

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202293327 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.08.11(51) Int. Cl. B60L 53/22 (2019.01)
B60L 53/20 (2019.01)
B60L 58/10 (2019.01)
B60L 58/12 (2019.01)(22) Дата подачи заявки
2021.05.13

(54) СИСТЕМЫ, УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ ДЛЯ РЕЛЬСОВЫХ И ДРУГИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С МОДУЛЬНЫМИ КАСКАДНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

(31) 63/025,099; 63/029,368; 63/084,293

(72) Изобретатель:
Слепченков Михаил, Надери Рузбех,
Мусави Мохаммад (US)

(32) 2020.05.14; 2020.05.22; 2020.09.28

(33) US

(86) PCT/US2021/032295

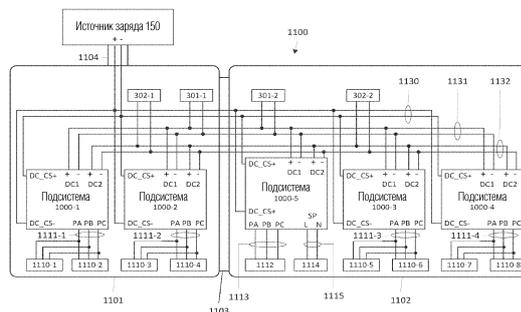
(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(87) WO 2021/231759 2021.11.18

(71) Заявитель:

ТАЭ ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК. (US)

(57) Примерные варианты осуществления систем, устройств и способов предоставляются для электрических транспортных средств, которые подвергаются прерывистому заряду, таких как рельсовые электрические транспортные средства, имеющие одну или более модульных каскадных энергетических систем. Одна или более модульных систем могут быть выполнены с возможностью подавать многофазную мощность, однофазную мощность и/или мощность постоянного тока во множество нагрузок мотора и вспомогательных нагрузок EV. Если несколько систем или подсистем присутствуют в EV, они могут взаимно соединяться с возможностью обмениваться энергией между собой множеством различных способов, к примеру через линии, предназначенные для переноса мощности из прерывисто соединенного источника заряда, либо посредством присутствия модулей, взаимно соединенных между матрицами подсистем. Подсистемы могут быть сконфигурированы как подсистемы, которые подают мощность только для нагрузок мотора, для нагрузок мотора в комбинации со вспомогательными нагрузками и только для вспомогательных нагрузок.



A1

202293327

202293327

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-576438EA/23

СИСТЕМЫ, УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ ДЛЯ РЕЛЬСОВЫХ И ДРУГИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С МОДУЛЬНЫМИ КАСКАДНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Перекрестная ссылка на родственные заявки

[0001] Данная заявка испрашивает приоритет предварительной заявки на патент (США) номер 63/025,099, поданной 14 мая 2020 года, предварительной заявки на патент (США) номер 63/029,368, поданной 22 мая 2020 года, и предварительной заявки на патент (США) номер 63/084,293, поданной 28 сентября 2020 года, все из которых содержатся по ссылке в данном документе полностью и для всех целей.

Область техники, к которой относится изобретение

[0002] Предмет изобретения, описанный в данном документе, в общем, относится к системам, устройствам и способам для рельсовых и других электрических транспортных средств, имеющих модульные каскадные энергетические системы.

Уровень техники

[0003] Для электрических транспортных средств, которые работают на рельсе, мощность для того, чтобы приводить в действие электромоторы, предоставляется посредством источника заряда. Этот источник заряда типично имеет форму проводника высокого напряжения, который присутствует вдоль пролета колеи. Источник заряда может представлять собой воздушную линию, такую как цепная контактная подвеска, наземный источник мощности, такой как третий рельс, или подземные источники, такие как кабелепровод. Рельсовое EV (электрическое транспортное средство) принимает мощность из этого источника заряда посредством проводящего элемента (например, пантографа или токосъемника), который остается в непрерывном контакте с источником заряда по мере того, как EV перемещается. В некоторых случаях, рельсовое EV использует статический подход и выдвигает проводник в контакт с источником заряда, когда транспортное средство является неподвижным, заряжается в то время, когда транспортное средство не перемещается, и извлекает проводник из контакта с источником заряда до возобновления перемещения.

[0004] Линии источников заряда, которые проходят постоянно рядом с рельсом, требуют дополнительного физического пространства и инфраструктуры, могут быть неэстетическими, могут приводить к рискам для окружающих и быть затратными в отношении строительства и безопасного техобслуживания. Традиционные рельсовые EV могут быть сконфигурированы с системой накопления энергии, которая накапливает мощность для работы моторов и обеспечивает возможность рельсовому EV проходить по пролетам рельсов, в которых источник заряда не присутствует. Тем не менее, эти рельсовые EV могут страдать от ограничений по дальности, ограничений по сроку службы источников энергии и отсутствия гибкости в реализации для рельсовых EV с множеством нагрузок моторов и вспомогательных нагрузок, требующих электрической мощности.

[0005] В связи с этим, существуют потребности в улучшенных энергетических системах для использования в рельсовых электрических транспортных средствах, а также в связанных транспортных средствах и в стационарных вариантах применения.

Сущность изобретения

[0006] Примерные варианты осуществления систем, устройств и способов предоставляются в данном документе для электрических транспортных средств, которые подвергаются прерывистому заряду, таких как рельсовые электрические транспортные средства, имеющие одну или более модульных каскадных энергетических систем. Одна или более модульных систем могут быть выполнены с возможностью подавать многофазную мощность, однофазную мощность и/или мощность постоянного тока во множество нагрузок мотора и вспомогательных нагрузок EV. Если несколько систем или подсистем присутствуют в EV, они могут взаимно соединяться с возможностью обмениваться энергией между собой множеством различных способов, к примеру, через линии, предназначенные для переноса мощности из прерывисто соединенного источника заряда, либо посредством присутствия модулей, взаимно соединенных между матрицами подсистем. Подсистемы могут быть сконфигурированы как подсистемы, которые подают мощность только для нагрузок мотора, для нагрузок мотора в комбинации со вспомогательными нагрузками и только для вспомогательных нагрузок.

[0007] Каждый модуль подсистем может быть сконфигурирован с несколькими преобразователями и с одним или более источников энергии таким образом, что модули могут принимать сигналы относительно высокого напряжения из прерывисто соединенного источника заряда и модифицировать это напряжение с помощью одного или более преобразователей, чтобы заряжать один или более источников энергии, а также таким образом, что модули могут использовать другой преобразователь для того, чтобы преобразовывать постоянное напряжение из одного или более источников энергии в выходное переменное напряжение для снабжения мощностью одной или более нагрузок EV. Заряд может возникать в то время, когда EV перемещается, к примеру, для рельсового EV, принимающего мощность из воздушного, наземного или подземного источника заряда. Варианты осуществления также являются применимыми к другим вариантам применения.

[0008] 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 такие дополнительные системы, способы, признаки и преимущества включены в рамки этого описания, находятся в пределах объема предмета изобретения, описанного в данном документе, и защищаются посредством прилагаемой формулы изобретения. Никким 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

[0009] Подробности предмета изобретения, изложенного в данном документе, как в отношении его структуры, так и в отношении его работы, могут быть очевидными посредством исследования прилагаемых чертежей, на которых аналогичные ссылки с номерами означают аналогичные части. Компоненты на чертежах не обязательно должны быть нарисованы в масштабе, причем акцент вместо этого ставится на иллюстрации 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.

[0010] Фиг. 1А-1С являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модульной энергетической системы.

[0011] Фиг. 1D-1E являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления устройств управления для энергетической системы.

[0012] Фиг. 1F-1G являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модульных энергетических систем, соединенных с нагрузкой и источником заряда.

[0013] Фиг. 2А-2В являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модуля и системы управления в энергетической системе.

[0014] Фиг. 2С является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления физической конфигурации модуля.

[0015] Фиг. 2D является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления физической конфигурации модульной энергетической системы.

[0016] Фиг. 3А-3С являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модулей, имеющих различные электрические конфигурации.

[0017] Фиг. 4А-4F являются схематичными видами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления источников энергии.

[0018] Фиг. 5А-5С являются схематичными видами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления энергетических буферов.

[0019] Фиг. 6А-6С являются схематичными видами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления преобразователей.

[0020] Фиг. 7А-7Е являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модульных энергетических систем, имеющих различные топологии.

[0021] Фиг. 8А является графиком, иллюстрирующим примерное выходное напряжение модуля.

[0022] Фиг. 8В является графиком, иллюстрирующим примерное многоуровневое выходное напряжение матрицы модулей.

[0023] Фиг. 8С является графиком, иллюстрирующим примерный опорный сигнал и несущие сигналы, применимые в технологии управления с широтно-импульсной модуляцией.

[0024] Фиг. 8D является графиком, иллюстрирующим примерные опорные сигналы

и несущие сигналы, применимые в технологии управления с широтно-импульсной модуляцией.

[0025] Фиг. 8Е является графиком, иллюстрирующим примерные переключающие сигналы, сформированные согласно технологии управления с широтно-импульсной модуляцией.

[0026] Фиг. 8F является графиком, иллюстрирующим примерное многоуровневое выходное напряжение, сформированное посредством наложения выходных напряжений из матрицы модулей согласно технологии управления с широтно-импульсной модуляцией.

[0027] Фиг. 9А-9В являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления контроллеров для модульной энергетической системы.

[0028] Фиг. 10А является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления многофазной модульной энергетической системы, имеющей коммутационный модуль.

[0029] Фиг. 10В является принципиальной схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления коммутационного модуля в многофазном варианте осуществления по фиг. 10А.

[0030] Фиг. 10С является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модульной энергетической системы, имеющей две подсистемы, соединенные между собой посредством коммутационных модулей.

[0031] Фиг. 10D является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления трехфазной модульной энергетической системы, имеющей коммутационные модули, подающие мощность во вспомогательные нагрузки.

[0032] Фиг. 10Е является схематичным видом, иллюстрирующим примерный вариант осуществления коммутационных модулей в многофазном варианте осуществления по фиг. 10D.

[0033] Фиг. 10F является блок-схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления трехфазной модульной энергетической системы, имеющей коммутационные модули, подающие мощность во вспомогательные нагрузки.

[0034] Фиг. 11А является иллюстрацией, показывающей примерный маршрут электрического рельсового транспортного средства.

[0035] Фиг. 11В является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления схемы размещения электрооборудования модульной энергетической системы для электрического рельсового транспортного средства.

[0036] Фиг. 11С является схемой сбоку, иллюстрирующей примерный вариант осуществления схемы размещения электрооборудования модульной энергетической системы для электрического рельсового транспортного средства.

[0037] Фиг. 11D является блок-схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления схемы размещения электрооборудования модульной энергетической системы для электрического рельсового транспортного средства.

[0038] Фиг. 11Е является схемой сбоку, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления схемы размещения электрооборудования модульной энергетической системы для электрического рельсового транспортного средства.

[0039] Фиг. 11F является блок-схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления схемы размещения электрооборудования модульной энергетической системы для электрического рельсового транспортного средства.

[0040] Фиг. 12А-12В являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модулей для использования в модульной энергетической системе.

[0041] Фиг. 13А-13С являются принципиальными схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модулей для использования в модульной энергетической системе.

[0042] Фиг. 14А-14В являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления топологий модульной энергетической системы.

[0043] Фиг. 14С-14D являются принципиальными схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления коммутационных модулей для использования в модульной энергетической системе.

[0044] Фиг. 15 является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления топологии модульной энергетической системы.

[0045] Фиг. 16 является принципиальной схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления коммутационного модуля.

Подробное описание изобретения

[0046] 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, служит только для целей описания конкретных вариантов осуществления и не имеет намерение быть ограничивающей, поскольку объем настоящего раскрытия сущности должен быть ограничен только посредством прилагаемой формулы изобретения.

[0047] Перед описанием примерных вариантов осуществления, связанных с модульными энергетическими системами, реализованными в рельсовых и других вариантах применения, базирующихся на прерывистом заряде, целесообразно сначала подробнее описывать эти базовые системы. Со ссылкой на фиг. 1А-10F, следующие разделы описывают различные варианты применения, в которых могут реализовываться варианты осуществления модульных энергетических систем, варианты осуществления систем или устройств управления для модульных энергетических систем, конфигурации вариантов осуществления модульных энергетических систем относительно источников заряда и нагрузок, варианты осуществления отдельных модулей, варианты осуществления топологий для компоновки модулей в системах, варианты осуществления технологий управления, варианты осуществления балансировки рабочих характеристик модулей в

системах и варианты осуществления использования коммутационных модулей (модулей межсоединения).

Примеры вариантов применения

[0048] Стационарные варианты применения представляют собой варианты применения, в которых модульная энергетическая система расположена в фиксированном местоположении во время использования, хотя она может допускать транспортировку в альтернативные местоположения при неиспользовании. Модульная энергетическая система постоянно размещается в статическом местоположении при предоставлении электрической энергии для потребления посредством одного или более других объектов либо при накоплении или буферизации энергии для последующего потребления. Примеры стационарных вариантов применения, в которых могут использоваться варианты осуществления, раскрытые в данном документе, включают в себя, но не только: энергетические системы для использования посредством либо в рамках одного или более жилых зданий и сооружений или местностей, энергетические системы для использования посредством либо в рамках одного или более промышленных сооружений или местностей, энергетические системы для использования посредством либо в рамках одного или более коммерческих сооружений или местностей, энергетические системы для использования посредством либо в рамках одного или более государственных учреждений или местностей (включающих в себя военные и невоенные варианты использования), энергетические системы для заряда мобильных вариантов применения, описанных ниже (например, источник заряда или зарядную станцию), и системы, которые преобразуют солнечную энергию, ветер, геотермальную энергию, ископаемое топливо или ядерные реакции в электричество для накопления. Стационарные варианты применения зачастую подают мощность в такие нагрузки, как сети и микросети, моторы и центры обработки и хранения данных. Стационарная энергетическая система может использоваться в роли для накопления или не для накопления.

[0049] Мобильные варианты применения, иногда называемые "вариантами применения на основе тяги", 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 мотора, чтобы перемещаться или помогать в перемещении этого 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 над или под материком, над или под водой, выше и без контакта с сушей или водой (например, полет или зависание в воздухе) либо 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 другие плавучие средства), подводную лодку, локомотив или рельсовое транспортное средство (например, поезд, трамвай и т.д.), транспортное средство военного назначения, космический аппарат и спутник.

[0050] В описании вариантов осуществления в данном документе, упоминается конкретный стационарный вариант применения (например, сеть, микросеть, центры обработки и хранения данных, облачные вычислительные окружения) или мобильный вариант применения (например, электромобиль). Такие упоминания задаются для простоты пояснения и не означают то, что конкретный вариант осуществления ограничен для использования только этим конкретным мобильным или стационарным вариантом применения. Варианты осуществления систем, предоставляющих мощность в мотор, 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, раскрытые в данном документе, допускают использование как в мобильных, так и в стационарных вариантах применения, если не указано иное.

Примеры модульных энергетических систем

[0051] Фиг. 1А является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модульной энергетической системы 100. Здесь, система 100 включает в себя схему 102 управления, соединенную с возможностью осуществления связи с N модулями 108-1 - 108-N преобразователя/источника, по трактам или линиям 106-1 - 106-N связи, соответственно. Модули 108 выполнены с возможностью накапливать энергию и выводить энергию по мере необходимости в нагрузку 101 (или в другие модули 108). В этих вариантах осуществления, любое число из двух или более модулей 108 может использоваться (например, N больше или равно двум). Модули 108 могут соединяться между собой множеством способов, как подробнее описано относительно фиг. 7А-7Е. Для простоты иллюстрации, на фиг. 1А-1С, модули 108 показаны соединенными последовательно или в качестве одномерной матрицы, в которой N-ый модуль соединяется с нагрузкой 101.

[0052] Система 100 выполнена с возможностью подавать мощность в нагрузку 101. Нагрузка 101 может представлять собой любой тип нагрузки, такой как мотор или сеть.

Система 100 также выполнена с возможностью накапливать мощность, принимаемую из источника заряда. Фиг. 1F является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления системы 100 с интерфейсом 151 ввода мощности для приема мощности из источника 150 заряда и интерфейсом вывода мощности для вывода мощности в нагрузку 101. В этом варианте осуществления, система 100 может принимать и накапливать мощность по интерфейсу 151 одновременно с выводом мощности по интерфейсу 152. Фиг. 1G является блок-схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления системы 100 с переключаемым интерфейсом 154. В этом варианте осуществления, система 100 может выбирать, или ей может инструктироваться выбирать между приемом мощности из источника 150 заряда и выводом мощности в нагрузку 101. Система 100 может быть выполнена с возможностью подавать мощность в несколько нагрузок 101, включающих в себя первичные и вспомогательные нагрузки, и/или принимать мощность из нескольких источников 150 заряда (например, из коммунальной электросети и локального возобновляемого источника энергии (например, солнечного)).

[0053] Фиг. 1B иллюстрирует другой примерный вариант осуществления системы 100. Здесь, схема 102 управления реализуется как ведущее устройство 112 управления, соединенное с возможностью осуществления связи с N различных локальных устройств 114-1 - 114-N управления по трактам или линиям 115-1-115-N связи, соответственно. Каждое LCD 114-1 - 114-N соединяется с возможностью осуществления связи с одним модулем 108-1 - 108-N по трактам или линиям 116-1 - 116-N связи, соответственно, так что возникает взаимосвязь 1:1 между LCD 114 и модулями 108.

[0054] Фиг. 1C иллюстрирует другой примерный вариант осуществления системы 100. Здесь, MCD 112 соединяется с возможностью осуществления связи с M различных LCD 114-1 - 114-M по трактам или линиям 115-1-115-M связи, соответственно. Каждое LCD 114 может соединяться с и управлять двумя или более модулей 108. В примере, показанном здесь, каждое LCD 114 функционально соединяется с двумя модулями 108, так что M LCD 114-1 - 114-M соединяются с 2M модулей 108-1 - 108-2M по трактам или линиям 116-1 - 116-2M связи, соответственно.

[0055] Система 102 управления может быть сконфигурирована как одно устройство (например, фиг. 1A) для всей системы 100 либо может распределяться по или реализовываться в качестве нескольких устройств (например, фиг. 1B-1C). В некоторых вариантах осуществления, система 102 управления может распределяться между LCD 114, ассоциированными с модулями 108, так что MCD 112 не требуется, и может опускаться из системы 100.

[0056] Система 102 управления может быть выполнена с возможностью выполнять управление с использованием программного обеспечения (инструкций, сохраненных в запоминающем устройстве, которые выполняются посредством схемы обработки), аппаратных средств либо комбинации вышеозначенного. Одно или более устройств системы 102 управления могут включать в себя схему 120 обработки и запоминающее устройство 122, как показано здесь. Ниже подробнее описываются примерные реализации

схемы обработки и запоминающего устройства.

[0057] Система 102 управления может иметь интерфейс связи для обмена данными с устройствами 104, внешними для системы 100, по тракту или линии 105 связи. Например, система 102 управления (например, MCD 112) может выводить данные или информацию относительно системы 100 в другое устройство 104 управления (например, в электронный блок управления (ECU) или в блок управления мотором (MCU) транспортного средства в мобильном варианте применения, в контроллер сети в стационарном варианте применения и т.д.).

[0058] Тракты или линии 105, 106, 115, 116 и 118 связи (фиг. 2B) могут представлять собой тракты проводной (например, электрической, оптической) или беспроводной связи, которые обмениваются данными или информацией двунаправленным, параллельным или последовательным способом. Данные могут передаваться в стандартизированном (например, IEEE, ANSI) или заказном (например, собственном) формате. В автомобильных вариантах применения, тракты 115 связи могут быть выполнены с возможностью обмениваться данными согласно FlexRay- или CAN-протоколам. Тракты 106, 115, 116 и 118 связи также могут предоставлять проводную мощность, чтобы непосредственно подавать рабочую мощность для системы 102 управления из одного или более модулей 108. Например, рабочая мощность для каждого LCD 114 может подаваться только посредством одного или более модулей 108, с которыми соединяется то LCD 114, и рабочая мощность для MCD 112 может подаваться косвенно из одного или более модулей 108 (например, через сеть подачи мощности вагона).

[0059] Система 102 управления выполнена с возможностью управлять одним или более модулей 108 на основе информации состояния, принимаемой из идентичных или различных одного или более модулей 108. Управление также может быть основано на одном или более других факторов, таких как требования нагрузки 101. Управляемые аспекты включают в себя, но не только, одно или более из напряжения, тока, фазы и/или выходной мощности каждого модуля 108.

[0060] Информация состояния каждого модуля 108 в системе 100 может передаваться в систему 102 управления, которая может независимо управлять каждым модулем 108-1...108-N. Другие варьирования являются возможными. Например, конкретный модуль 108 (или поднабор модулей 108) может управляться на основе информации состояния этого конкретного модуля 108 (или поднабора), на основе информации состояния другого модуля 108, который не представляет собой этот конкретный модуль 108 (или поднабор), на основе информации состояния всех модулей 108, отличных от этого конкретного модуля 108 (или поднабора), на основе информации состояния этого конкретного модуля 108 (или поднабора) и информации состояния, по меньшей мере, еще одного модуля 108, который не представляет собой этот конкретный модуль 108 (или поднабор), либо на основе информации состояния всех модулей 108 в системе 100.

[0061] Информация состояния может представлять собой информацию относительно одного или более аспектов, характеристик или параметров каждого модуля 108. Типы информации состояния включают в себя, но не только, следующие аспекты модуля 108 либо одного или более его компонентов (например, источника энергии, энергетического буфера, преобразователя, схемы мониторинга): состояние заряда (SOC) (например, уровень заряда источника энергии относительно его емкости, к примеру, часть или процент) одного или более источников энергии модуля, состояние работоспособности (SOH) (например, показатель качества для состояния источника энергии по сравнению 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 присутствие/отсутствие неисправности в любых одном или более компонентах модуля.

[0062] LCD 114 могут быть выполнены с возможностью принимать информацию состояния из каждого модуля 108 или определять информацию состояния из отслеживаемых сигналов или данных, принимаемых из или в каждом модуле 108, и передавать эту информацию в MCD 112. В некоторых вариантах осуществления, каждое LCD 114 может передавать собранные необработанные данные в MCD 112, которое затем алгоритмически определяет информацию состояния на основе этих необработанных данных. MCD 112 затем может использовать информацию состояния модулей 108 для того, чтобы выполнять определения при управлении соответствующим образом. Определения могут принимать форму инструкций, команд или другой информации (такой как индекс модуляции, описанный в данном документе), которая может использоваться посредством LCD 114 для того, чтобы поддерживать или регулировать работу каждого модуля 108.

[0063] Например, MCD 112 может принимать информацию состояния и оценивать эту информацию для того, чтобы определять разность, по меньшей мере, между одним модулем 108 (например, его компонентом) и, по меньшей мере, одним или более других модулей 108 (например, их сравнимых компонентов). Например, MCD 112 может определять то, что конкретный модуль 108 работает с одним из следующих условий по сравнению с одним или более других модулей 108: с относительно более низким или более высоким SOC, с относительно более низким или более высоким SOH, с относительно меньшей или большей емкостью, с относительно меньшим или большим напряжением, с относительно меньшим или большим током, с относительно более низкой или более высокой температурой либо с или без неисправности. В таких примерах, MCD 112 может выводить управляющую информацию, которая инструктирует релевантному аспекту (например, выходному напряжению, току, мощности, температуре) этого конкретного модуля 108 уменьшаться или увеличиваться (в зависимости от условия). Таким образом, использование выбросового модуля 108 (например, работа с относительно

более низким SOC или более высокой температурой) может уменьшаться таким образом, чтобы инструктировать релевантному параметру этого модуля 108 (например, SOC или температуре) сходиться к релевантному параметру одного или более других модулей 108.

[0064] Определение того, следует или нет регулировать работу конкретного модуля 108, может выполняться посредством сравнения информации состояния с предварительно определенными пороговыми значениями, пределами или условиями и не обязательно посредством сравнения с состояниями других модулей 108. Предварительно определенные пороговые значения, пределы или условия могут представлять собой статические пороговые значения, пределы или условия, к примеру, пороговые значения, пределы или условия, 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 во время использования. Например, MCD 112 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 может регулировать работу модуля 108, если информация состояния для этого модуля 108 указывает присутствие фактической или потенциальной неисправности (например, аварийный сигнал или предупреждение) либо указывает отсутствие или устранение 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 снижаться, чтобы не допускать повреждения модуля, либо использование модуля вообще может прекращаться.

[0065] MCD 112 может управлять модулями 108 в системе 100 таким образом, чтобы достигать или сходиться к требуемой цели. Цель, например, может представлять собой работу всех модулей 108 на идентичных или аналогичных уровнях относительно друг друга либо в пределах предварительно определенных пороговых значений или условий. 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 их компонентами, а вместо этого используется в широком смысле для того, чтобы сообщать то, что работа системы 100 может использоваться для того, чтобы активно уменьшать диспаратности в работе между модулями 108, которые в противном случае существуют.

[0066] MCD 112 может передавать управляющую информацию в LCD 114 для целей управления модулями 108, ассоциированными с LCD 114. Управляющая информация, например, может представлять собой индекс модуляции и опорный сигнал,

как описано в данном документе, модулированный опорный сигнал и т.п. Каждое LCD 114 может использовать (например, принимать и обрабатывать) управляющую информацию для того, чтобы формировать переключающие сигналы, которые управляют работой одного или более компонентов (например, преобразователя) в ассоциированном модуле(ях) 108. В некоторых вариантах осуществления, MCD 112 формирует переключающие сигналы непосредственно и выводит их в LCD 114, которое ретранслирует переключающие сигналы в намеченный модульный компонент.

[0067] Вся или часть системы 102 управления может комбинироваться с внешним устройством 104 управления системы, которое управляет одним или более других аспектов мобильного или стационарного варианта применения. При интегрировании в этом совместно используемом либо общем устройстве (или подсистеме) управления, управление системой 100 может реализовываться любым требуемым способом, к примеру, как одно или более программных приложений, выполняемых посредством схемы обработки совместно используемого устройства, с помощью аппаратных средств совместно используемого устройства либо как комбинация вышеозначенного. Неисчерпывающие примеры внешних устройств 104 управления включают в себя: ECU или MCU транспортного средства, имеющий возможности управления для одной или более других функций транспортного средства (например, для управления мотором, управления интерфейсом водителя, регулирования тяги и т.д.); контроллер сети или микросети, отвечающий за одну или более других функций управления мощностью (например, связь с помощью интерфейса с нагрузкой, предсказание требований по мощности в нагрузке, передачу и переключение, интерфейс с источниками заряда (например, дизельными, солнечными, ветровыми), предсказание мощности источников заряда, мониторинг резервных источников, диспетчеризацию активов и т.д.); и подсистему управления центра обработки и хранения данных (например, управление состоянием окружающей среды, управление сетью, управление резервированием и т.д.).

[0068] Фиг. 1D и 1E являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления совместно используемого либо общего устройства 132 (или системы) управления, в котором может реализовываться система 102 управления. 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 LCD 114 по тракту 115, а также 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 ведущим устройством 112 управления по шине 136 и интерфейс 144 для связи с другими объектами (например, с компонентами транспортного средства или сети) полного варианта применения по тракту 136 связи. В некоторых вариантах осуществления, общее устройство 132 управления может интегрироваться в качестве общего кожуха или корпуса с устройствами 112 и 104, реализованными в качестве дискретных микросхем или корпусов с интегральными схемами (IC), содержащихся в нем.

[0069] На фиг. 1Е, внешнее устройство 104 управления выступает в качестве общего устройства 132 управления с функциональностью ведущего устройства управления, реализованной в качестве компонента 112 в устройстве 104. Этот компонент 112 может представлять собой или включать в себя программное обеспечение либо другие программные инструкции, сохраненные и/или жестко закодированные в запоминающем устройстве устройства 104 и выполняемые посредством его схемы обработки. Компонент также может содержать специализированные аппаратные средства. Компонент может представлять собой автономный модуль или ядро, с одним или более внутренних аппаратных и/или программных интерфейсов (например, с интерфейсом прикладного программирования (API)) для связи с системным программным обеспечением внешнего устройства 104 управления. Внешнее устройство 104 управления может управлять связью с LCD 114 по интерфейсу 141 и с другими устройствами по интерфейсу 144. В различных вариантах осуществления, устройство 104/132 может интегрироваться в качестве одной ИС-микросхемы, может интегрироваться в несколько ИС-микросхем в одном корпусе либо интегрироваться в качестве нескольких полупроводниковых корпусов в общем кожухе.

[0070] В вариантах осуществления по фиг. 1D и 1Е, функциональность ведущего устройства управления системы 102 совместно используется в общем устройстве 132; тем не менее, другие разделения совместного управления разрешаются. Например, часть функциональности ведущего устройства управления может распределяться между общим устройством 132 и выделенным MCD 112. В другом примере, как функциональность ведущего устройства управления, так и, по меньшей мере, часть функциональности локального устройства управления может реализовываться в общем устройстве 132 (например, с оставшейся функциональностью локального устройства управления, реализованной в LCD 114). В некоторых вариантах осуществления, вся система 102 управления реализуется в общем устройстве 132 (или подсистеме). В некоторых вариантах осуществления, функциональность локального устройства управления реализуется в устройстве, совместно используемом с другим компонентом каждого модуля 108, таким как система управления аккумулятором (BMS).

Примеры модулей в каскадных энергетических системах

[0071] Модуль 108 может включать в себя один или более источников энергии и преобразователь для электронных схем подачи мощности и, при необходимости, энергетический буфер. Фиг. 2А-2В являются блок-схемами, иллюстрирующими дополнительные примерные варианты осуществления системы 100 с модулем 108, имеющим преобразователь мощности 202, энергетический буфер 204 и источник 206 энергии. Преобразователь 202 может представлять собой преобразователь напряжения или преобразователь тока. Варианты осуществления описываются в данном документе со ссылкой на преобразователи напряжения, хотя варианты осуществления не ограничены этим. Преобразователь 202 может быть выполнен с возможностью преобразовывать сигнал постоянного тока из источника 204 энергии в сигнал переменного тока и выводить его по соединению 110 для подачи мощности (например, по инвертору). Преобразователь

202 также может принимать сигнал переменного тока или постоянного тока по соединению 110 и прикладывать его к источнику 204 энергии с любой полярностью в непрерывной или импульсной форме. Преобразователь 202 может представлять собой или включать в себя компоновку переключателей (например, силовых транзисторов), 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.

