множества модулей имеет электронную схему преобразователя, установленную на подложке, и при этом подложка размещена между участком трубопровода и электронной схемой преобразователя первого модуля.

6. Система по п. 5, при этом подложка и электронная схема преобразователя размещены между источником энергии первого модуля и участком трубопровода.

7. Система по п. 5, дополнительно содержащая теплоотвод, размещенный между участком трубопровода и подложкой.

8. Система по п. 7, дополнительно содержащая пограничный слой, размещенный между участком трубопровода и теплоотводом.

9. Система по п. 8, при этом пограничный слой является деформируемым.

10. Система по п. 8, при этом участок трубопровода находится в контакте с пограничным слоем, пограничный слой находится в контакте с теплоотводом, а теплоотвод находится в контакте с подложкой.

11. Система по п. 5, при этом каждый из множества модулей имеет электронную схему преобразователя, установленную на подложке, и при этом подложка размещена между участком трубопровода и электронной схемой преобразователя каждого модуля.

12. Система по любому из пп. 2-9, при этом кожух содержит первый участок основания, второй участок, противоположный участку основания, и участок боковой стенки.

13. Система по п. 12, при этом участок трубопровода находится по меньшей мере в одном из первого участка основания, второго участка и участка боковой стенки.

14. Система по п. 13, при этом второй участок является крышкой кожуха, и при этом участок трубопровода находится в крышке.

15. Способ охлаждения модульной энергетической системы электрического транспортного средства, причем способ содержит этапы, на которых:

нагнетают хладагент через охлаждающее устройство поблизости с модульной энергетической системой, так что хладагент охлаждает модули модульной энергетической системы;

затем нагнетают хладагент поблизости с мотором EV, чтобы охладить мотор; и

затем нагнетают хладагент через теплообменник, чтобы охладить хладагент.

16. Способ по п. 15, при этом нагнетание хладагента через охлаждающее устройство содержит этапы, на которых:

нагнетают хладагент поблизости по меньшей мере с одним аккумулятором модуля модульной энергетической системы, чтобы охладить упомянутый по меньшей мере один аккумулятор;

затем нагнетают хладагент поблизости с электронной схемой модуля, чтобы охладить электронную схему.

17. Способ по п. 15, при этом нагнетание хладагента через охлаждающее устройство содержит этап, на котором нагнетают хладагент через участок кожуха модульной энергетической системы.

18. Способ по п. 17, при этом участок является по меньшей мере одним из участка основания, второго участка, противоположного участку основания, и участка боковой стенки.

19. Способ по п. 15, при этом нагнетание хладагента через охлаждающее устройство содержит этап, на котором нагнетают хладагент через участок основания кожуха модульной энергетической системы и затем через второй участок кожуха, который является противоположным участку основания.

20. Способ по п. 19, при этом аккумуляторы модулей модульной энергетической системы расположены рядом с участком основания, а электронные схемы модулей модульной энергетической системы находятся рядом со вторым участком.

21. Способ по п. 17, при этом нагнетание хладагента через охлаждающее устройство содержит этап, на котором нагнетают хладагент только через один из участка основания, второго участка и участка боковой стенки.

22. Модульная энергетическая система, управляемая с возможностью подавать мощность к мотору электрического транспортного средства, содержащая:

по меньшей мере три массива, причем каждый массив содержит множество модулей, соединенных вместе, чтобы выводить сигнал AC-напряжения, содержащий наложение первых выходных напряжений от каждого модуля, при этом каждый модуль содержит источник энергии и электронную схему преобразователя, выполненную с возможностью формировать первое выходное напряжение от источника энергии, при этом сигналы AC-напряжения, выводимые тремя массивами, подают трехфазную мощность к мотору, при этом источник энергии является разъемным образом соединяемым с электронной схемой преобразователя.

23. Система по п. 22, дополнительно содержащая замковый механизм, выполненный с возможностью разъемным образом соединять источник энергии с электронной схемой преобразователя.

24. Система по п. 23, при этом каждый модуль содержит корпус для удержания электронной схемы преобразователя.

25. Система по п. 24, при этом корпус присоединен к рельсовой направляющей для источника энергии.

26. Система по п. 25, при этом источник энергии имеет возможность скольжения по рельсовой направляющей.

27. Система по любому из пп. 22-26, при этом источник энергии имеет ширину, длину и высоту, при этом длина по меньшей мере вдвое больше ширины.

28. Система по п. 27, при этом длина по меньшей мере в три раза больше ширины.

29. Система по п. 27, при этом длина по меньшей мере в четыре раза больше ширины.

30. Система по п. 23, при этом замковый механизм содержит силовой соединитель для соединения источника энергии с электронной схемой преобразователя.

31. Система по любому из пп. 22-30, при этом система содержит по меньшей мере один модуль межкомпонентного соединения, содержащий источник энергии и преобразователь, при этом преобразователь модуля межкомпонентного соединения соединен по меньшей мере с двумя массивами.

32. Система по п. 31, при этом модуль межкомпонентного соединения содержит корпус, который удерживает преобразователь модуля межкомпонентного соединения, при этом корпус содержит порт управления, по меньшей мере два соединителя для соединения преобразователя по меньшей мере с двумя массивами, и по меньшей мере два соединителя для соединения источника энергии или преобразователя модуля межкомпонентного соединения по меньшей мере с одной вспомогательной нагрузкой.

33. Система по любому из пп. 24-32, при этом источник энергии является аккумуляторным модулем.

34. Система по п. 33, при этом корпус каждого модуля содержит соединитель для соединения системы управления аккумулятором аккумуляторного модуля с локальным устройством управления, размещенным в корпусе.

35. Система по любому из пп. 22-34, содержащая систему управления для управления преобразователями модулей.

36. Система по п. 35, при этом система управления выполнена с возможностью управлять внутрифазной балансировкой в каждом массиве.

37. Система по п. 36, при этом система управления выполнена с возможностью управлять межфазной балансировкой между массивами.

38. Электрическое транспортное средство, содержащее:

электродвигатель;

модульную энергетическую систему, сконфигурированную в соответствии с

любым из пп. 22-37, чтобы подавать мощность для электромотора; и

по меньшей мере одну панель доступа, выполненную с возможностью перемещаться между первым положением, которое покрывает источники энергии модульной энергетической системы, и вторым положением, которое раскрывает источники энергии для удаления.

39. Электрическое транспортное средство по п. 38, при этом по меньшей мере одна панель доступа является дверцей, выполненной с возможностью поворачиваться.

40. Способ управления мощностью для электрического транспортного средства, содержащего модульную энергетическую систему, имеющую по меньшей мере три массива, причем каждый массив содержит множество модулей, соединенных вместе каскадным образом, чтобы формировать сигнал АС-напряжения для мотора электрического транспортного средства, при этом каждый модуль содержит аккумуляторный модуль и электронную схему преобразователя, причем способ содержит этапы, на которых:

удаляют первый аккумуляторный модуль из первого положения в электрическом транспортном средстве; и

вставляют второй аккумуляторный модуль в первое положение в электрическом транспортном средстве, при этом второй аккумуляторный модуль имеет относительно более высокое состояние заряда по сравнению с первым аккумуляторным модулем.

41. Способ по п. 40, при этом удаление первого аккумуляторного модуля содержит этап, на котором отпирают первый аккумуляторный модуль из запертого состояния в электрическом транспортном средстве.

42. Способ по п. 41, дополнительно содержащий этап, на котором запирают второй аккумуляторный модуль в первом положении.

43. Способ по любому из пп. 40-42, дополнительно содержащий этап, на котором перемещают панель доступа электрического транспортного средства из закрытого положения, которое покрывает первый аккумуляторный модуль, в открытое положение, которое раскрывает первый аккумуляторный модуль перед удалением первого аккумуляторного модуля.

44. Способ по п. 43, при этом панель доступа находится под пассажирской дверью.

45. Способ по любому из пп. 40-44, дополнительно содержащий этап, на котором удаляют все аккумуляторные модули из электрического транспортного средства и вставляют другие аккумуляторные модули, имеющие относительно более высокие состояния заряда по сравнению с удаленными аккумуляторными модулями.

46. Способ по любому из пп. 40-45, при этом удаление первого аккумуляторного модуля из первого положения в электрическом транспортном средстве содержит этап, на котором удаляют первый аккумуляторный модуль из электрического контакта с электронной схемой первого преобразователя, ассоциированной с первым аккумуляторным модулем.

47. Способ по п. 46, причем вставка второго аккумуляторного модуля в первое

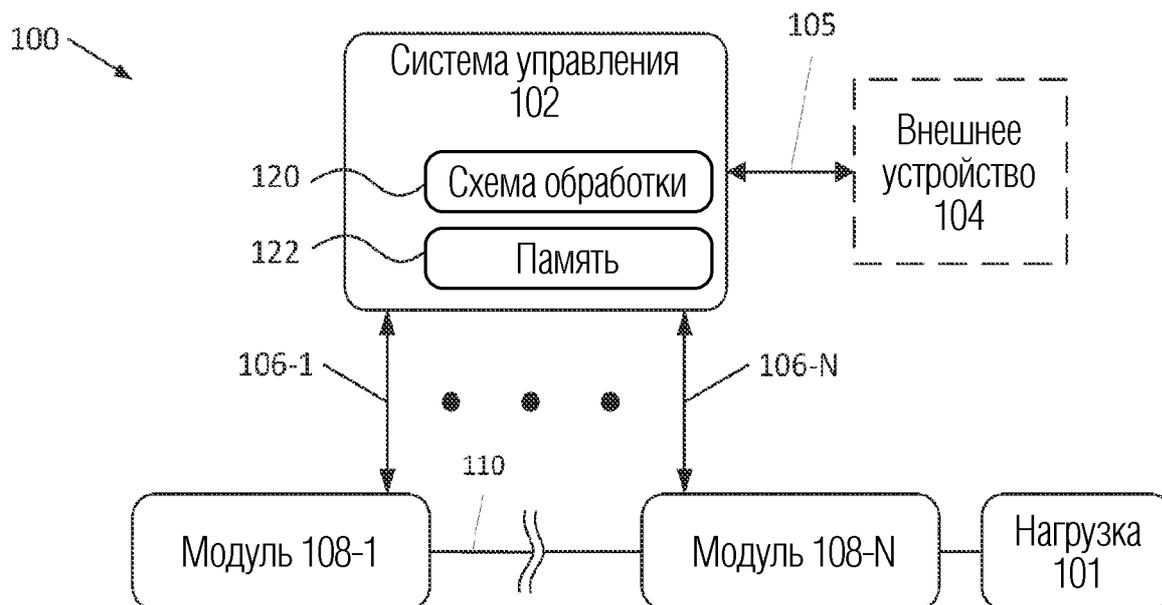
положение в электрическом транспортном средстве содержит этап, на котором вставляют второй аккумуляторный модуль в электрический контакт с электронной схемой первого преобразователя.

48. Способ по любому из пп. 40-47, при этом удаление первого аккумуляторного модуля из первого положения в электрическом транспортном средстве содержит этап, на котором осуществляют скольжение первого аккумуляторного модуля по рельсовой направляющей.

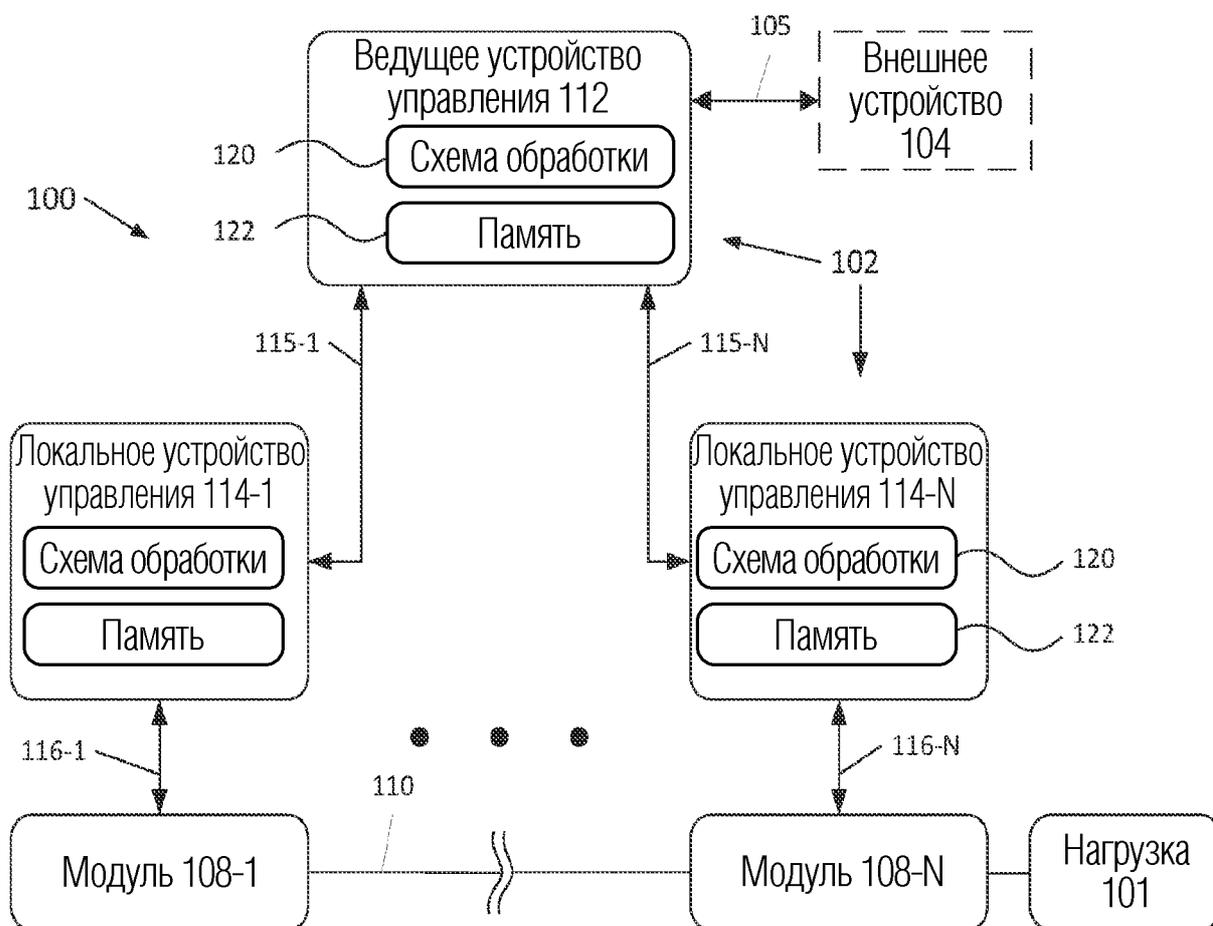
49. Способ по любому из пп. 40-47, при этом вставка второго аккумуляторного модуля в первое положение в электрическом транспортном средстве содержит этап, на котором осуществляют скольжение второго аккумуляторного модуля по рельсовой направляющей.

50. Способ по любому из пп. 40-49, при этом модульная энергетическая система сконфигурирована в соответствии с любым из пп. 22-37.