[0072] Преобразователь 202 также (или альтернативно) может быть выполнен с возможностью выполнять преобразование переменного тока в постоянный ток (например, выпрямитель), к примеру, чтобы заряжать источник энергии постоянного тока из источника переменного тока, преобразование постоянного тока в постоянный и/или преобразование переменного тока в переменный (например, в комбинации с преобразователем переменного тока в постоянный ток). В некоторых вариантах осуществления, к примеру, для того, чтобы выполнять преобразование переменного тока в переменный, преобразователь 202 может включать в себя трансформатор, отдельно или в комбинации с одним или более силовых полупроводников (например, переключателей, диодов, тиристоров и т.п.). В других вариантах осуществления, к примеру, в вариантах осуществления, в которых вес и затраты представляют собой значимый фактор, преобразователь 202 может быть выполнен с возможностью выполнять преобразования только с помощью переключателей мощности, силовых диодов или других полупроводниковых устройств и без трансформатора.

[0073] Источник 206 энергии предпочтительно представляет собой надежное устройство накопления энергии, допускающее вывод постоянного тока и имеющее плотность энергии, подходящую для вариантов применения для накопления энергии для устройств с электроприводом. Топливный гальванический элемент может представлять собой один топливный гальванический элемент, несколько топливных гальванических элементов, соединенных последовательно или параллельно, либо модуль на топливных гальванических элементах. Два или более источников энергии могут включаться в каждый модуль, и два или более источников могут включать в себя два аккумулятора идентичного или различного типа, два конденсатора идентичного или различного типа, два топливных гальванических элемента идентичного или различного типа, один или более аккумуляторов, комбинированных с одним или более конденсаторов и/или топливных гальванических элементов, и один или более конденсаторов, комбинированных с одним или более топливных гальванических элементов.

[0074] Источник 206 энергии может представлять собой электрохимический аккумулятор, к примеру, один аккумуляторный гальванический элемент или несколько аккумуляторных гальванических элементов, соединенных между собой в аккумуляторном модуле или в матрице, либо любую комбинацию вышеозначенного. Фиг. 4А-4Д являются принципиальными схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления источника 206 энергии, сконфигурированного в качестве одного аккумуляторного

гальванического элемента 402 (фиг. 4А), аккумуляторного модуля с последовательным соединением нескольких (например, четырех) гальванических элементов 402 (фиг. 4В), аккумуляторного модуля с параллельным соединением единичных гальванических элементов 402 (фиг. 4С) и аккумуляторного модуля с параллельным соединением с плечами, имеющими по несколько (например, по два) гальванических элементов 402 (фиг. 4D). Примеры типов аккумуляторов включают в себя твердотельные аккумуляторы, жидкие гальваностереотипные аккумуляторы, жидкофазные аккумуляторы, а также проточные аккумуляторы, к примеру, литий-металлические аккумуляторы, литий-ионные аккумуляторы, литий-воздушные аккумуляторы, натрий-ионные аккумуляторы, калий-ионные аккумуляторы, магний-ионные аккумуляторы, щелочные аккумуляторы, никель-металлогидридные аккумуляторы, никель-сульфатные аккумуляторы, свинцово-кислотные аккумуляторы, цинк-воздушные аккумуляторы и т.п. Некоторые примеры типов литий-ионных аккумуляторов включают в себя оксид лития и кобальта (LCO), оксид лития и марганца (LMO), оксид лития, никеля, марганца и кобальта (NMC), фосфат лития и железа (LFP), оксид лития, никеля, алюминия и кобальта (NCA) и титанат лития (LTO).

[0075] Источник 206 энергии также может представлять собой конденсатор с высокой плотностью энергии (HED), к примеру, ультраконденсатор или суперконденсатор. HED-конденсатор может быть сконфигурирован как двухслойный конденсатор (накопление электростатического заряда), псевдоконденсатор (накопление электрохимического заряда), гибридный конденсатор (электростатический и электрохимический) и т.п., в противоположность твердому диэлектрическому типу типичного электролитического конденсатора. HED-конденсатор может иметь плотность энергии, в 10-100 раз (или более) превышающую плотность энергии электролитического конденсатора, в дополнение к большей емкости. Например, HED-конденсаторы могут иметь удельную энергию, большую 1,0 ватт-час на килограмм (ватт-ч/кг), и емкость, большую 10-100 фарад (Ф). Аналогично аккумуляторам, описанным относительно фиг. 4А-4D, источник 206 энергии может быть сконфигурирован как один HED-конденсатор или как несколько HED-конденсаторов, соединенных между собой в матрице (например, последовательно, параллельно либо как комбинация вышеозначенного).

[0076] Источник 206 энергии также может представлять собой топливный гальванический элемент. Примеры топливных гальванических элементов включают в себя топливные гальванические элементы с протонообменной мембраной (PEMFC), фосфорнокислые топливные гальванические элементы (PAFC), твердокислотные топливные гальванические элементы, щелочные топливные гальванические элементы, высокотемпературные топливные гальванические элементы, твердооксидные топливные гальванические элементы, топливные гальванические элементы с расплавленным электролитом и т.п. Аналогично аккумуляторам, описанным относительно фиг. 4А-4D, источник 206 энергии может быть сконфигурирован как один топливный гальванический элемент или как несколько топливных гальванических элементов, соединенных между

собой в матрице (например, последовательно, параллельно либо как комбинация вышеозначенного). Вышеуказанные примеры аккумуляторов, конденсаторов и топливных гальванических элементов не имеют намерение формировать полный список, и специалисты в данной области техники должны признавать другие разновидности, которые попадают в пределы объема настоящего предмета изобретения.

[0077] Энергетический буфер 204 может ослаблять или фильтровать флуктуации в токе через линию или звено постоянного тока (например, $+V_{DCL}$ и $-V_{DCL}$, как описано ниже), чтобы помогать в поддержании стабильности в напряжении звена постоянного тока. Эти флуктуации могут представлять собой относительно низкие (например, в килогерц) или высокие (например, в мегагерц) флуктуации частоты или гармоника, вызываемые посредством переключения преобразователя 202 или других переходных процессов. Эти флуктуации могут поглощаться посредством буфера 204 вместо прохождения в источник 206 либо в порты Ю3 и Ю4 преобразователя 202.

[0078] Соединение 110 для подачи мощности 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 из источника заряда (из зарядного устройства постоянного тока, однофазного зарядного устройства, многофазного зарядного устройства). Сигналы также могут пропускаться через модуль 108 с обходом источника 206 энергии. Маршрутизация энергии или мощности в/из модуля 108 выполняется посредством преобразователя 202 под управлением LCD 114 (или другого объекта системы 102).

[0079] В варианте осуществления по фиг. 2А, LCD 114 реализуется как компонент, отдельный от модуля 108 (например, не в совместно используемом модульном кожухе), и соединяется и допускает связь с преобразователем 202 через тракт 116 связи. В варианте осуществления по фиг. 2В, LCD 114 включается в качестве компонента модуля 108 и соединяется и допускает связь с преобразователем 202 через внутренний тракт 118 связи (например, совместно используемую шину или дискретные соединения). LCD 114 также может допускать прием сигналов из и передачу сигналов в энергетический буфер 204 и/или источник 206 энергии по трактам 116 или 118.

[0080] Модуль 108 также может включать в себя схему 208 мониторинга, выполненную с возможностью отслеживать (например, собирать, считывать, измерять и/или определять) один или более аспектов модуля 108 и/или его компонентов, таких как напряжение, ток, температура или другие рабочие параметры, которые составляют информацию состояния (либо могут использоваться для того, чтобы определять информацию состояния, например, посредством LCD 114). Основная функция информации состояния заключается в том, чтобы описывать состояние одного или более источников 206 энергии модуля 108, чтобы обеспечивать определения в отношении того, насколько следует использовать источник энергии по сравнению с другими источниками

в системе 100, хотя информация состояния, описывающая состояние других компонентов (например, напряжение, температура и/или присутствие неисправности в буфере 204, температура и/или присутствие неисправности в преобразователе 202, присутствие неисправности в другом месте в модуле 108 и т.д.), также может использоваться при определении использования. Схема 208 мониторинга может включать в себя один или более датчиков, шунтов, делителей, детекторов неисправностей, кулоновых счетчиков, контроллеров или другие аппаратные средства и/или программное обеспечение, выполненное с возможностью отслеживать такие аспекты. Схема 208 мониторинга может быть отдельной от различных компонентов 202, 204 и 206 или может интегрироваться с каждым компонентом 202, 204 и 206 (как показано на фиг. 2А-2В) либо осуществляться как любая комбинация вышеозначенного. В некоторых вариантах осуществления, схема 208 мониторинга может представлять собой часть либо совместно использоваться с системой управления аккумулятором (BMS) для аккумуляторного источника 204 энергии. Дискретная схема не требуется для того, чтобы отслеживать каждый тип информации состояния, поскольку более одного типа информации состояния может отслеживаться с помощью одной схемы или устройства либо алгоритмически определяться иным образом без необходимости в дополнительных схемах.

[0081] LCD 114 может принимать информацию состояния (или необработанные данные) относительно модульных компонентов по трактам 116, 118 связи. LCD 114 также может передавать информацию в модульные компоненты по трактам 116, 118. Тракты 116 и 118 могут включать в себя линии диагностических, измерительных, защитных и управляющих сигналов. Передаваемая информация может представлять собой управляющие сигналы для одного или более модульных компонентов. Управляющие сигналы могут представлять собой переключающие сигналы для преобразователя 202 и/или один или более сигналов, которые запрашивают информацию состояния из модульных компонентов. Например, LCD 114 может инструктировать информации состояния передаваться по трактам 116, 118 посредством запроса информации состояния непосредственно или посредством приложения управляющего воздействия (например, напряжения), с тем чтобы инструктировать информации состояния формироваться, в некоторых случаях в комбинации с переключающими сигналами, которые переводят преобразователь 202 в конкретное состояние.

[0082] Физическая конфигурация или схема размещения модуля 108 может принимать различные формы. В некоторых вариантах осуществления, модуль 108 может включать в себя общий кожух, в котором размещаются все модульные компоненты, например, преобразователь 202, буфер 204 и источник 206, наряду с другими необязательными компонентами, к примеру, с интегрированным LCD 114. В других вариантах осуществления, различные компоненты могут разделяться в дискретных кожухах, которые закрепляются между собой. Фиг. 2С является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модуля 108, имеющего первый кожух 220, который удерживает источник 206 энергии модульных электронных схем и

сопутствующие электронные схемы, к примеру, схему 208 мониторинга (не показана), второй кожух 222, который удерживает модульные электронные схемы, такие как преобразователь 202, энергетический буфер 204 и другие сопутствующие электронные схемы, к примеру, схему мониторинга (не показана), и третий кожух 224, который удерживает LCD 114 (не показано) для модуля 108. Электрические соединения между различными модульными компонентами могут проходить через кожухи 220, 222, 224 и могут быть открытыми для доступа на любых из наружных частей кожухов для соединения с другими устройствами, к примеру, с другими модулями 108 или MCD 112.

[0083] Модули 108 системы 100 могут физически размещаться относительно друг друга в различных конфигурациях, которые зависят от потребностей варианта применения и числа нагрузок. Например, в стационарном варианте применения, в котором система 100 предоставляет мощность для микросети, модули 108 могут быть размещены на одной или более стоек или других каркасов. Такие конфигурации также могут быть подходящими для более крупных мобильных вариантов применения, к примеру, для морских судов. Альтернативно, модули 108 могут закрепляться между собой и располагаться в общем кожухе, называемом "блоком". Стойка или блок может иметь собственную выделенную систему охлаждения, совместно используемую во всех модулях. Блочные конфигурации являются полезными для менее крупных мобильных вариантов применения, к примеру, для электромобилей. Система 100 может реализовываться с одной или более стоек (например, для параллельной подачи мощности в микросеть) либо с одним или более блоков (например, обслуживающих различные моторы транспортного средства), либо с комбинацией вышеозначенного. Фиг. 2D является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления системы 100, сконфигурированной в качестве блока с девятью модулями 108, электрически и физически соединенными между собой в общем кожухе 230.

[0084] Примеры этих и дополнительных конфигураций описываются в международной публикации номер 2020/205574 которая полностью содержится в данном документе по ссылке для всех целей.

[0085] Фиг. 3A-3C являются блок-схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модулей 108, имеющих различные электрические конфигурации. Эти варианты осуществления описываются как имеющие одно LCD 114 в расчете на модуль 108, при этом LCD 114 размещается в ассоциированном модуле, но могут быть сконфигурированы иным образом, как описано в данном документе. Фиг. 3A иллюстрирует первую примерную конфигурацию модуля 108A в системе 100. Модуль 108A включает в себя источник 206 энергии, энергетический буфер 204 и преобразователь 202A. Каждый компонент имеет порты соединения для подачи мощности (например, клеммы, разъемы), в которые может вводиться мощность, и/или из которых может выводиться мощность, называемые в данном документе "портами ввода-вывода". Такие порты также могут называться "портами ввода" или "портами вывода" в зависимости от контекста.

[0086] Источник 206 энергии может быть сконфигурирован как любой из типов источника энергии, описанных в данном документе (например, как аккумулятор, как описано относительно фиг. 4A-4D, HED-конденсатор, топливный гальванический элемент и т.п.). Порты IO1 и IO2 источника 206 энергии могут соединяться с портами IO1 и IO2, соответственно, энергетического буфера 204. Энергетический буфер 204 может быть выполнен с возможностью буферизовать или фильтровать высоко- и низкочастотные пульсации энергии, поступающие в буфер 204 через преобразователь 202, которые в противном случае могут ухудшать рабочие характеристики модуля 108. Топология и компоненты для буфера 204 выбираются таким образом, чтобы приспособлять максимальную допустимую амплитуду этих высокочастотных пульсаций напряжения. Несколько (неисчерпывающих) примерных вариантов осуществления энергетического буфера 204 проиллюстрированы на принципиальных схемах по фиг. 5A-5C. На фиг. 5A, буфер 204 представляет собой электролитический и/или пленочный конденсатор C_{EB} , на фиг. 5B, буфер 204 представляет собой сеть 710 Z-источников, сформированную посредством двух индукторов L_{EB1} и L_{EB2} и двух электролитических и/или пленочных конденсаторов C_{EB1} и C_{EB2} , и на фиг. 5C, буфер 204 представляет собой квазисеть 720 Z-источников, сформированную посредством двух индукторов L_{EB1} и L_{EB2} , двух электролитических и/или пленочных конденсаторов C_{EB1} и C_{EB2} и диода D_{EB} .

[0087] Порты IO3 и IO4 энергетического буфера 204 могут соединяться с портами IO1 и IO2, соответственно, преобразователя 202A, который может быть сконфигурирован как любой из типов преобразователей мощности, описанных в данном документе. Фиг. 6A является принципиальной схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления преобразователя 202A, сконфигурированного как преобразователь постоянного тока в переменный ток, который может принимать постоянное напряжение на портах IO1 и IO2 и переключаться для того, чтобы формировать импульсы на портах IO3 и IO4. Преобразователь 202A может включать в себя несколько переключателей, и здесь преобразователь 202A включает в себя четыре переключателя S3, S4, S5, S6, размещаемые в полномостовой конфигурации. Система 102 управления или LCD 114 может независимо управлять каждым переключателем через входные управляющие линии 118-3 в каждый затвор.

[0088] Переключатели могут представлять собой любой подходящий тип переключателей, к примеру, силовые полупроводники, такие как полевые транзисторы со структурой "металл-оксид-полупроводник" (MOSFET-транзисторы), показанные здесь, биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) или нитрид-галлиевые (GaN) транзисторы. Полупроводниковые переключатели могут работать на относительно высоких частотах переключения, в силу этого разрешая преобразователю 202 работать в режиме широтно-импульсной модуляции (PWM) при необходимости и отвечать 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.

[0089] В этом варианте осуществления, постоянное линейное напряжение V_{DCL} может прикладываться к преобразователю 202 между портами IO1 и IO2. Посредством соединения V_{DCL} с портами IO3 и IO4 посредством различных комбинаций переключателей S3, S4, S5, S6, преобразователь 202 может формировать три различных выходных напряжения на портах IO3 и IO4: $+V_{DCL}$, 0 и $-V_{DCL}$. Переключающий сигнал, предоставленный в каждый переключатель, управляет тем, переключатель включен (замкнут) или выключен (разомкнут). Чтобы получать $+V_{DCL}$, переключатели S3 и S6 включаются, в то время как S4 и S5 выключаются, тогда как $-V_{DCL}$ может получаться посредством включения переключателей S4 и S5 и выключения S3 и S6. Выходное напряжение может задаваться равным нулю (в том числе около нуля) или опорному напряжению посредством включения S3 и S5 при отключенных S4 и S6 либо посредством включения S4 и S6 при отключенных S3 и S5. Эти напряжения могут выводиться из модуля 108 по соединению 110 для подачи мощности. Порты IO3 и IO4 преобразователя 202 могут соединяться с (или формировать) модульные порты 1 и 2 ввода-вывода соединения 110 для подачи мощности таким образом, чтобы формировать выходное напряжение для использования с выходными напряжениями из других модулей 108.

[0090] Управляющие или переключающие сигналы для вариантов осуществления преобразователя 202, описанного в данном документе, могут формироваться различными способами в зависимости от технологии управления, используемой посредством системы 100, чтобы формировать выходное напряжение преобразователя 202. В некоторых вариантах осуществления, технология управления представляет собой PWM-технологию, к примеру, пространственно-векторную широтно-импульсную модуляцию (SVPWM) или синусоидальную широтно-импульсную модуляцию (SPWM) либо варьирования означенного. Фиг. 8А является графиком напряжения в зависимости от времени, иллюстрирующим пример формы 802 сигнала выходного напряжения преобразователя 202. Для простоты описания, варианты осуществления в данном документе описываются в контексте технологии PWM-управления, хотя варианты осуществления не ограничены этим. Другие классы технологий могут использоваться. Один альтернативный класс основан на гистерезисе, примеры которого описываются в международных публикациях номер WO 2018/231810A1, WO 2018/232403A1 и WO 2019/183553A1, которые содержатся по ссылке в данном документе для всех целей.

[0091] Каждый модуль 108 может быть сконфигурирован с несколькими источниками 206 энергии (например, с двумя, тремя, четырьмя или более). Каждый источник 206 энергии модуля 108 может быть управляемым (переключаемым) с возможностью подавать мощность в соединение 110 (или принимать мощность из источника заряда) независимо от других источников 206 модуля. Например, все источники 206 могут выводить мощность в соединение 110 (или заряжаться) одновременно, либо только один (или поднабор) источников 206 может подавать мощность (или заряжаться) в любой момент. 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 любой источник энергии, описанный в данном документе (например, как аккумулятор, HED-конденсатор, топливный гальванический элемент). Каждый из источников 206 может представлять собой идентичный тип (например, каждый может представлять собой аккумулятор) или различный тип (например, первый источник может представлять собой аккумулятор, и второй источник может представлять собой HED-конденсатор, или первый источник может представлять собой аккумулятор, имеющий первый тип (например, NMC), и второй источник может представлять собой аккумулятор, имеющий второй тип (например, LFP).

[0092] Фиг. 3В является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модуля 108В в конфигурации с двумя источниками энергии с первичным источником 206А энергии и вторичным источником 206В энергии. Порты IO1 и IO2 первичного источника 202А могут соединяться с портами IO1 и IO2 энергетического буфера 204. Модуль 108В включает в себя преобразователь 202В, имеющий дополнительный порт ввода-вывода. Порты IO3 и IO4 буфера 204 могут соединяться с портами IO1 и IO2, соответственно, преобразователя 202В. Порты IO1 и IO2 вторичного источника 206В могут соединяться с портами IO5 и IO2, соответственно, преобразователя 202В (также соединяться с портом IO4 буфера 204).

[0093] В этом примерном варианте осуществления модуля 108В, первичный источник энергии 202А, наряду с другими модулями 108 системы 100, подает среднюю мощность, необходимую посредством нагрузки. Вторичный источник 202В может выполнять функцию помощи источнику 202 энергии за счет предоставления дополнительной мощности при пиках мощности в нагрузке либо поглощения избыточной мощности и т.п.

[0094] Как упомянуто, как первичный источник 206А, так и вторичный источник 206В могут использоваться одновременно или в разные моменты времени в зависимости от состояния переключателя преобразователя 202В. Если используются одновременно, электролитический и/или пленочный конденсатор (C_{ES}) может быть размещен параллельно с источником 206В, как проиллюстрировано на фиг. 4Е, так что он выступает в качестве энергетического буфера для источника 206В, либо источник 206В энергии может быть выполнен с возможностью использовать HED-конденсатор параллельно с другим источником энергии (например, с аккумулятором или топливным гальваническим элементом), как проиллюстрировано на фиг. 4F.

[0095] Фиг. 6В и 6С являются схематическими видами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления преобразователей 202В и 202С, соответственно. Преобразователь 202В включает в себя части 601 и 602А схемы переключения. Часть 601 включает в себя переключатели S3-S6, сконфигурированные в качестве полного моста аналогично преобразователю 202А, и выполнена с возможностью избирательно соединять IO1 и IO2 с любым из IO3 и IO4, за счет этого изменяя выходные напряжения модуля 108В. Часть 602А включает в себя переключатели S1 и S2, сконфигурированные в

качестве полумоста и соединенные между портами IO1 и IO2. Соединительный индуктор L_C соединяется между портом IO5 и узлом 1, присутствующим между переключателями S1 и S2, таким образом, что часть 602A переключения представляет собой двунаправленный преобразователь, который может регулировать (повышать или понижать) напряжение (или обратный ток). Часть 602A переключения может формировать два различных напряжения в узле 1, которые составляют $+V_{DCL2}$ и 0, задаваемое в качестве опорного уровня для порта IO2, который может иметь виртуальный нулевой потенциал. Ток, потребляемый из или вводимый в источник 202В энергии, может управляться посредством регулирования напряжения на соединительном индукторе L_C , с использованием, например, технологии широтно-импульсной модуляции или способа управления гистерезисом для коммутации переключателей S1 и S2. Другие технологии также могут использоваться.

[0096] Преобразователь 202С отличается от преобразователя 202В, поскольку часть 602В переключения включает в себя переключатели S1 и S2, сконфигурированные в качестве полумоста и соединенные между портами IO5 и IO2. Соединительный индуктор L_C соединяется между портом IO1 и узлом 1, присутствующим между переключателями S1 и S2, таким образом, что часть 602В переключения выполнена с возможностью регулировать напряжение.

[0097] Система 102 управления или LCD 114 может независимо управлять каждым переключателем преобразователей 202В и 202С через входные управляющие линии 118-3 в каждый затвор. В этих вариантах осуществления и в варианте осуществления по фиг. 6А, LCD 114 (а не MCD 112) формирует переключающие сигналы для переключателей преобразователя. Альтернативно, MCD 112 может формировать переключающие сигналы, которые могут передаваться непосредственно в переключатели или ретранслироваться посредством LCD 114.

[0098] В вариантах осуществления, в которых модуль 108 включает в себя три или более источников 206 энергии, преобразователи 202В и 202С могут масштабироваться, соответственно, так что каждый дополнительный источник 206В энергии соединяется с дополнительным портом ввода-вывода, что приводит к дополнительной части 602А или 602В схемы переключения, в зависимости от потребностей конкретного источника. Например, преобразователь 202 двух источников может включать в себя обе части 202А и 202В переключения.

[0099] Модули 108 с несколькими источниками 206 энергии допускают выполнение дополнительных функций, таких как совместное использование энергии источниками 206, захват энергии изнутри варианта применения (например, при рекуперативном торможении), заряд первичного источника посредством вторичного источника даже в то время, когда общая система находится в состоянии разряда, и активная фильтрация вывода модуля. Примеры этих функций описываются подробнее в международной публикации номер WO 2020/205574, поданной 27 марта 2020 года и озаглавленной "Module-Based Energy Systems Capable Of Cascaded And Interconnected

Configurations and Methods Related Thereto", и в международной публикации номер WO 2019/183553, поданной 22 марта 2019 года и озаглавленной "Systems and Methods for Power Management and Control", обе из которых полностью содержатся по ссылке в данном документе для всех целей.

[00100] Каждый модуль 108 может быть выполнен с возможностью подавать мощность в одну или более вспомогательных нагрузок с помощью одного или более источников 206 энергии. Вспомогательные нагрузки представляют собой нагрузки, которые требуют меньших напряжений, чем первичная нагрузка 101. Примеры вспомогательных нагрузок, например, могут представлять собой бортовую электрическую сеть электрического транспортного средства или HVAC-систему электрического транспортного средства. Нагрузка системы 100, например, может представлять собой одну из фаз мотора транспортного средства или электрической сети. Этот вариант осуществления может обеспечивать возможность полного развязывания между электрическими характеристиками (напряжением и током на клеммах) источника энергии и электрическими характеристиками нагрузок.

[00101] Фиг. 3С является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модуля 108С, выполненного с возможностью подавать мощность в первую вспомогательную нагрузку 301 и вторую вспомогательную нагрузку 302, причем модуль 108С включает в себя источник 206 энергии, энергетический буфер 204 и преобразователь 202В, соединенные между собой способом, аналогичным способу по фиг. 3В. Первая вспомогательная нагрузка 301 требует напряжения, эквивалентного напряжению, подаваемому из источника 206. Нагрузка 301 соединяется с портами 3 и 4 ввода-вывода модуля 108С, которые, в свою очередь, соединяются с портами IO1 и IO2 источника 206. Источник 206 может выводить мощность как в соединение 110 для подачи мощности, так и в нагрузку 301. Вторая вспомогательная нагрузка 302 требует неизменяющегося постоянного напряжения, ниже напряжения источника 206. Нагрузка 302 соединяется с портами 5 и 6 ввода-вывода модуля 108С, которые соединяются с портами IO5 и IO2, соответственно, преобразователя 202В. Преобразователь 202В может включать в себя часть 602 переключения, имеющую соединительный индуктор LC, соединенный с портом IO5 (фиг. 6В). Энергия, подаваемая посредством источника 206, может подаваться в нагрузку 302 через часть 602 переключения преобразователя 202В. Предполагается, что нагрузка 302 имеет входной конденсатор (конденсатор может добавляться в модуль 108С, если отсутствует), так что переключатели S1 и S2 могут коммутироваться для того, чтобы регулировать напряжение на и ток через соединительный индуктор LC и в силу этого формировать стабильное неизменяющееся постоянное напряжение для нагрузки 302. Это регулирование может понижать напряжение источника 206 до напряжения с более низкой абсолютной величиной, требуемое посредством нагрузки 302.

[00102] Модуль 108С в силу этого может быть выполнен с возможностью подавать мощность в одну или более первых вспомогательных нагрузок способом, описанным относительно нагрузки 301, при этом одна или более первых нагрузок соединяются с

портами 3 и 4 ввода-вывода. Модуль 108С также может быть выполнен с возможностью подавать мощность в одну или более вторых вспомогательных нагрузок способом, описанным относительно нагрузки 302. Если несколько вторых вспомогательных нагрузок 302 присутствуют, то для каждой дополнительной нагрузки 302 модуль 108С может масштабироваться с дополнительными выделенными модульными портами вывода (такими как 5 и 6), дополнительной выделенной частью 602 переключения и дополнительным портом ввода-вывода преобразователя, соединенным с дополнительной частью 602.

[00103] Источник 206 энергии в силу этого может подавать мощность для любого числа вспомогательных нагрузок (например, 301 и 302), а также соответствующую часть выходной мощности системы, необходимую посредством первичной нагрузки 101. Поток мощности из источника 206 в различные нагрузки может регулироваться требуемым образом.

[00104] Модуль 108 может быть сконфигурирован по мере необходимости с двумя или более источниками 206 энергии (фиг. 3В) и подавать мощность в первую и/или вторую вспомогательные нагрузки (фиг. 3С) через добавление части 602 переключения и порта Ю5 преобразователя для каждого дополнительного источника 206В или второй вспомогательной нагрузки 302. Дополнительные модульные порты ввода-вывода (например, 3, 4, 5, 6) могут добавляться по мере необходимости. Модуль 108 также может быть сконфигурирован как коммутационный модуль, чтобы обмениваться энергией (например, для балансировки) между двумя или более матриц, двумя или более блоков либо двумя или более систем 100, как подробнее описано в данном документе. Эта функциональность взаимного соединения может аналогично комбинироваться с возможностями с несколькими источниками и/или с подачей мощности в несколько вспомогательных нагрузок.

[00105] Система 102 управления может выполнять различные функции относительно компонентов модулей 108А, 108В и 108С. Эти функции могут включать в себя управление использованием (объемом использования) каждого источника 206 энергии, защиту энергетического буфера 204 от состояний сверхтока, перенапряжения и высокой температуры, а также управление и защиту преобразователя 202.

[00106] Например, для того, чтобы управлять (например, регулировать посредством увеличения, снижения или поддержания) использованием каждого источника 206 энергии, LCD 114 может принимать одно или более отслеживаемых напряжений, температур и токов из каждого источника 206 энергии (или схемы мониторинга). Отслеживаемые напряжения могут представлять собой, по меньшей мере, одно из, предпочтительно всех, напряжений каждого элементарного компонента, независимо от других компонентов (например, каждого отдельного аккумуляторного гальванического элемента, HED-конденсатора и/или топливного гальванического элемента) источника 206, либо напряжений групп элементарных компонентов в целом (например, напряжения аккумуляторной матрицы, матрицы HED-конденсаторов и/или матрицы топливных

гальванических элементов). Аналогично, отслеживаемые температуры и токи могут представлять собой, по меньшей мере, одно из, предпочтительно всех, температур и токов каждого элементарного компонента, независимо от других компонентов источника 206, либо температур и токов групп элементарных компонентов в целом, либо любую комбинацию вышеозначенного. Отслеживаемые сигналы могут представлять собой информацию состояния, с помощью которой LCD 114 может выполнять одно или более из следующего: вычисление или определение реальной емкости, фактического состояния заряда (SOC) и/или состояния работоспособности (SOH) элементарных компонентов или групп элементарных компонентов; задание или вывод предупреждающего или аварийного индикатора на основе отслеживаемой и/или вычисленной информации состояния; и/или передача информации состояния в MCD 112. LCD 114 может принимать управляющую информацию (например, индекс модуляции, сигнал синхронизации) из MCD 112 и использовать эту управляющую информацию для того, чтобы формировать переключающие сигналы для преобразователя 202, которые управляют использованием источника 206.

[00107] Чтобы защищать энергетический буфер 204, LCD 114 может принимать одно или более отслеживаемых напряжений, температур и токов из энергетического буфера 204 (или схемы мониторинга). Отслеживаемые напряжения могут представлять собой, по меньшей мере, одно из, предпочтительно всех, напряжений каждого элементарного компонента буфера 204 (например, C_{EB} , C_{EB1} , C_{EB2} , L_{EB1} , L_{EB2} , D_{EB}), независимо от других компонентов, либо напряжений групп элементарных компонентов или буфера 204 в целом (например, между IO1 и IO2 или между IO3 и IO4). Аналогично, отслеживаемые температуры и токи могут представлять собой, по меньшей мере, одно из, предпочтительно всех, температур и токов каждого элементарного компонента буфера 204, независимо от других компонентов, либо температур и токов групп элементарных компонентов или буфера 204 в целом, либо любую комбинацию вышеозначенного. Отслеживаемые сигналы могут представлять собой информацию состояния, с помощью которой LCD 114 может выполнять одно или более из следующего: задавать или выводить предупреждающий или аварийный индикатор; передавать информацию состояния в MCD 112; или управлять преобразователем 202 таким образом, чтобы регулировать (увеличивать или уменьшать) использование источника 206 и модуля 108 в целом для буферной защиты.

[00108] Чтобы управлять и защищать преобразователь 202, LCD 114 может принимать управляющую информацию из MCD 112 (например, модулированный опорный сигнал или опорный сигнал и индекс модуляции), которая может использоваться с PWM-технологией в LCD 114 для того, чтобы формировать управляющие сигналы для каждого переключателя (например, S1-S6). LCD 114 может принимать сигнал обратной связи по току из датчика тока преобразователя 202, который может использоваться для защиты от сверхтока вместе с одним или более сигналов состояния неисправности из схем формирователей сигналов управления (не показаны) переключателей преобразователя,

которые могут переносить информацию относительно состояний неисправности (например, режимов сбоя с короткозамкнутой схемой или разомкнутой схемой) всех переключателей преобразователя 202. На основе этих данных, LCD 114 может принимать решение по тому, какая комбинация переключающих сигналов должна прикладываться для того, чтобы управлять использованием модуля 108 и потенциально обходить или отсоединять преобразователь 202 (и весь модуль 108) от системы 100.

[00109] При управлении модулем 108С, который подает мощность во вторую вспомогательную нагрузку 302, LCD 114 может принимать одно или более отслеживаемых напряжений (например, напряжение между портами 5 и 6 ввода-вывода) и один или более отслеживаемых токов (например, ток в соединительном индукторе L_C , который представляет собой ток нагрузки 302) в модуле 108С. На основе этих сигналов, LCD 114 может регулировать циклы переключения (например, посредством регулирования индекса модуляции или формы опорного сигнала) S1 и S2 для того, чтобы управлять (и стабилизировать) напряжением для нагрузки 302.

Примеры топологий каскадных энергетических систем

[00110] Два или более модулей 108 могут соединяться между собой в каскадной матрице, которая выводит сигнал напряжения, сформированный посредством наложения дискретных напряжений, сформированных посредством каждого модуля 108 в матрице. Фиг. 7А является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления топологии для системы 100, в которой N модулей 108-1, 108-2...108-N соединяются между собой последовательно для того, чтобы формировать последовательную матрицу 700. В этом и во всех вариантах осуществления, описанных в данном документе, N может быть любым целым числом, большим единицы. Матрица 700 включает в себя первый системный порт SIO1 ввода-вывода и второй системный порт SIO2 ввода-вывода, на которых формируется выходное напряжение матрицы. Матрица 700 может использоваться в качестве источника энергии постоянного тока или однофазного переменного тока для однофазных нагрузок постоянного тока или переменного тока, которые могут соединяться с SIO1 и SIO2 матрицы 700. Фиг. 8А является графиком напряжения в зависимости от времени, иллюстрирующим примерный выходной сигнал, сформированный посредством одного модуля 108, имеющего 48-вольтовый источник энергии. Фиг. 8В является графиком напряжения в зависимости от времени, иллюстрирующим примерный выходной сигнал однофазного переменного тока, сформированный посредством матрицы 700, имеющей шесть 48-вольтовых модулей 108, соединенных последовательно.

[00111] Система 100 может размещаться в широком спектре различных топологий, с тем чтобы удовлетворять варьирующиеся потребности вариантов применения. Система 100 может предоставлять многофазную мощность (например, двухфазную, трехфазную, четырехфазную, пятифазную, шестифазную и т.д.) в нагрузку посредством использования нескольких матриц 700, причем каждая матрица может формировать выходной сигнал переменного тока, имеющий различный фазовый угол.

[00112] Фиг. 7В является блок-схемой, иллюстрирующей систему 100 с двумя матрицами 700-РА и 700-РВ, соединенными между собой. Каждая матрица 700 является одномерной, формируется посредством последовательного соединения N модулей 108. Две матрицы 700-РА и 700-РВ могут формировать сигнал однофазного переменного тока, причем два сигнала переменного тока имеют различные фазовые углы РА и РВ (например, с разнесением в 180 градусов). Порт 1 ввода-вывода модуля 108-1 каждой матрицы 700-РА и 700-РВ может формировать или соединяться с системными портами SIO1 и SIO2 ввода-вывода, соответственно, которые, в свою очередь, могут служить в качестве первого вывода каждой матрицы, которая может предоставлять двухфазную мощность в нагрузку (не показана). Либо альтернативно, порты SIO1 и SIO2 могут соединяться с возможностью предоставлять однофазную мощность из двух параллельных матриц. Порт 2 ввода-вывода модуля 108-N каждой матрицы 700-РА и 700-РВ может служить в качестве второго вывода для каждой матрицы 700-РА и 700-РВ на противоположном конце матрицы от системных портов SIO1 и SIO2 ввода-вывода и может соединяться между собой в общем узле и необязательно использоваться для дополнительного системного порта SIO3 ввода-вывода, если требуется, который может служить в качестве нейтрали. Этот общий узел может называться "рельсом", и порт 2 ввода-вывода модулей 108-N каждой матрицы 700 может упоминаться как находящийся на прирельсовой стороне матриц.

[00113] Фиг. 7С является блок-схемой, иллюстрирующей систему 100 с тремя матрицами 700-РА, 700-РВ и 700-РС, соединенными между собой. Каждая матрица 700 является одномерной, формируется посредством последовательного соединения N модулей 108. Три матрицы 700-1 и 700-2 могут формировать сигнал однофазного переменного тока, причем три сигнала переменного тока имеют различные фазовые углы РА, РВ, РС (например, с разнесением в 120 градусов). Порт 1 ввода-вывода модуля 108-1 каждой матрицы 700-РА, 700-РВ и 700-РС может формировать или соединяться с системными портами SIO1, SIO2 и SIO3 ввода-вывода, соответственно, которые, в свою очередь, могут предоставлять трехфазную мощность в нагрузку (не показана). Порт 2 ввода-вывода модуля 108-N каждой матрицы 700-РА, 700-РВ и 700-РС может соединяться между собой в общем узле и необязательно использоваться для дополнительного системного порта SIO4 ввода-вывода, если требуется, который может служить в качестве нейтрали.

[00114] Понятия, описанные относительно двухфазных и трехфазных вариантов осуществления по фиг. 7В и 7С, могут расширяться на системы 100, формирующие еще больше фаз мощности. Например, неполный список дополнительных примеров включает в себя: систему 100, имеющую четыре матрицы 700, каждая из которых выполнена с возможностью формировать сигнал однофазного переменного тока, имеющий различный фазовый угол (например, с разнесением в 90 градусов); систему 100, имеющую пять матриц 700, каждая из которых выполнена с возможностью формировать сигнал однофазного переменного тока, имеющий различный фазовый угол (например, с

разнесением в 72 градуса); и систему 100, имеющую шесть матриц 700, причем каждая матрица выполнена с возможностью формировать сигнал однофазного переменного тока, имеющий различный фазовый угол (например, с разнесением в 60 градусов).

[00115] Система 100 может иметь такую конфигурацию, в которой матрицы 700 взаимно соединяются в электрических узлах между модулями 108 в каждой матрице. Фиг. 7D является блок-схемой, иллюстрирующей систему 100 с тремя матрицами 700-РА, 700-РВ и 700-РС, соединенными между собой в комбинированной последовательной и дельта-компоновке. Каждая матрица 700 включает в себя первое последовательное соединение M модулей 108, где M равно двум или более, соединенное со вторым последовательным соединением N модулей 108, где N равно двум или более. Дельта-конфигурация формируется посредством взаимных соединений между матрицами, которые могут быть размещены в любом требуемом местоположении. В этом варианте осуществления, порт 2 ввода-вывода модуля 108-($M+N$) матрицы 700-РС соединяется с портом 2 ввода-вывода модуля 108- M и портом 1 ввода-вывода модуля 108-($M+1$) матрицы 700-РА, порт 2 ввода-вывода модуля 108-($M+N$) матрицы 700-РВ соединяется с портом 2 ввода-вывода модуля 108- M и портом 1 ввода-вывода модуля 108-($M+1$) матрицы 700-РС, и порт 2 ввода-вывода модуля 108-($M+N$) матрицы 700-РА соединяется с портом 2 ввода-вывода модуля 108- M и портом 1 ввода-вывода модуля 108-($M+1$) матрицы 700-РВ.

[00116] Фиг. 7E является блок-схемой, иллюстрирующей систему 100 с тремя матрицами 700-РА, 700-РВ и 700-РС, соединенными между собой в комбинированной последовательной и дельта-компоновке. Этот вариант осуществления является аналогичным варианту осуществления по фиг. 7D, за исключением различных кросс-соединений. В этом варианте осуществления, порт 2 ввода-вывода модуля 108- M матрицы 700-РС соединяется с портом 1 ввода-вывода модуля 108-1 матрицы 700-РА, порт 2 ввода-вывода модуля 108- M матрицы 700-РВ соединяется с портом 1 ввода-вывода модуля 108-1 матрицы 700-РС, и порт 2 ввода-вывода модуля 108- M матрицы 700-РА соединяется с портом 1 ввода-вывода модуля 108-1 матрицы 700-РВ. Компоновки по фиг. 7D и 7E могут реализовываться всего с двумя модулями в каждой матрице 700. Комбинированные дельта- и последовательные конфигурации обеспечивают эффективный обмен энергией между всеми модулями 108 системы (межфазную балансировку) и фазами электросети или нагрузки, а также предоставляют возможность уменьшения общего числа модулей 108 в матрице 700, с тем чтобы получать требуемые выходные напряжения.

[00117] В вариантах осуществления, описанных в данном документе, хотя преимущественно, если число модулей 108 является идентичным в каждой матрице 700 в системе 100, это не является обязательным, и различные матрицы 700 могут иметь отличающиеся числа модулей 108. Дополнительно, каждая матрица 700 может иметь модули 108, которые имеют идентичную конфигурацию (например, все модули представляют собой 108А, все модули представляют собой 108В, все модули представляют собой 108С и т.д.) либо различные конфигурации (например, один или более модулей представляют собой 108А, один или более представляют собой 108В, и

один или более представляют собой 108С и т.п.). В связи с этим, объем топологий системы 100, охватываемый в данном документе, является широким.

Примерные варианты осуществления технологий управления

[00118] Как упомянуто выше, управление системой 100 может выполняться согласно различным технологиям, таким как гистерезис или PWM. Несколько примеров PWM включают в себя пространственно-векторную модуляцию и синусоидальную широтно-импульсную модуляцию, при которых переключающие сигналы для преобразователя 202 формируются с помощью технологии на основе несущих со сдвигом фаз, которая непрерывно чередует использование каждого модуля 108, чтобы одинаково распределять мощность между ними.

[00119] Фиг. 8С-8F являются графиками, иллюстрирующими примерный вариант осуществления технологии PWM-управления со сдвигом фаз, которая может формировать многоуровневую выходную форму PWM-сигнала с использованием двухуровневых форм сигнала с инкрементным сдвигом. X-уровневая форма PWM-сигнала может создаваться посредством суммирования $(X-1)/2$ двухуровневых форм PWM-сигнала. Эти двухуровневые формы сигнала могут формироваться посредством сравнения формы V_{ref} опорного сигнала с несущими с инкрементным сдвигом на $360^\circ/(X-1)$. Несущие являются треугольными, но варианты осуществления не ограничены этим. Девятиуровневый пример показывается на фиг. 8С (с использованием четырех модулей 108). Несущие имеют инкрементный сдвиг на $360^\circ/(9-1)=45^\circ$ и сравниваются с V_{ref} . Результирующие двухуровневые формы PWM-сигнала показаны на фиг. 8Е. Эти двухуровневые формы сигнала могут использоваться в качестве переключающих сигналов для полупроводниковых переключателей (например, S1-S6) преобразователей 202. В качестве примера со ссылкой на фиг. 8Е, для одномерной матрицы 700, включающей в себя четыре модуля 108, каждый из которых имеет преобразователь 202, сигнал на 0° служит для управления S3, а сигнал на 180° для S6 первого модуля 108-1, сигнал на 45° служит для S3, а сигнал на 225° для S6 второго модуля 108-2, сигнал на 90° служит для S3, а сигнал на 270° служит для S6 третьего модуля 108-3, и сигнал на 135° служит для S3, а сигнал на 315° служит для S6 четвертого модуля 108-4. Сигнал для S3 является комплементарным S4, и сигнал для S5 является комплементарным S6, с достаточным мертвым временем для того, чтобы не допускать сквозного прохождения каждого полумоста. Фиг. 8F иллюстрирует примерную форму сигнала однофазного переменного тока, сформированную посредством наложения (суммирования) выходных напряжений из четырех модулей 108.

[00120] Альтернатива заключается в том, чтобы использовать положительный и отрицательный опорный сигнал с первыми $(N-1)/2$ несущих. Девятиуровневый пример показывается на фиг. 8D. В этом примере, переключающие сигналы 0° - 135° (фиг. 8Е) формируются посредством сравнения $+V_{ref}$ с несущими в 0° - 135° по фиг. 8D, и переключающие сигналы 180° - 315° формируются посредством сравнения $-V_{ref}$ с несущими в 0° - 135° по фиг. 8D. Тем не менее, логика сравнения во втором случае изменяется на противоположную. Другие технологии, такие как декодер с машиной

состояний, также могут использоваться для того, чтобы формировать стробирующие сигналы для переключателей преобразователя 202.

[00121] В многофазных вариантах осуществления системы, идентичные несущие могут использоваться для каждой фазы, или набор несущих может сдвигаться в целом для каждой фазы. Например, в трехфазной системе с одним опорным напряжением (V_{ref}), каждая матрица 700 может использовать идентичное число несущих с идентичными относительными смещениями, как показано на фиг. 8C и 8D, но несущие второй фазы сдвигаются на 120 градусов по сравнению с несущими первой фазы, и несущие третьей фазы сдвигаются на 240 градусов по сравнению с несущими первой фазы. Если различное опорное напряжение доступно для каждой фазы, то информация фазы может переноситься в опорном напряжении, и идентичные несущие могут использоваться для каждой фазы. Во многих случаях, несущие частоты должны быть фиксированными, но в некоторых примерных вариантах осуществления, несущие частоты могут регулироваться, что позволяет помогать уменьшать потери в EV-моторах в высокоточных условиях.

[00122] Соответствующие переключающие сигналы могут предоставляться в каждый модуль посредством системы 102 управления. Например, MCD 112 может предоставлять V_{ref} и соответствующие несущие сигналы в каждое LCD 114 в зависимости от модуля или модулей 108, которыми управляет LCD 114, и LCD 114 затем может формировать переключающие сигналы. Либо, все LCD 114 в матрице могут содержать все несущие сигналы, и LCD может выбирать соответствующие несущие сигналы.

[00123] Относительные использования каждого модуля 108 могут регулироваться на основе информации состояния таким образом, чтобы выполнять балансировку одного или более параметров, как описано в данном документе. Балансировка параметров может заключать в себе регулирование использования таким образом, чтобы минимизировать расходимость параметров во времени по сравнению с системой, в которой регулирование использования отдельных модулей не выполняется. Использование может представлять собой относительное количество времени, в течение которого модуль 108 разряжается, когда система 100 находится в состоянии разряда, либо относительное количество времени, в течение которого модуль 108 заряжается, когда система 100 находится в состоянии заряда.

[00124] Как описано в данном документе, модули 108 могут балансироваться относительно других модулей в матрице 700, что может называться "внутриматричной или внутрифазной балансировкой", и различные матрицы 700 могут балансироваться относительно друг друга, что может называться "межматричной или межфазной балансировкой". Матрицы 700 различных подсистем также могут балансироваться относительно друг друга. Система 102 управления может одновременно выполнять любую комбинацию внутрифазной балансировки, межфазной балансировки, использования нескольких источников энергии в модуле, активной фильтрации и подачи мощности во вспомогательные нагрузки.

[00125] Фиг. 9A является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант

осуществления матричного контроллера 900 системы 102 управления для матрицы однофазного переменного тока или постоянного тока. Матричный контроллер 900 может включать в себя детектор 902 пиков, делитель 904 и внутрифазный (или внутриматричный) балансирующий контроллер 906. Матричный контроллер 900 может принимать форму (V_{Γ}) сигнала опорного напряжения и информацию состояния относительно каждого из N модулей 108 в матрице (например, состояние (SOC_i) заряда, температуру (T_i), емкость (Q_i) и напряжение (V_i)) в качестве вводов и формировать нормализованную форму ($V_{\Gamma n}$) сигнала опорного напряжения и индексы (M_i) модуляции в качестве выводов. Детектор 902 пиков определяет пик (V_{pk}) V_{Γ} , который может быть конкретным для фазы, с которой контроллер 900 работает и/или выполняет балансировку. Делитель 904 формирует $V_{\Gamma n}$ посредством деления V_{Γ} на его определенное V_{pk} . Внутрифазный балансирующий контроллер 906 использует V_{pk} наряду с информацией состояния (например, SOC_i , T_i , Q_i , V_i и т.д.) для того, чтобы формировать индексы M_i модуляции для каждого управляемого модуля 108 внутри матрицы 700.

[00126] Индексы модуляции и $V_{\Gamma n}$ могут использоваться для того, чтобы формировать переключающие сигналы для каждого преобразователя 202. Индекс модуляции может составлять число между нулем и единицей (охватывающее нуль и один). Для конкретного модуля 108, нормализованный опорный уровень $V_{\Gamma n}$ может модулироваться или масштабироваться посредством M_i , и этот модулированный опорный сигнал ($V_{\Gamma nm}$) может использоваться в качестве V_{ref} (или $-V_{ref}$) согласно PWM-технологии, описанной относительно фиг. 8C-8F, либо согласно другим технологиям. Таким образом, индекс модуляции может использоваться для того, чтобы управлять переключающими PWM-сигналами, предоставляемыми в переключающую схему преобразователя (например, S3-S6 или S1-S6), и в силу этого регулировать работу каждого модуля 108. Например, модуль 108, управляемый таким образом, чтобы поддерживать нормальный или полнофункциональный режим работы, может принимать M_i в единицу, тогда как модуль 108, управляемый для менее чем нормального или полнофункционального режима работы, может принимать M_i менее чем в единицу, и модуль 108, управляемый таким образом, чтобы прекращать вывод мощности, может принимать M_i в нуль. Эта операция может выполняться различными способами посредством системы 102 управления, к примеру, посредством MCD 112, выводящего $V_{\Gamma n}$ и M_i в соответствующие LCD 114 для модуляции и формирования переключающих сигналов, посредством MCD 112, выполняющего модуляцию и выводящего модулированный $V_{\Gamma nm}$ в соответствующие LCD 114 для формирования переключающих сигналов, либо посредством MCD 112, выполняющего модуляцию и формирование переключающих сигналов и выводящего переключающие сигналы в LCD или преобразователи 202 каждого модуля 108 непосредственно. $V_{\Gamma n}$ может отправляться постоянно с M_i , отправленным с регулярными интервалами, к примеру, один раз для каждого периода $V_{\Gamma n}$ либо один раз в минуту и т.д.

[00127] Контроллер 906 может формировать M_i для каждого модуля 108 с

использованием любого типа либо комбинации типов информации состояния (например, SOC, температуры (T), Q, SOH, напряжение, ток), описанных в данном документе. Например, при использовании SOC и T, модуль 108 может иметь относительно высокий M_i , если SOC является относительно высоким, и температура является относительно низкой по сравнению с другими модулями 108 в матрице 700. Если либо SOC является относительно низким, либо T является относительно высокой, то этот модуль 108 может иметь относительно низкий M_i , что приводит к меньшему использованию, чем другие модули 108 в матрице 700. Контроллер 906 может определять M_i таким образом, что сумма напряжений модуля не превышает V_{pk} . Например, V_{pk} может представлять собой сумму произведений напряжения источника 206 каждого модуля и M_i для этого модуля (например, $V_{pk} = M_1 V_1 + M_2 V_2 + M_3 V_3 \dots + M_N V_N$ и т.д.). Другая комбинация индексов модуляции и в силу этого соответствующих вносимых долей по напряжению посредством модулей может использоваться, но полное сформированное напряжение должно оставаться идентичным.

[00128] Дополнительно, контроллер 900 может управлять работой в той степени, в которой это не предотвращает достижение требований по выходной мощности системы в любой момент (например, 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, энергетического буфера) 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 SOC-отклонение. Балансировка SOC и температуры может косвенно вызывать некоторую балансировку SOH. Напряжение и ток могут 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 балансу напряжения и тока в высокосимметричных системах, в которых модули имеют аналогичную емкость и импеданс.

[00129] 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 из них в зависимости от требований варианта применения. Приоритет в балансировке может отдаваться 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.

[00130] Балансировка между матрицами 700 различных фаз (или матрицами идентичной фазы, например, если используются параллельные матрицы) может выполняться одновременно с внутрифазной балансировкой. Фиг. 9B иллюстрирует

примерный вариант осуществления Ω -фазного (или Ω -матричного) контроллера 950, выполненного с возможностью работы в Ω -фазной системе 100, имеющей, по меньшей мере, Ω матриц 700, где Ω является любым целым числом, большим единицы. Контроллер 950 может включать в себя один межфазный (или межматричный) контроллер 910 и Ω внутрифазных балансирующих контроллеров 906-PA...906-P Ω для фаз PA-P Ω , а также детектор 902 пиков и делитель 904 (фиг. 9А) для формирования нормализованных опорных уровней V_{rnPA} - $V_{rnP\Omega}$ из каждого конкретного для фазы опорного уровня V_{rPA} - $V_{rP\Omega}$. Внутрифазные контроллеры 906 могут формировать M_i для каждого модуля 108 каждой матрицы 700, как описано относительно фиг. 9А. Межфазный балансирующий контроллер 910 конфигурируется или программируется с возможностью балансировать аспекты модулей 108 во всей многомерной системе, например, между матрицами различных фаз. Это может достигаться через инъекцию общего режима в фазы (например, через сдвиг нейтральной точки) либо через использование коммутационных модулей (описанных в данном документе), либо через оба из означенного. Инъекция общего режима включает в себе введение сдвига фаз и амплитуд в опорные сигналы V_{rPA} - $V_{rP\Omega}$, чтобы формировать нормализованные формы V_{rnPA} - $V_{rnP\Omega}$ сигнала, с тем чтобы компенсировать дисбаланс в одной или более матриц, и подробнее описывается в международной публикации номер WO 2020/205574, содержащейся в данном документе.

[00131] Контроллеры 900 и 950 (а также балансирующие контроллеры 906 и 910) могут реализовываться в аппаратных средствах, в программном обеспечении либо в комбинации вышеозначенного в системе 102 управления. Контроллеры 900 и 950 могут реализовываться в MCD 112, распределенном частично или полностью между LCD 114, или могут реализовываться как дискретные контроллеры, независимые от MCD 112 и LCD 114.

Примерные варианты осуществления коммутационных (IC) модулей

[00132] Модули 108 могут соединяться между модулями различных матриц 700 для целей обмена энергией между матрицами, выступления в качестве источника для вспомогательной нагрузки либо и для того, и для другого. Такие модули называются в данном документе "коммутационными (IC) модулями 108IC". IC-модуль 108IC может реализовываться в любой из уже описанных модульных конфигураций (108А, 108В, 108С) и в других, которые описываются в данном документе. IC-модули 108IC могут включать в себя любое число для одного или более источников энергии, необязательного энергетического буфера, схемы переключения для подачи энергии в одну или более матриц и/или для подачи мощности в одну или более вспомогательных нагрузок, схемы управления (например, локального устройства управления) и схемы мониторинга для сбора информации состояния относительно самого IC-модуля или его различных нагрузок (например, SOC источника энергии, температуры источника энергии или энергетического буфера, емкости источника энергии, SOH источника энергии, измерений напряжения и/или тока, связанных с IC-модулем, измерений напряжения и/или тока, связанных со вспомогательной нагрузкой(ками), и т.д.).

[00133] Фиг. 10А является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления системы 100, допускающей формирование Ω -фазной мощности с Ω матриц 700-РА - 700-Р Ω , где Ω может быть любым целым числом, большим единицы. В этом и в других вариантах осуществления, IC-модуль 108IC может быть расположен на прирельсовой стороне матриц 700, так что матрицы 700, с которыми соединяется модуль 108IC (матрицы 700-РА - 700-Р Ω в этом варианте осуществления), электрически соединяются между модулем 108IC и выводами (например, SIO1 и SIO Ω) в нагрузку. Здесь, модуль 108IC имеет Ω портов ввода-вывода для соединения с портом 2 ввода-вывода каждого модуля 108-N матриц 700-РА - 700-Р Ω . В конфигурации, проиллюстрированной здесь, модуль 108IC может выполнять межфазную балансировку посредством избирательного соединения одного или более источников энергии модуля 108IC с одной или более матриц 700-РА - 700-Р Ω (либо ни с одним из выводов, либо одинаково со всеми выводами, если межфазная балансировка не требуется). Система 100 может управляться посредством системы 102 управления (не показана, см. фиг. 1А).

[00134] Фиг. 10В является принципиальной схемой, иллюстрирующей 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-РА - 604-Р Ω схемы переключения для независимого соединения источника 206 энергии с каждой из матриц 700-РА - 700-Р Ω , соответственно. Различные конфигурации переключателей могут использоваться для каждого блока 604, который в этом варианте осуществления сконфигурирован как полумост с двумя полупроводниковыми переключателями S7 и S8. Каждый полумост управляется посредством линий 118-3 управления из LCD 114. Эта конфигурация является аналогичной модулю 108А, описанному относительно фиг. 3А. Как описано относительно преобразователя 202, схема 603 переключения может быть сконфигурирована в любой компоновке и с любыми типами переключателей (например, MOSFET-, IGBT-, кремниевых, GaN- и т.д.), подходящих для требований варианта применения.

[00135] Блоки 604 схемы переключения соединяются между положительными и отрицательными клеммами источника 206 энергии и имеют вывод, который соединяется с портом ввода-вывода модуля 108IC. Блоки 604-РА - 604-Р Ω могут управляться посредством системы 102 управления таким образом, чтобы избирательно соединять напряжение $+V_{IC}$ или $-V_{IC}$ с соответствующими модульными портами 1- Ω ввода-вывода. Система 102 управления может управлять схемой 603 переключения согласно любой требуемой технологии управления, включающей в себя технологии 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 мониторинга или информацию состояния из схемы мониторинга модуля 108IC. Эти данные мониторинга и/или другая информация состояния, извлекаемая из этих данных мониторинга, могут

выводиться в MCD 112 для использования в управлении системой, как описано в данном документе. LCD 114 также может принимать информацию временной синхронизации (не показана) для целей синхронизации модулей 108 системы 100 и один или более несущих сигналов (не показаны), к примеру, пилообразных сигналов, используемых в PWM (фиг. 8C-8D).

[00136] Для межфазной балансировки, пропорционально больше энергии из источника 206 может подаваться в любые одну или более матриц 700-PA - 700-PQ, которые имеют относительно низкий заряд по сравнению с другими матрицами 700. Подача этой вспомогательной энергии в конкретную матрицу 700 обеспечивает возможность уменьшения выходной энергии этих каскадных модулей 108-1 - 108-N в этой матрице 700 относительно фазовой матрицы без подачи мощности.

[00137] Например, в некоторых примерных вариантах осуществления с применением PWM, LCD 114 может быть выполнено с возможностью принимать нормализованный сигнал (V_{rn}) опорного напряжения (из MCD 112) для каждой из одной или более матриц 700, с которыми соединяется модуль 108IC, например, V_{rnPA} - V_{rnPQ} . LCD 114 также может принимать индексы M_iPA - M_iPQ модуляции для блоков 604-PA - 604-PQ переключения для каждой матрицы 700, соответственно, из MCD 112. LCD 114 может модулировать (например, умножать) каждый соответствующий V_{rn} с индексом модуляции для секции переключения, соединенной непосредственно с этой матрицей (например, V_{rnA} , умноженный на M_iA), и затем использовать несущий сигнал для того, чтобы формировать управляющий сигнал(ы) для каждого блока 604 переключения. В других вариантах осуществления, MCD 112 может выполнять модуляцию и выводить модулированные формы сигнала опорного напряжения для каждого блока 604 непосредственно в LCD 114 модуля 108IC. В еще других вариантах осуществления, вся обработка и модуляция может осуществляться посредством одного управляющего объекта, который может выводить управляющие сигналы непосредственно в каждый блок 604.