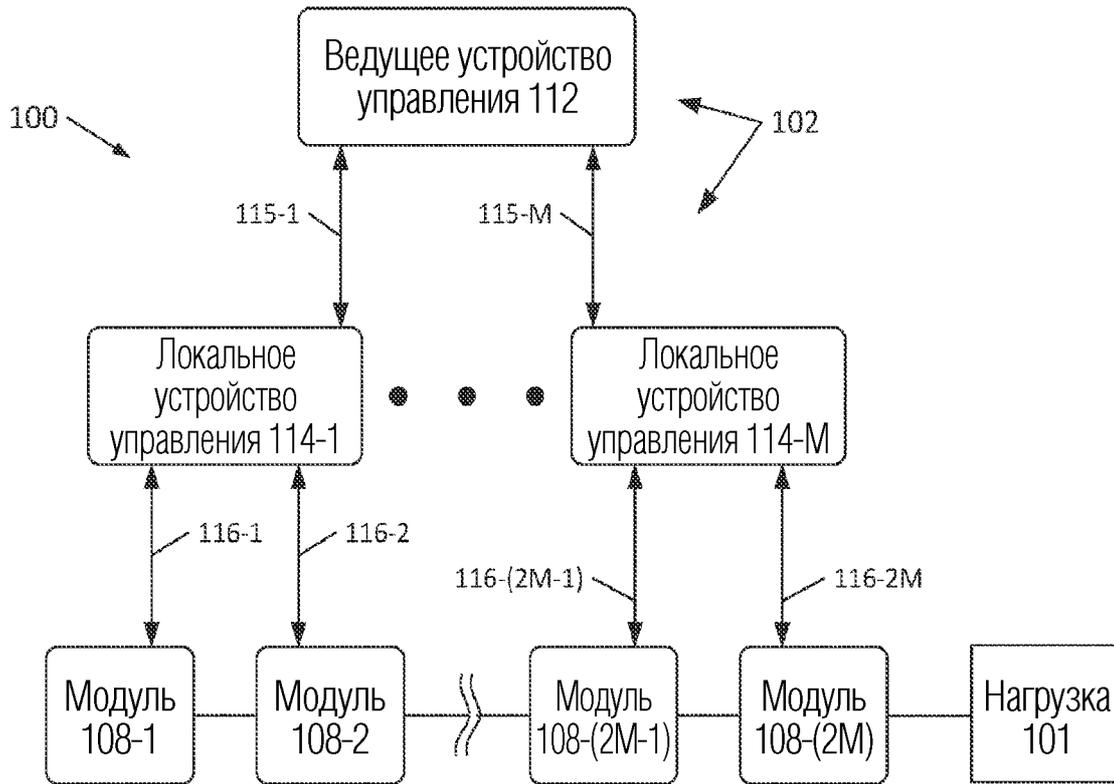
1/27



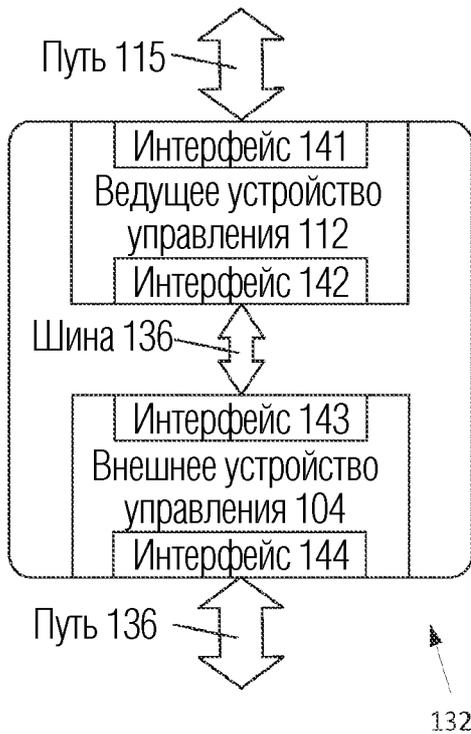
ФИГ. 1А



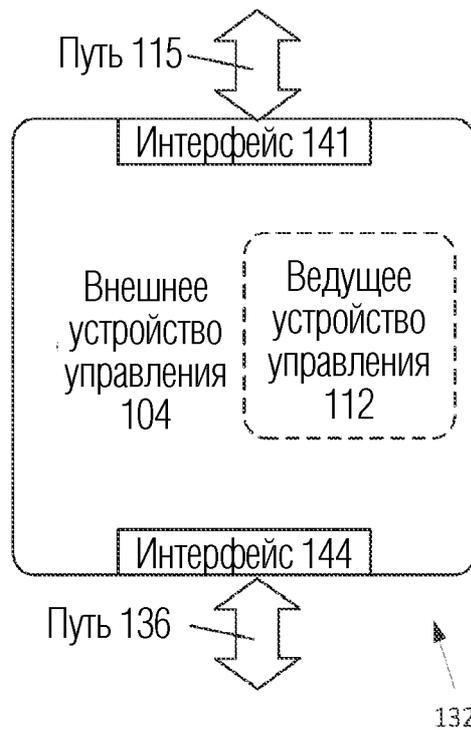
ФИГ. 1В



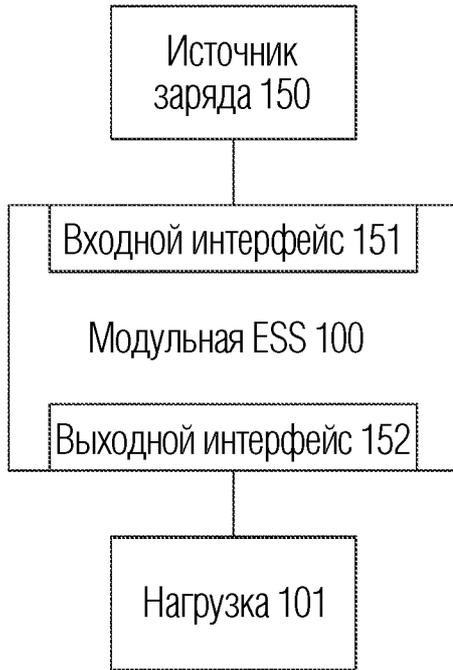
ФИГ. 1С



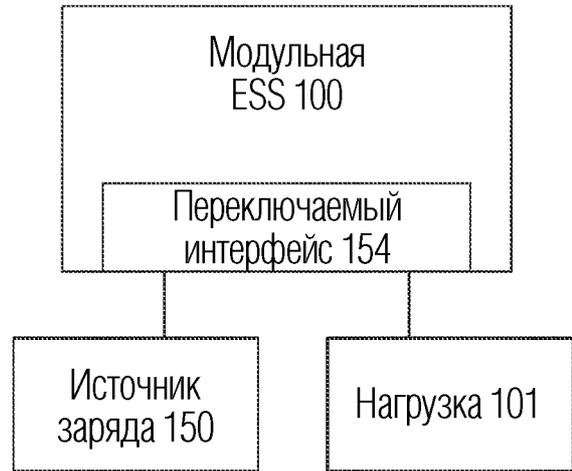
ФИГ. 1D



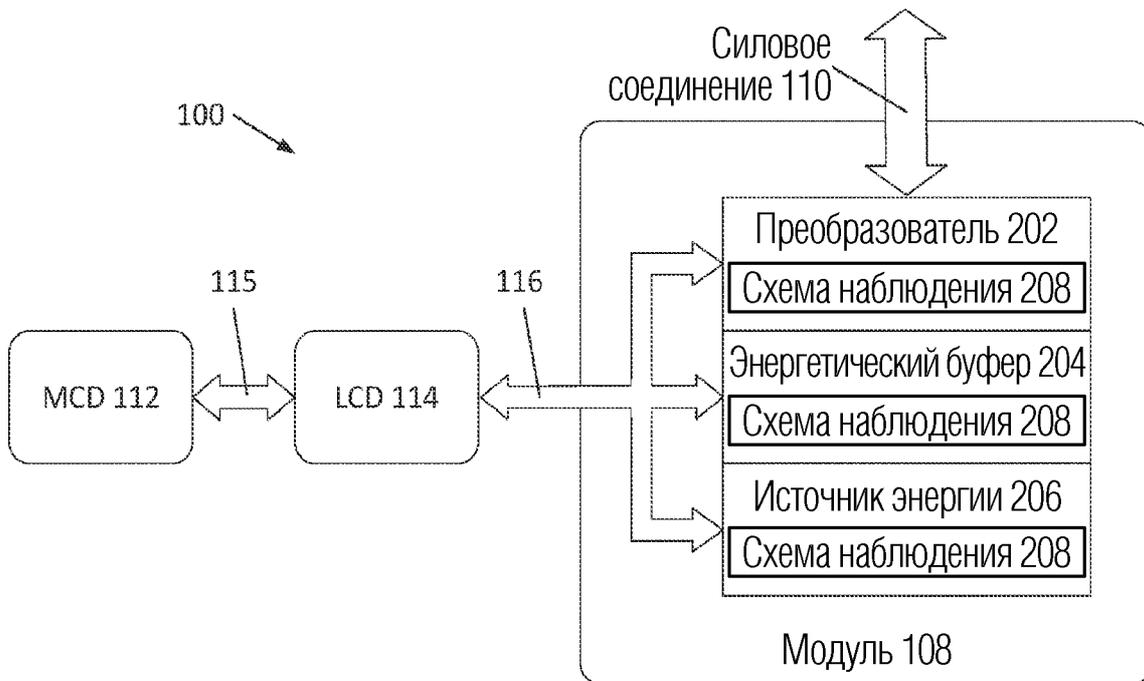
ФИГ. 1Е



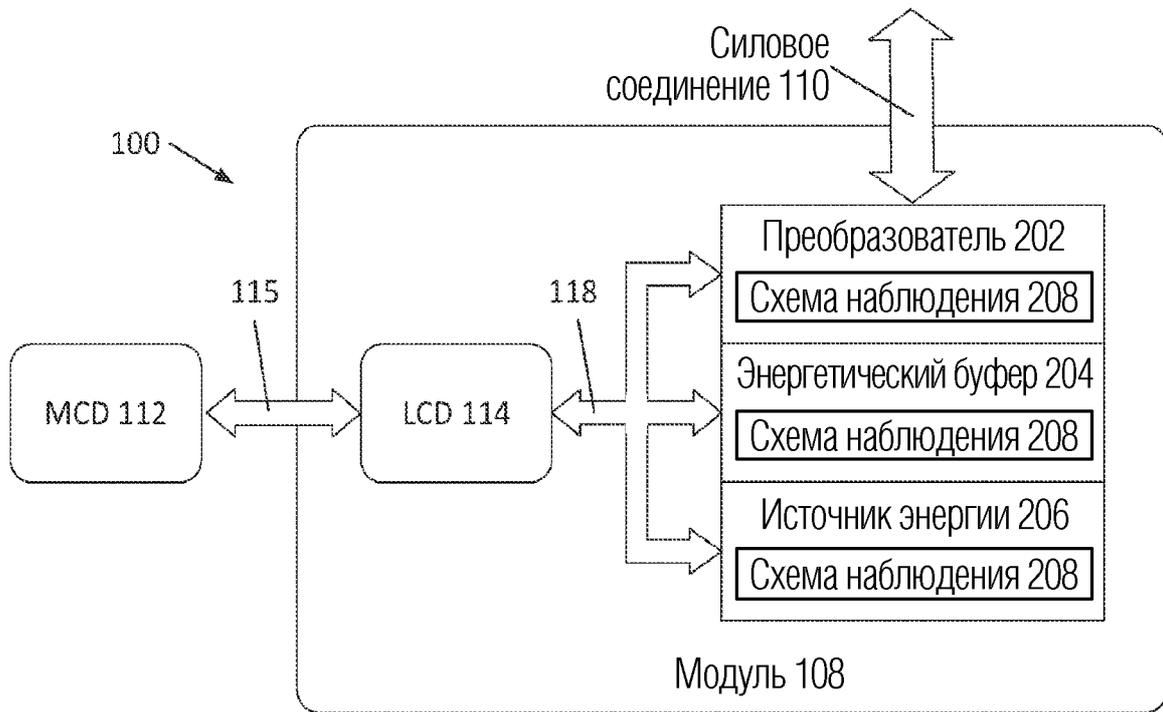
ФИГ. 1F



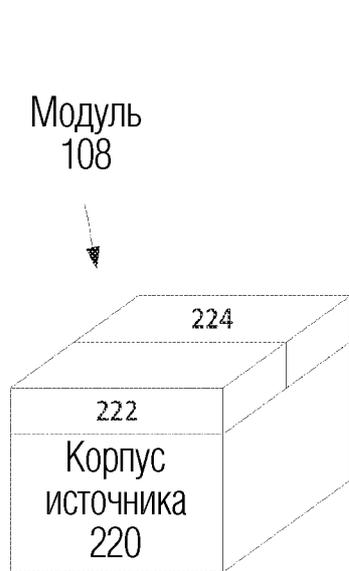
ФИГ. 1G



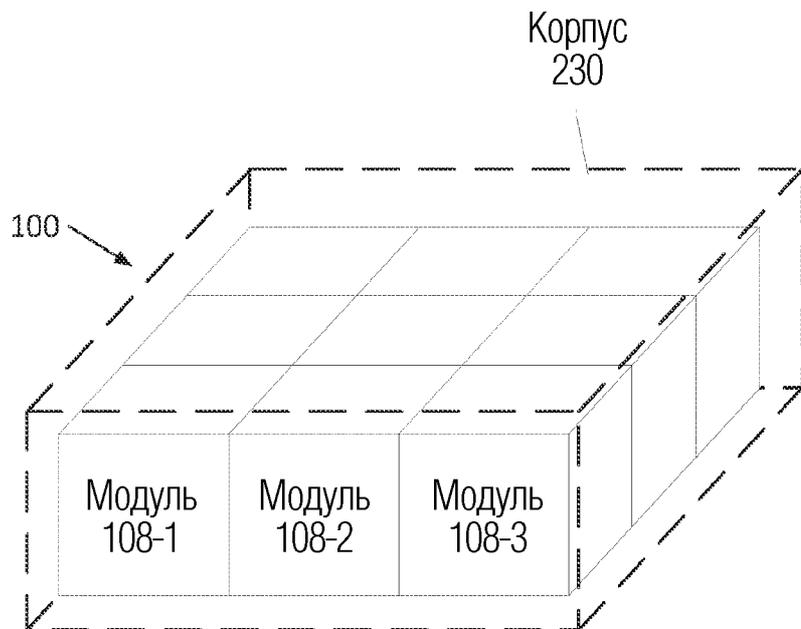
ФИГ. 2А



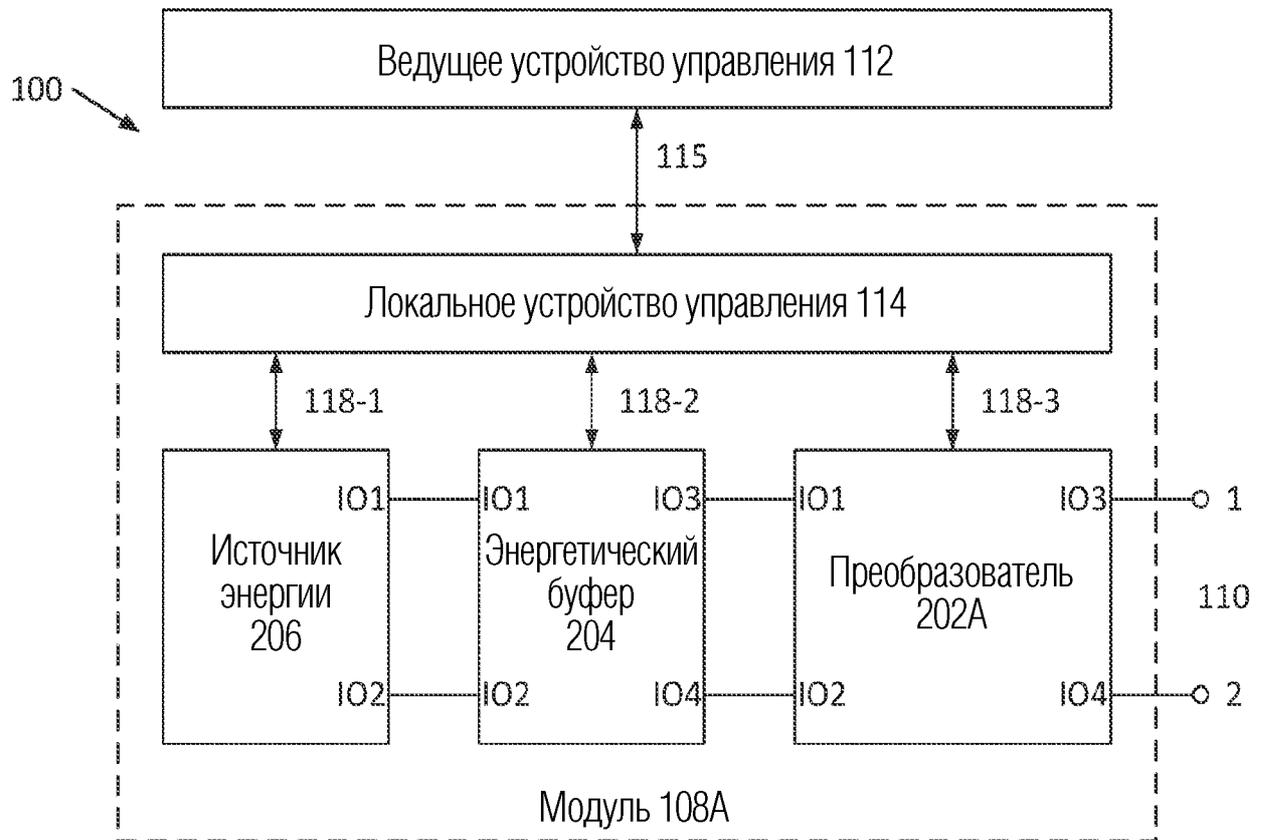
ФИГ. 2В



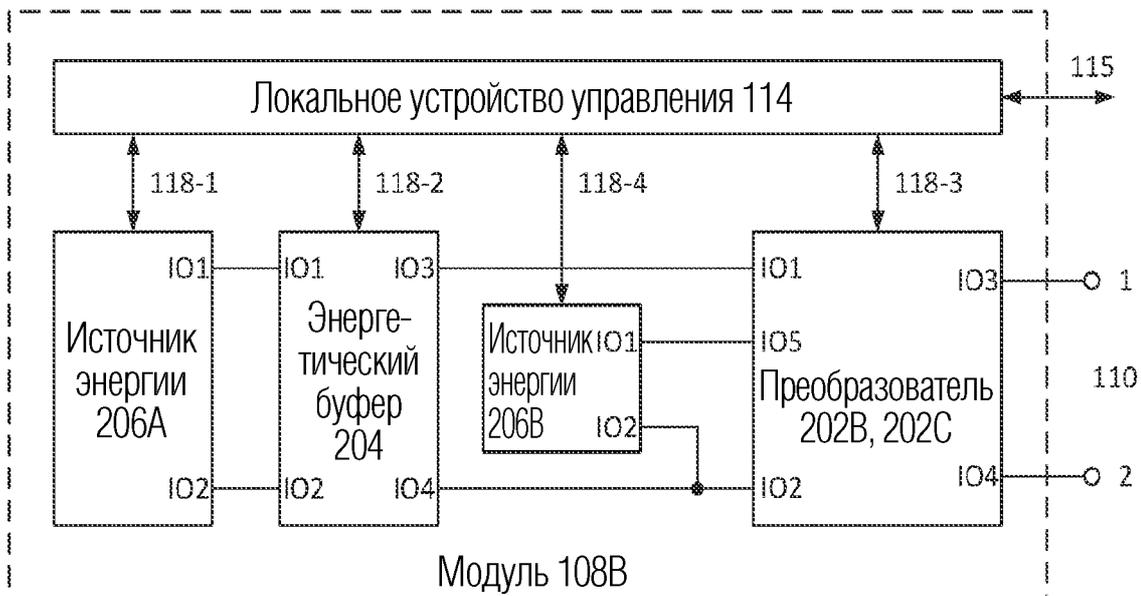
ФИГ. 2С



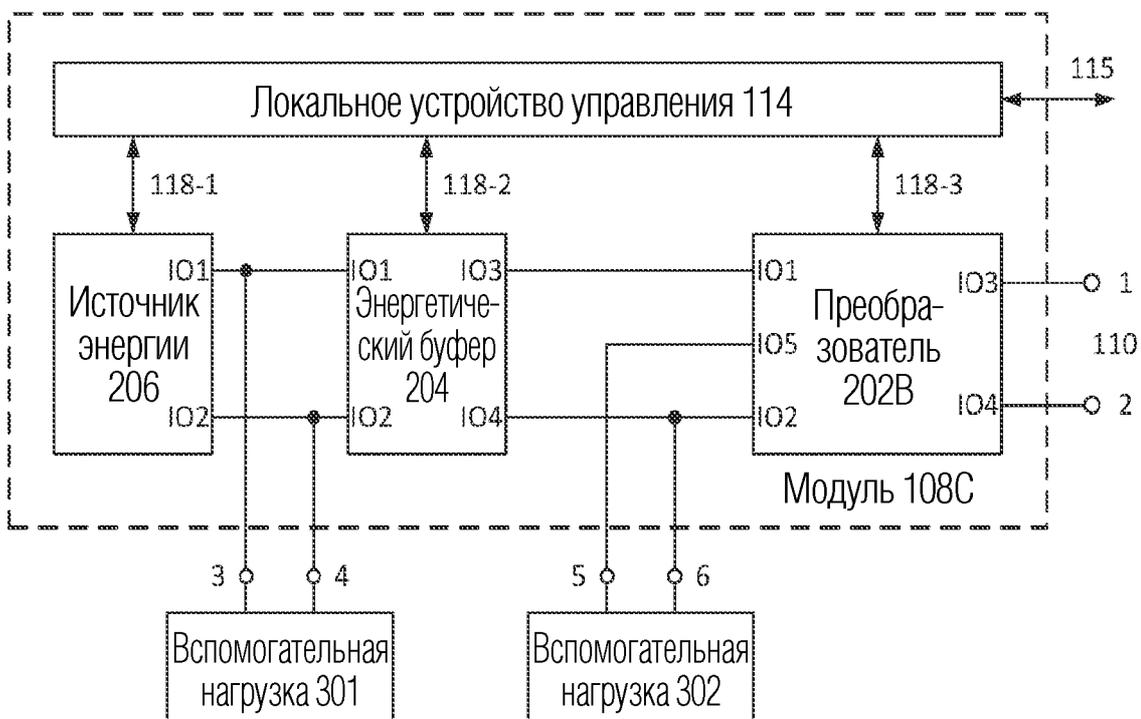
ФИГ. 2D



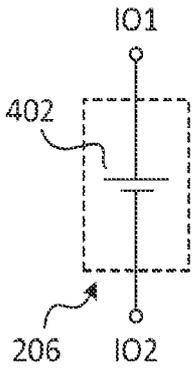
ФИГ. 3А



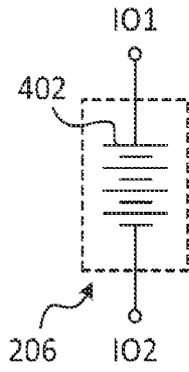
ФИГ. 3В



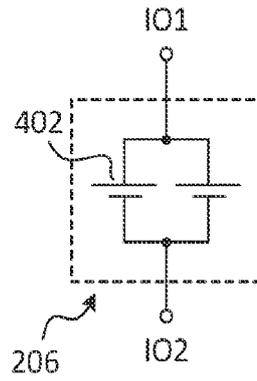
ФИГ. 3С



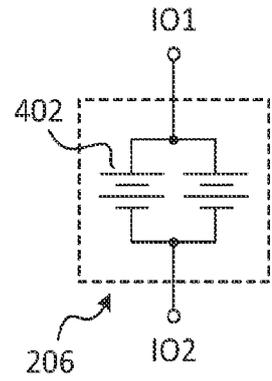
ФИГ. 4А



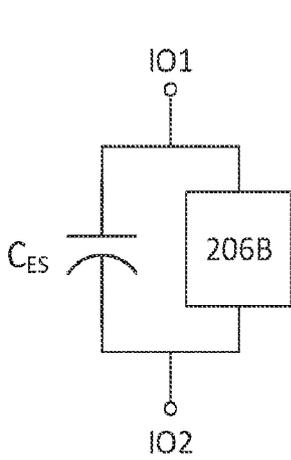
ФИГ. 4В



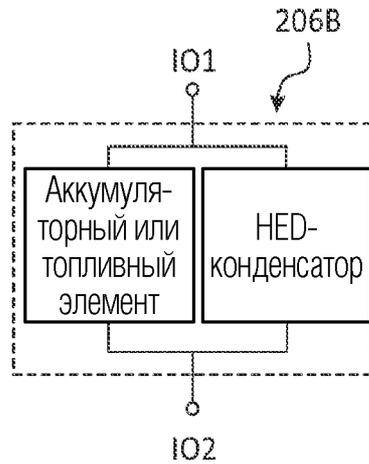
ФИГ. 4С



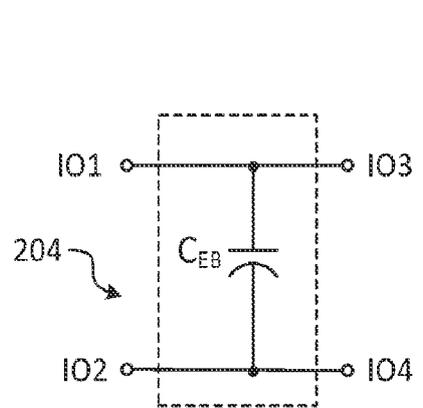
ФИГ. 4D



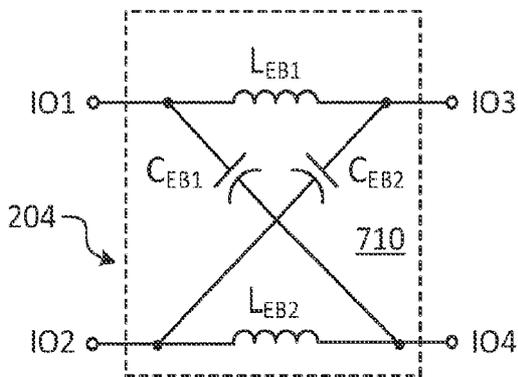
ФИГ. 4Е



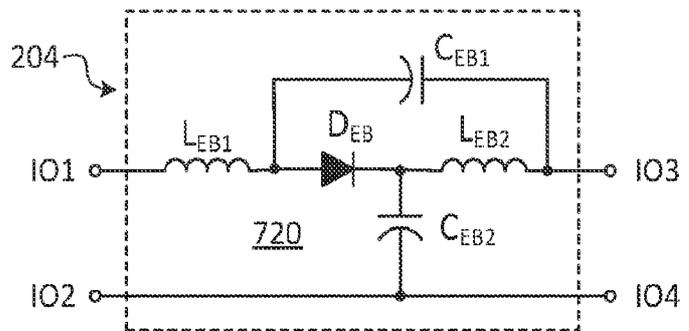