[00138] Это переключение может модулироваться таким образом, что мощность из источника 206 энергии подается в матрицу(ы) 700 с соответствующими интервалами и длительностями. Такая технология может реализовываться различными способами.

[00139] На основе собранной информации состояния для системы 100, к примеру, текущей емкости (Q) и SOC каждого источника энергии в каждой матрице, MCD 112 может определять агрегированный заряд для каждой матрицы 700 (например, агрегированный заряд для матрицы может определяться в качестве суммы емкости, умноженной на SOC для каждого модуля этой матрицы). MCD 112 может определять то, существует либо нет сбалансированное или несбалансированное состояние (например, с помощью пороговых значений относительной разности и других показателей, описанных в данном документе), и формировать индексы M_iPA - M_iPQ модуляции, соответственно, для каждого блока 604-PA - 604-PQ переключения.

[00140] Во время сбалансированной работы, M_i для каждого блока 604

переключения может задаваться равным значению, которое инструктирует идентичной или аналогичной величине чистой энергии во времени подаваться посредством источника 206 энергии и/или энергетического буфера 204 в каждую матрицу 700. Например, M_i для каждого блока 604 переключения может быть идентичным или аналогичным и может задаваться равным уровню или значению, которое инструктирует модулю 108IC выполнять чистый или средний по времени разряд энергии в одну или более матриц 700-PA - 700-P Ω во время сбалансированной работы, с тем чтобы обеспечивать сток модуля 108IC с темпом, идентичным темпу других модулей 108 в системе 100. В некоторых вариантах осуществления, M_i для каждого блока 604 может задаваться равным уровню или значению, которое не вызывает чистый или средний по времени разряд энергии во время сбалансированной работы (вызывает чистый разряд энергии в нуль). Это может быть полезным, если модуль 108IC имеет более низкий агрегированный заряд, чем другие модули в системе.

[00141] Когда несбалансированное состояние возникает между матрицами 700, то индексы модуляции системы 100 могут регулироваться, с тем чтобы вызывать сходимость к сбалансированному состоянию или минимизировать дополнительную расходимость. Например, система 102 управления может инструктировать модулю 108IC разряжаться больше в матрицу 700 с низким зарядом, чем в другие, и также может инструктировать модулям 108-1 - 108-N этой низкой матрицы 700 разряжаться относительно меньше (например, на основе среднего по времени). Относительная чистая энергия, внесенная посредством модуля 108IC, увеличивается по сравнению с модулями 108-1 - 108-N матрицы 700, для которой выполняется помощь, а также по сравнению с величиной чистой энергии, которую модуль 108IC вносит в другие матрицы. Это может достигаться посредством увеличения M_i для блока 604 переключения, подающего мощность в эту низкую матрицу 700, и посредством снижения индексов модуляции модулей 108-1 - 108-N низкой матрицы 700 таким способом, который поддерживает V_{out} для этой низкой матрицы на соответствующих или требуемых уровнях, и поддержания индексов модуляции для других относительно неизменных блоков 604 переключения, подающих мощность в другие более высокие матрицы (либо их снижения).

[00142] Конфигурация модуля 108IC на фиг. 10A-10B может использоваться отдельно для того, чтобы предоставлять межфазную или межматричную балансировку для одной системы, либо может использоваться в комбинации с одним или более других модулей 108IC, имеющих источник энергии и одну или более частей 604 переключения, соединенных с одной или более матриц. Например, модуль 108IC с Ω частей 604 переключения, соединенных с Ω различных матриц 700, может комбинироваться со вторым модулем 108IC, имеющим одну часть 604 переключения, соединенную с одной матрицей 700 таким образом, что два модуля комбинируются для того, чтобы обслуживать систему 100, имеющую $\Omega+1$ матриц 700. Любое число модулей 108IC может комбинироваться таким способом, причем каждый из них соединяется с одной или более матриц 700 системы 100.

[00143] Кроме того, IC-модули могут быть выполнены с возможностью обмениваться энергией между двумя или более подсистем системы 100. Фиг. 10С является блок-схемой, иллюстрирующей 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 в первую нагрузку (не показана) посредством системных портов SIO1, SIO2 и SIO3 ввода-вывода, в то время как подсистема 1000-2 выполнена с возможностью подавать трехфазную мощность PD, PE и PF во вторую нагрузку (не показана) посредством системных портов SIO4, SIO5 и SIO6 ввода-вывода, соответственно. Например, подсистемы 1000-1 и 1000-2 могут быть сконфигурированы как различные блоки, подающие мощность для различных моторов EV, либо как различные стойки, подающие мощность для различных микросетей.

[00144] В этом варианте осуществления, каждый модуль 108IC соединяется с первой матрицей подсистемы 1000-1 (через порт 1 ввода-вывода) и первой матрицей подсистемы 1000-2 (через порт 2 ввода-вывода), и каждый модуль 108IC может электрически соединяться с каждым другим модулем 108IC посредством портов 3 и 4 ввода-вывода, которые соединяются с источником 206 энергии каждого модуля 108IC, как описано относительно модуля 108С по фиг. 3С. Это соединение размещает источники 206 модулей 108IC-1, 108IC-2 и 108IC-3 параллельно, и в силу этого энергия, накопленная и подаваемая посредством модулей 108IC объединяется в пул за счет этой параллельной компоновки. Другие компоновки, к примеру, последовательные соединения также могут использоваться. Модули 108IC размещаются в общей оболочке подсистемы 1000-1; тем не менее, коммутационные модули могут быть внешними для общей оболочки и физически располагаться в качестве независимых объектов между общими оболочками обеих подсистем 1000.

[00145] Каждый модуль 108IC имеет блок 604-1 переключения, соединенный с портом 1 ввода-вывода, и блок 604-2 переключения, соединенный с портом 2 ввода-вывода, как описано относительно фиг. 10В. Таким образом, для балансировки между подсистемами 1000 (например, межблочной или межстоечной балансировки), конкретный модуль 108IC может подавать относительно больше энергии в любую одну либо в обе из двух матриц, с которыми он соединяется (например, модуль 108IC-1 может подавать мощность в матрицу 700-PA и/или в матрицу 700-PD). Схема управления может отслеживать относительные параметры (например, SOC и температуру) матриц различных подсистем и регулировать выходную энергию IC-модулей таким образом, чтобы компенсировать дисбалансы между матрицами или фазами различных подсистем идентичным способом, описанным в данном документе в качестве компенсации дисбалансов между матрицами или фазами идентичной стойки или блока. Поскольку все три модуля 108IC расположены параллельно, энергией можно эффективно обмениваться между всеми без исключения матрицами системы 100. В этом варианте осуществления, каждый модуль 108IC подает мощность в две матрицы 700, но могут использоваться

другие конфигурации, включающие в себя один IC-модуль для всех матриц системы 100, и конфигурации с одним выделенным IC-модулем для каждой матрицы 700 (например, с шестью IC-модулями для шести матриц, при этом каждый IC-модуль имеет один блок 604 переключения). Во всех случаях с несколькими IC-модулями, источники энергии могут соединяться между собой параллельно, с тем чтобы совместно использовать энергию, как описано в данном документе.

[00146] В системах с IC-модулями между фазами, межфазная балансировка также может выполняться посредством сдвига нейтральной точки (или инъекции общего режима), как описано выше. Такая комбинация предоставляет возможность более надежной и гибкой балансировки в более широком диапазоне рабочих условий. Система 100 может определять соответствующие обстоятельства, при которых следует выполнять межфазную балансировку только со сдвигом нейтральной точки, только с инъекцией межфазной энергии либо с комбинацией означенного одновременно.

[00147] IC-модули также могут быть выполнены с возможностью подавать мощность в одну или более вспомогательных нагрузок 301 (при идентичном напряжении с источником 206) и/или одну или более вспомогательных нагрузок 302 (при напряжениях, пониженных относительно источника 302). Фиг. 10D является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления трехфазной системы 100A с двумя модулями 108IC, соединенными с возможностью выполнять межфазную балансировку и подавать мощность во вспомогательные нагрузки 301 и 302. Фиг. 10E является принципиальной схемой, иллюстрирующей этот примерный вариант осуществления системы 100 с акцентом на модули 108IC-1 и 108IC-2. Здесь, схема 102 управления снова реализуется как LCD 114 и MCD 112 (не показаны). LCD 114 могут принимать данные мониторинга из модулей 108IC (например, SOC ES1, температуру ES1, Q ES1, напряжение вспомогательных нагрузок 301 и 302 и т.д.) и могут выводить эти и/или другие данные мониторинга в MCD 112 для использования в управлении системой, как описано в данном документе. Каждый модуль 108IC может включать в себя часть 602A переключения (или 602B, описанную относительно фиг. 6C) для каждой нагрузки 302, в которую подается мощность посредством этого модуля, и каждая часть 602 переключения может управляться таким образом, чтобы поддерживать требуемый уровень напряжения для нагрузки 302 посредством LCD 114 независимо или на основе управляющего ввода из MCD 112. В этом варианте осуществления, каждый модуль 108IC включает в себя часть 602A переключения, соединенные между собой с возможностью подавать мощность в одну нагрузку 302, хотя это не является обязательным.

[00148] Фиг. 10F является блок-схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления трехфазной системы, выполненной с возможностью подавать мощность в одну или более вспомогательных нагрузок 301 и 302 с модулями 108IC-1, 108IC-2 и 108IC-3. В этом варианте осуществления, модули 108IC-1 и 108IC-2 имеют конфигурацию, идентичную конфигурации, описанной относительно фиг. 10D-10E. Модуль 108IC-3 сконфигурирован чисто во вспомогательной роли и активно не

инжектирует напряжение или ток ни в одну из матриц 700 системы 100. В этом варианте осуществления, модуль 108IC-3 может быть сконфигурирован аналогично модулю 108C по фиг. 3B, имеющему преобразователь 202B, C (фиг. 6B-6C) с одной или более вспомогательных частей 602A переключения, но с опусканием части 601 переключения. В связи с этим, один или более источников 206 энергии модуля 108IC-3 взаимно соединяются параллельно с источниками 206 энергии модулей 108IC-1 и 108IC-2, и в силу этого данный вариант осуществления системы 100 сконфигурирован с дополнительной энергией для подачи мощности во вспомогательные нагрузки 301 и 302 и для поддержания заряда в источниках 206A модулей 108IC-1 и 108IC-2 посредством параллельного соединения с источником 206 модуля 108IC-3.

[00149] Источник 206 энергии каждого IC-модуля может иметь идентичное напряжение и емкость с источниками 206 других модулей 108-1 - 108-N системы, хотя это не является обязательным. Например, относительно большая емкость может требоваться в варианте осуществления, в котором один модуль 108IC прикладывает энергию к нескольким матрицам 700 (фиг. 10A), чтобы обеспечивать возможность IC-модулю разряжаться с темпом, идентичным темпу модулей самих фазовых матриц. Если модуль 108IC также подает мощность во вспомогательную нагрузку, то еще большая емкость может требоваться, с тем чтобы разрешать IC-модулю как подавать мощность во вспомогательную нагрузку, так и разряжаться с темпом, относительно идентичным темпу других модулей.

Примерные варианты осуществления топологий для вариантов применения с прерывистым зарядом

[00150] Примерные варианты осуществления, связанные с модульными энергетическими системами 100, используемыми в вариантах применения с прерывисто доступными источниками заряда, описываются со ссылкой на фиг. 11A-16. Эти варианты осуществления могут реализовываться со всеми аспектами системы 100, описанной относительно фиг. 1A-10F если иное не указано или является логически неправдоподобным. В связи с этим, множество варьирований, уже описанных, не повторяются относительно нижеприведенных вариантов осуществления. Эти примерные варианты осуществления, в частности, подходят для мобильных вариантов применения, к примеру, для электрических транспортных средств, которые работают на рельсе (рельсовых EV), таких как поезда, трамваи, троллейбусы и другой подвижной состав, в которых источник заряда прерывисто доступен. Варианты осуществления также могут использоваться с другими транспортными средствами, к примеру, с автомобилями, автобусами, грузовиками, морскими транспортными средствами (например, электрическими паромами), самолетами и т.д., и даже в некоторых стационарных вариантах применения. Таким образом, для простоты описания, примерные варианты осуществления описываются в контексте рельсового EV, в частности, электрического трамвая или поезда, с пониманием того, что варианты осуществления имеют гораздо более широкую применимость для других транспортных средств и вариантов применения.

[00151] Примерные варианты осуществления могут реализовываться во множестве конфигураций, чтобы накапливать и доставлять энергию в то время, когда электрический трамвай перемещается через секции рельса, в которых источник заряда не доступен. Фиг. 11А является иллюстрацией, показывающей часть примерного маршрута электрического трамвая 1100, движущегося по рельсам 1105, причем трамвай 1100 движется из первого местоположения "остановка А" во второе местоположение "остановка В". Источник заряда доступен в зоне А, окружающей "остановка А", и источник заряда также доступен в зоне В, окружающей "остановка В". Источник заряда может позиционироваться в воздухе, на уровне земли или под землей. При нахождении внутри зоны А и зоны В, трамвай 1100 может выдвигать электрическое контактное устройство (например, пантограф для цепной контактной подвески) для того, чтобы соединиться с источником заряда, и независимо от того, перемещается он или является стационарным, может принимать мощность для работы нагрузок трамвая 1100 и для заряда источников 206 энергии системы 100. Зона N разграничивает длину рельсов 1105 между зоной А и зоной В, в которой источник заряда не доступен. При движении через зону N, контактное устройство может втягиваться, и трамвай 1100 использует энергию, накопленную в своих одной или более систем 100, для того, чтобы подавать мощность для всех нагрузок в трамвае 1100.

[00152] Трамвай 1100 может быть сконфигурирован с одной или более итераций системы 100, каждая из которых имеет собственную систему 102 управления, и каждая итерация системы 100 может подавать мощность в одну или более нагрузок, к примеру, в нагрузки мотора и вспомогательные нагрузки. Трамвай может иметь одну итерацию системы 100 с одной или более подсистем 1000, которая подает мощность для всех нагрузок всех вагонов. Одна или более подсистем 1000 могут совместно использовать одну систему 102 управления (например, одно MCD 112 для всех подсистем 1000) либо могут иметь независимые системы 102 управления. Вагоны могут иметь одну или более подсистем 1000 системы 100 для подачи мощности в нагрузки в этом вагоне, либо вагоны могут базироваться полностью на мощности, подаваемой посредством подсистемы 1000 в другом вагоне. Может использоваться комбинация подходов, в которой конкретный вагон имеет подсистему 1000 для подачи мощности в определенные нагрузки этого конкретного вагона, и этот конкретный вагон также может иметь другие нагрузки, которые принимают мощность из другой подсистемы 1000 в другом вагоне.

[00153] Фиг. 11В является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления электрического трамвая 1100, имеющего два вагона 1101 и 1102 со взаимным соединением 1103 между ними. Система 100 расположена в первом вагоне 1101, который имеет втягивающийся проводник 1104 для приема заряда из источника 150 заряда, когда проводник 1104 находится в контакте с источником 150. Система 100 может быть выполнена с возможностью подавать многофазную мощность высокого напряжения в один или более моторов в каждом вагоне 1101 и 1102. Здесь, система 100 имеет несколько матриц (не показаны) для предоставления трехфазной мощности (РА, РВ, РС)

по линиям 1111 в моторы 1110-1А - 1110-ХА вагона 1101, где Х может быть любым целым числом в два или более. Линии 1111 продолжаются через взаимное соединение 1103 в вагон 1102, при этом трехфазная мощность может подаваться в моторы 1110-1В - 1110-ХВ вагона 1102.

[00154] Система 100 также может быть выполнена с возможностью подавать несколько напряжений для вспомогательных нагрузок, имеющих различные требования по мощности, включающие в себя многофазную мощность, однофазную мощность и мощность постоянного тока при одном или более напряжений. Примеры вспомогательных нагрузок могут включать в себя компрессоры для HVAC-систем, систему термического управления аккумулятором (BTMS), бортовые электрические сети для снабжения мощностью всех автоматизированных аспектов трамвая 1100 и т.п. Здесь, система 100 выполнена с возможностью подавать трехфазную мощность (PD, PE, PF) в трехфазную вспомогательную нагрузку 1112-1 по линиям 1113, однофазную (SP) мощность (линия (L), нейтраль (N)) в однофазную вспомогательную нагрузку 1114-1 по линиям 1115, постоянное напряжение на первом уровне во вспомогательную нагрузку 301-1 по линиям 1117 и постоянное напряжение на втором уровне во вспомогательную нагрузку 302-1 по линиям 1119 (см., например, подачу мощности для нагрузок 301 и 302, как описано относительно фиг. 10D и 10E). Линии 1113, 1115, 1117 и 1119 продолжаются через взаимное соединение 1103 для того, подавать мощность в аналогичные нагрузки 1112-2, 1114-2, 301-2 и 302-2 в вагоне 1102. Здесь, подача мощности для нагрузок в вагоне 1101 предоставляется параллельно через идентичные линии для нагрузок в вагоне 1102. В других вариантах осуществления, различные линии могут использоваться для того, чтобы подавать мощность в различные нагрузки в каждом вагоне 1101 и 1102 непараллельным способом, в зависимости от потребностей реализации.

[00155] Один или более моторов 1110 (например, один, два, три, четыре или более) могут закрепляться в или ассоциироваться с тележкой, и рельсовое транспортное средство может иметь несколько (например, две или более) таких тележек для каждого вагона. Размещение системы 100 и ее подсистем 1000 может задаваться в непосредственной близости к моторам 1110 или в другом месте, как описано в данном документе. Фиг. 11С является видом сбоку, иллюстрирующим примерный вариант осуществления трамвая 1100 со схемой размещения электрооборудования для него, описанной относительно фиг. 11А. Здесь, каждый вагон включает в себя две тележки 1120, имеющие два мотора 1110, каждый из которых выполнен с возможностью предоставлять двигательную силу для приведения в действие оси 1122. Система 100 физически расположена в вагоне 1101 и может быть размещена в позиции, которая должна постоянно размещаться выше голов пассажиров, как показано здесь, либо ниже ног пассажиров или пола в альтернативном варианте осуществления. Каждый вагон включает в себя вспомогательные нагрузки 1112, 1114, 301 и 302. Мощность во все моторы 1110 и вспомогательные нагрузки подается посредством системы 100 через показанные стрелки (отдельные линии 1111, 1113, 1115, 1117 и 1119 опускаются для прозрачности).

[00156] Фиг. 11D является блок-схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления электрического трамвая 1100, но с несколькими подсистемами 1000. Каждая подсистема 1000 может быть сконфигурирована как отдельный блок с общим кожухом. В этом примере, вагон 1101 включает в себя первую подсистему 1000-1 для подачи мощности для моторов 1110-1 и 1110-2 по набору линий 1111-1 и вторую подсистему 1000-2 для подачи мощности для моторов 1110-3 и 1110-4 по набору линий 1111-2. Вагон 1102 включает в себя третью подсистему 1000-3 для подачи мощности для моторов 1110-5 и 1110-6 по набору линий 1111-3 и четвертую подсистему 1000-4 для подачи мощности для моторов 1110-7 и 1110-8 по набору линий 1111-4. Вагон 1102 также включает в себя пятую подсистему 1000-5 для подачи многофазной и/или однофазной мощности для одной или более вспомогательных нагрузок. Здесь, подсистема 1000-5 подает трехфазную мощность во вспомогательную нагрузку 1112 по линиям 1113 и однофазную мощность во вспомогательную нагрузку 1114 по линиям 1115. Каждая из подсистем 1000-1 - 1000-5 может быть выполнена с возможностью подавать мощность постоянного тока для нагрузок 301 и 302 посредством одного или более модулей 108IC или 108C (см., например, фиг. 3C и фиг. 10A-10F).

[00157] Каждая подсистема 1000 может соединяться с наборами совместно используемых линий для совместного использования мощности постоянного тока, и эти линии могут пересекаться между вагонами 1101 и 1102 через взаимное соединение 1103. Линии 1130 могут переносить положительные и отрицательные сигналы постоянного тока высокого напряжения, DC_CS+ и DC_CS-, соответственно, из источника 150 заряда, для подачи зарядного напряжения во все модули 108 каждой системы 100, когда трамвай 1100 соединяется с источником 150 заряда. Совместно используемые линии также могут обмениваться более низкими постоянными напряжениями для подачи во вспомогательные нагрузки 301 и 302. Линии 1131 могут переносить положительные и отрицательные сигналы постоянного тока, DC1+ и DC1-, соответственно, для подачи более низкого постоянного напряжения во вспомогательные нагрузки 301. Например, эти линии могут быть аналогичными линиям, взаимно соединяющим порты 3 и 4 IC-модулей 108IC (и 108C), как описано относительно фиг. 3C, 10D и 10E, и могут переносить напряжение источников 206 энергии взаимосоединенных модулей 108. Линии 1132 могут переносить положительные и отрицательные сигналы постоянного тока, DC2+ и DC2-, соответственно, для подачи более низкого постоянного напряжения во вспомогательные нагрузки 302. Например, эти линии могут быть аналогичными линиям, взаимно соединяющим порты 5 и 6 IC-модулей 108IC (и 108C), как описано относительно фиг. 3C, 10D и 10E, и могут переносить регулируемое пониженное напряжение из источников 206.

[00158] Фиг. 11E является видом сбоку, иллюстрирующим другой примерный вариант осуществления трамвая 1100 со схемой размещения электрооборудования для него, описанной относительно фиг. 11C. Здесь, каждая из подсистем 1000-1 - 1000-4 подает мощность для двух моторов 1110, ассоциированных с осями 1122 тележки 1120. Подсистема 1000-5 в вагоне 1102 подает мощность для нагрузок 1112 и 1114, которые

также позиционируются в вагоне 1102, но, кроме того, могут быть расположены в других вагонах. Каждая из подсистем 1000 соединяется с совместно используемыми линиями 1130 для заряда и энергетического обмена, а также с линиями 1131 для энергетического обмена и подачи мощности в нагрузки 301 и с линиями 1132 для подачи мощности в нагрузки 302. Аналогично варианту осуществления по фиг. 11В, каждая из подсистем 1000-1 - 1000-5 может быть размещена в позиции, которая должна постоянно размещаться выше голов пассажиров (как показано здесь) или ниже ног пассажира, или в другом месте.

[00159] Фиг. 11F является блок-схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления электрического трамвая 1100 с несколькими подсистемами 1000, но со вспомогательным преобразователем 1150 мощности вместо вспомогательной подсистемы 1000-5. Вспомогательный преобразователь 1150 может преобразовывать высокое напряжение, доступное на линиях 1130 постоянного тока, в одно- и/или многофазную мощность для одной или более вспомогательных нагрузок трамвая 1100. В этом варианте осуществления, преобразователь 1150 выполнен с возможностью предоставлять трехфазную мощность для трехфазной нагрузки 1112 по линиям 1152 и предоставлять однофазную мощность для однофазной нагрузки 1114 по линиям 1154. При соединении с источником 150 заряда, вспомогательный преобразователь 1150 может использовать постоянное напряжение, предоставленное посредством источника 150 по линиям 1130, чтобы снабжать мощностью нагрузки 1112 и 1114. Как описано относительно фиг. 12В, при отсутствии соединения с источником 150 другие подсистемы 1000-1 - 1000-4 могут предоставлять мощность во вспомогательный преобразователь 1150 по линиям 1130 посредством вывода постоянных напряжений из портов 7 и 8 в линии 1130 с использованием двунаправленных преобразователей 1210 постоянного тока в постоянный ток. Выходные постоянные напряжения из каждого модуля 108 могут суммироваться на линиях 1130 постоянного тока, чтобы предоставлять достаточное напряжение для того, чтобы снабжать мощностью вспомогательный преобразователь 1150.

[00160] Варианты осуществления по фиг. 11В-11F описываются относительно трамвая 1100, имеющего два вагона 1101 и 1102, но могут расширяться на подвижной состав, имеющий любое число вагонов (один, три, четыре и больше), с любой комбинацией подсистем в каждом вагоне (например, с подачей мощности в один или более моторов 1110, в одну или более нагрузок 1112, в одну или более нагрузок 1114, в одну или более нагрузок 301 и/или в одну или более нагрузок 302).

[00161] Варианты осуществления по фиг. 11D-11F также могут включать в себя один или более традиционных аккумуляторных блоков высокого напряжения, соединенных между линиями 1130 (DC_CS+ и DC_CS-), таких как подсистемы 1000. Традиционный аккумуляторный блок может включать в себя несколько аккумуляторов (например, литий-ионных) или HED-конденсаторов, соединенных последовательно, и не сконфигурирован в качестве модульного каскадного многоуровневого преобразователя. Традиционный аккумуляторный блок может использоваться для того, чтобы

предоставлять вспомогательную мощность для любой подсистемы 1000 (через совместно используемые линии 1130 постоянного тока), для вспомогательного преобразователя 1150, непосредственно для нагрузки 1110 мотора (при соединении через инвертор), непосредственно для вспомогательных нагрузок 301 и 302 постоянного тока (например, при соединении через преобразователь постоянного тока в постоянный ток) и/или непосредственно для вспомогательных нагрузок 1112 и/или 1114 переменного тока (при соединении через преобразователь постоянного тока в переменный ток). Традиционный аккумуляторный блок может заряжаться посредством источника 150 заряда через преобразователь постоянного тока в постоянный ток, промежуточно размещенный последовательно на линиях 1130 между традиционным блоком и источником 150 заряда. Альтернативно, промежуточно размещенный преобразователь постоянного тока в постоянный ток может опускаться, и традиционный блок может избирательно отсоединяться от линий 1130 с помощью переключателей (например, контакторов), когда источник 150 заряда соединяется, и после отсоединения источника 150, аккумуляторный блок может повторно соединяться с линиями 1130 и заряжаться посредством одной или более подсистем 1000.

[00162] Модули 108А-С и 108IC, описанные в данном документе, могут использоваться в трамвае 1100. Также описываются дополнительные примерные варианты осуществления модульных конфигураций. Фиг. 12А является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модуля 108D, выполненного с возможностью использования в системе 100 трамвая 1100. Во всех вариантах осуществления, описанных в данном документе, модуль 108D может включать в себя любое число источников 206 энергии, к примеру, один или более аккумуляторов, один или более конденсаторов с высокой плотностью энергии (HED) и/или один или более топливных гальванических элементов. Если включаются несколько аккумуляторов, эти аккумуляторы могут иметь идентичные или различные электрохимические составы, как описано в данном документе. Аналогично, различные типы высокоэнергетических конденсаторов плотности и топливных гальванических элементов могут использоваться. Каждый аккумулятор может представлять собой один гальванический элемент или несколько гальванических элементов, соединенных последовательно, параллельно либо в комбинации вышеозначенного, чтобы достигать требуемых характеристик напряжения и тока. Как показано на фиг. 12А модуль 108 включает в себя первый источник 206А и второй источник 206В, причем источники могут представлять собой аккумуляторы различных типов (например, LTO-аккумулятор и LFP-аккумулятор), либо один может представлять собой аккумулятор, а другой может представлять собой HED-конденсатор, либо может использоваться любая другая комбинация, как описано в данном документе.

[00163] Модуль 108D включает в себя преобразователь 202В или 202С, соединенный с источниками 206А и 206В энергии, способом, аналогичным способу, описанному относительно модуля 108В по фиг. 3В. Источник 206А энергии соединяется с энергетическим буфером 204, который, в свою очередь, соединяется с однонаправленным

изолированным преобразователем 1200 постоянного тока в постоянный ток. Модуль 108D включает в себя порты 7 и 8 ввода-вывода, которые соединяются с сигналами DC_CS+ и DC_CS- источников заряда, соответственно, через линии 1130. Эти сигналы вводятся в преобразователь 1202 постоянного тока в переменный ток преобразователя 1200, в котором они преобразуются в высокочастотную форму переменного тока и затем вводятся в секцию 1204 трансформатора и выпрямителя.

[00164] Секция 1204 трансформатора и выпрямителя может включать в себя высокочастотный трансформатор и однофазный диодный выпрямитель. Постоянное напряжение на портах 7 и 8 может представлять собой напряжение, которое ниже полного напряжения, подаваемого посредством источника заряда, поскольку подсистема 1000 может включать в себя множество таких модулей 108, принимающих заряд одновременно. Секция 1204 трансформатора и выпрямителя может модифицировать напряжение сигнала переменного тока из преобразователя 1202, при необходимости и преобразовывать сигнал переменного тока обратно в форму постоянного тока в источники 206А и 206В заряда. Секция 1204 также предоставляет изоляцию высокого напряжения для других компонентов 202, 204, 206 и 114 модуля 108D.

[00165] Однонаправленность предоставляется на основе диодного выпрямителя, который разрешает току приниматься из источника 150 заряда и пропускаться в буфер 204, но не разрешает вывод тока противоположным способом. Например, при торможении, если транспортное средство имеет систему рекуперации энергии, то ток из торможения может переноситься обратно в каждый модуль 108 через соединение 110 для подачи мощности и маршрутизироваться в любой из источников 206А и 206В посредством преобразователя 202В, С. Присутствие однонаправленного изолированного преобразователя 1200 постоянного тока в постоянный ток (диодного выпрямителя) должно предотвращать прохождение этой восстановленной энергии через модуль 108D обратно в источник заряда через линии 1130.

[00166] LCD 114 может отслеживать состояние преобразователя 1200, в частности, преобразователя 1202 и секции 1204, по соединениям 118-5 и 118-6 для передачи данных, соответственно. Аналогично другим компонентам модуля 108Е, схема мониторинга для преобразователя 1202 и секции 1204 может включаться для того, чтобы измерять токи, напряжения, температуры, неисправности и т.п. Эти соединения 118-5 и 118-6 также могут подавать управляющие сигналы, чтобы управлять переключением преобразователя 1202 и управлять любыми активными элементами в секции 1204. Изоляция LCD 114 может поддерживаться посредством схемы изоляции, присутствующей на линиях 118-5 и 118-6 (например, посредством изолированных формирователей сигналов управления затвором и изолированных датчиков).

[00167] Фиг. 12В является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модуля 108Е. Модуль 108Е сконфигурирован аналогично модулю 108D, но имеет двунаправленный изолированный преобразователь 1210 постоянного тока в постоянный ток вместо преобразователя 1200 и может выполнять двунаправленный

энергетический обмен между источниками 206 (или соединением 110 для подачи мощности) и портами 7 и 8, соединенными с линиями 1130. Двухнаправленный преобразователь 1210 может маршрутизировать ток из портов 7 и 8 в источники 206А и 206В заряда (через преобразователь 202В, С), маршрутизировать ток из портов 7 и 8, чтобы снабжать мощностью нагрузку (посредством вывода из преобразователя 202В, С в порты 1 и 2), маршрутизировать ток из источников 206А и/или 206В (с преобразователем 202В, С) в порты 7 и 8 для снабжения мощностью одной или более вспомогательных нагрузок высокого напряжения через вспомогательный преобразователь 1150 (фиг. 11F) и маршрутизировать ток из источников 206А и/или 206В (через преобразователь 202В, С) в порты 7 и 8 для заряда других модулей 108 системы 100 посредством линий 1130.

[00168] Двухнаправленный преобразователь 1210 соединяется между портами 7 и 8 ввода-вывода, и буфер 204 включает в себя преобразователь 1202 постоянного тока в переменный ток, соединенный с трансформатором 1206, который, в свою очередь, соединяется с преобразователем 1208 переменного тока в постоянный ток. Преобразователь 1202 может преобразовывать постоянное напряжение на портах 7 и 8 в высокочастотное переменное напряжение, которое трансформатор 1206 может модифицировать на меньшее напряжение при необходимости и выводить это модифицированное переменное напряжение в преобразователь 1208 переменного тока в постоянный ток, который может преобразовывать сигнал переменного тока обратно в форму постоянного тока для предоставления в источники 206А, 206В или модульные порты 1 и 2. Трансформатор 1206 также может изолировать модульные компоненты 202, 204, 206, 1208 и 114 от высокого напряжения на портах 7 и 8. Аналогично другим компонентам модуля 108Е, схема мониторинга для преобразователя 1202, трансформатора 1206 и преобразователя 1208 может включаться для того, чтобы измерять токи, напряжения, температуры, неисправности и т.п. LCD 114 может отслеживать состояние преобразователя 1210, в частности, преобразователя 1202, трансформатора 1206 (например, схемы мониторинга или активного компонента, ассоциированного с ней) и преобразователя 1208, по соединениям 118-5, 118-7 и 118-8 для передачи данных, соответственно. Эти соединения 118-5 и 118-6 также могут подавать управляющие сигналы, чтобы управлять переключением преобразователя 1202 и управлять любыми управляемыми элементами, ассоциированными с трансформатором 1206. Изоляция LCD 114 может поддерживаться посредством схемы изоляции, присутствующей на линиях 118-5 и 118-6 (например, посредством изолированных формирователей сигналов управления затвором и изолированных датчиков).

[00169] Кроме того, для электрохимических аккумуляторных источников 206, длина импульсов заряда, прикладываемых к источникам 206 посредством преобразователя 1208 переменного тока в постоянный ток, может поддерживаться таким образом, что она имеет определенную длину, например, менее 5 миллисекунд, чтобы стимулировать возникновение реакции электрохимического накопления в гальванических элементах без возникновения значительных побочных реакций, которые могут приводить

к ухудшению характеристик. Технология заряда может включать активную обратную связь из каждого источника энергии, чтобы обеспечивать то, что ухудшение характеристик аккумулятора, если обнаруживается, уменьшается за счет понижения напряжения или приостановки процедуры заряда для этого модуля либо иным способом. Такие импульсы могут прикладываться с высокими С-темпами (например, в 5С-15С и более), с тем чтобы обеспечивать быстрый заряд источников 206. Длительность и частота импульсов заряда могут управляться посредством системы 102 управления. Примеры таких технологий, которые могут использоваться со всеми вариантами осуществления, описанными в данном документе, описываются в международной публикации номер WO 2020/243655, поданной 29 мая 2020 года и озаглавленной "Advanced Battery Charging on Modular Levels of Energy Storage Systems", которая содержится по ссылке в данном документе для всех целей.

[00170] Фиг. 13А является принципиальной схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модуля 108D. Преобразователь 202В соединяется со вторичным источником 206В и в других вариантах осуществления может быть сконфигурирован аналогично преобразователю 202С (фиг. 6С). Буфер 204 сконфигурирован здесь в качестве конденсатора. Порты 7 и 8 ввода-вывода соединяются с LC-фильтром 1302, который, в свою очередь, соединяется с двунаправленным преобразователем 1210, в частности, с преобразователем 1202 постоянного тока в переменный ток, который сконфигурирован как полномостовой преобразователь с переключателями S10, S11, S12 и S13. LC-фильтр 1302 может представлять собой распределенный DC-фильтр, который может фильтровать гармоники из и в линии 1130 постоянного тока, предоставлять функцию замедления тока при необходимости и/или выполнять другие функции. Полномостовые выводы из узлов N1 и N2 соединяются с первичной обмоткой трансформатора 1206 в секции 1204. Вторичная обмотка трансформатора 1206 соединяется с узлами N3 и N4 диодного выпрямителя секции 1204, имеющего диоды D1-D4. Переключатели преобразователя 1202 могут представлять собой полупроводниковые переключатели, сконфигурированные в качестве MOSFET, IGBT, GaN-устройств и т.п., как описано в данном документе. LCD 114 или другой элемент системы 102 управления может предоставлять переключающие сигналы для управления переключателями S1-S6 и S10-S13. Наряду с другими функциями, описанными в данном документе, преобразователь 202В может управляться таким образом, чтобы независимо маршрутизировать ток из портов 7 и 8 в источник 206В для заряда или в порты 1 и 2 ввода-вывода для снабжения мощностью нагрузок 1110 мотора.

[00171] Фиг. 13В является принципиальной схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модуля 108Е. Преобразователь 202В соединяется со вторичным источником 206В и в других вариантах осуществления может быть сконфигурирован аналогично преобразователю 202С (фиг. 6С). Буфер 204 сконфигурирован как конденсатор. Порты 7 и 8 ввода-вывода соединяются с LC-фильтром 1302, который, в свою очередь, соединяется с двунаправленным преобразователем 1210, в частности, с

преобразователем 1202 постоянного тока в переменный ток, который сконфигурирован как полномостовой преобразователь с переключателями S10, S11, S12 и S13. Полномостовые выводы из узлов N1 и N2 соединяются с первичной обмоткой трансформатора 1206. Вторичная обмотка трансформатора 1206 соединяется с узлами N3 и N4 второй полномостовой схемы, сконфигурированной как преобразователь 1208 переменного тока в постоянный ток, имеющий переключатели S14, S15, S16 и S17. Переключатели преобразователя 1208 могут представлять собой полупроводниковые переключатели, сконфигурированные в качестве MOSFET, IGBT, GaN-устройств и т.п., как описано в данном документе. LCD 114 или другой элемент системы 102 управления может предоставлять переключающие сигналы для управления переключателями S1-S6 и S10-S17. Наряду с другими функциями, описанными в данном документе, преобразователь 202В может управляться таким образом, чтобы независимо маршрутизировать ток из портов 7 и 8 в источник 206В для заряда или в порты 1 и 2 ввода-вывода для снабжения мощностью нагрузок мотора.

[00172] Фиг. 13С является принципиальной схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления модуля 108Е, в котором преобразователь 1208 переменного тока в постоянный ток сконфигурирован как двухтактный преобразователь с первой клеммой источника 206, соединенной с одной стороной сдвоенных вторичных обмоток трансформатора 1206 через индуктор L2, и переключателями S18 и S19, соединенными между противоположной стороной сдвоенных вторичных обмоток и общим узлом (например, узлом 4), соединенным с противоположной клеммой источника 206. Двухтактная конфигурация требует только двух переключателей и в силу этого является более экономически эффективной, чем полномостовой преобразователь, хотя переключатели имеют большие напряжения, прикладываемые на них.

[00173] Фиг. 14А является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления подсистемы 1000, выполненной с возможностью подавать трехфазную мощность для двух моторов 1110-1 и 1110-2 параллельно. Этот вариант осуществления включает в себя три последовательных матрицы 700-РА, 700-РВ и 700-РС с модулями 108, размещаемыми каскадным способом с портами 1 и 2, объединенными в гирляндную цепь между модулями, как описано в другом месте в данном документе. Подсистема 1000 имеет три матрицы 700-РА, 700-РВ и 700-РС для подачи трехфазной мощности в одну или более нагрузок 1112 посредством системных портов SIO1, SIO2 и SIO3. В этом варианте осуществления и в варианте осуществления по фиг. 14В, каждый из модулей 108 может быть сконфигурирован как модуль 108D (фиг. 12А) или как модуль 108Е (фиг. 12В, 13А, 13В). Нейтральный сигнал доступен в SIO6(N) при необходимости. Сигналы DC_CS+ и DC_CS- постоянного напряжения, подаваемые из линий 1130, подаются в подсистему 1000 посредством системных портов SIO4 и SIO5 ввода-вывода, соответственно. Порты 7 и 8 каждого из модулей 108 объединяются в гирляндную цепь таким образом, что прикладываемое напряжение источника заряда разделяется по модулям 108-1 - 108-N каждой матрицы 700. Аналогично другим вариантам осуществления, подсистема 1000

может быть сконфигурирована с N модулей 108 в каждой матрице 700, где N может быть любым целым числом в два или более.

[00174] Фиг. 14В является блок-схемой, иллюстрирующей другой примерный вариант осуществления подсистемы 1000, выполненной с возможностью подавать трехфазную мощность для моторов 1110-1 и 1110-2, а также имеющей модули 108IC-1, 108IC-2 и 108IC-3. Модули 108IC могут иметь взаимосоединенные источники 206 энергии и могут быть выполнены с возможностью межфазной балансировки между матрицами 700, как описано в другом месте в данном документе. Модули 108IC также могут быть выполнены с возможностью подавать постоянные напряжения в линии 1131 и 1132 для одной или более вспомогательных нагрузок 301 и/или одной или более вспомогательных нагрузок 302. Примерные варианты осуществления по фиг. 14А и 14В могут использоваться в качестве любой из подсистем 1000-1 - 1000-4, как описано относительно фиг. 11D и 11E, в зависимости от того, выполнена или нет каждая подсистема 1000 с возможностью подавать мощность для вспомогательных нагрузок, и того, сконфигурирована она или нет с возможностями межфазной балансировки через взаимосоединенные модули 108IC.

[00175] Фиг. 14С и 14D являются принципиальными схемами, иллюстрирующими примерные варианты осуществления модуля 108IC, выполненного с возможностью использования с вариантом осуществления по фиг. 14В. В этом варианте осуществления, модуль 108IC сконфигурирован с одной частью 604 переключения, выполненной с возможностью соединять порт 1 ввода-вывода либо с положительным постоянным напряжением источника 206 (с портом 3), либо с отрицательным постоянным напряжением источника 206 (с портом 4). Часть 602А переключения регулирует и понижает напряжение источника 206 для предоставления в качестве напряжения вспомогательной нагрузки для линий 1132. Конденсатор С3 фильтра может быть размещен на портах 5 и 6. Модуль 108IC включает в себя двунаправленный преобразователь 1210, сконфигурированный с двумя полномостовыми преобразователями, аналогично двунаправленному преобразователю 1210 по фиг. 13А. Фиг. 14D иллюстрирует другой вариант осуществления, в котором преобразователь 1208 переменного тока в постоянный ток сконфигурирован как двухтактный преобразователь, аналогично варианту осуществления по фиг. 13В.

[00176] Фиг. 15 является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления подсистемы 1000-5, выполненной с возможностью подавать многофазную мощность, однофазную мощность и мощность постоянного тока для вспомогательных нагрузок трамвая 1100. Подсистема 1000-5 имеет три матрицы 700-PD, 700-PE и 700-PF для подачи трехфазной мощности в одну или более нагрузок 1112 посредством системных портов SIO1, SIO2 и SIO3. Подсистема 1000-5 имеет четвертую матрицу 700-PG для подачи однофазной мощности в одну или более нагрузок 1114 посредством системных выводов SIO6 (SP(L)) и SIO7 (SP(N)). Подсистема 1000-5 может быть выполнена с возможностью подавать мощность в качестве столько различных фаз, сколько требуется,

через добавление дополнительных матриц 700. Число модулей 108 в каждой матрице может варьироваться в зависимости от требований по напряжению нагрузки. Например, хотя все матрицы 700 показаны здесь как имеющие N модулей 108, значение N может отличаться между матрицами. Каждый из N модулей 108 каждой матрицы 700 может быть сконфигурирован аналогично модулю 108D (фиг. 13А) или модулю 108Е (фиг. 13В).

[00177] Каждая матрица 700 также может включать в себя модуль 108IC, имеющий взаимно соединенные источники 206 для совместного использования энергии и межфазной балансировки. Модули 108IC-1 - 108IC-3 могут быть сконфигурированы аналогично вариантам осуществления, описанным относительно фиг. 14А и 14В. Фиг. 16 является блок-схемой, иллюстрирующей примерный вариант осуществления модуля 108IC-4 для использования в однофазной матрице 700-PD. Этот вариант осуществления является аналогичным варианту осуществления по фиг. 14А, за исключением того, что модуль 108IC-4 включает в себя две части 604-1 и 604-2 переключения. Части 604-1 и 604-2 выполнены с возможностью независимо соединять порты 1 и 2 ввода-вывода, соответственно, с V_{DCL+} (с портом 3) или с V_{DCL-} (с портом 4). Порт 1 ввода-вывода может соединяться с портом 2 модуля 108-N матрицы 700-PD, как показано на фиг. 15. Порт 2 ввода-вывода может служить в качестве нейтрали для мощности, предоставленной посредством матрицы 700-PD. LC-схема 1600 может соединяться между портами 1 и 2, как показано, чтобы предоставлять фильтрацию гармоник.

[00178] В некоторых вариантах осуществления, отдельная подсистема 1000 может не требоваться для того, чтобы формировать требуемые трехфазные и однофазные напряжения для вспомогательных нагрузок. В таких вариантах осуществления, подсистема 1000-5 может опускаться, и вспомогательный преобразователь мощности может использоваться для того, чтобы вместо этого формировать три фазы в напряжениях однофазных вспомогательных нагрузок. Этот вспомогательный преобразователь может соединяться с линиями 1130 источников заряда постоянного тока и может принимать мощность из источника 150 заряда или из других подсистем 1000, когда источник 150 заряда не соединяется.

[00179] Использование двунаправленных преобразователей 1210 в модулях подсистем 1000-1 - 1000-5 обеспечивает возможность этим подсистемам подавать относительно более высокие постоянные напряжения через линии 1130, например, в конфигурации, в которой большая вспомогательная нагрузка, такая как система термического управления аккумулятором (BTMS), снабжается мощностью непосредственно из линий 1130. В таком случае, вспомогательная нагрузка, соединенная через линии 1130, может снабжаться мощностью непосредственно посредством источника заряда при соединении с трамваем 1100 и затем может снабжаться мощностью посредством одной или более подсистем 1000, выводящих мощность из источников 206 через двунаправленные преобразователи 1210 каждого модуля 108.

[00180] Варианты осуществления, раскрытые в данном документе, не ограничены работой с каким-либо конкретным напряжением, током или мощностью. В качестве

примера и для целей контекста, в одной примерной реализации, источник 150 заряда может предоставлять напряжение 600-1000V на линиях 1130. Каждая из подсистем 1000-1 - 1000-4 может предоставлять многофазные напряжения, которые регулируются и стабилизируются посредством напряжения, и частота, при необходимости, в этих напряжениях может составлять 300-1000 В в зависимости от потребностей моторов. Примерное трехфазное вспомогательное напряжение для нагрузки 1112 может составлять 300-500 В, регулироваться и стабилизироваться по мере необходимости. Примерное однофазное вспомогательное напряжение для нагрузки 1114 может составлять 120-240 В, регулироваться и стабилизироваться по мере необходимости. Примерные вспомогательные напряжения для нагрузки 301 могут составлять 48-60 В, и примерные вспомогательные напряжения для нагрузки 302 могут составлять 24-30 В. Кроме того, они представляют собой примеры только для целей контекста, и напряжения, которые может предоставлять система 100, должны варьироваться в зависимости от потребностей варианта применения.

[00181] Чтобы обслуживать сбалансированную общую систему, энергия источников 206 вспомогательной подсистемы 1000-5 может переноситься в любую из (невспомогательных) подсистем 1000-1 - 1000-4 посредством линий 1131 и совместно используемых соединений между коммутационными модулями, и эта энергия может использоваться либо для заряда этих подсистем 1000-1 - 1000-4, либо для подачи в моторы. Таким образом, энергия из вспомогательной подсистемы 1000-5 может использоваться для того, чтобы снабжать мощностью один или более моторов, даже если она не соединяется непосредственно с этими моторами, а вместо этого косвенно соединяется с этими моторами посредством одной или более других подсистем 1000-1 - 1000-4. Аналогично, энергия, восстановленная через торможение, может совместно использоваться подсистемами 1000-1 - 1000-5 посредством линий 1131 и совместно используемых соединений между коммутационными модулями.

[00182] Различные аспекты настоящего предмета изобретения изложены ниже, в обзоре и/или в дополнении, к вариантам осуществления, описанным выше, при этом акцент здесь делается на взаимозависимости и взаимозаменяемости нижеприведенных вариантов осуществления. Другими словами, акцент делается на том факте, что каждый признак вариантов осуществления может комбинироваться с каждым другим признаком, если не указано иное.

[00183] Во многих вариантах осуществления, предоставляется модульная энергетическая система, управляемая таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузку, причем система включает в себя: множество модулей, соединенных между собой с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение первых выходных напряжений из каждого модуля, причем каждый модуль включает в себя: источник энергии; первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать первое выходное напряжение на первом порту модуля; и второй преобразователь, соединенный между вторым портом

модуля и источником энергии, причем второй преобразователь выполнен с возможностью принимать сигнал заряда на втором порту и преобразовывать сигнал заряда во второе выходное напряжение для того, чтобы заряжать источник энергии.

[00184] В некоторых вариантах осуществления, первый преобразователь включает в себя множество переключателей. Система, в которой множество переключателей могут быть сконфигурированы как полномостовой преобразователь.

[00185] В некоторых вариантах осуществления, второй преобразователь представляет собой преобразователь постоянного тока в постоянный ток, включающий в себя трансформатор, выполненный с возможностью изолировать источник энергии и первый преобразователь от второго порта. Система, в которой второй преобразователь может включать в себя преобразователь постоянного тока в переменный ток, соединенный между вторым портом и трансформатором. Система, в которой второй преобразователь может включать в себя диодный выпрямитель, соединенный между трансформатором и источником энергии. Система, в которой второй преобразователь может включать в себя преобразователь переменного тока в постоянный ток, соединенный между трансформатором и источником энергии. Система, в которой преобразователь переменного тока в постоянный ток может быть сконфигурирован как полномостовой преобразователь или двухтактный преобразователь. Система, в которой второй преобразователь может представлять собой однонаправленный преобразователь, который проводит электричество из второго порта в источник энергии. Система, в которой второй преобразователь может представлять собой двунаправленный преобразователь, который проводит электричество между вторым портом и источником энергии.

[00186] В некоторых вариантах осуществления, множество модулей последовательно соединяются в качестве матрицы и соединяются с возможностью принимать полное напряжение источника заряда таким образом, что напряжение сигнала заряда, прикладываемое ко второму порту каждого модуля, выделяется из полного напряжения источника заряда. Система, в которой источник энергии может представлять собой первый источник энергии, и при этом каждый модуль может включать в себя второй источник энергии. Система, в которой второй источник энергии может соединяться с первым преобразователем посредством индуктора. Система, в которой первый источник энергии может представлять собой литий-ионный аккумулятор первого типа, и второй источник энергии может представлять собой литий-ионный аккумулятор второго типа, причем первый и второй типы могут отличаться. Система, в которой первый источник энергии может представлять собой аккумулятор, и второй источник энергии может представлять собой конденсатор с высокой плотностью энергии (HED).

[00187] В некоторых вариантах осуществления, каждый модуль дополнительно может включать в себя энергетический буфер, соединенный параллельно с источником энергии. Система, в которой энергетический буфер может представлять собой конденсатор.

[00188] В некоторых вариантах осуществления, система дополнительно может включать в себя систему управления, выполненную с возможностью управлять переключением первого и второго преобразователей. Система, в которой система управления может включать в себя множество локальных устройств управления, ассоциированных с множеством модулей, и ведущее устройство управления, соединенное с возможностью осуществления связи с множеством локальных устройств управления. Система, в которой система управления может быть выполнена с возможностью управлять переключением второго преобразователя каждого модуля таким образом, чтобы обмениваться энергией между источниками энергии модулей.

[00189] Во многих вариантах осуществления, предоставляется модульная энергетическая система, управляемая таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузку, причем система включает в себя: первую матрицу, включающую в себя первое множество модулей, соединенных между собой с возможностью выводить первый сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение выходных напряжений, из первого множества модулей; и вторую матрицу, включающую в себя второе множество модулей, соединенных между собой с возможностью выводить второй сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение выходных напряжений, из второго множества модулей, причем каждый модуль из первого множества и второго множества модулей включает в себя: источник энергии; первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать выходное напряжение на первом порту модуля; и второй преобразователь, соединенный со вторым портом модуля и источником энергии, причем второй преобразователь выполнен с возможностью принимать сигнал заряда на втором порту и преобразовывать сигнал заряда в зарядное напряжение для того, чтобы заряжать источник энергии.

[00190] В некоторых вариантах осуществления, система дополнительно может включать в себя первый коммутационный модуль, соединенный с первой матрицей, и второй коммутационный модуль, соединенный со второй матрицей, причем первый и второй коммутационные модули включают в себя: первый порт и второй порт; источник энергии; первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать выходное напряжение на первом порту; и второй преобразователь, соединенный со вторым портом и источником энергии, причем второй преобразователь выполнен с возможностью принимать сигнал заряда на втором порту и преобразовывать сигнал заряда в зарядное напряжение для того, чтобы заряжать источник энергии. Система, в которой источники энергии первого и второго коммутационных модулей могут соединяться параллельно. Система, в которой первый коммутационный модуль может быть выполнен с возможностью подавать мощность для вспомогательной нагрузки. Система, в которой первый коммутационный модуль может включать в себя третий порт, выполненный с возможностью соединять источник энергии первого коммутационного модуля со вспомогательной нагрузкой. Система, в которой первый коммутационный модуль может включать в себя третий порт, выполненный с

возможностью соединять источник энергии первого коммутационного модуля через схему переключения и индуктор первого коммутационного модуля со вспомогательной нагрузкой, внешней для первого коммутационного модуля. Система дополнительно может включать в себя систему управления, выполненную с возможностью управлять первым преобразователем каждого из первого и второго коммутационных модулей таким образом, чтобы балансировать энергию между первой и второй матрицами. Система дополнительно может включать в себя систему управления, выполненную с возможностью управлять первым преобразователем каждого из первого и второго коммутационных модулей таким образом, чтобы балансировать энергию между первой и второй матрицами.

[00191] В некоторых вариантах осуществления, первый преобразователь может включать в себя множество переключателей. Система, в которой множество переключателей могут быть сконфигурированы как полномостовой преобразователь.

[00192] В некоторых вариантах осуществления, система, в которой второй преобразователь может представлять собой преобразователь постоянного тока в постоянный ток, включающий в себя трансформатор, выполненный с возможностью изолировать источник энергии и первый преобразователь от второго порта. Система, в которой второй преобразователь может включать в себя преобразователь постоянного тока в переменный ток, соединенный между вторым портом и трансформатором. Система, в которой второй преобразователь может включать в себя диодный выпрямитель, соединенный между трансформатором и источником энергии. Система, в которой второй преобразователь может включать в себя преобразователь переменного тока в постоянный ток, соединенный между трансформатором и источником энергии. Система, в которой преобразователь переменного тока в постоянный ток может быть сконфигурирован как полномостовой преобразователь или двухтактный преобразователь. Система, в которой второй преобразователь может представлять собой однонаправленный преобразователь, который проводит электричество из второго порта в источник энергии. Система, в которой второй преобразователь может представлять собой двунаправленный преобразователь, который проводит электричество между вторым портом и источником энергии.

[00193] В некоторых вариантах осуществления, первое множество модулей последовательно соединяются в первой матрице и соединяются с возможностью принимать полное напряжение источника заряда таким образом, что напряжение сигнала заряда, прикладываемое ко второму порту каждого модуля первой матрицы, выделяется из полного напряжения источника заряда.

[00194] В некоторых вариантах осуществления, источник энергии представляет собой первый источник энергии, и при этом каждый модуль может включать в себя второй источник энергии. Система, в которой второй источник энергии может соединяться с первым преобразователем посредством индуктора. Система, в которой первый источник энергии может представлять собой литий-ионный аккумулятор первого типа, и второй источник энергии может представлять собой литий-ионный аккумулятор

второго типа, причем первый и второй типы могут отличаться. Система, в которой первый источник энергии может представлять собой аккумулятор, и второй источник энергии может представлять собой конденсатор с высокой плотностью энергии (HED).

[00195] В некоторых вариантах осуществления, каждый модуль из первого множества модулей, каждый модуль из второго множества модулей, первый коммутационный модуль и второй коммутационный модуль дополнительно включают в себя энергетический буфер, соединенный параллельно с источником энергии. Система, в которой энергетический буфер может представлять собой конденсатор.

[00196] В некоторых вариантах осуществления, система дополнительно включает в себя систему управления, выполненную с возможностью управлять переключением первого и второго преобразователей. Система, в которой система управления может включать в себя множество локальных устройств управления, ассоциированных с множеством модулей, и ведущее устройство управления, соединенное с возможностью осуществления связи с множеством локальных устройств управления. Система, в которой система управления может быть выполнена с возможностью управлять переключением второго преобразователя каждого модуля таким образом, чтобы обмениваться энергией между источниками энергии модулей.

[00197] Во многих вариантах осуществления, предоставляется модульная энергетическая система, управляемая таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузки электрического транспортного средства, причем система включает в себя: первое множество модулей, соединенных между собой в первой, второй и третьей матрицах, причем каждая матрица выполнена с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение выходных напряжений, из модулей этой матрицы; и второе множество модулей, соединенных между собой в четвертой матрице, выполненной с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение выходных напряжений, из второго множества модулей, причем первое множество модулей выполнены с возможностью предоставлять трехфазную мощность в первую вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства, и причем второе множество модулей выполнены с возможностью предоставлять однофазную мощность во вторую вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства.

[00198] В некоторых вариантах осуществления, система дополнительно включает в себя множество коммутационных модулей, соединенных с первой, второй, третьей и четвертой матрицами. Система, в которой первый коммутационный модуль из множества коммутационных модулей может быть выполнен с возможностью предоставлять мощность постоянного тока в третью вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства. Система, в которой первый коммутационный модуль может включать в себя источник энергии и может быть выполнен с возможностью соединять источник энергии с третьей вспомогательной нагрузкой. Система, в которой первый коммутационный модуль может включать в себя источник энергии и может быть выполнен с возможностью соединять источник энергии через схему переключения и

индуктор первого коммутационного модуля с третьей вспомогательной нагрузкой.

[00199] В некоторых вариантах осуществления, все модули отдельно включают в себя: источник энергии; первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать выходное напряжение на первом порту модуля; и второй преобразователь, соединенный со вторым портом модуля и источником энергии, причем второй преобразователь выполнен с возможностью принимать сигнал заряда на втором порту и преобразовывать сигнал заряда в зарядное напряжение для того, чтобы заряжать источник энергии. Система дополнительно может включать в себя систему управления, выполненную с возможностью управлять первым преобразователем каждого из множества коммутационных модулей таким образом, чтобы балансировать энергию между первой, второй, третьей и четвертой матрицами. Система, в которой модули первой матрицы могут последовательно соединяться с возможностью принимать полное напряжение источника заряда таким образом, что напряжение сигнала заряда, прикладываемое ко второму порту каждого модуля первой матрицы, выделяется из полного напряжения источника заряда. Система, в которой первая матрица, вторая матрица и третья матрица могут соединяться параллельно с возможностью принимать полное напряжение источника заряда таким образом, что напряжение сигнала заряда, прикладываемое ко второму порту каждого модуля каждой матрицы, выделяется из полного напряжения источника заряда.

[00200] В некоторых вариантах осуществления, каждый модуль дополнительно включает в себя энергетический буфер. Система, в которой энергетический буфер представляет собой конденсатор.

[00201] В некоторых вариантах осуществления, система дополнительно включает в себя систему управления, выполненную с возможностью управлять каждым из модулей.

[00202] Во многих вариантах осуществления, предоставляется модульная энергетическая система, управляемая таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузку, причем система включает в себя: множество модулей, соединенных между собой с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение первых выходных напряжений из каждого модуля, причем каждый модуль включает в себя источник энергии, первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать первое выходное напряжение на первом порту модуля, и второй преобразователь, соединенный между вторым портом модуля и источником энергии; и систему управления, выполненную с возможностью управлять первым преобразователем и вторым преобразователем каждого модуля.

[00203] В некоторых вариантах осуществления, система управления выполнена с возможностью управлять первым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы выводить первое выходное напряжение согласно технологии широтно-импульсной модуляции. Система, в которой система управления может быть выполнена с возможностью управлять вторым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы заряжать источник энергии модуля.

[00204] В некоторых вариантах осуществления, система управления выполнена с возможностью управлять вторым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы заряжать источник энергии модуля, и параллельно управлять первым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы выводить первое выходное напряжение. Система, в которой, по меньшей мере, поднабор модулей из множества модулей могут соединяться между собой каскадным способом таким образом, что первый порт каждого модуля в поднаборе соединяется с первым портом другого модуля в поднаборе, и второй порт каждого модуля в поднаборе соединяется со вторым портом другого модуля в поднаборе. Система, в которой система управления может быть выполнена с возможностью управлять вторым преобразователем первого модуля во множестве модулей и вторым преобразователем второго модуля во множестве модулей таким образом, чтобы обмениваться энергией между источником энергии первого модуля и источником энергии второго модуля.