ФИГ. 4F



ФИГ. 5А

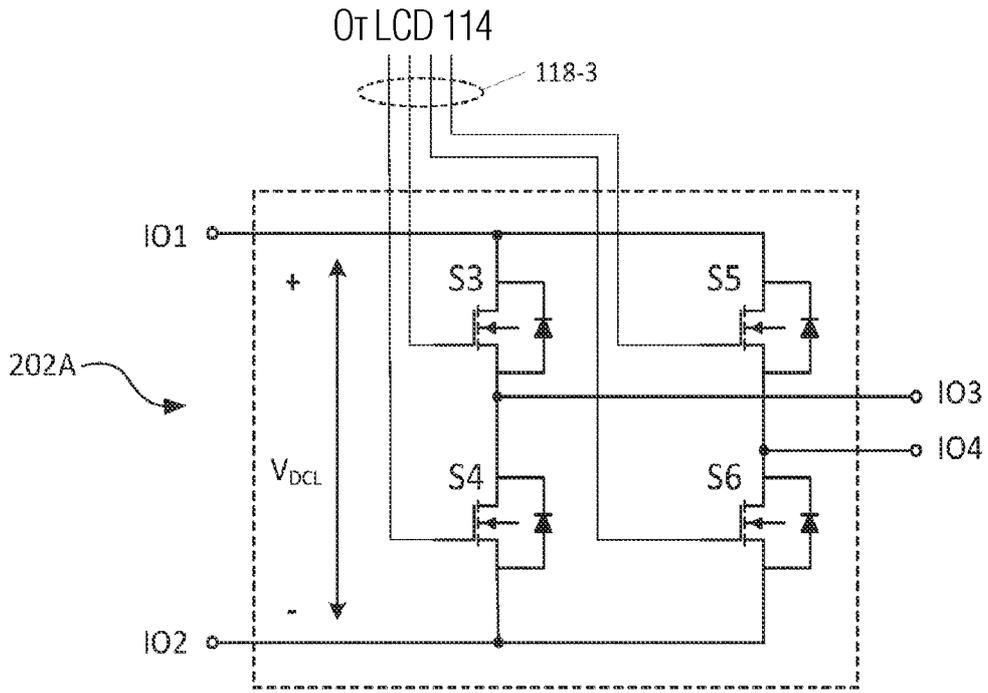


ФИГ. 5В

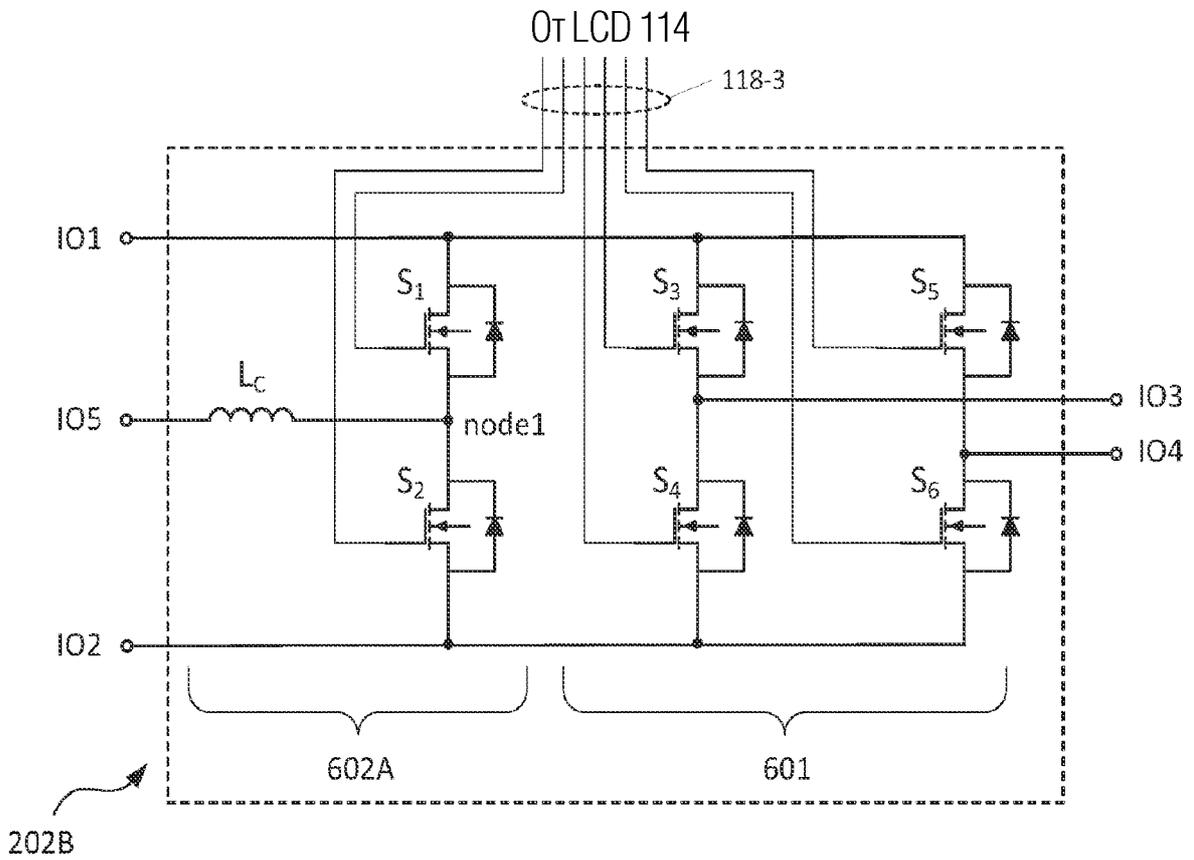


ФИГ. 5С

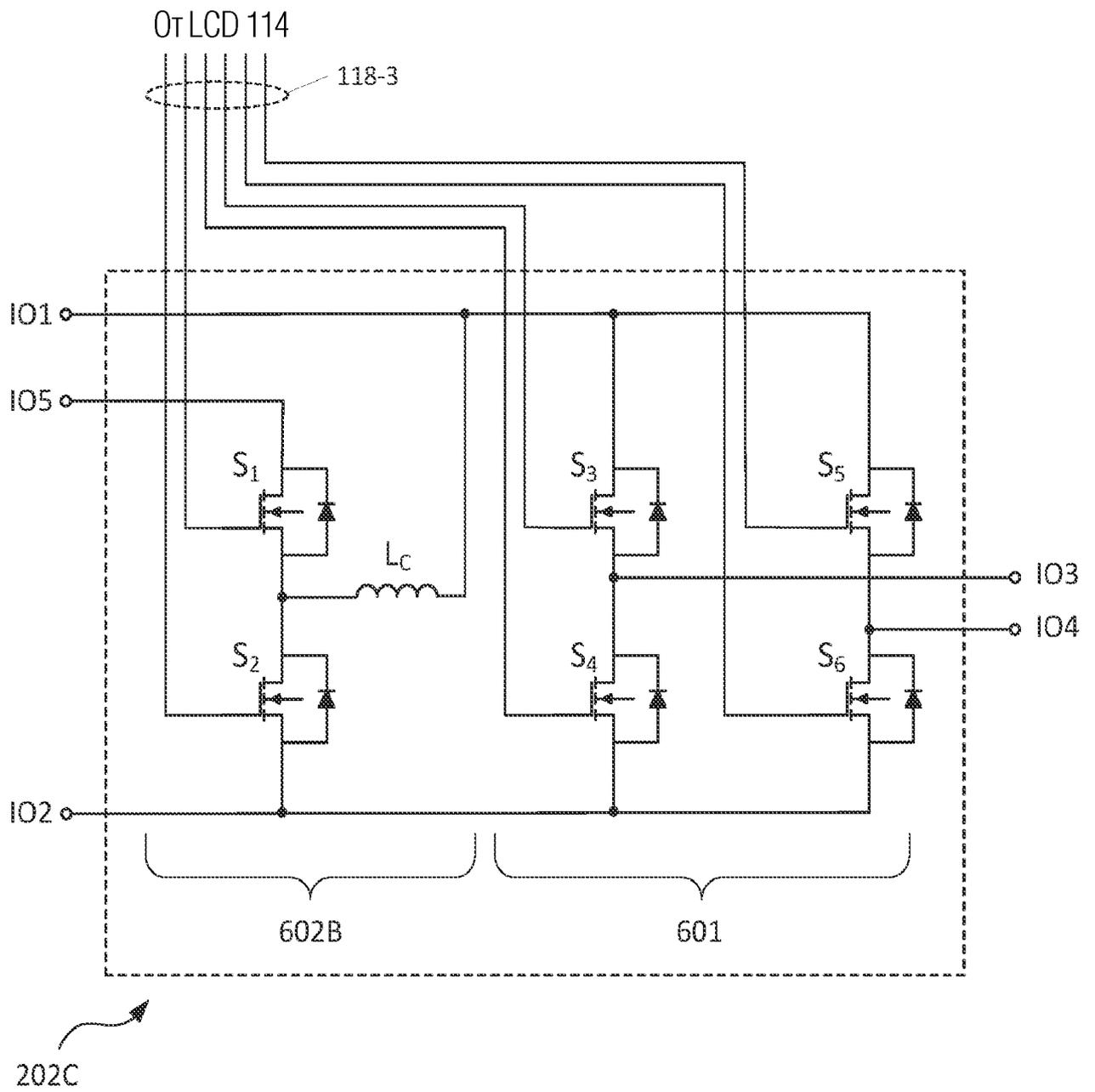
8/27



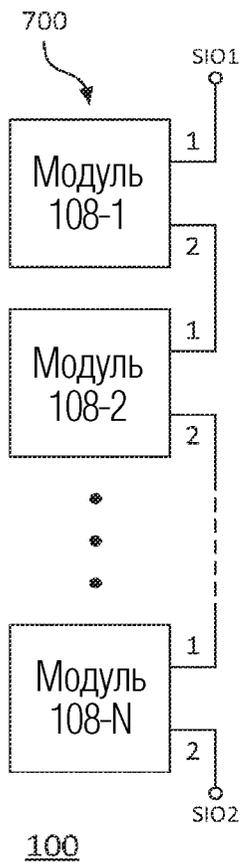
ФИГ. 6А



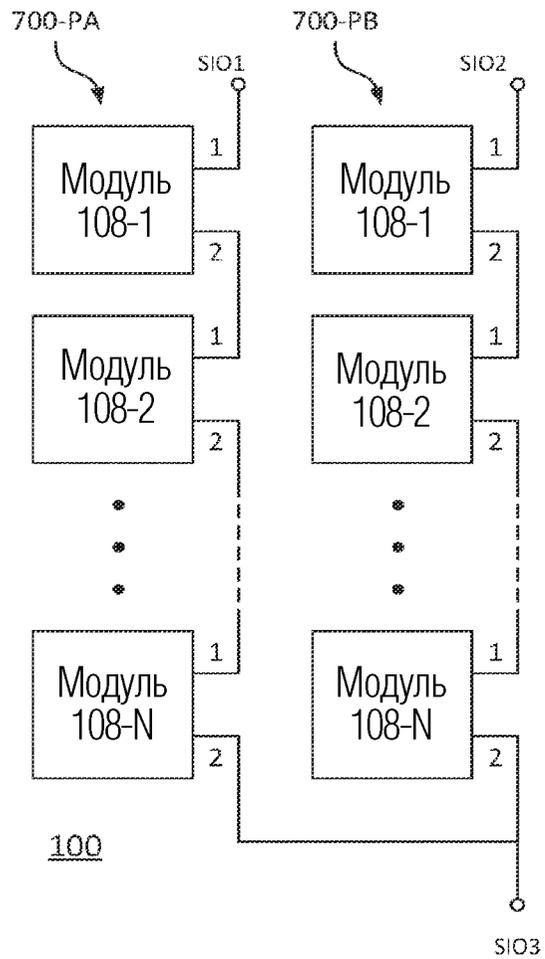
ФИГ. 6В



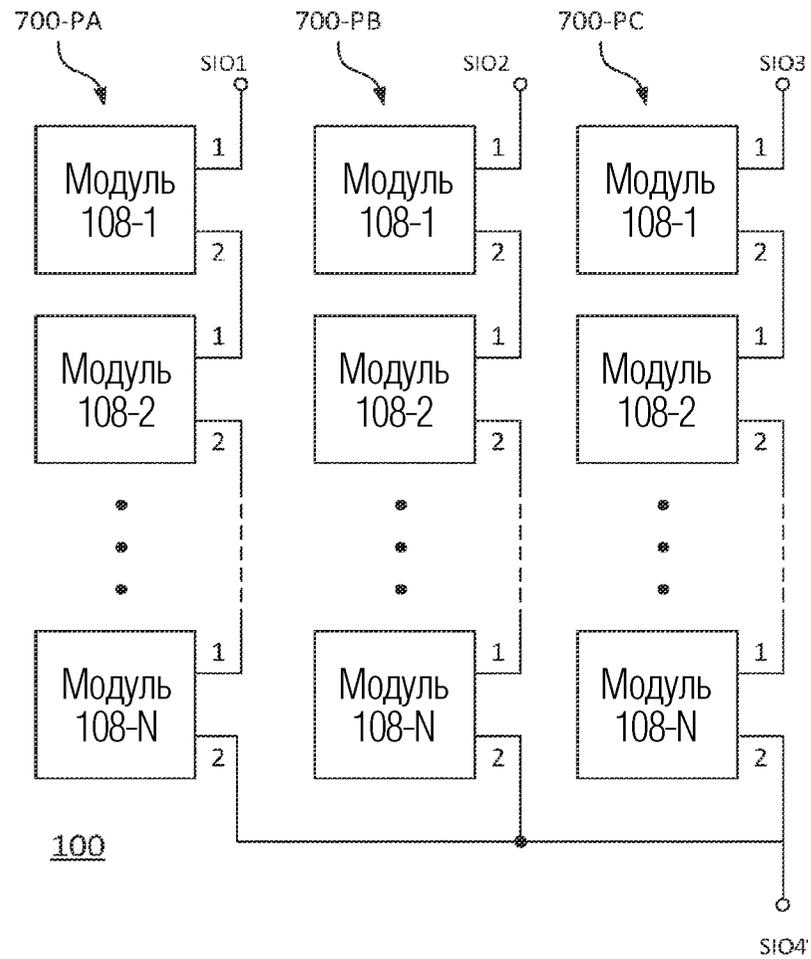
ФИГ. 6С



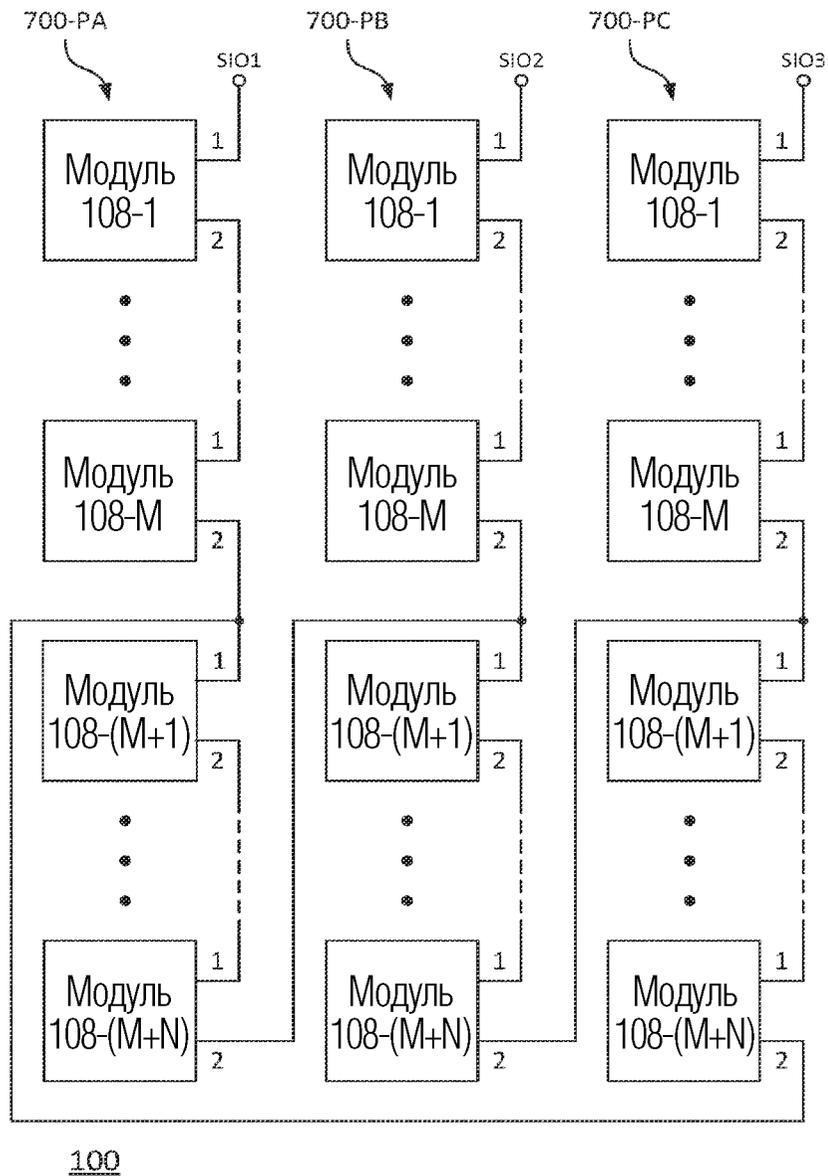
ФИГ. 7А



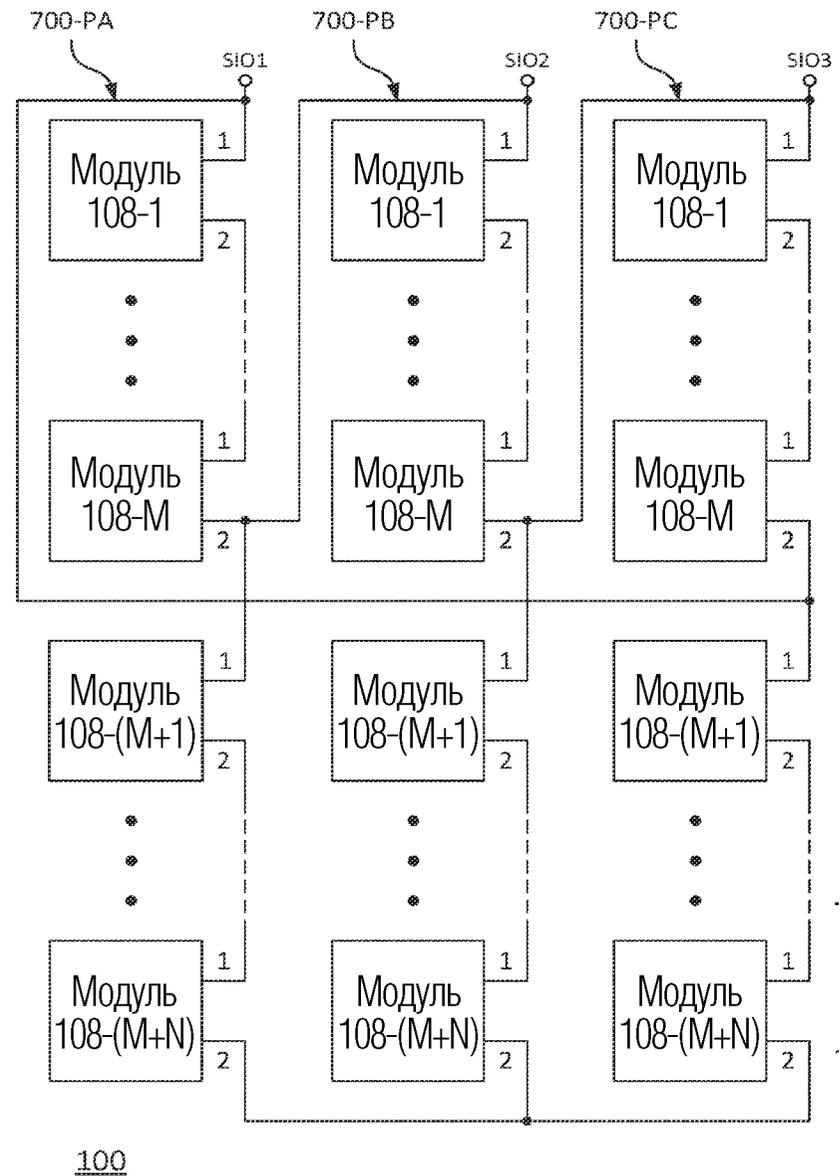
ФИГ. 7В



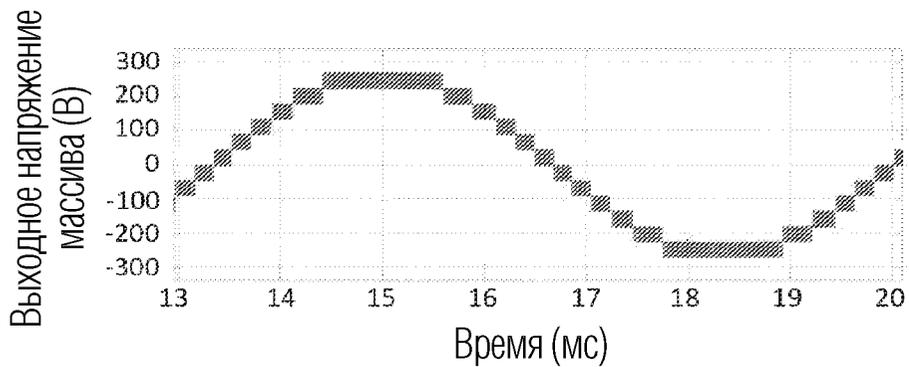
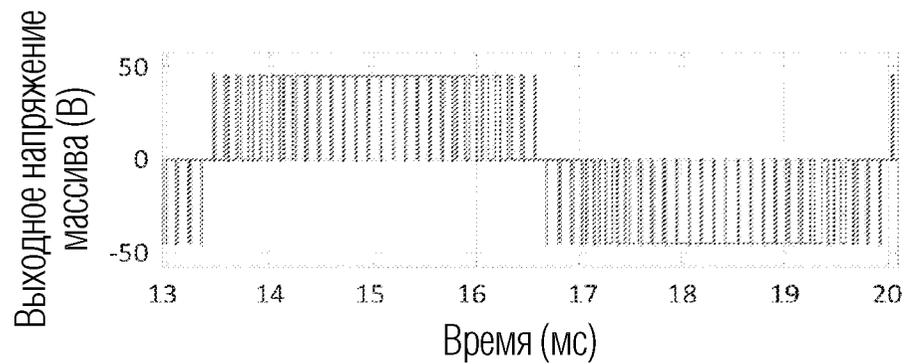
ФИГ. 7С



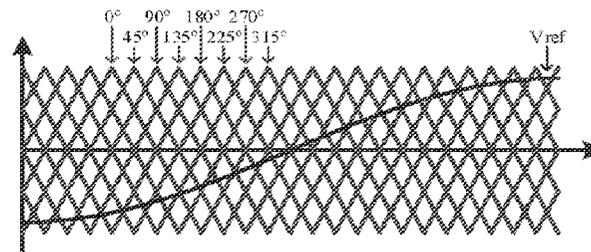
ФИГ. 7D



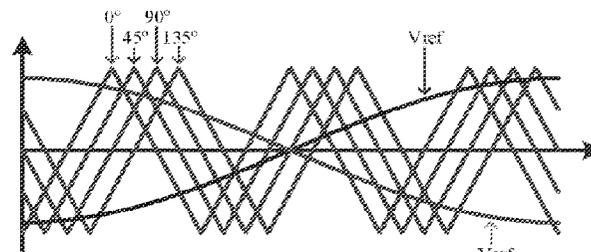
ФИГ. 7E



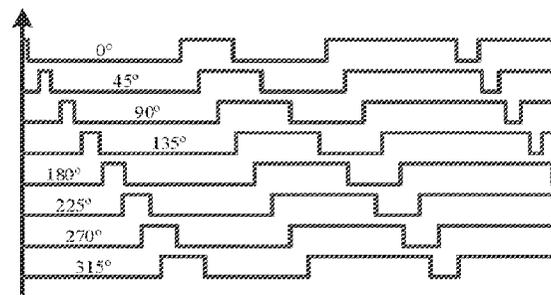
ФИГ. 8С



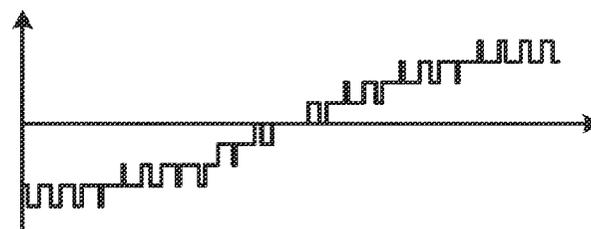
ФИГ. 8D

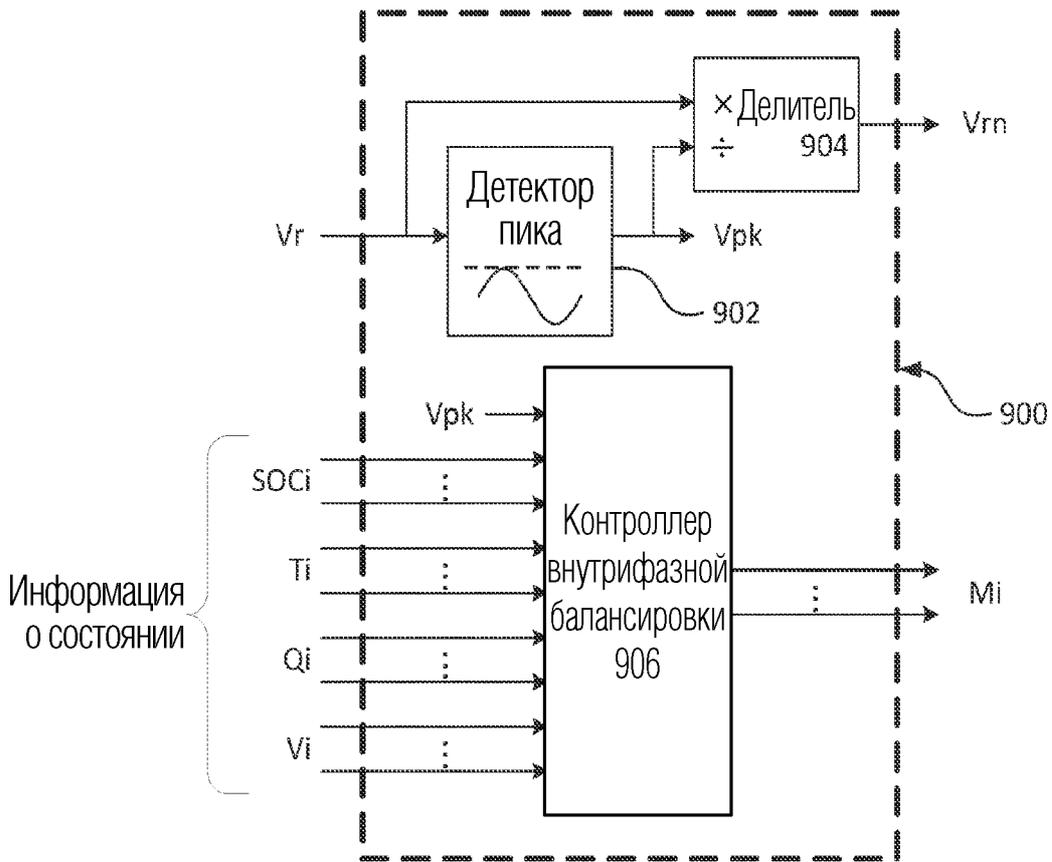


ФИГ. 8Е

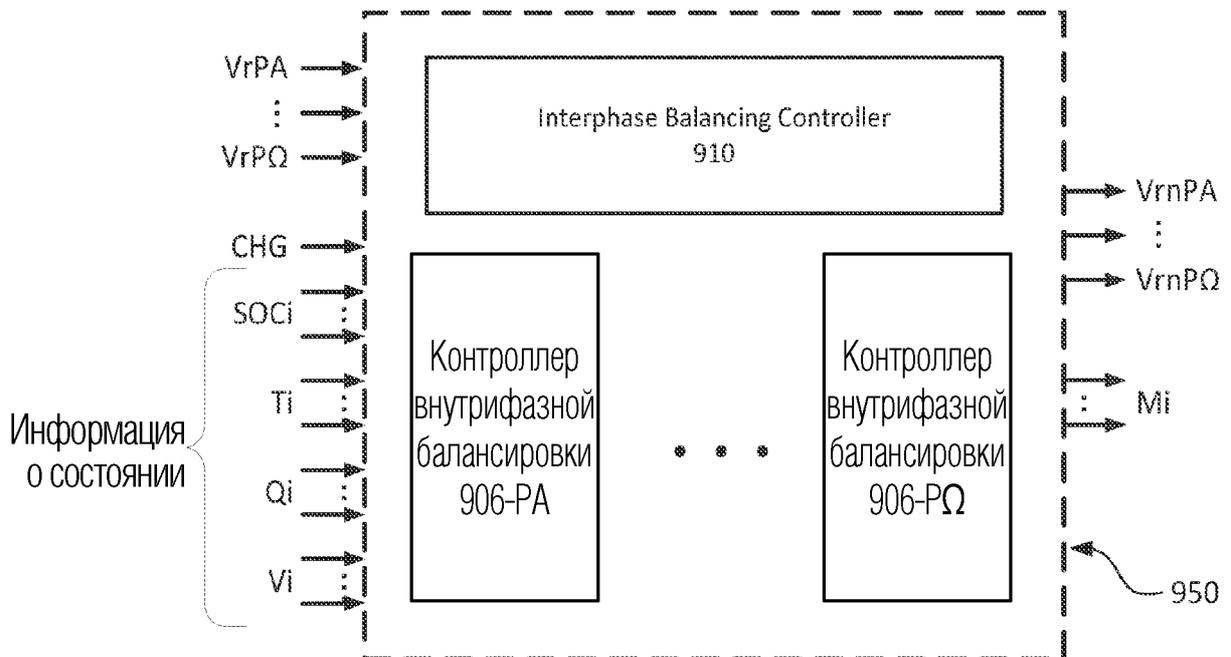


ФИГ. 8F

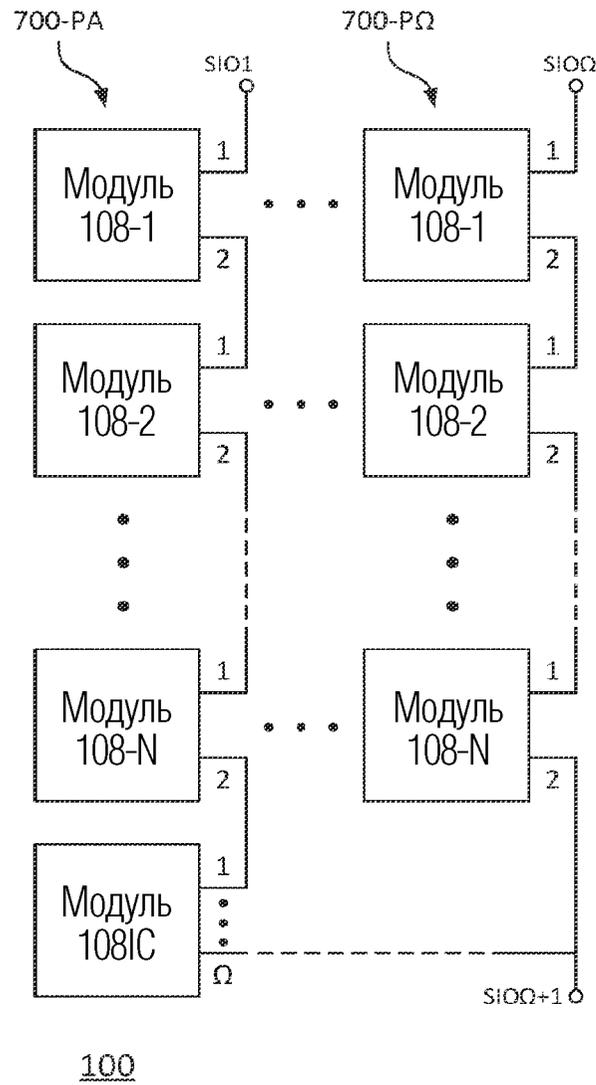




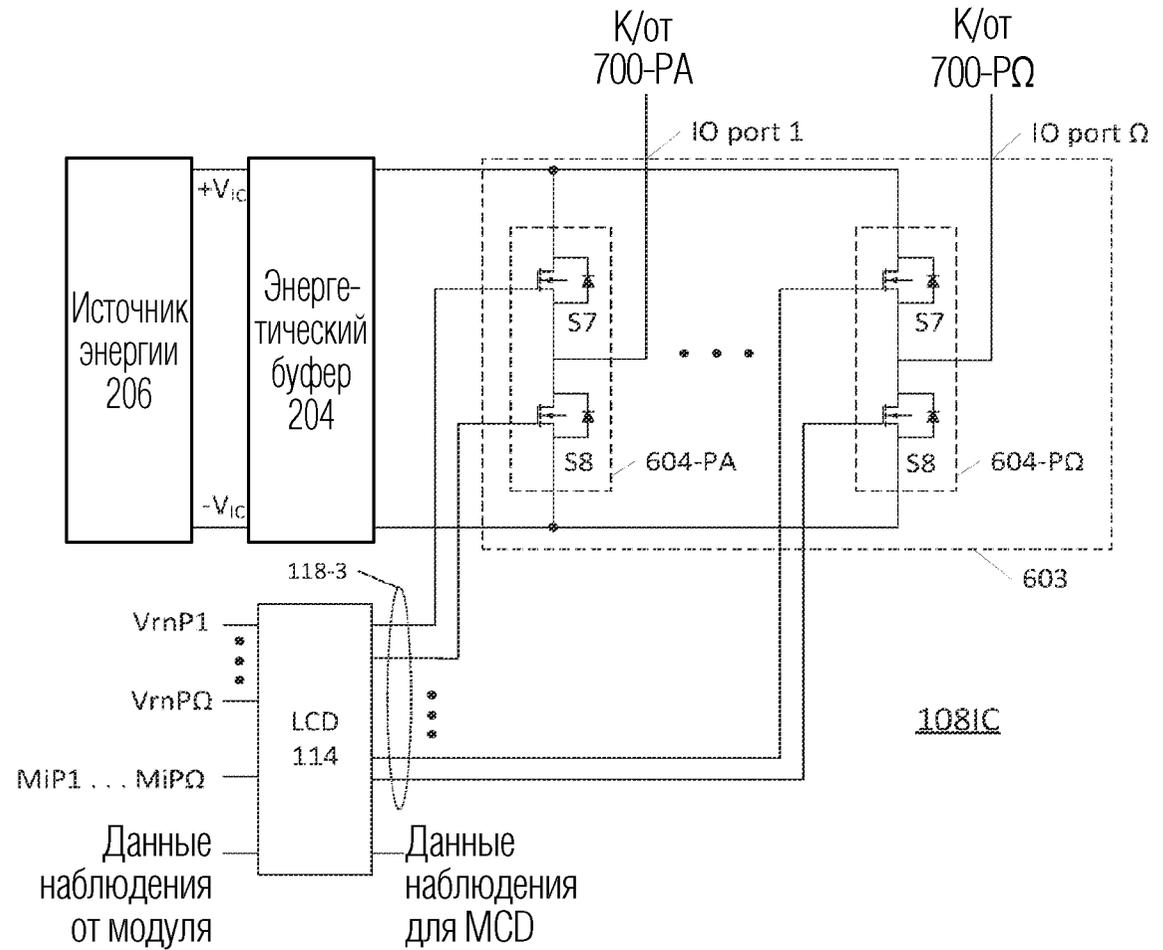
ФИГ. 9А



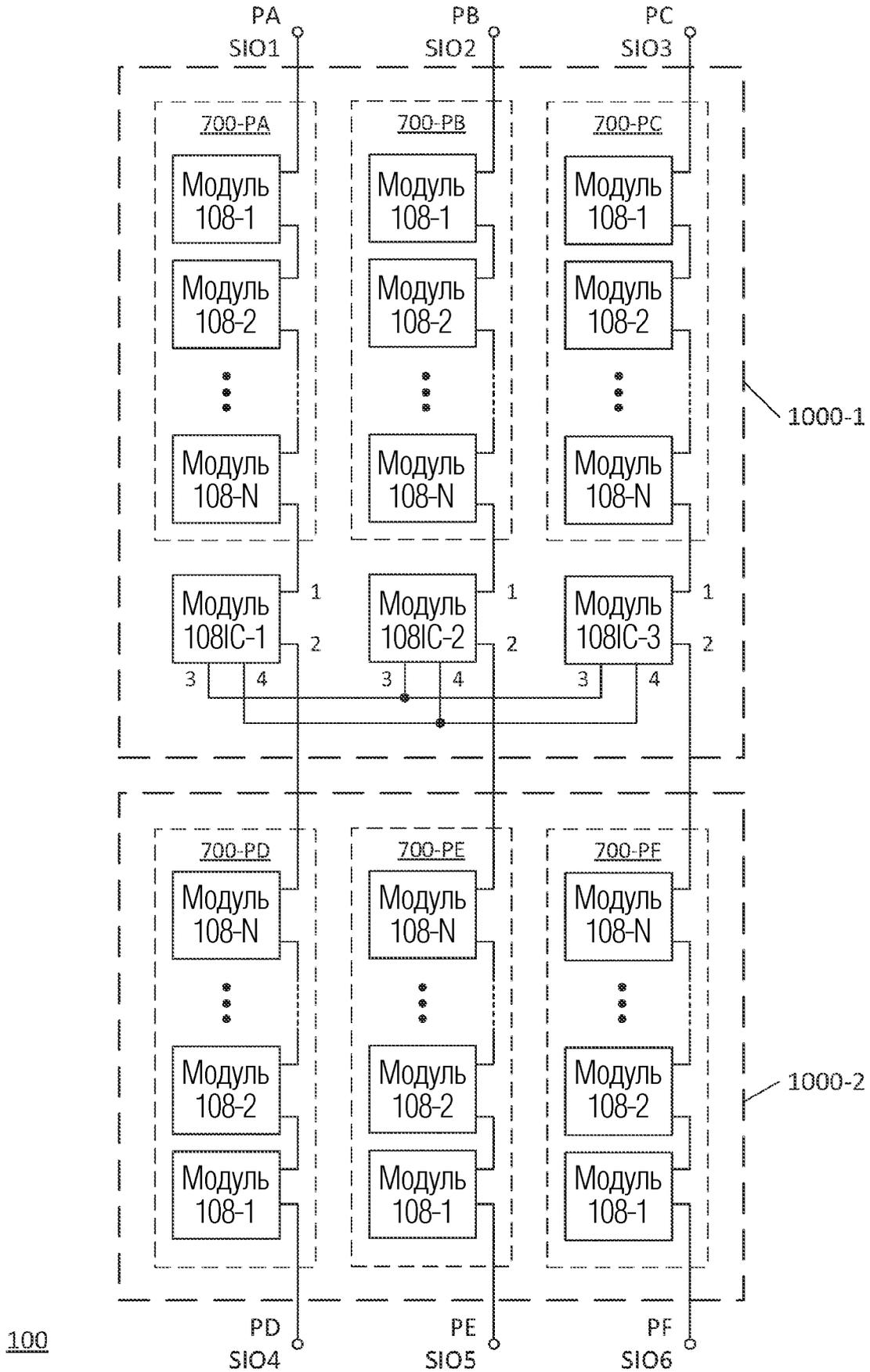