[00205] В некоторых вариантах осуществления, второй преобразователь каждого модуля из множества модулей представляет собой преобразователь постоянного тока в постоянный ток, включающий в себя трансформатор, выполненный с возможностью изолировать источник энергии и первый преобразователь от второго порта. Система, в которой второй преобразователь каждого модуля из множества модулей может включать в себя преобразователь постоянного тока в переменный ток, соединенный между вторым портом и трансформатором. Система, в которой второй преобразователь каждого модуля из множества модулей может включать в себя диодный выпрямитель, соединенный между трансформатором и источником энергии. Система, в которой второй преобразователь каждого модуля из множества модулей может включать в себя преобразователь переменного тока в постоянный ток, соединенный между трансформатором и источником энергии. Система, в которой преобразователь переменного тока в постоянный ток может быть сконфигурирован как полномостовой преобразователь или двухтактный преобразователь.

[00206] В некоторых вариантах осуществления, источник энергии представляет собой первый источник энергии, и при этом каждый модуль из множества модулей включает в себя второй источник энергии, соединенный с первым преобразователем посредством индуктора.

[00207] В некоторых вариантах осуществления, система управления включает в себя множество локальных устройств управления, ассоциированных с множеством модулей, и ведущее устройство управления, соединенное с возможностью осуществления связи с множеством локальных устройств управления.

[00208] В некоторых вариантах осуществления, первое множество модулей соединяются между собой в первой, второй и третьей матрицах, каждая из которых выполнена с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение выходных напряжений, из модулей этой матрицы. Система дополнительно может включать в себя второе множество модулей, соединенных между

собой в четвертой, пятой и шестой матрицах, каждая из которых выполнена с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение выходных напряжений, из модулей этой матрицы. Система дополнительно может включать в себя третье множество модулей, соединенных между собой в седьмой матрице, выполненной с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, включающий в себя наложение выходных напряжений, из третьего множества модулей. Система, в которой первое множество модулей могут быть выполнены с возможностью предоставлять трехфазную мощность в мотор электрического транспортного средства, второе множество модулей могут быть выполнены с возможностью предоставлять трехфазную мощность в первую вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства, и третье множество модулей могут быть выполнены с возможностью предоставлять однофазную мощность во вторую вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства. Система, в которой система управления может быть выполнена с возможностью управлять первым преобразователем и вторым преобразователем каждого модуля из второго и третьего множеств модулей.

[00209] В некоторых вариантах осуществления, система дополнительно включает в себя вспомогательный преобразователь, соединенный с линиями постоянного тока системы, причем вспомогательный преобразователь выполнен с возможностью преобразовывать мощность постоянного тока из линий постоянного тока в мощность переменного тока для вспомогательной нагрузки. Система управления может быть выполнена с возможностью управлять вторым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы выводить постоянное напряжение из второго порта каждого модуля, так что выходные постоянные напряжения прикладываются к линиям постоянного тока, чтобы снабжать мощностью вспомогательный преобразователь.

[00210] Во многих вариантах осуществления, предоставляется способ работы рельсового электрического транспортного средства, включающего в себя модульную систему накопления энергии, причем способ включает в себя: вывод сигнала мощности переменного тока, включающего в себя множество первых выходных напряжений, из множества модулей в электромотор рельсового электрического транспортного средства, причем множество модулей включают в себя источник энергии, первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью выводить первое выходное напряжение из первого порта модуля, и второй преобразователь, соединенный между источником энергии и вторым портом модуля; приложение сигнала заряда к электрическому транспортному средству, причем напряжение из сигнала заряда прикладывается ко второму порту каждого из множества модулей; и управление вторым преобразователем каждого из множества модулей таким образом, чтобы заряжать источник энергии каждого модуля. Способ, в котором электрическое транспортное средство может перемещаться в то время, когда сигнал заряда прикладывается.

[00211] Термин "модуль" при использовании в данном документе означает одно из двух или более устройств или подсистем в большей системе. Модуль может быть

выполнен с возможностью работать в сочетании с другими модулями аналогичного размера, функции и физической компоновки (например, местоположением электрических клемм, разъемов и т.д.). Модули, имеющие идентичную функцию и источник(и) энергии, могут быть сконфигурированы идентично (например, по размеру и физической компоновке) всем остальным модулям в идентичной системе (например, в стойке или блоке), тогда как модули, имеющие различные функции или источник(и) энергии, могут варьироваться по размеру и физической компоновке. Хотя каждый модуль может быть физически съемным и сменным относительно других модулей системы (например, аналогично колесам в автомобиле или лезвиям на лезвийном сервере на базе информационных технологий (ИТ)), это не является обязательным. Например, система может помещаться в общий кожух, который не разрешает вынимание 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.

[00212] 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 любым другим устройством, к примеру, с локальным устройством управления.

[00213] Термин "вывод" используется в данном документе в широком смысле и не исключает функционирование двунаправленным способом в качестве как вывода, так и ввода. Аналогично, термин "ввод" используется в данном документе в широком смысле и не исключает функционирование двунаправленным способом в качестве как ввода, так и вывода.

[00214] 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.

[00215] Различные обозначения ссылок с номерами используются в данном документе. Эти обозначения используются для того, чтобы упрощать описание настоящего предмета изобретения, и не ограничивают объем этого предмета изобретения. Некоторые чертежи показывают несколько экземпляров идентичных или аналогичных элементов. К этим элементам может добавляться в конец число или буква в формате "-X", например, 123-1, 123-2 или 123-Ра. Этот формат -X не подразумевает то, что элементы должны быть сконфигурированы идентично в каждом случае, а вместо этого используется для того, чтобы упрощать различение при ссылке на элементы на чертежах. Ссылка на родовое число без добавления в конец -X (например, 123) широко ссылается на все экземпляры элемента в роду.

[00216] Различные аспекты настоящего предмета изобретения изложены ниже, в обзоре и/или в дополнении, к вариантам осуществления, описанным выше, при этом

акцент здесь делается на взаимозависимости и взаимозаменяемости 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 является логически неправдоподобным.

[00217] 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 вентильных матриц, собственные архитектуры, заказные 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 множество различных действий и управлять другими компонентами.

[00218] Схема обработки также может выполнять другие программные и/или аппаратные процедуры. Например, схема обработки может взаимодействовать 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).

[00219] Все без исключения сигналы связи, описанные в данном документе, могут передаваться в беспроводном режиме за исключением случаев, когда указывается или является логически неправдоподобным. Схема связи может включаться для беспроводной связи. Схема связи может реализовываться как одна или более микросхем и/или компонентов (например, как передающее устройство, приемное устройство, приемопередающее устройство и/или другая схема связи), которые осуществляют беспроводную связь по линиям связи в соответствии с надлежащим 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.

[00220] 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.

[00221] 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 "С" или аналогичные языки программирования.

[00222] Запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или машиночитаемые 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). Запоминающее устройство также может постоянно размещаться в отдельной собственной микросхеме.

[00223] 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 машиночитаемыми носителями, это запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или машиночитаемые носители являются энергонезависимыми. Соответственно, в той степени, в которой запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или машиночитаемые носители охватываются посредством одного или более пунктов формулы изобретения, это запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или машиночитаемые носители являются только энергонезависимыми. Термины "энергонезависимый" и "материальный", при использовании в данном документе, имеют намерение описывать запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или машиночитаемые носители, за исключением распространения электромагнитных сигналов, но не имеют намерение ограничивать тип запоминающего устройства, устройства хранения данных и/или машиночитаемых носителей с точки зрения постоянства хранения или в иных отношениях. Например, "энергонезависимое" и/или "материальное" запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или машиночитаемые носители охватывают энергозависимые и энергонезависимые носители, к примеру, носители с произвольным доступом (например, RAM, SRAM, DRAM, FRAM и т.д.), неперезаписываемые носители (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.

[00224] 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 с 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 параграф служит в качестве базовых сведений и письменного подтверждения для введения пунктов формулы изобретения, в любое время, которые комбинируют функции, 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.

[00225] При использовании в данном документе и в прилагаемой формуле изобретения, формы единственного числа включают в себя несколько объектов ссылки, если контекст явно не предписывает иное.

[00226] 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 таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузку, содержащая:

- множество модулей, соединенных между собой с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, содержащий наложение первых выходных напряжений из каждого модуля,

при этом каждый модуль содержит:

- источник энергии;
- первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать первое выходное напряжение на первом порту модуля; и
- второй преобразователь, соединенный между вторым портом модуля и источником энергии, при этом второй преобразователь выполнен с возможностью принимать сигнал заряда на втором порту и преобразовывать сигнал заряда во второе выходное напряжение для того, чтобы заряжать источник энергии.

2. Система по п. 1, в которой первый преобразователь содержит множество переключателей.

3. Система по п. 2, в которой множество переключателей сконфигурированы как полномостовой преобразователь.

4. Система по п. 1, в которой второй преобразователь представляет собой преобразователь постоянного тока в постоянный ток, содержащий трансформатор, выполненный с возможностью изолировать источник энергии и первый преобразователь от второго порта.

5. Система по п. 4, в которой второй преобразователь содержит преобразователь постоянного тока в переменный ток, соединенный между вторым портом и трансформатором.

6. Система по п. 5, в которой второй преобразователь содержит диодный выпрямитель, соединенный между трансформатором и источником энергии.

7. Система по п. 4, в которой второй преобразователь содержит преобразователь переменного тока в постоянный ток, соединенный между трансформатором и источником энергии.

8. Система по п. 7, в которой преобразователь переменного тока в постоянный ток сконфигурирован как полномостовой преобразователь или двухтактный преобразователь.

9. Система по п. 4, в которой второй преобразователь представляет собой однонаправленный преобразователь, который проводит электричество из второго порта в источник энергии.

10. Система по п. 4, в которой второй преобразователь представляет собой двунаправленный преобразователь, который проводит электричество между вторым портом и источником энергии.

11. Система по п. 1, в которой множество модулей последовательно соединены в качестве матрицы и соединены с возможностью принимать полное напряжение источника

заряда таким образом, что напряжение сигнала заряда, прикладываемое ко второму порту каждого модуля, выделяется из полного напряжения источника заряда.

12. Система по любому из пп. 1-11, в которой источник энергии представляет собой первый источник энергии и при этом каждый модуль содержит второй источник энергии.

13. Система по п. 12, в которой второй источник энергии соединен с первым преобразователем посредством индуктора.

14. Система по п. 12, в которой первый источник энергии представляет собой литий-ионный аккумулятор первого типа, и второй источник энергии представляет собой литий-ионный аккумулятор второго типа, при этом первый и второй типы отличаются.

15. Система по п. 12, в которой первый источник энергии представляет собой аккумулятор, и второй источник энергии представляет собой конденсатор с высокой плотностью энергии (HED).

16. Система по любому из пп. 1-11, в которой каждый модуль дополнительно содержит энергетический буфер, соединенный параллельно с источником энергии.

17. Система по п. 16, в которой энергетический буфер представляет собой конденсатор.

18. Система по любому из пп. 1-17, дополнительно содержащая систему управления, выполненную с возможностью управлять переключением первого и второго преобразователей.

19. Система по п. 18, в которой система управления содержит множество локальных устройств управления, ассоциированных с множеством модулей, и ведущее устройство управления, соединенное с возможностью осуществления связи с множеством локальных устройств управления.

20. Система по п. 18, в которой система управления выполнена с возможностью управлять переключением второго преобразователя каждого модуля таким образом, чтобы обмениваться энергией между источниками энергии модулей.

21. Модульная энергетическая система, управляемая таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузку, содержащая:

- первую матрицу, содержащую первое множество модулей, соединенных между собой с возможностью выводить первый сигнал переменного напряжения, содержащий наложение выходных напряжений из первого множества модулей; и

- вторую матрицу, содержащую второе множество модулей, соединенных между собой с возможностью выводить второй сигнал переменного напряжения, содержащий наложение выходных напряжений из второго множества модулей,

при этом каждый модуль из первого множества и второго множества модулей содержит:

- источник энергии;

- первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать выходное напряжение на первом порту модуля; и

- второй преобразователь, соединенный со вторым портом модуля и источником энергии, при этом второй преобразователь выполнен с возможностью принимать сигнал заряда на втором порту и преобразовывать сигнал заряда в зарядное напряжение для того, чтобы заряжать источник энергии.

22. Система по п. 21, дополнительно содержащая первый коммутационный модуль, соединенный с первой матрицей, и второй коммутационный модуль, соединенный со второй матрицей, при этом первый и второй коммутационные модули содержат:

- первый порт и второй порт;
- источник энергии;
- первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать выходное напряжение на первом порту; и
- второй преобразователь, соединенный со вторым портом и источником энергии, при этом второй преобразователь выполнен с возможностью принимать сигнал заряда на втором порту и преобразовывать сигнал заряда в зарядное напряжение для того, чтобы заряжать источник энергии.

23. Система по п. 22, в которой источники энергии первого и второго коммутационных модулей соединены параллельно.

24. Система по любому из пп. 22-23, в которой первый коммутационный модуль выполнен с возможностью подавать мощность для вспомогательной нагрузки.

25. Система по п. 24, в которой первый коммутационный модуль содержит третий порт, выполненный с возможностью соединять источник энергии первого коммутационного модуля со вспомогательной нагрузкой.

26. Система по п. 24, в которой первый коммутационный модуль содержит третий порт, выполненный с возможностью соединять источник энергии первого коммутационного модуля через схему переключения и индуктор первого коммутационного модуля со вспомогательной нагрузкой, внешней для первого коммутационного модуля.

27. Система по любому из пп. 22-26, дополнительно содержащая систему управления, выполненную с возможностью управлять первым преобразователем каждого из первого и второго коммутационных модулей таким образом, чтобы балансировать энергию между первой и второй матрицами.

28. Система по любому из пп. 22-26, дополнительно содержащая систему управления, выполненную с возможностью управлять первым преобразователем каждого из первого и второго коммутационных модулей с возможностью балансировать энергию между первой и второй матрицами.

29. Система по п. 21, в которой первый преобразователь содержит множество переключателей.

30. Система по п. 29, в которой множество переключателей сконфигурированы как полномостовой преобразователь.

31. Система по п. 21, в которой второй преобразователь представляет собой

преобразователь постоянного тока в постоянный ток, содержащий трансформатор, выполненный с возможностью изолировать источник энергии и первый преобразователь от второго порта.

32. Система по п. 31, в которой второй преобразователь содержит преобразователь постоянного тока в переменный ток, соединенный между вторым портом и трансформатором.

33. Система по п. 32, в которой второй преобразователь содержит диодный выпрямитель, соединенный между трансформатором и источником энергии.

34. Система по п. 31, в которой второй преобразователь содержит преобразователь переменного тока в постоянный ток, соединенный между трансформатором и источником энергии.

35. Система по п. 34, в которой преобразователь переменного тока в постоянный ток сконфигурирован как полномостовой преобразователь или двухтактный преобразователь.

36. Система по п. 31, в которой второй преобразователь представляет собой однонаправленный преобразователь, который проводит электричество из второго порта в источник энергии.

37. Система по п. 31, в которой второй преобразователь представляет собой двунаправленный преобразователь, который проводит электричество между вторым портом и источником энергии.

38. Система по п. 21, в которой первое множество модулей последовательно соединены в первой матрице и соединены с возможностью принимать полное напряжение источника заряда таким образом, что напряжение сигнала заряда, прикладываемое ко второму порту каждого модуля первой матрицы, выделяется из полного напряжения источника заряда.

39. Система по любому из пп. 21-38, в которой источник энергии представляет собой первый источник энергии и при этом каждый модуль содержит второй источник энергии.

40. Система по п. 39, в которой второй источник энергии соединен с первым преобразователем посредством индуктора.

41. Система по п. 39, в которой первый источник энергии представляет собой литий-ионный аккумулятор первого типа, и второй источник энергии представляет собой литий-ионный аккумулятор второго типа, при этом первый и второй типы отличаются.

42. Система по п. 39, в которой первый источник энергии представляет собой аккумулятор, и второй источник энергии представляет собой конденсатор с высокой плотностью энергии (HED).

43. Система по любому из пп. 21-38, в которой каждый модуль из первого множества модулей, каждый модуль из второго множества модулей, первый коммутационный модуль и второй коммутационный модуль дополнительно содержат энергетический буфер, соединенный параллельно с источником энергии.

44. Система по п. 43, в которой энергетический буфер представляет собой конденсатор.

45. Система по любому из пп. 21-44, дополнительно содержащая систему управления, выполненную с возможностью управлять переключением первого и второго преобразователей.

46. Система по п. 45, в которой система управления содержит множество локальных устройств управления, ассоциированных с множеством модулей, и ведущее устройство управления, соединенное с возможностью осуществления связи с множеством локальных устройств управления.

47. Система по п. 45, в которой система управления выполнена с возможностью управлять переключением второго преобразователя каждого модуля таким образом, чтобы обмениваться энергией между источниками энергии модулей.

48. Модульная энергетическая система, управляемая таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузки электрического транспортного средства, содержащая:

- первое множество модулей, соединенных между собой в первой, второй и третьей матрицах, причем каждая матрица выполнена с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, содержащий наложение выходных напряжений из модулей этой матрицы; и

- второе множество модулей, соединенных между собой в четвертой матрице, выполненной с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, содержащий наложение выходных напряжений из второго множества модулей,

при этом первое множество модулей выполнены с возможностью предоставлять трехфазную мощность в первую вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства, и

при этом второе множество модулей выполнены с возможностью предоставлять однофазную мощность во вторую вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства.

49. Модульная энергетическая система по п. 48, дополнительно содержащая множество коммутационных модулей, соединенных с первой, второй, третьей и четвертой матрицами.

50. Модульная энергетическая система по п. 49, в которой первый коммутационный модуль из множества коммутационных модулей выполнен с возможностью предоставлять мощность постоянного тока в третью вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства.

51. Система по п. 50, в которой первый коммутационный модуль содержит источник энергии и выполнен с возможностью соединять источник энергии с третьей вспомогательной нагрузкой.

52. Система по п. 50, в которой первый коммутационный модуль содержит источник энергии и выполнен с возможностью соединять источник энергии через схему переключения и индуктор первого коммутационного модуля с третьей вспомогательной

нагрузкой.

53. Модульная энергетическая система по любому из пп. 48-50, в которой все модули по отдельности содержат:

- источник энергии;
- первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать выходное напряжение на первом порту модуля; и
- второй преобразователь, соединенный со вторым портом модуля и источником энергии, при этом второй преобразователь выполнен с возможностью принимать сигнал заряда на втором порту и преобразовывать сигнал заряда в зарядное напряжение для того, чтобы заряжать источник энергии.

54. Система по п. 53, дополнительно содержащая систему управления, выполненную с возможностью управлять первым преобразователем каждого из множества коммутационных модулей таким образом, чтобы балансировать энергию между первой, второй, третьей и четвертой матрицами.

55. Система по п. 53, в которой модули первой матрицы последовательно соединены с возможностью принимать полное напряжение источника заряда таким образом, что напряжение сигнала заряда, прикладываемое ко второму порту каждого модуля первой матрицы, выделяется из полного напряжения источника заряда.

56. Система по п. 53, в которой первая матрица, вторая матрица и третья матрица соединены параллельно с возможностью принимать полное напряжение источника заряда таким образом, что напряжение сигнала заряда, прикладываемое ко второму порту каждого модуля каждой матрицы, выделяется из полного напряжения источника заряда.

57. Система по любому из пп. 48-56, в которой каждый модуль дополнительно содержит энергетический буфер.

58. Система по п. 57, в которой энергетический буфер представляет собой конденсатор.

59. Система по любому из пп. 48-58, дополнительно содержащая систему управления, выполненную с возможностью управлять каждым из модулей.

60. Рельсовое электрическое транспортное средство, содержащее:

- модульную энергетическую систему, управляемую таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузку рельсового электрического транспортного средства, при этом модульная энергетическая система сконфигурирована по любому из пп. 1-47.

61. Рельсовое электрическое транспортное средство по п. 60, сконфигурированное в качестве электропоезда или электрического трамвая.

62. Рельсовое электрическое транспортное средство по п. 60, выполненное с возможностью прерывисто соединяться с источником заряда при нахождении в движении.

63. Рельсовое электрическое транспортное средство по п. 62, в котором источник заряда представляет собой цепную контактную подвеску.

64. Рельсовое электрическое транспортное средство по любому из пп. 60-63, в котором нагрузка представляет собой электромотор.

65. Рельсовое электрическое транспортное средство, содержащее:

- модульную энергетическую систему, управляемую таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузки рельсового электрического транспортного средства, при этом модульная энергетическая система сконфигурирована по любому из пп. 48-59.

66. Рельсовое электрическое транспортное средство по п. 65, сконфигурированное в качестве электропоезда или электрического трамвая.

67. Рельсовое электрическое транспортное средство по п. 65, выполненное с возможностью прерывисто соединяться с источником заряда при нахождении в движении.

68. Рельсовое электрическое транспортное средство по п. 67, в котором источник заряда представляет собой цепную контактную подвеску.

69. Электрическое транспортное средство, содержащее:

- первую модульную энергетическую систему, управляемую таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузку рельсового электрического транспортного средства, при этом первая модульная энергетическая система сконфигурирована по любому из пп. 1-47, и при этом нагрузка представляет собой электромотор; и

- вторую модульную энергетическую систему, управляемую таким образом, чтобы подавать мощность во вспомогательные нагрузки рельсового электрического транспортного средства, или вторая модульная энергетическая система сконфигурирована по любому из пп. 48-59.

70. Модульная энергетическая система, управляемая таким образом, чтобы подавать мощность в нагрузку, содержащая:

- множество модулей, соединенных между собой с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, содержащий наложение первых выходных напряжений из каждого модуля, при этом каждый модуль содержит источник энергии, первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью формировать первое выходное напряжение на первом порту модуля, и второй преобразователь, соединенный между вторым портом модуля и источником энергии; и

- систему управления, выполненную с возможностью управлять первым преобразователем и вторым преобразователем каждого модуля.

71. Система по п. 70, в которой система управления выполнена с возможностью управлять первым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы выводить первое выходное напряжение согласно технологии широтно-импульсной модуляции.

72. Система по п. 71, в которой система управления выполнена с возможностью управлять вторым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы заряжать источник энергии модуля.

73. Система по п. 70, в которой система управления выполнена с возможностью управлять вторым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы заряжать источник энергии модуля, и параллельно управлять первым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы выводить первое выходное напряжение.

74. Система по пп. 72 и 73, в которой по меньшей мере поднабор модулей из

множества модулей соединены между собой каскадным способом таким образом, что первый порт каждого модуля в поднаборе соединен с первым портом другого модуля в поднаборе, и второй порт каждого модуля в поднаборе соединен со вторым портом другого модуля в поднаборе.

75. Система по п. 74, в которой система управления выполнена с возможностью управлять вторым преобразователем первого модуля во множестве модулей и вторым преобразователем второго модуля во множестве модулей таким образом, чтобы обмениваться энергией между источником энергии первого модуля и источником энергии второго модуля.

76. Система по любому из пп. 70-75, в которой второй преобразователь каждого модуля из множества модулей представляет собой преобразователь постоянного тока в постоянный ток, содержащий трансформатор, выполненный с возможностью изолировать источник энергии и первый преобразователь от второго порта.

77. Система по п. 76, в которой второй преобразователь каждого модуля из множества модулей содержит преобразователь постоянного тока в переменный ток, соединенный между вторым портом и трансформатором.

78. Система по п. 77, в которой второй преобразователь каждого модуля из множества модулей содержит диодный выпрямитель, соединенный между трансформатором и источником энергии.

79. Система по п. 77, в которой второй преобразователь каждого модуля из множества модулей содержит преобразователь переменного тока в постоянный ток, соединенный между трансформатором и источником энергии.

80. Система по п. 79, в которой преобразователь переменного тока в постоянный ток сконфигурирован как полномостовой преобразователь или двухтактный преобразователь.

81. Система по любому из пп. 70-80, в которой источник энергии представляет собой первый источник энергии, и при этом каждый модуль из множества модулей содержит второй источник энергии, соединенный с первым преобразователем посредством индуктора.

82. Система по любому из пп. 70-81, в которой система управления содержит множество локальных устройств управления, ассоциированных с множеством модулей, и ведущее устройство управления, соединенное с возможностью осуществления связи с множеством локальных устройств управления.

83. Система по любому из пп. 70-82, в которой первое множество модулей соединены между собой в первой, второй и третьей матрицах, каждая из которых выполнена с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, содержащий наложение выходных напряжений из модулей этой матрицы.

84. Система по п. 83, дополнительно содержащая второе множество модулей, соединенных между собой в четвертой, пятой и шестой матрицах, каждая из которых выполнена с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, содержащий

наложение выходных напряжений из модулей этой матрицы.

85. Система по п. 84, дополнительно содержащая третье множество модулей, соединенных между собой в седьмой матрице, выполненной с возможностью выводить сигнал переменного напряжения, содержащий наложение выходных напряжений из третьего множества модулей.

86. Система по п. 85, в которой первое множество модулей выполнены с возможностью предоставлять трехфазную мощность в мотор электрического транспортного средства, второе множество модулей выполнены с возможностью предоставлять трехфазную мощность в первую вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства, и третье множество модулей выполнены с возможностью предоставлять однофазную мощность во вторую вспомогательную нагрузку электрического транспортного средства.

87. Модульная энергетическая система по п. 86, в которой система управления выполнена с возможностью управлять первым преобразователем и вторым преобразователем каждого модуля из второго и третьего множеств модулей.

88. Модульная энергетическая система по любому из пп. 70-77 и 79-85, дополнительно содержащая вспомогательный преобразователь, соединенный с линиями постоянного тока системы, причем вспомогательный преобразователь выполнен с возможностью преобразовывать мощность постоянного тока из линий постоянного тока в мощность переменного тока для вспомогательной нагрузки.

89. Модульная энергетическая система по п. 88, в которой система управления выполнена с возможностью управлять вторым преобразователем каждого модуля таким образом, чтобы выводить постоянное напряжение из второго порта каждого модуля, так что выходные постоянные напряжения прикладываются к линиям постоянного тока, чтобы снабжать мощностью вспомогательный преобразователь.

90. Способ работы рельсового электрического транспортного средства, содержащего модульную систему накопления энергии, при этом способ содержит этапы, на которых:

- выводят сигнал мощности переменного тока, содержащий множество первых выходных напряжений из множества модулей, в электромотор рельсового электрического транспортного средства, при этом каждый из множества модулей содержит источник энергии, первый преобразователь, соединенный с источником энергии и выполненный с возможностью выводить первое выходное напряжение из первого порта модуля, и второй преобразователь, соединенный между источником энергии и вторым портом модуля;

- подают сигнал заряда к электрическому транспортному средству, при этом напряжение из сигнала заряда прикладывается ко второму порту каждого из множества модулей; и

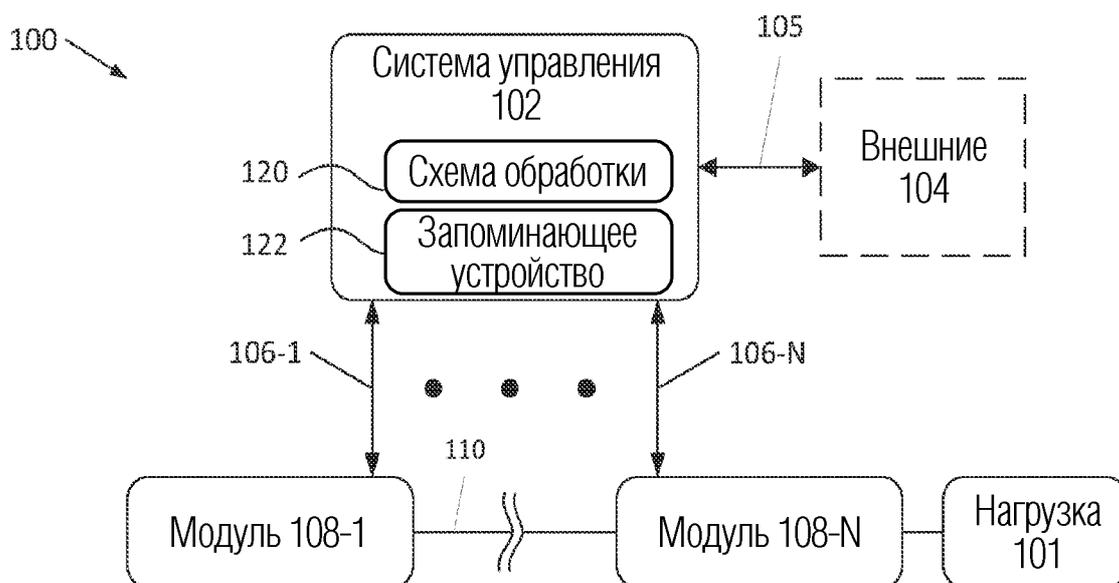
- управляют вторым преобразователем каждого из множества модулей таким образом, чтобы заряжать источник энергии каждого модуля.