ФИГ. 9В



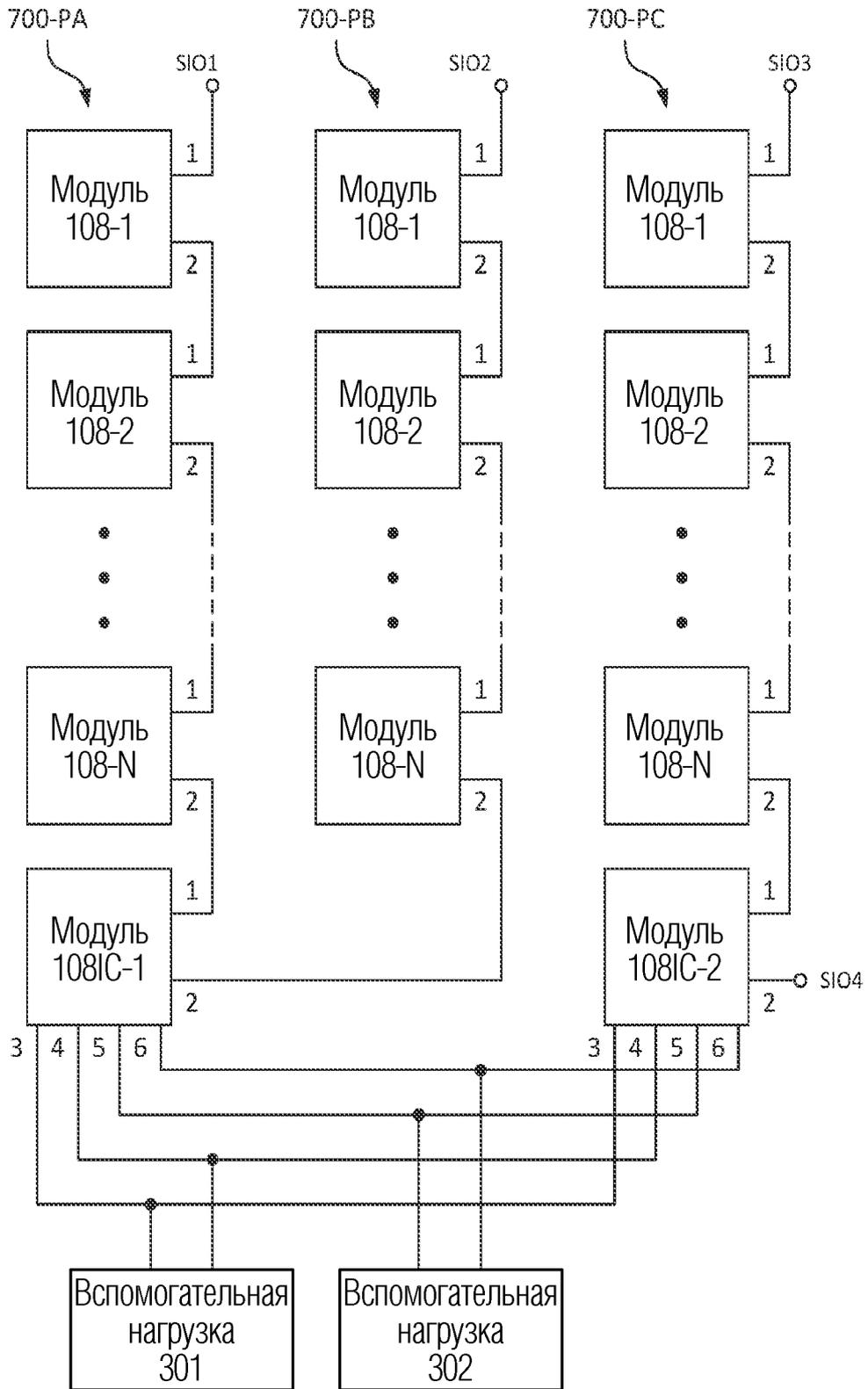
ФИГ. 10А



ФИГ. 10В

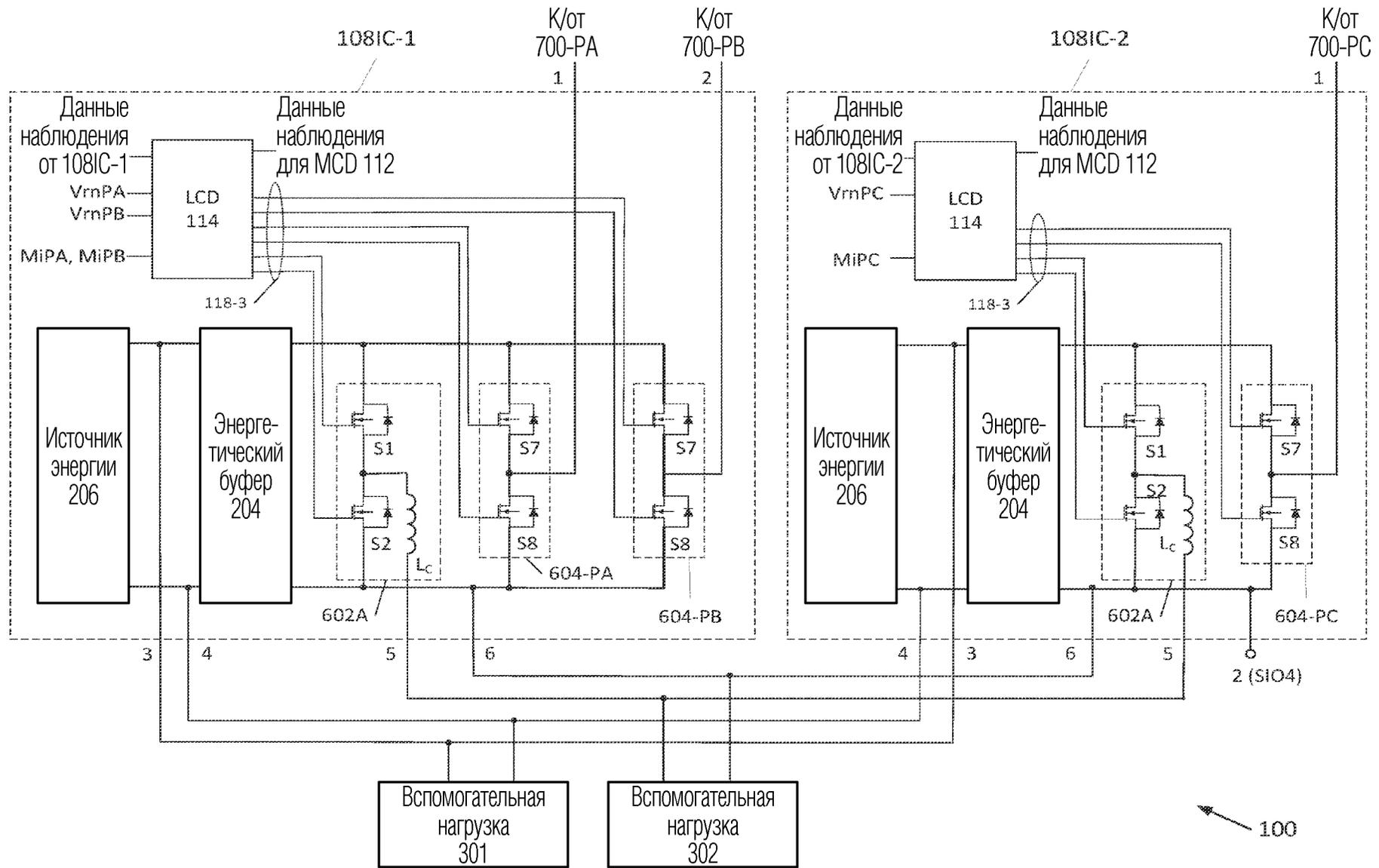


ФИГ. 10С

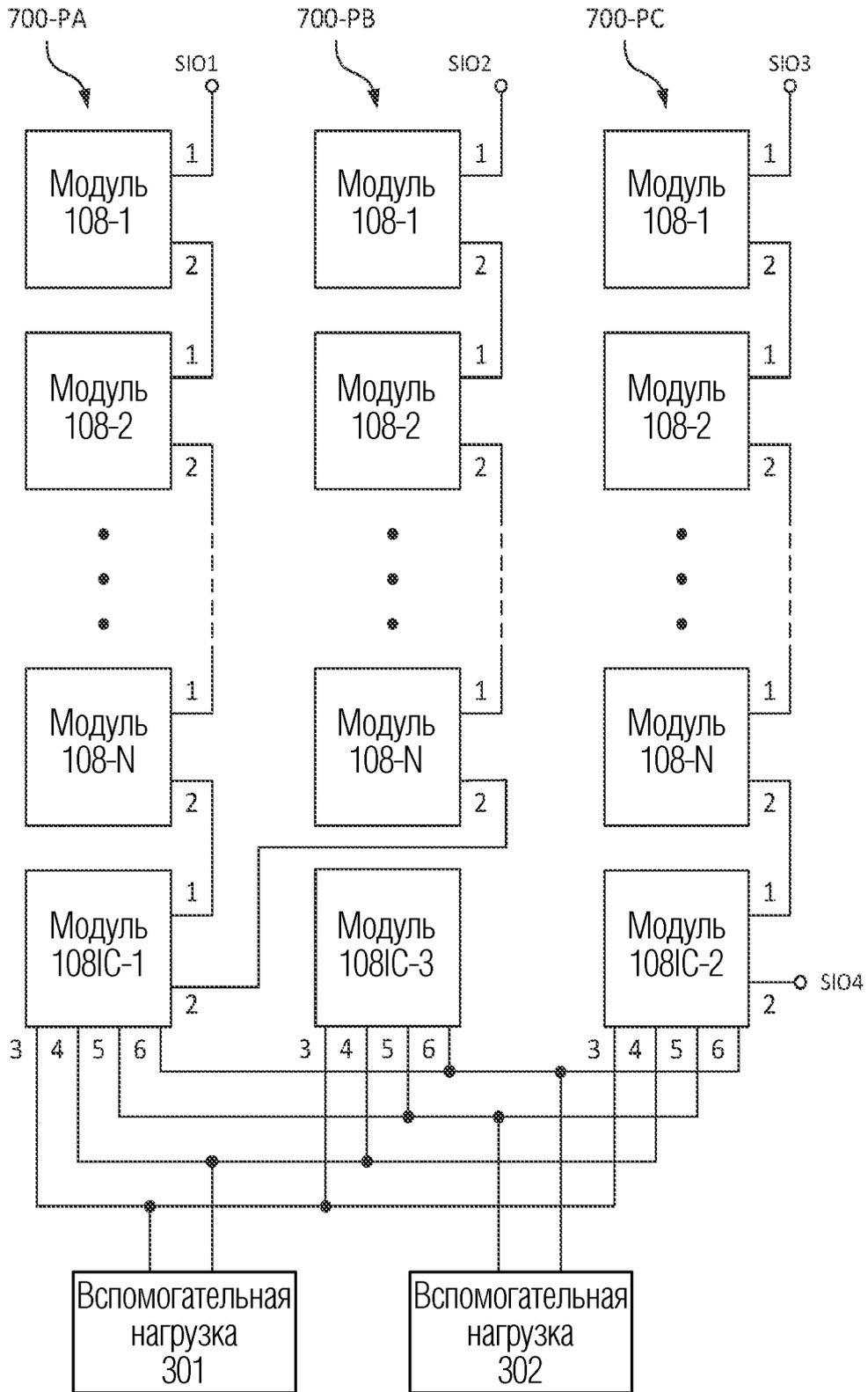


100

ФИГ. 10D

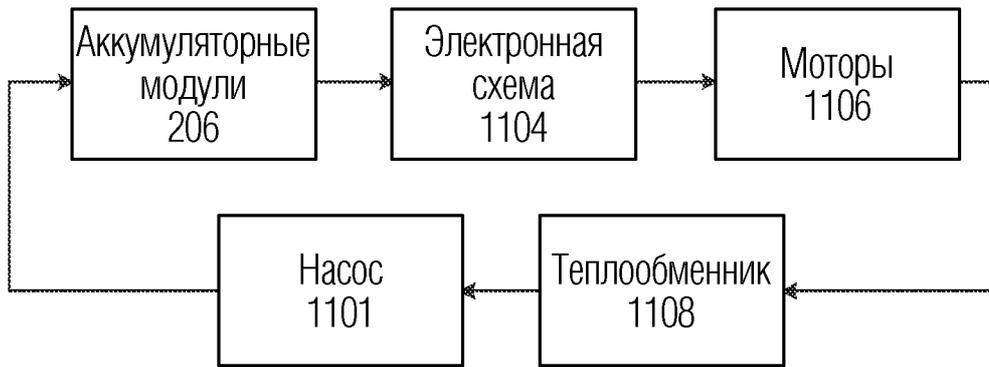


ФИГ. 10Е



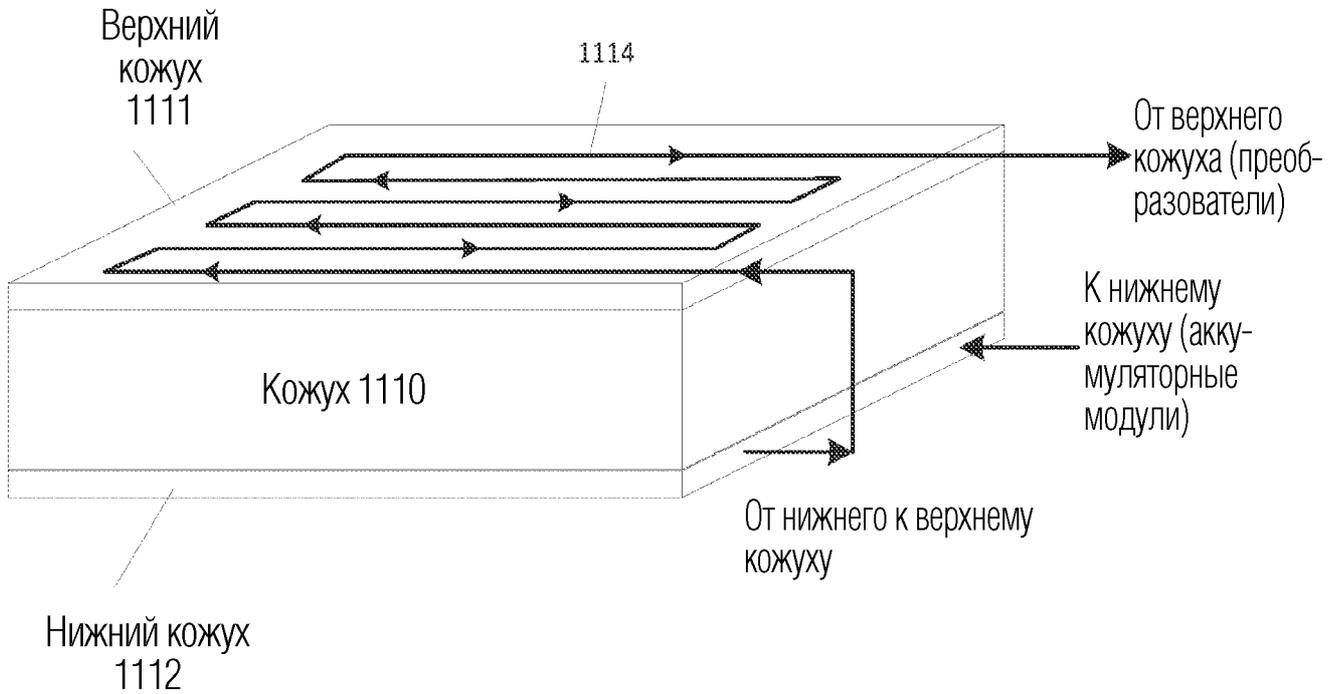
100

ФИГ. 10F

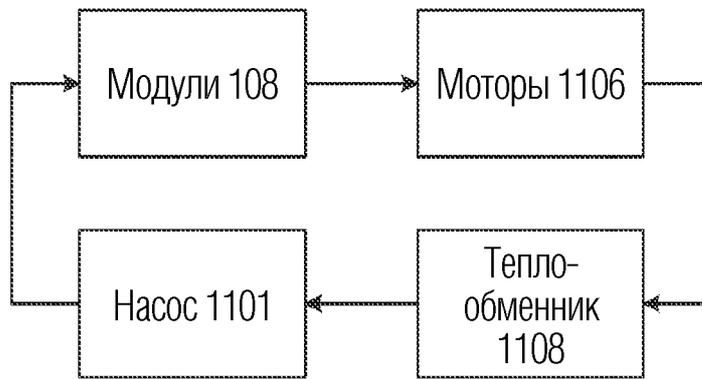


1100

ФИГ. 11А

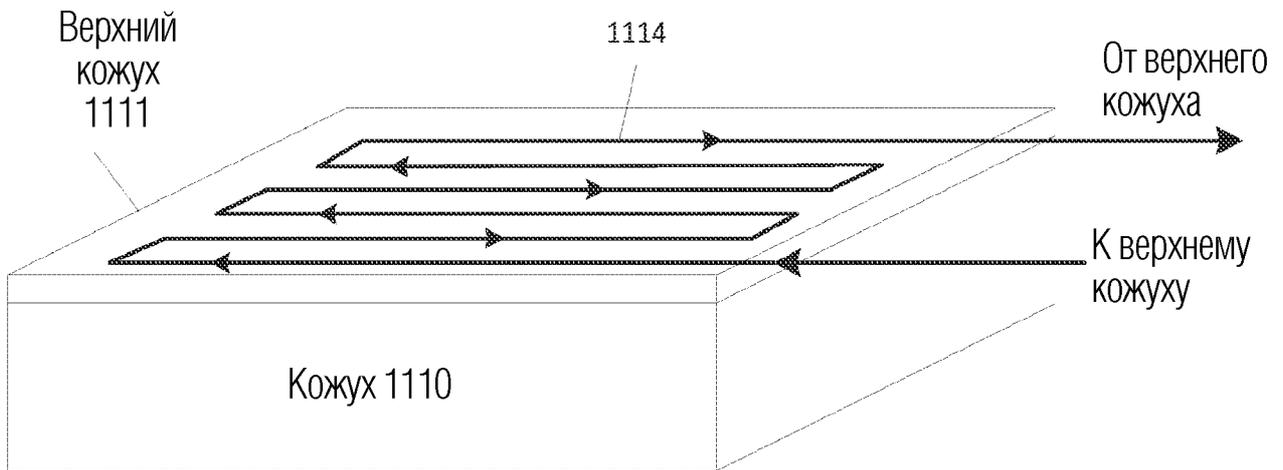


ФИГ. 11В

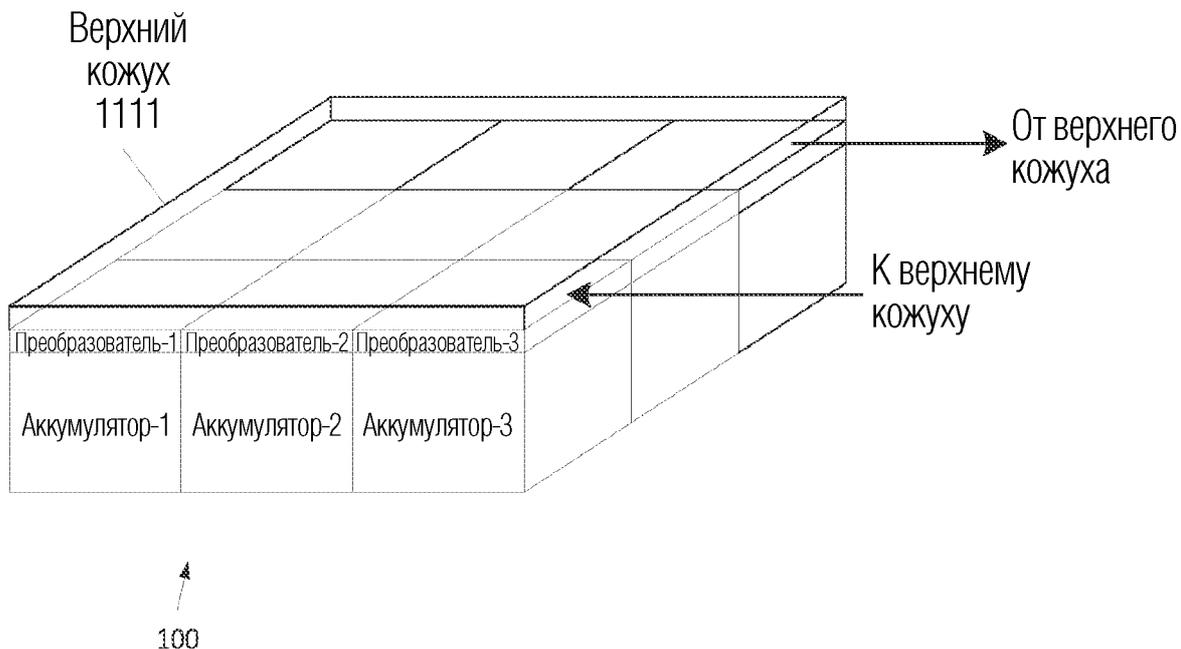