91. Способ по п. 88, в котором электрическое транспортное средство перемещается

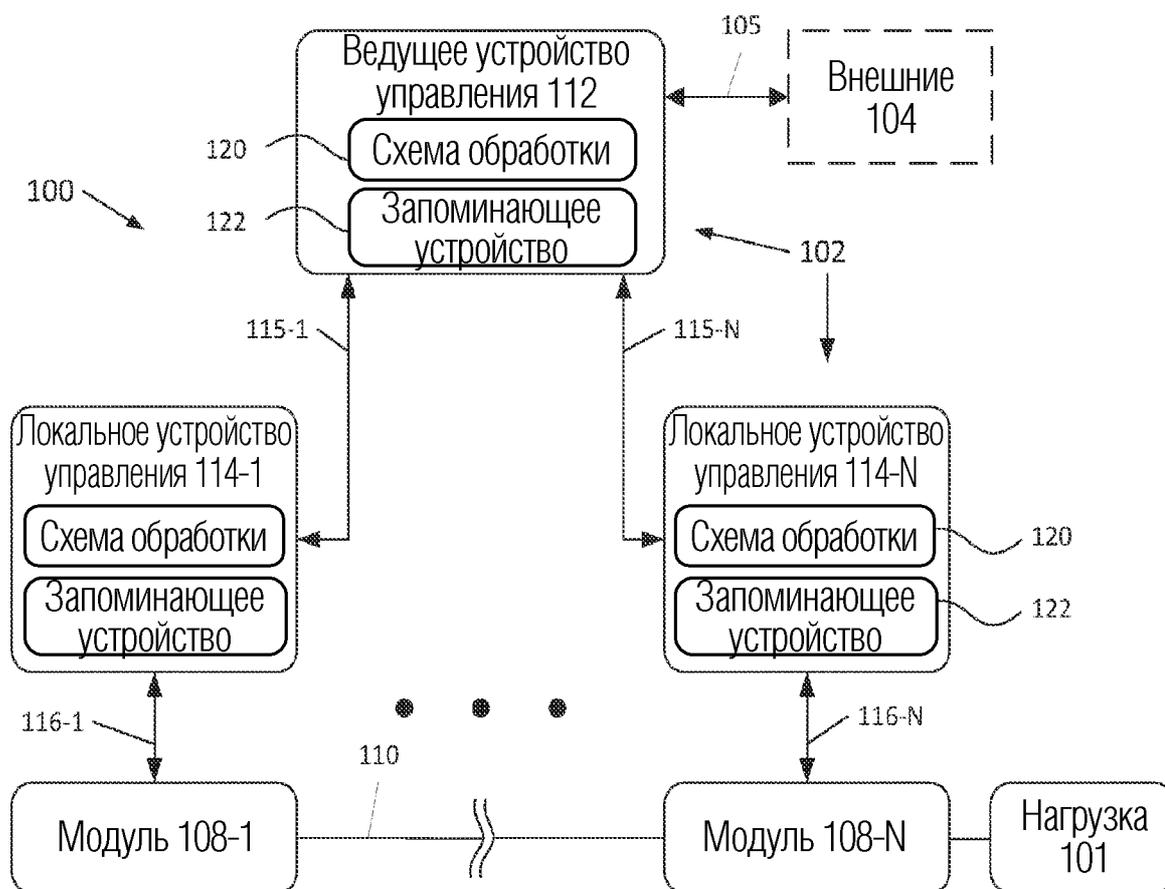
в то время, когда подается сигнал заряда.

92. Способ по п. 88, в котором модульная система накопления энергии сконфигурирована по любому из пп. 1-47.