1120

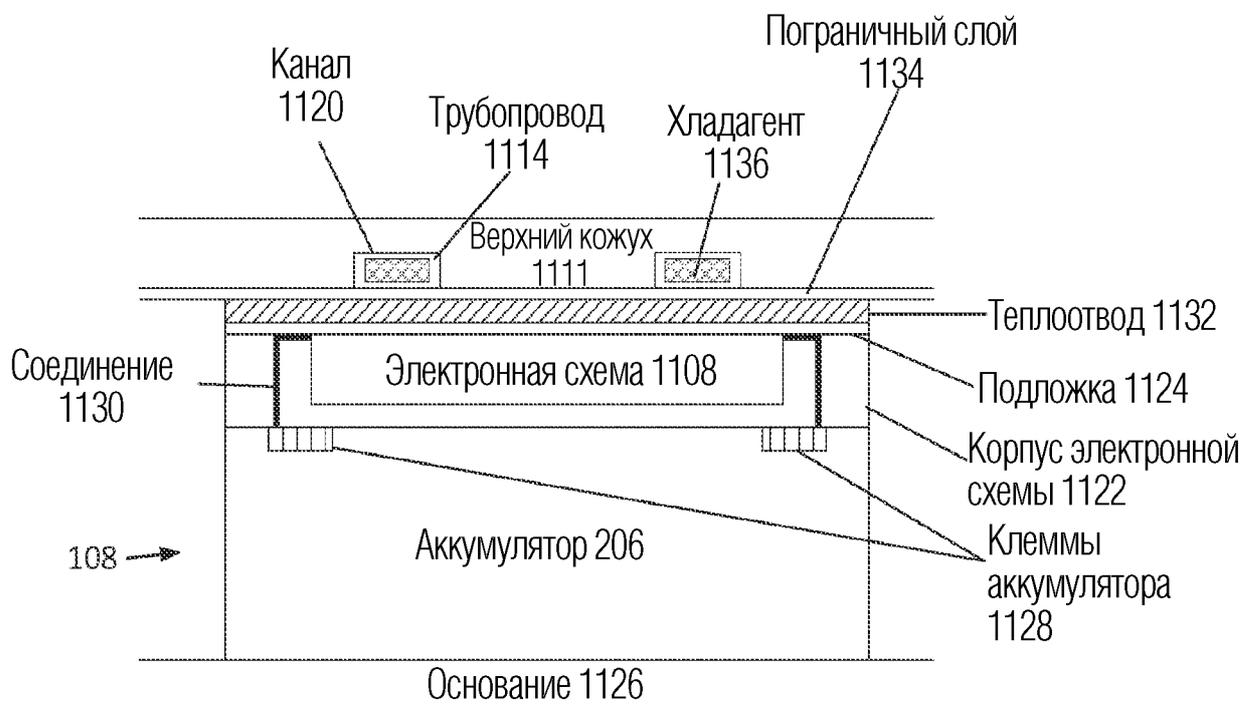
ФИГ. 11С



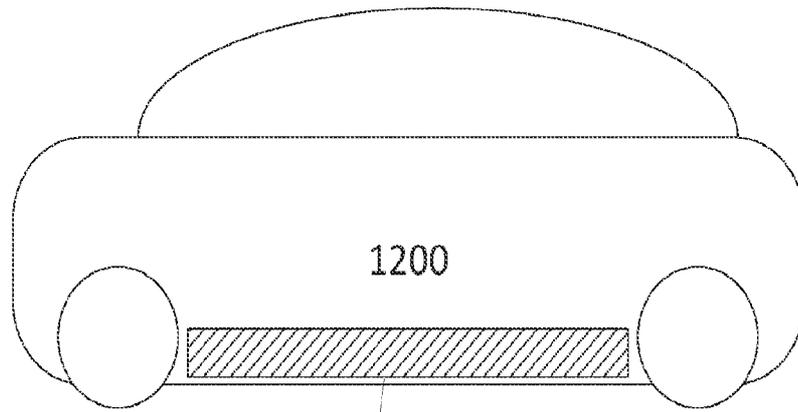
ФИГ. 11D



ФИГ. 11Е

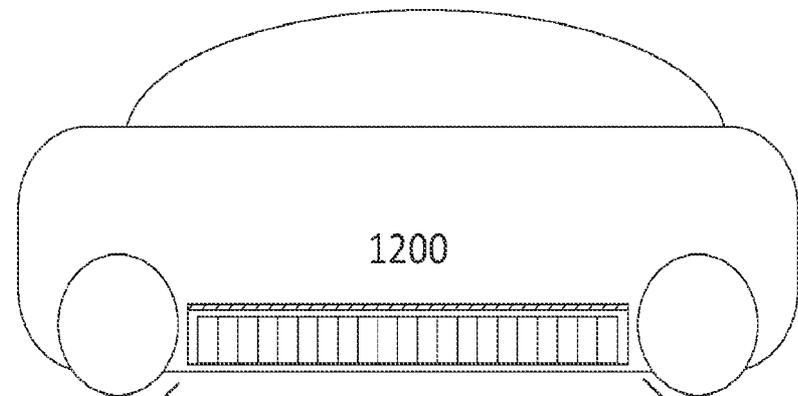


ФИГ. 11F



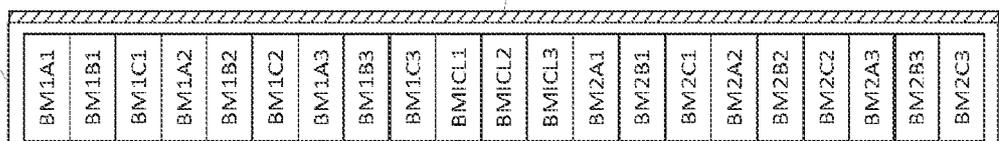
Закрытая дверца доступа
к аккумулятору
1201

ФИГ. 12А

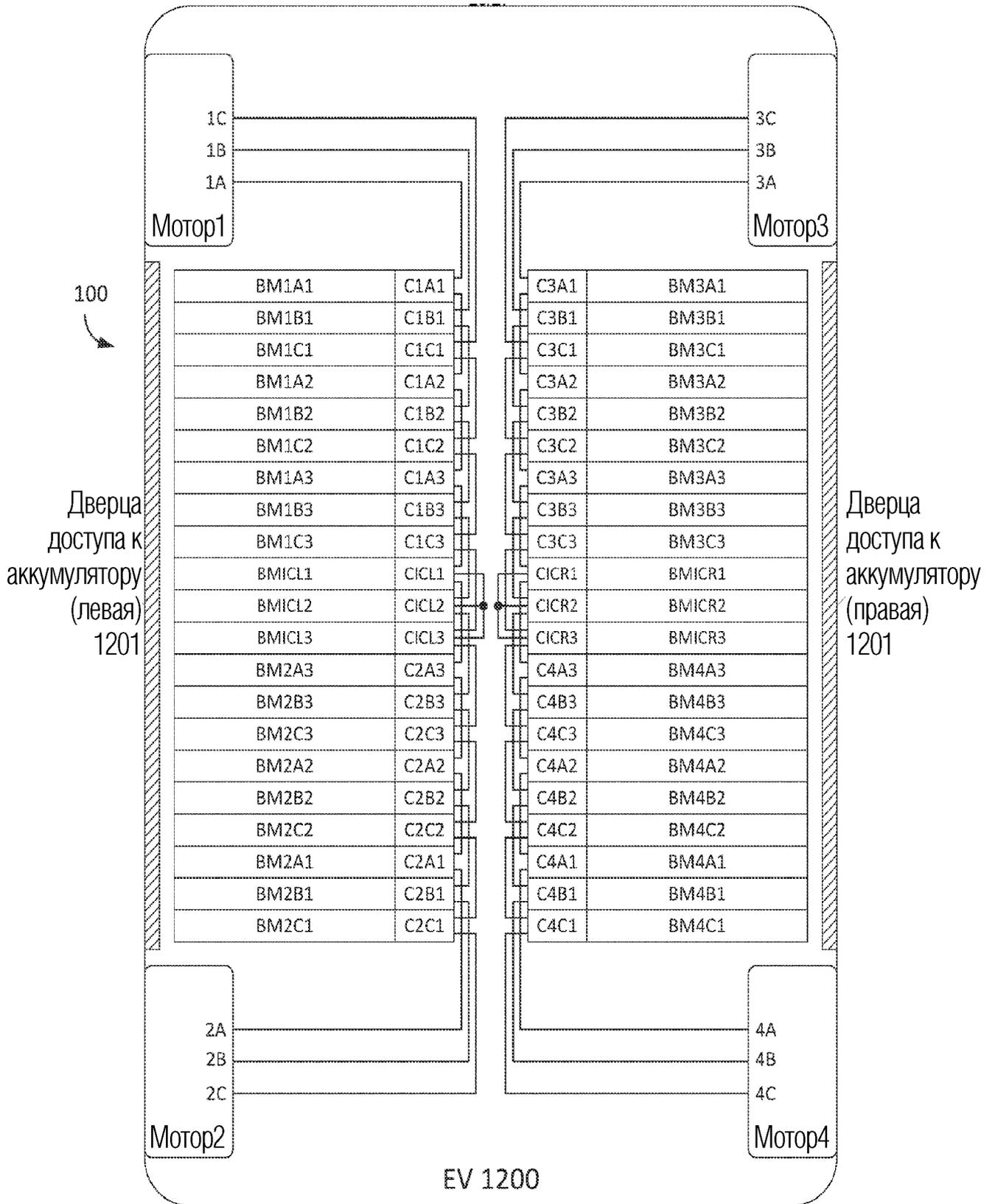


Поднятая дверца доступа к
аккумулятору
1201

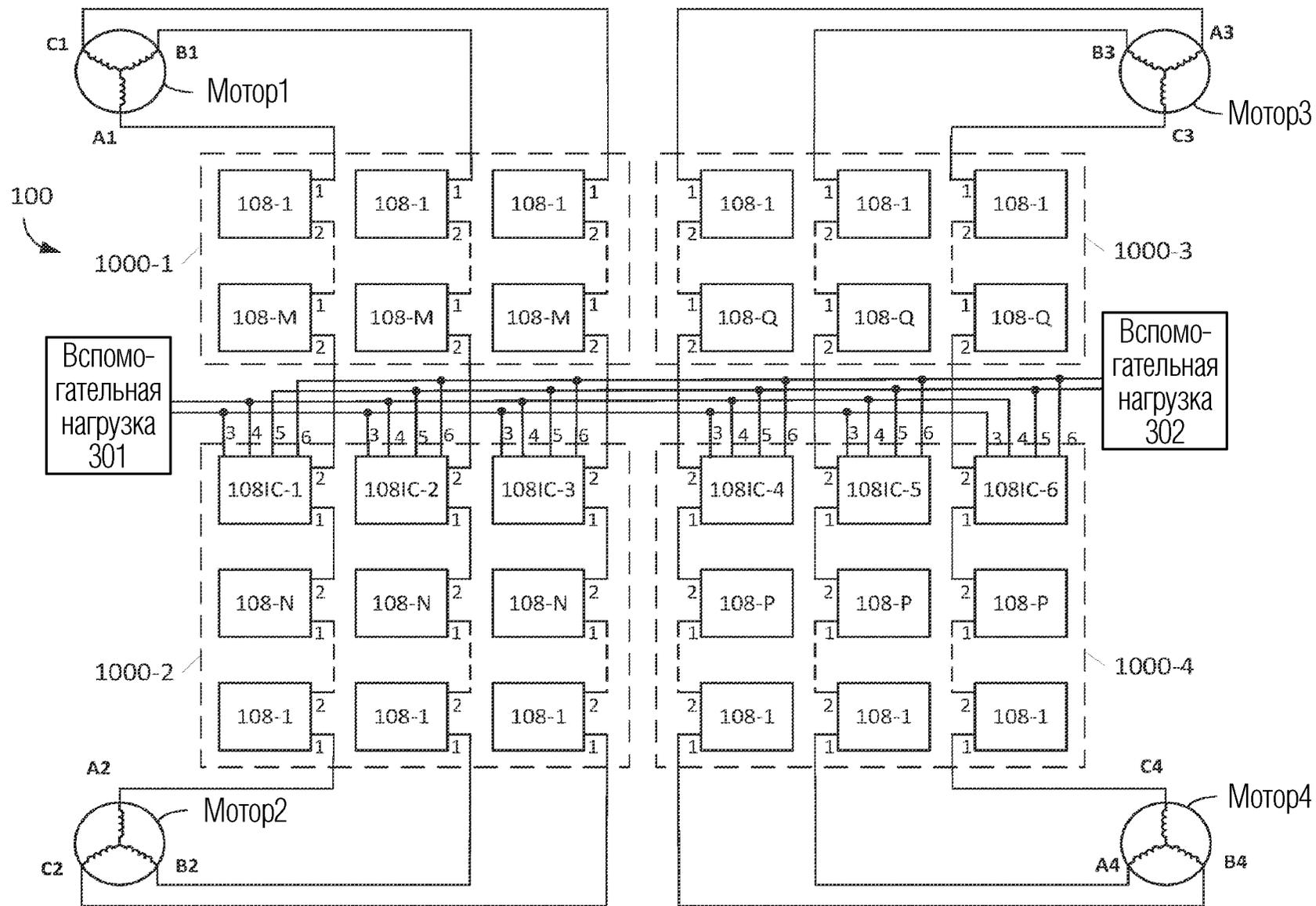
Пространство
доступа к
аккумулятору
1202



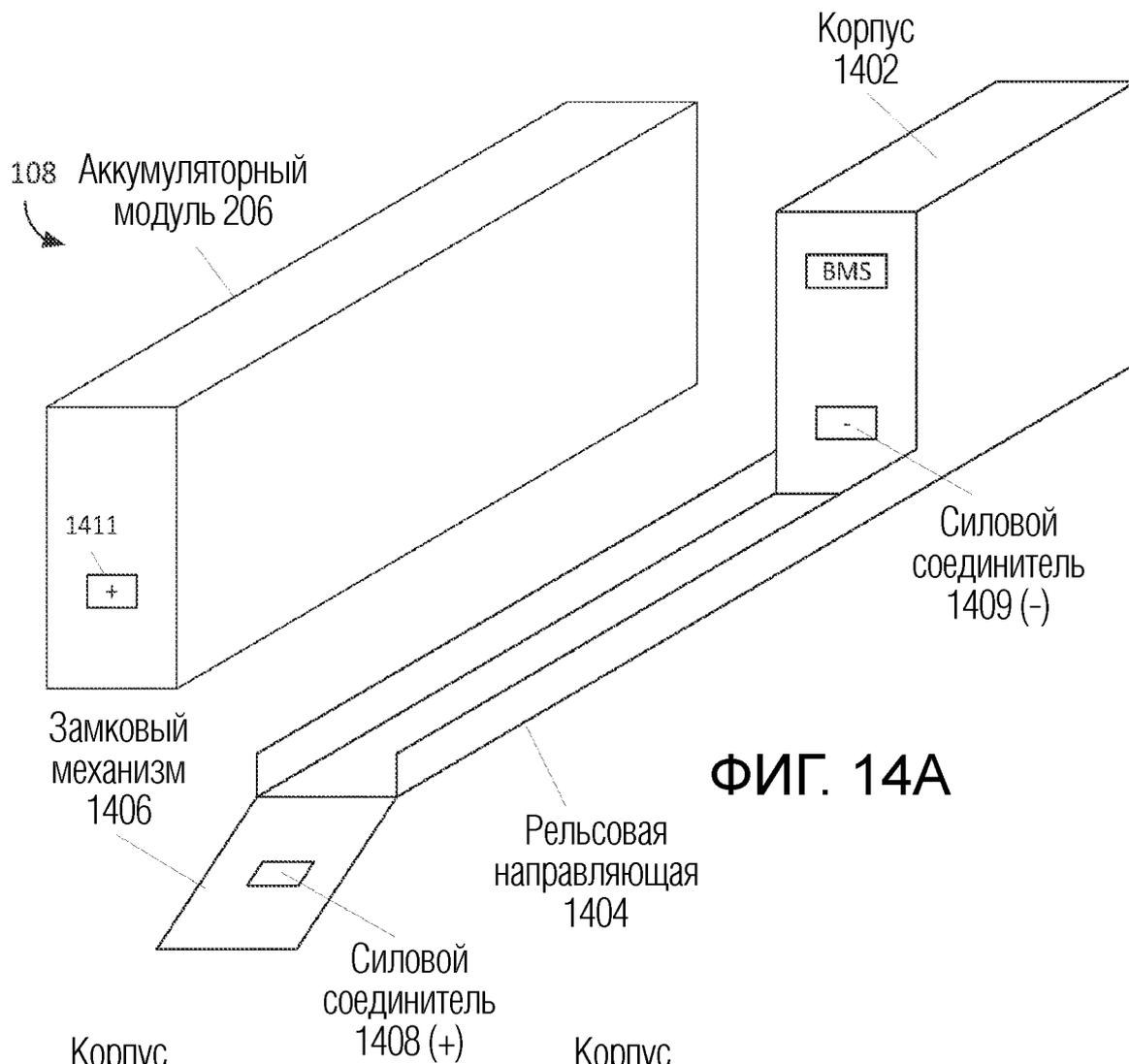
ФИГ. 12В



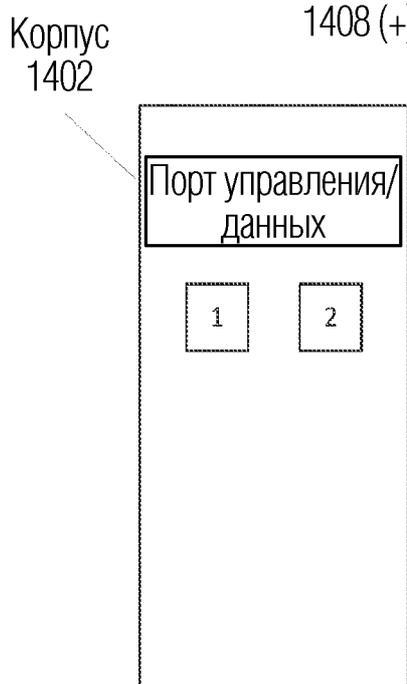
ФИГ. 13А



ФИГ. 13В



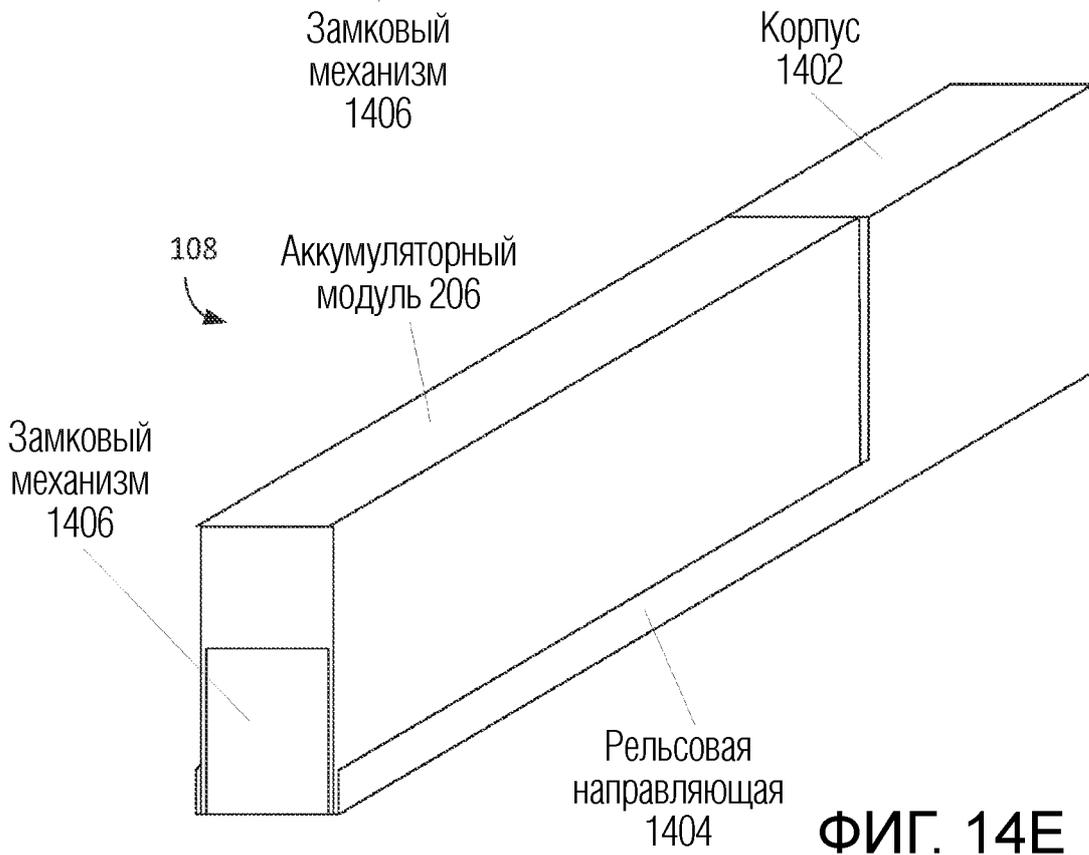
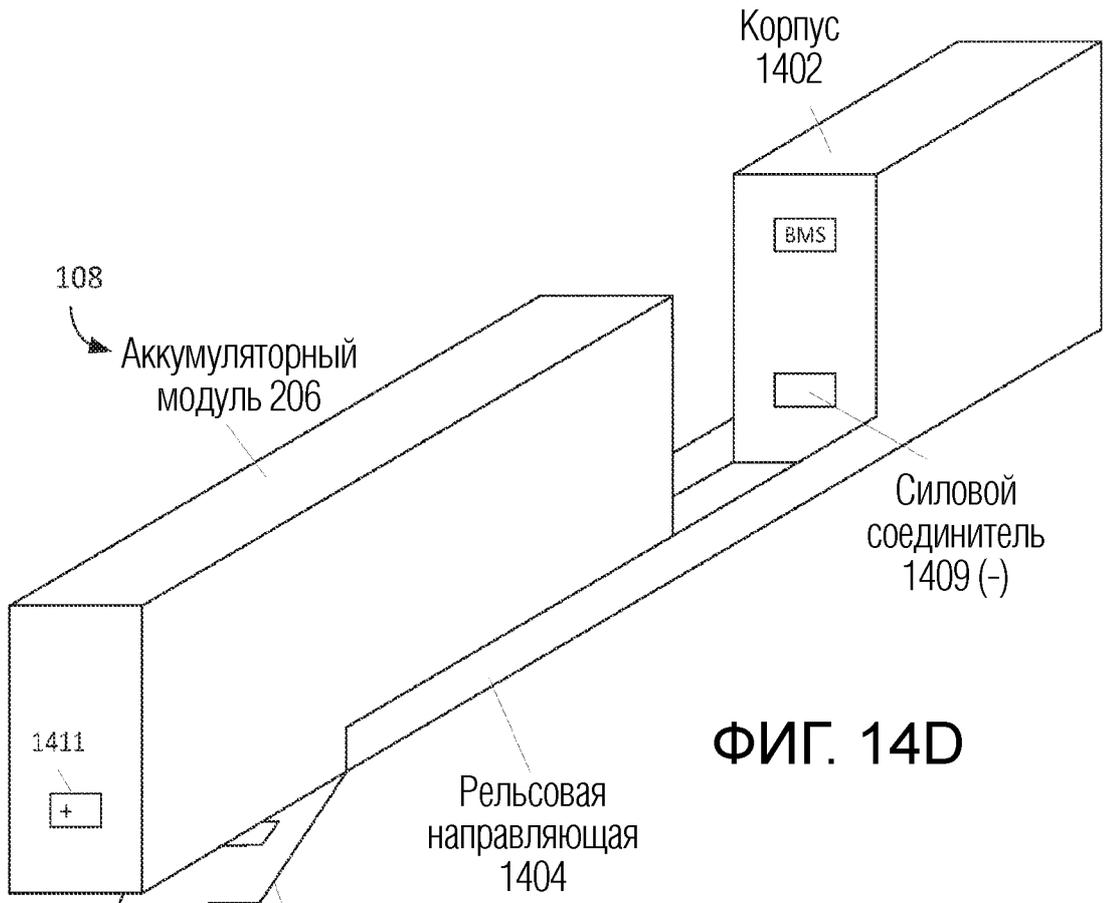
ФИГ. 14А

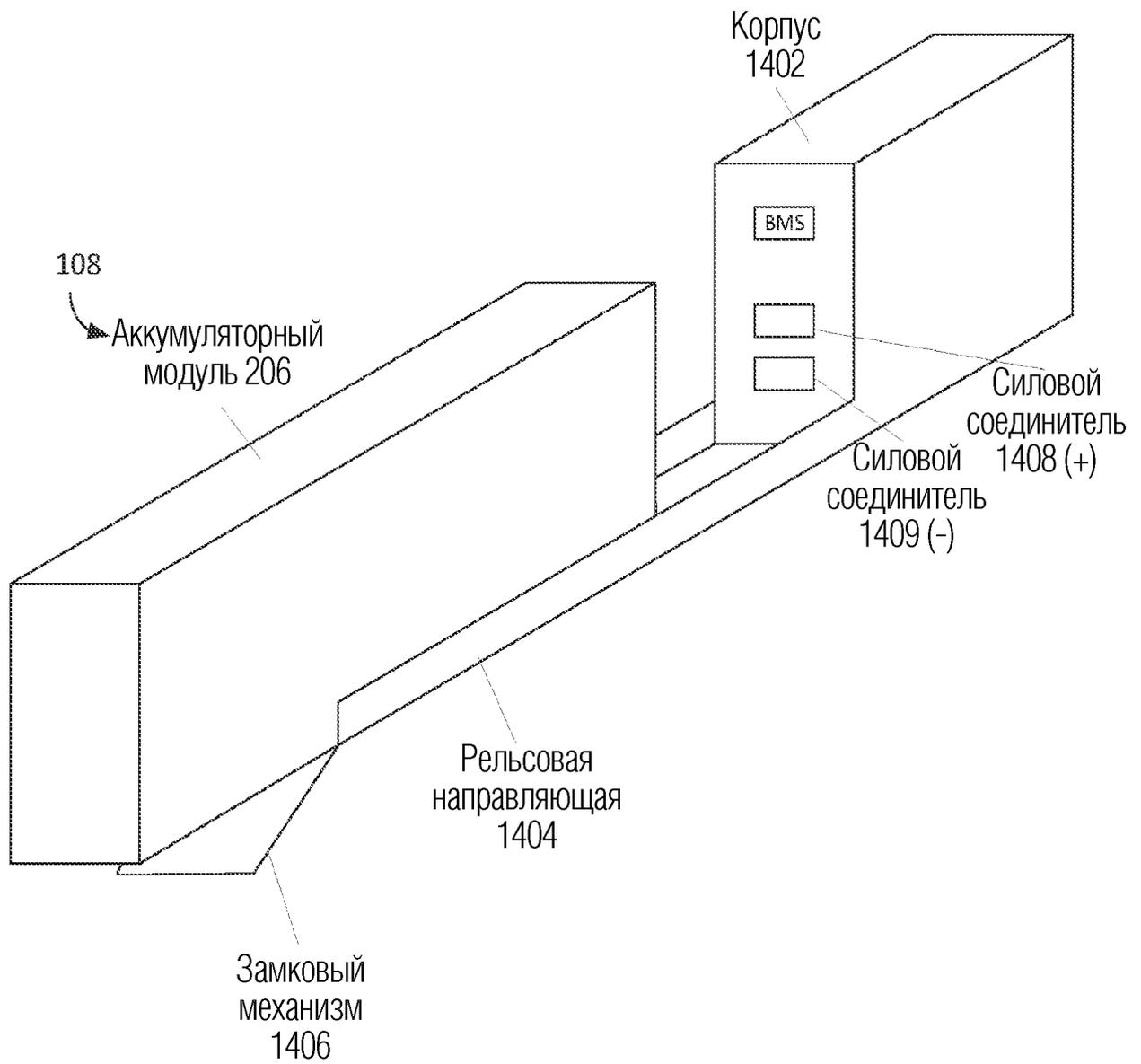


ФИГ. 14В



ФИГ. 14С





ФИГ. 14F