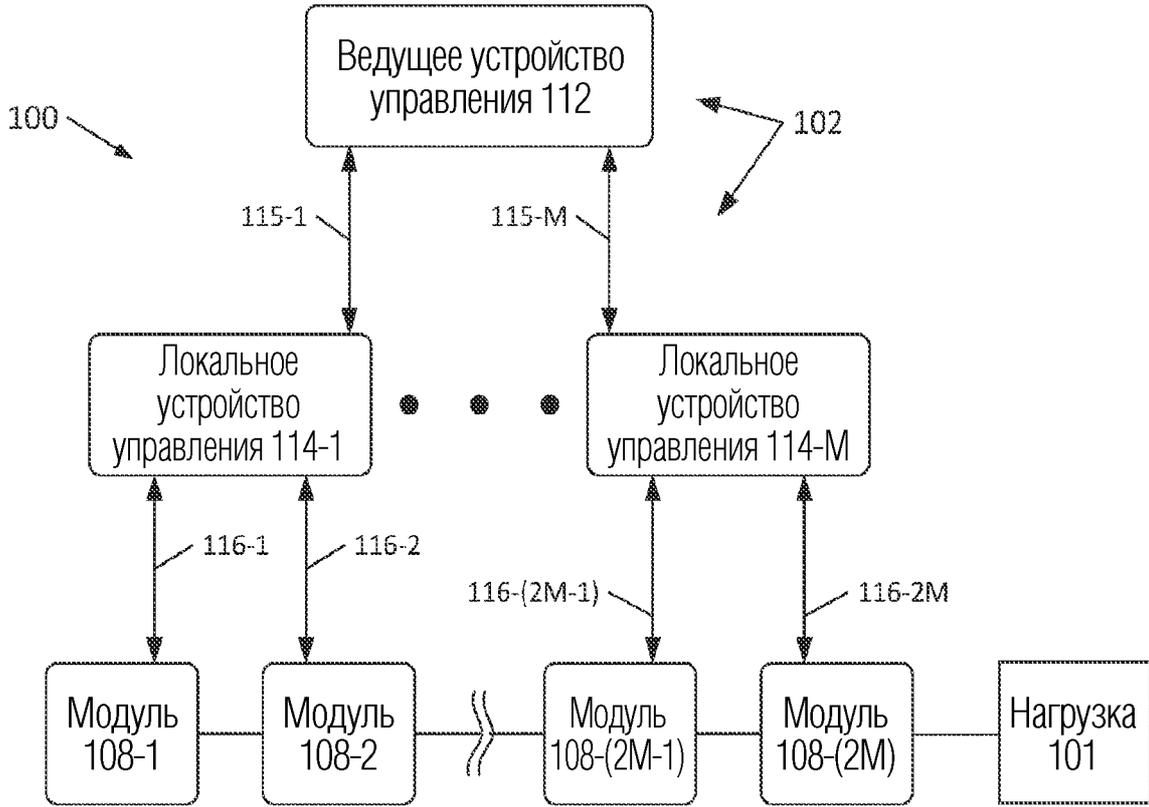
1/33



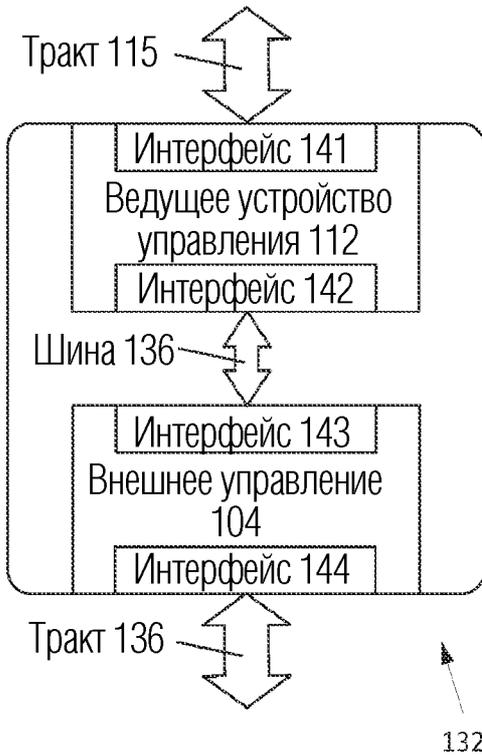
ФИГ. 1А



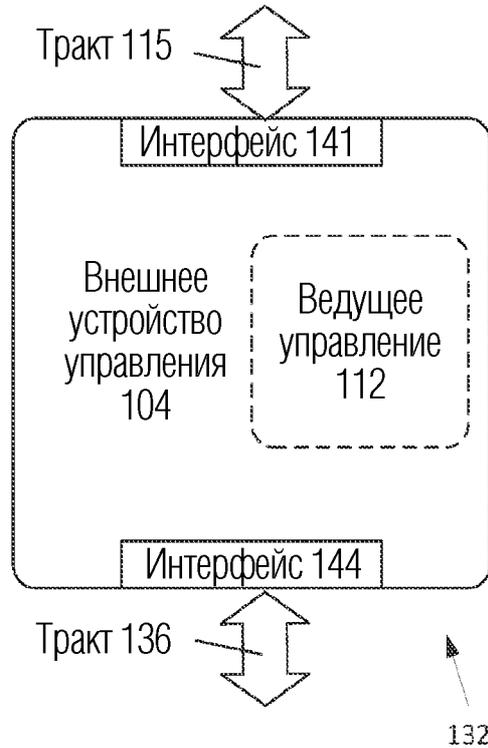
ФИГ. 1В



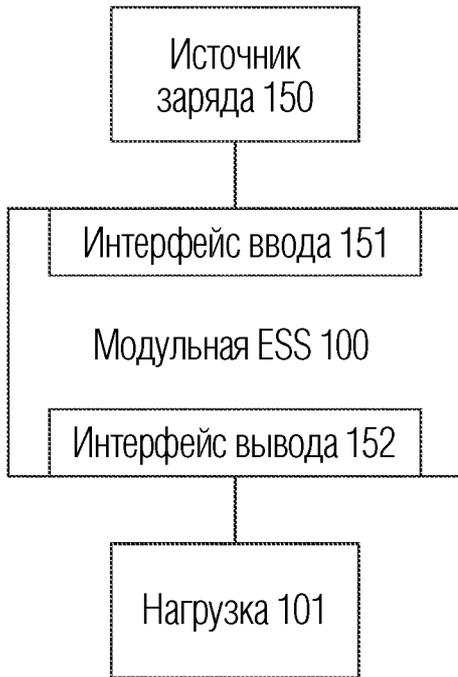
ФИГ. 1С



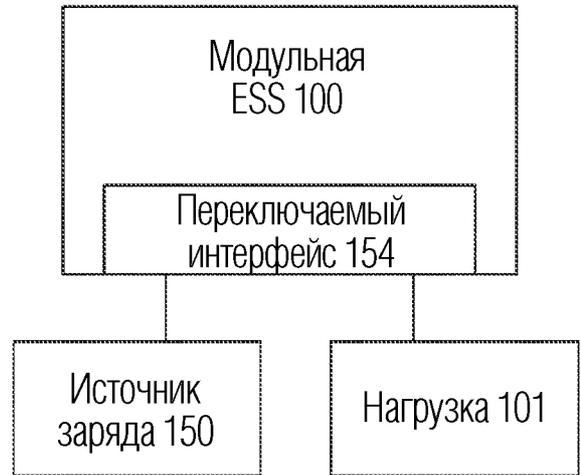
ФИГ. 1D



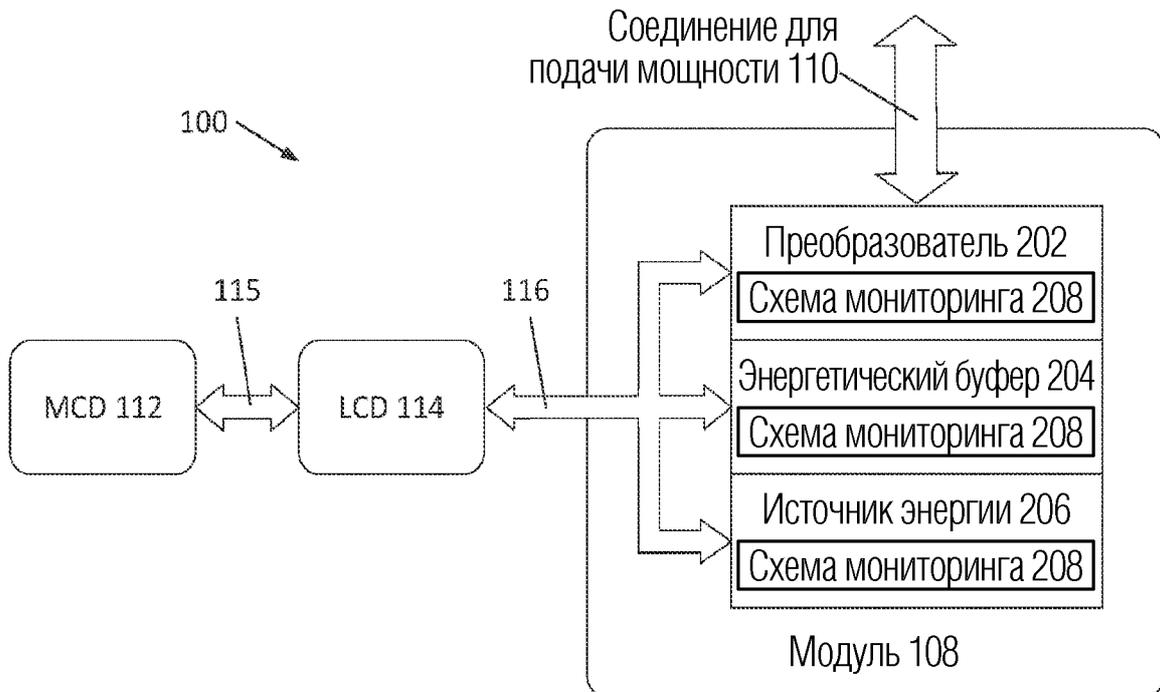
ФИГ. 1Е



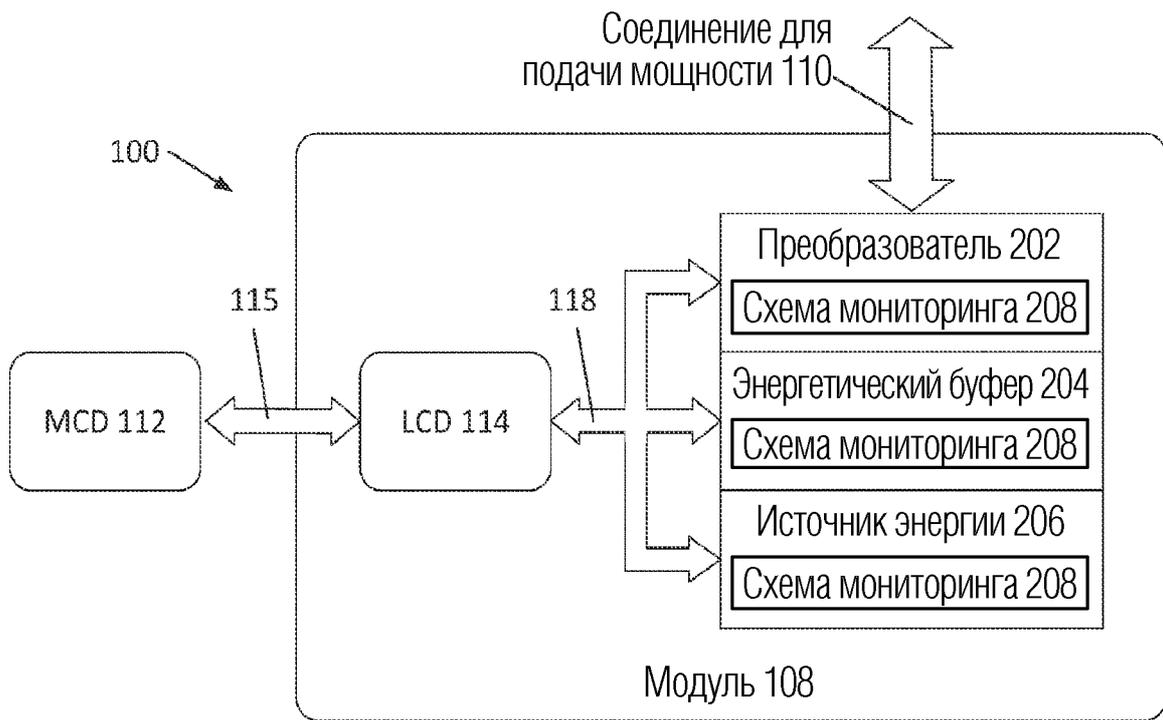
ФИГ. 1F



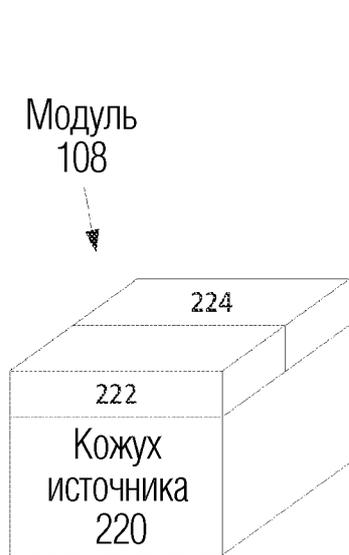
ФИГ. 1G



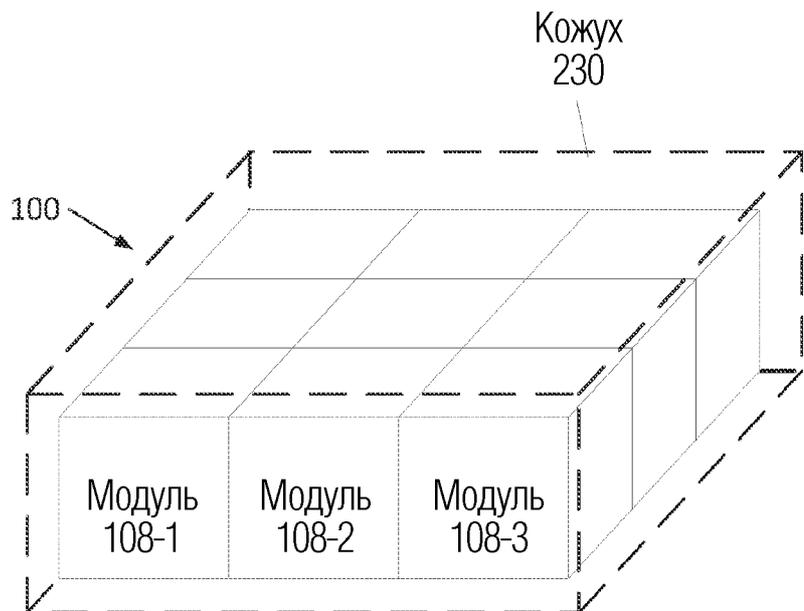
ФИГ. 2А



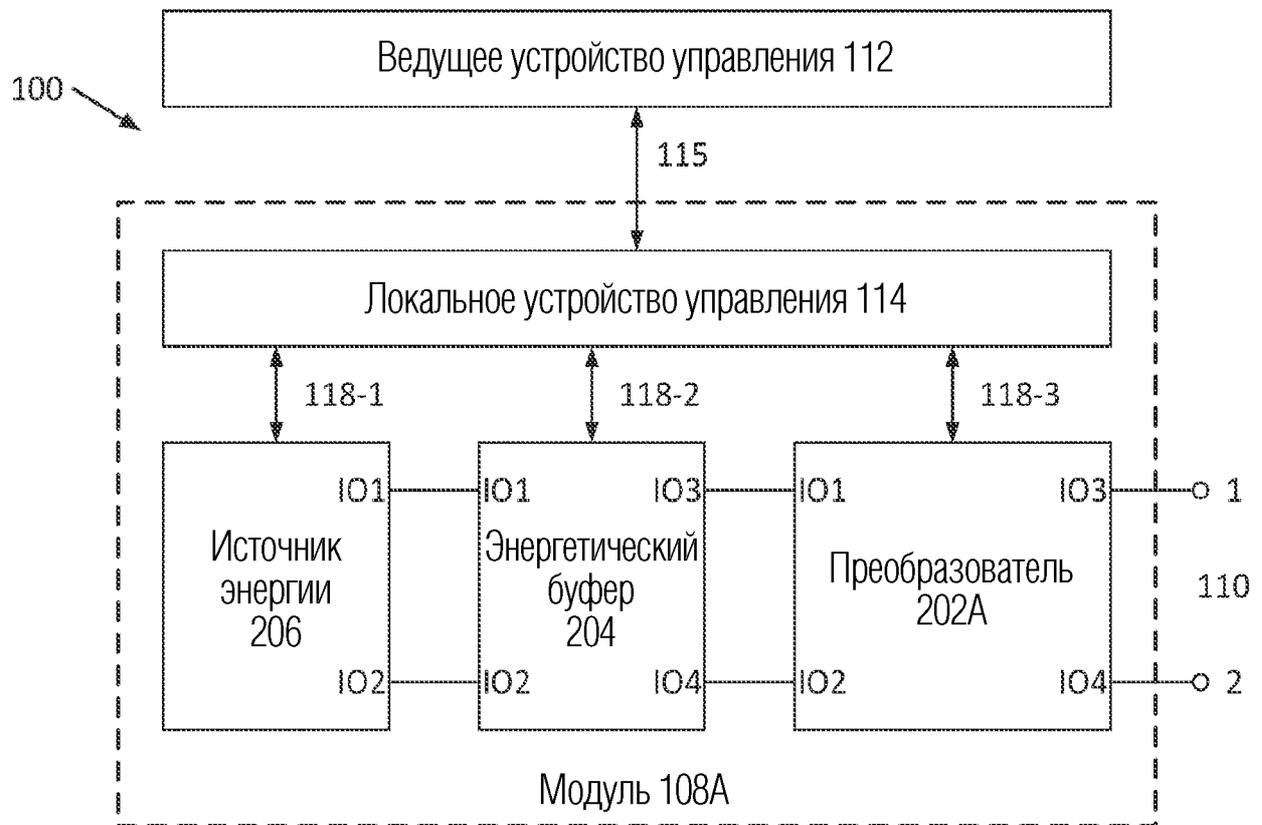
ФИГ. 2В



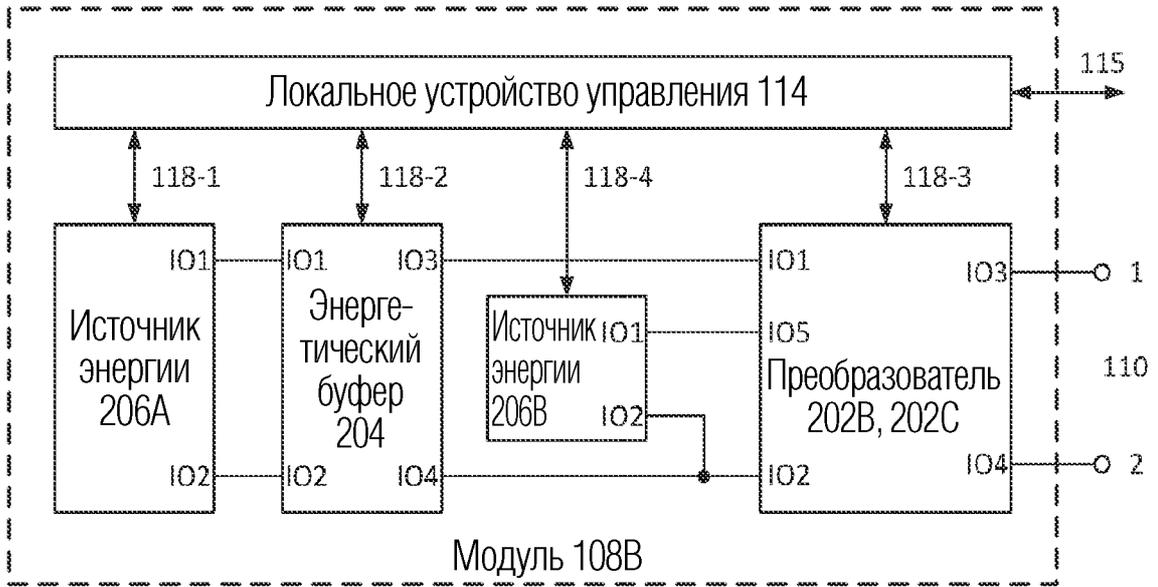
ФИГ. 2С



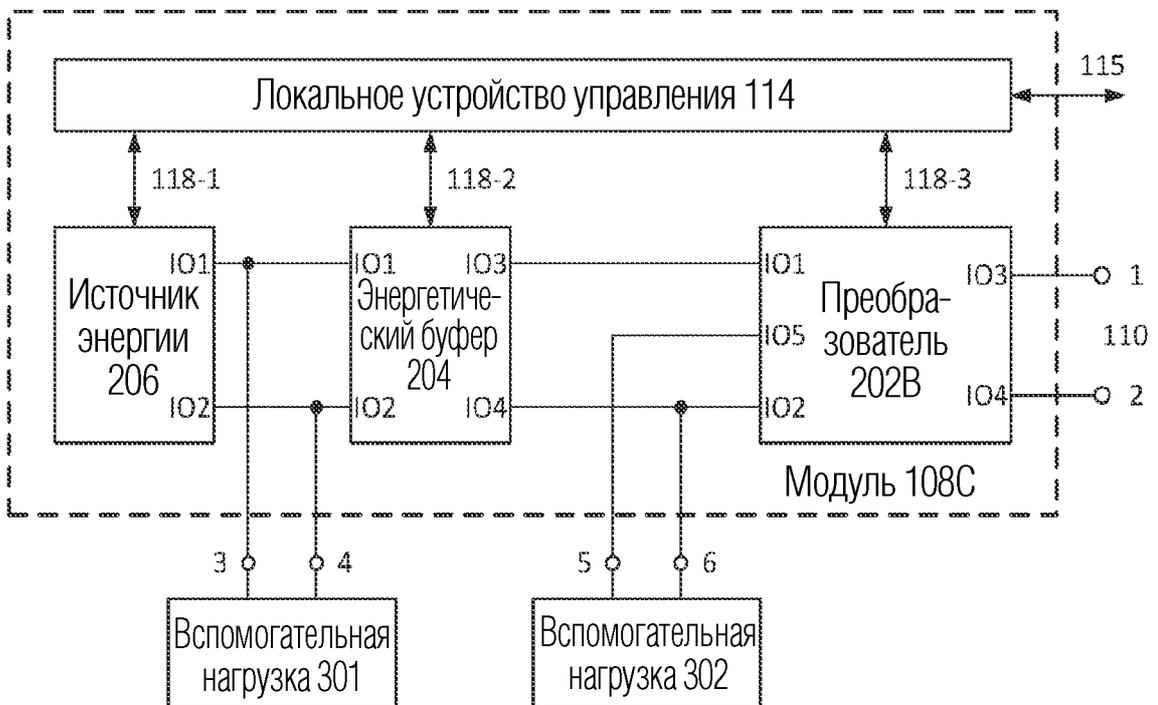
ФИГ. 2D



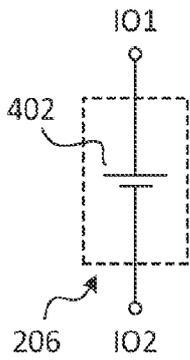
ФИГ. 3А



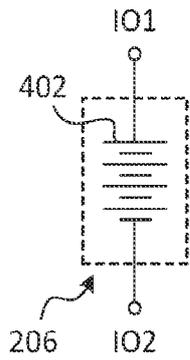
ФИГ. 3В



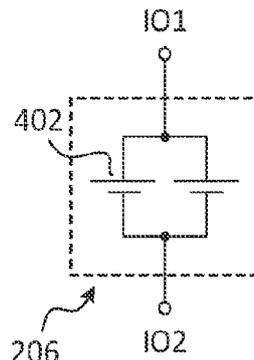
ФИГ. 3С



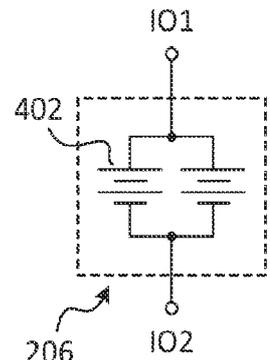
ФИГ. 4А



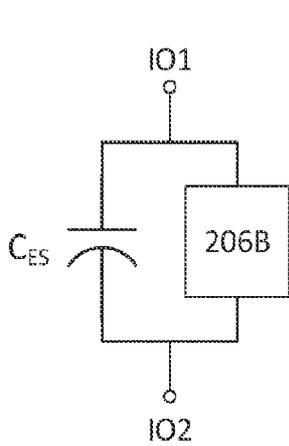
ФИГ. 4В



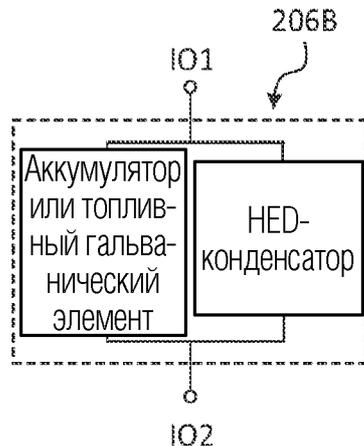
ФИГ. 4С



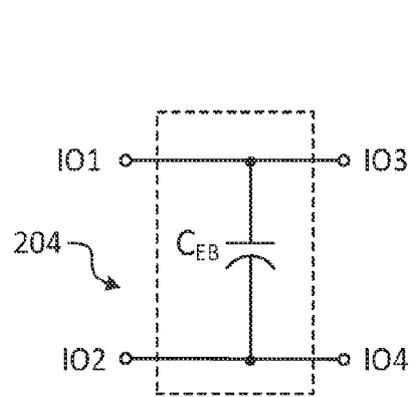
ФИГ. 4D



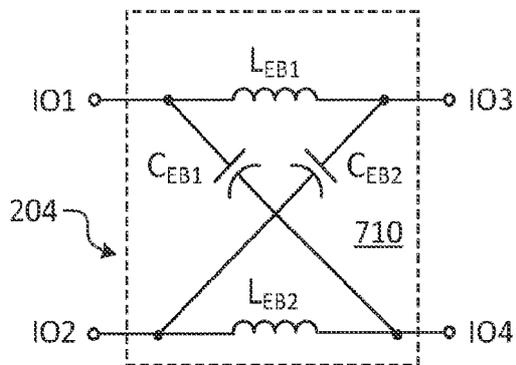
ФИГ. 4Е



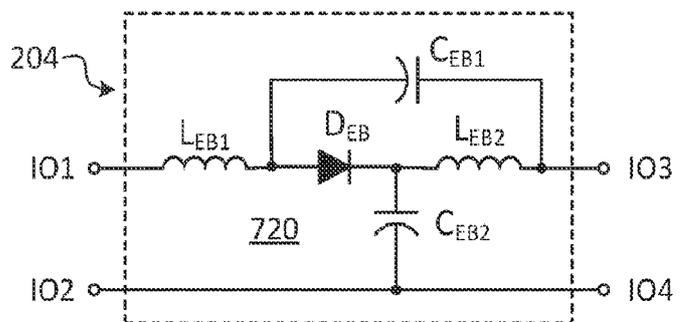
ФИГ. 4F



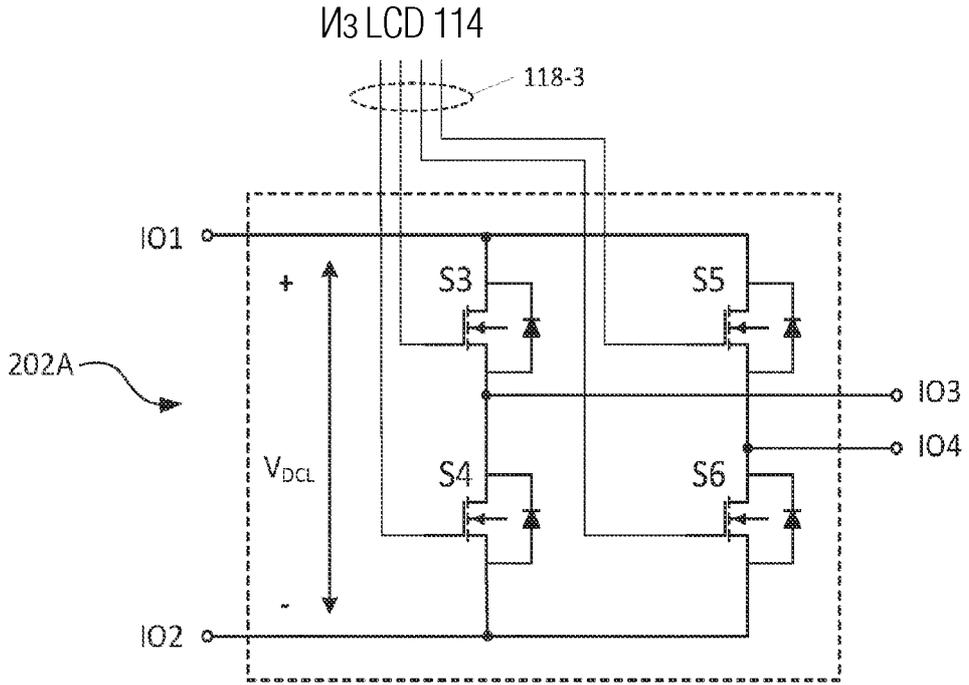
ФИГ. 5А



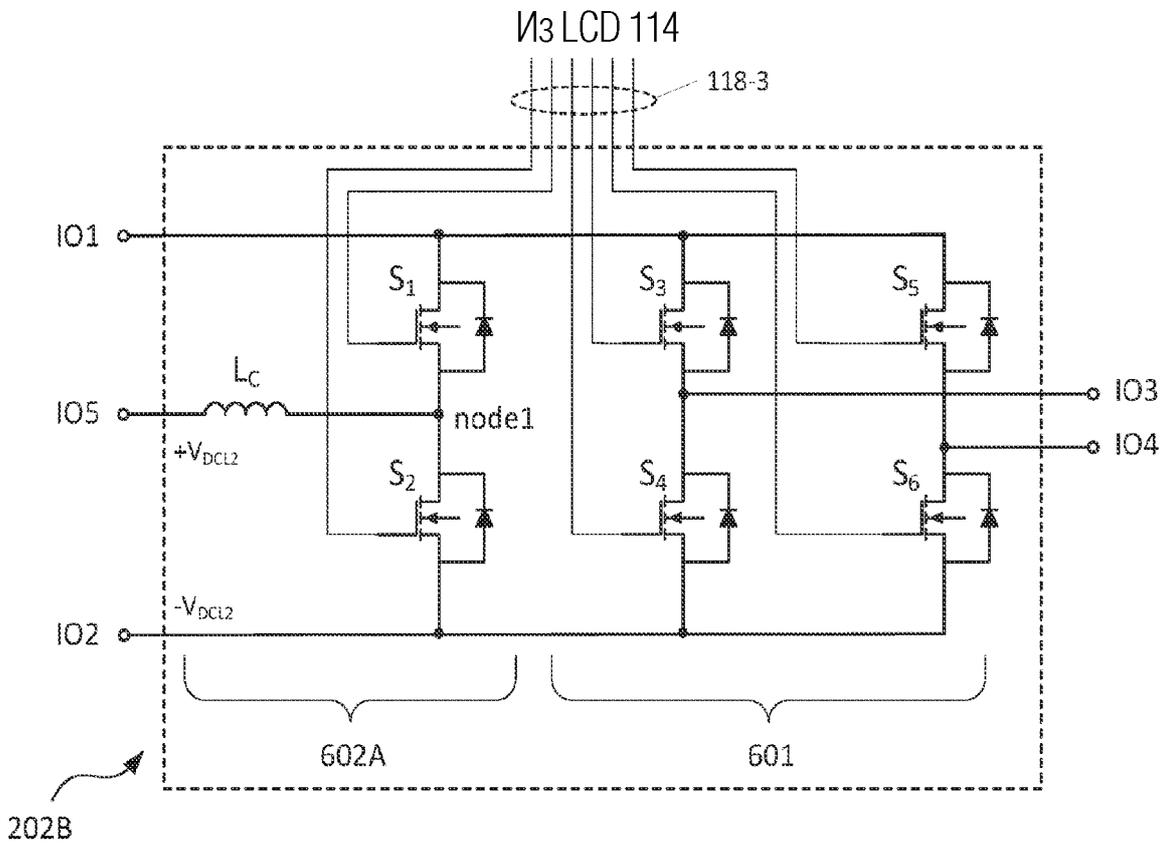
ФИГ. 5В



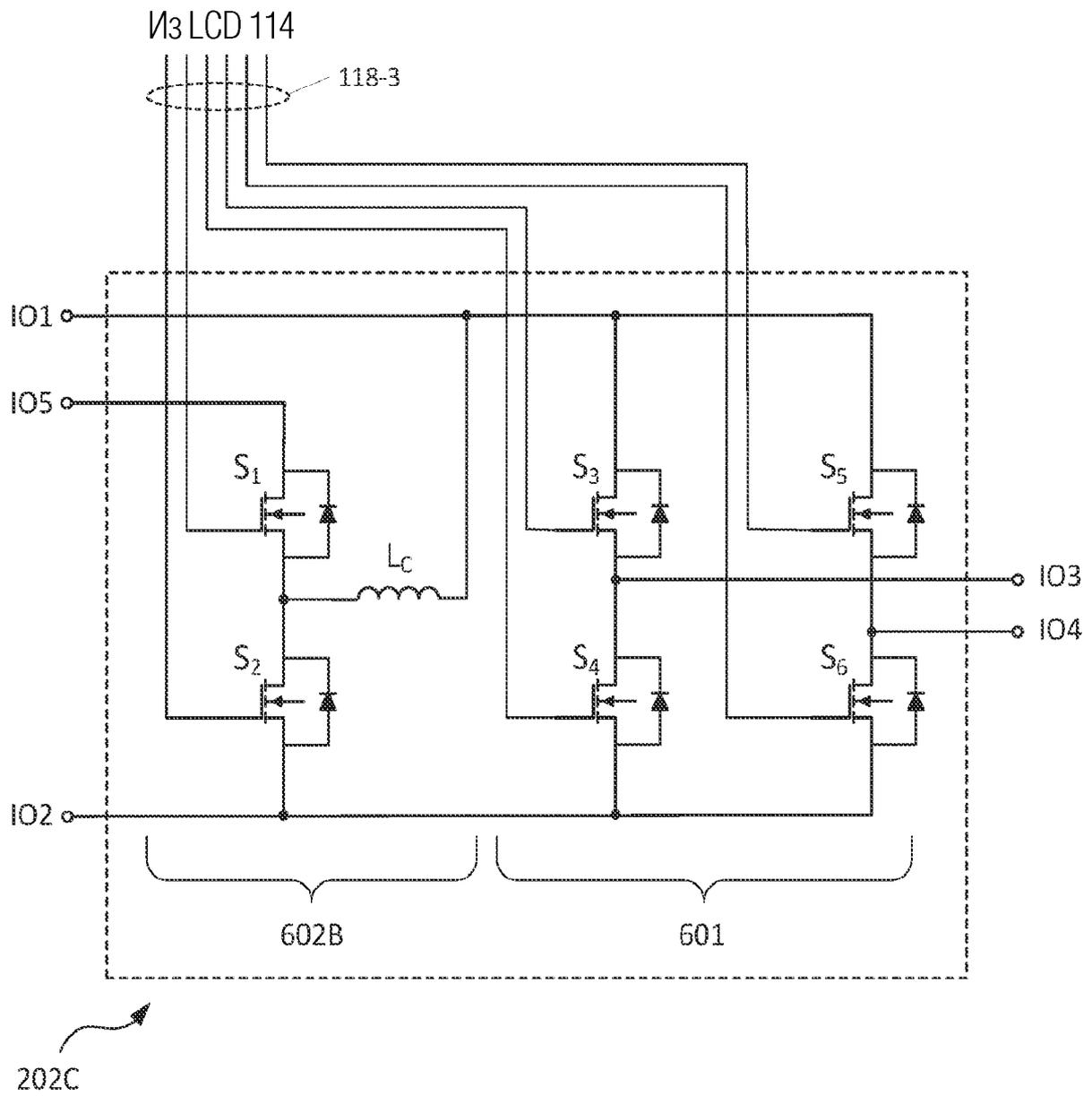
ФИГ. 5С



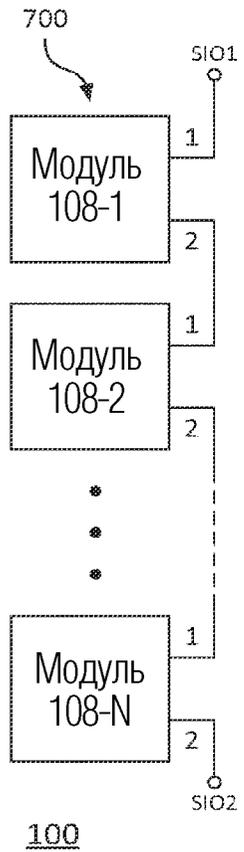
ФИГ. 6А



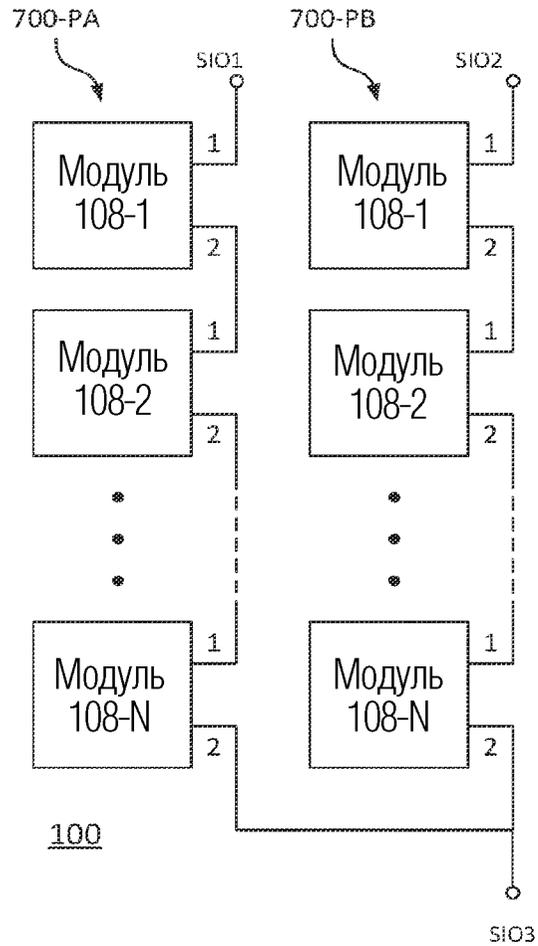
ФИГ. 6В



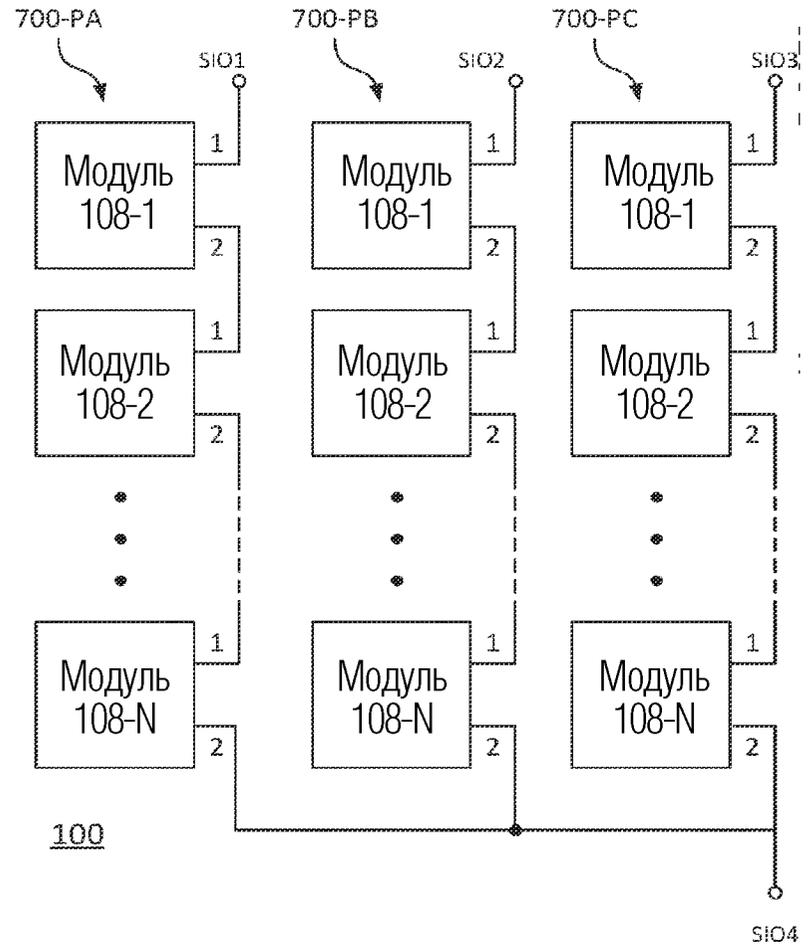
ФИГ. 6С



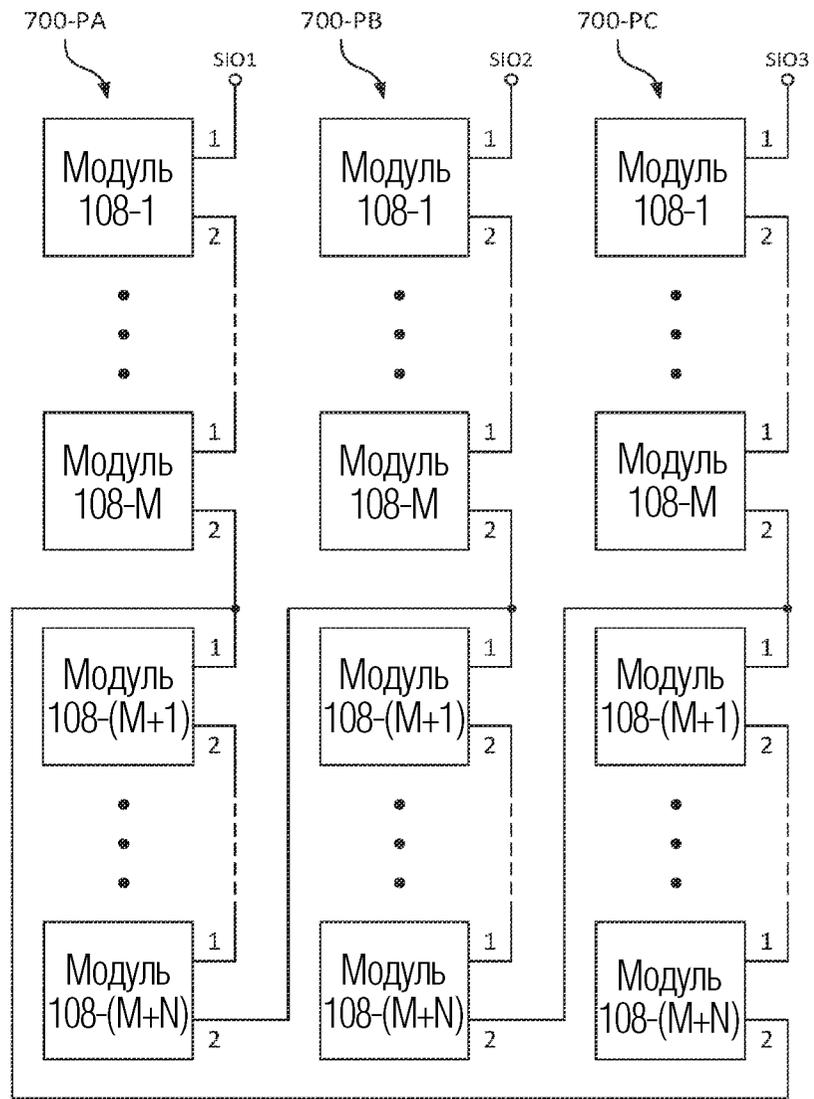
ФИГ. 7А



ФИГ. 7В

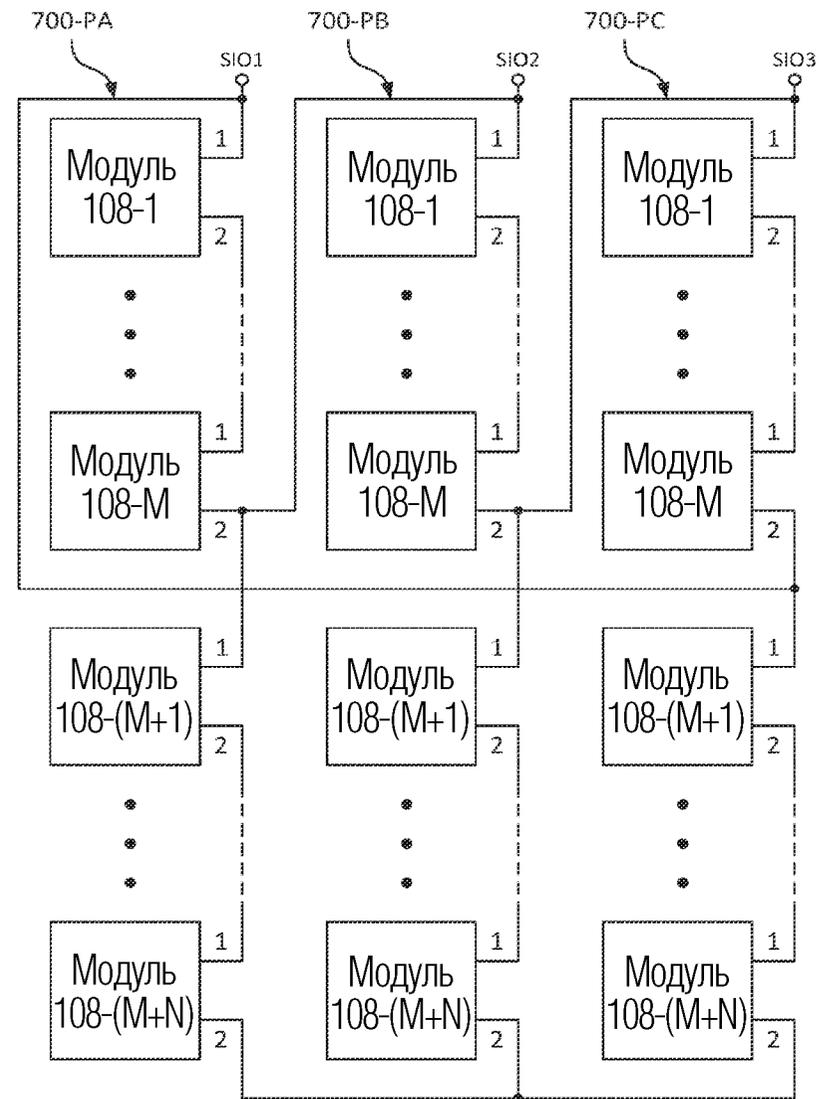


ФИГ. 7С



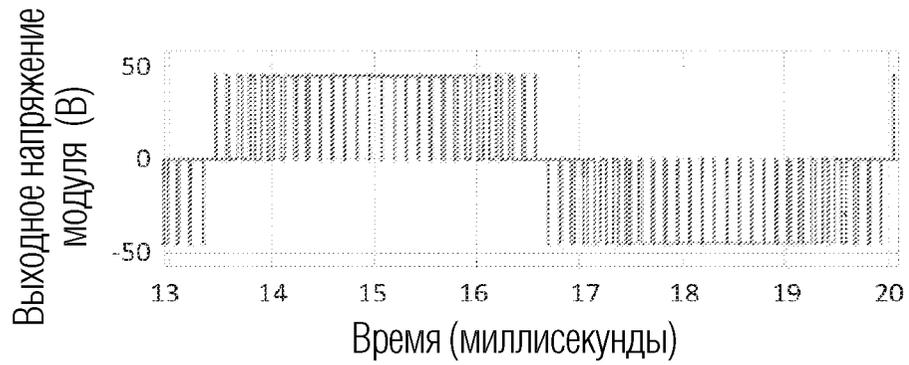
100

ФИГ. 7D

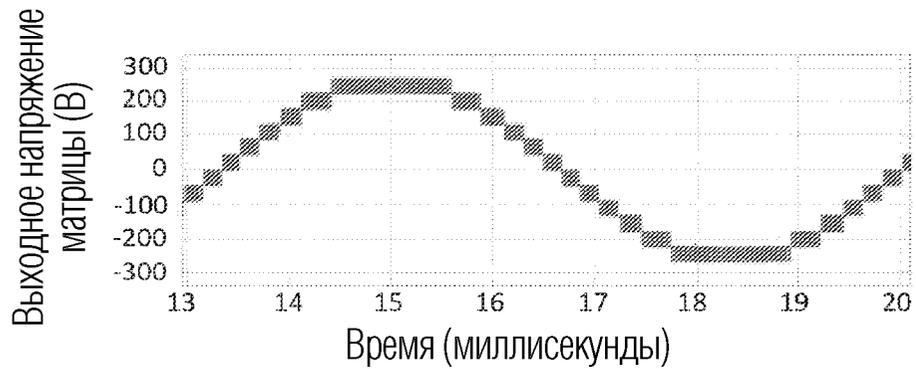


100

ФИГ. 7E

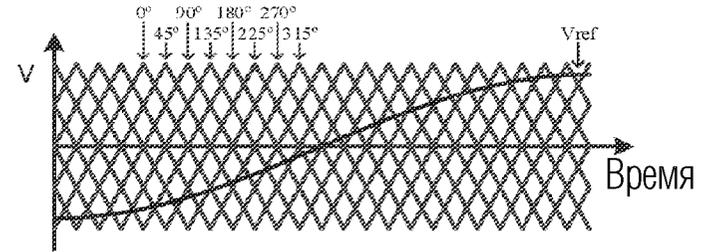


ФИГ. 8А

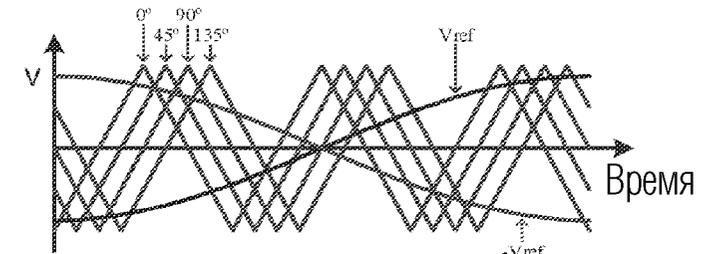


ФИГ. 8В

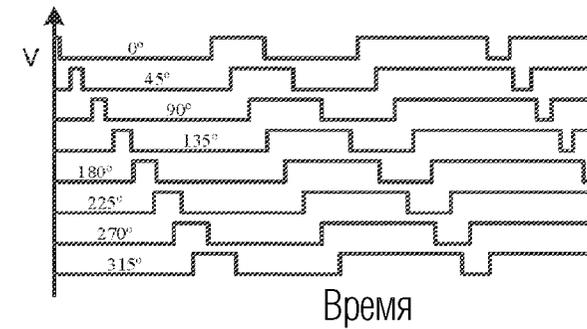
ФИГ. 8С



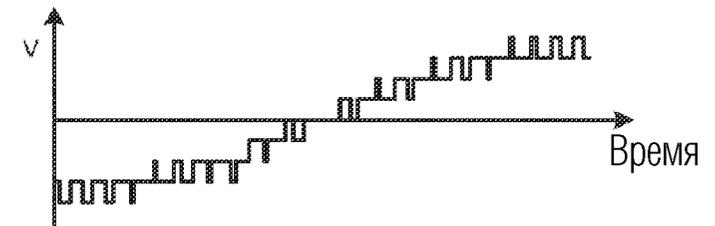
ФИГ. 8D

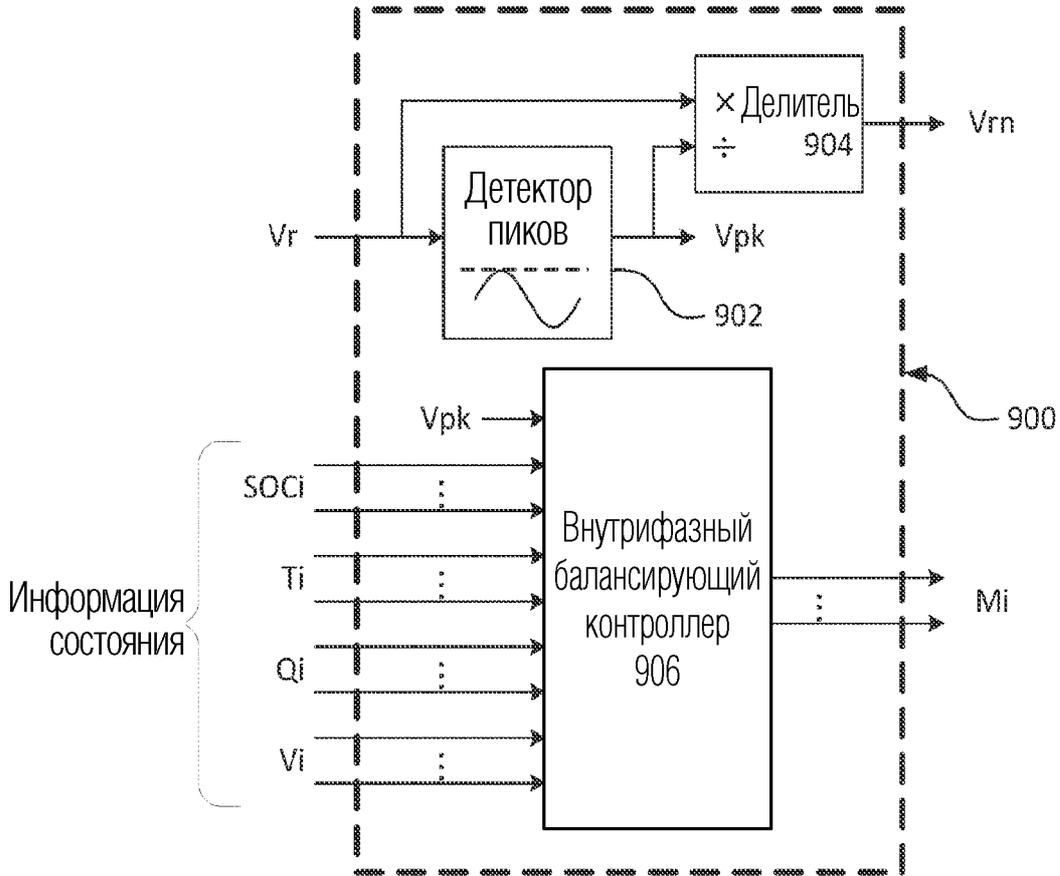


ФИГ. 8Е

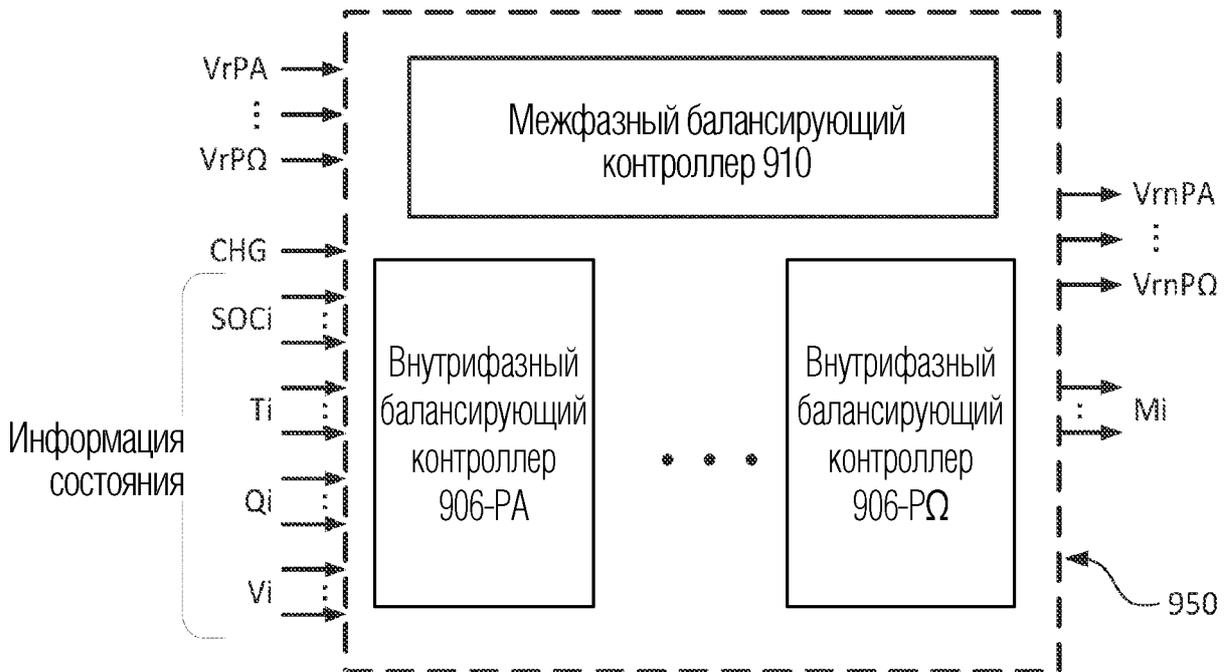


ФИГ. 8F

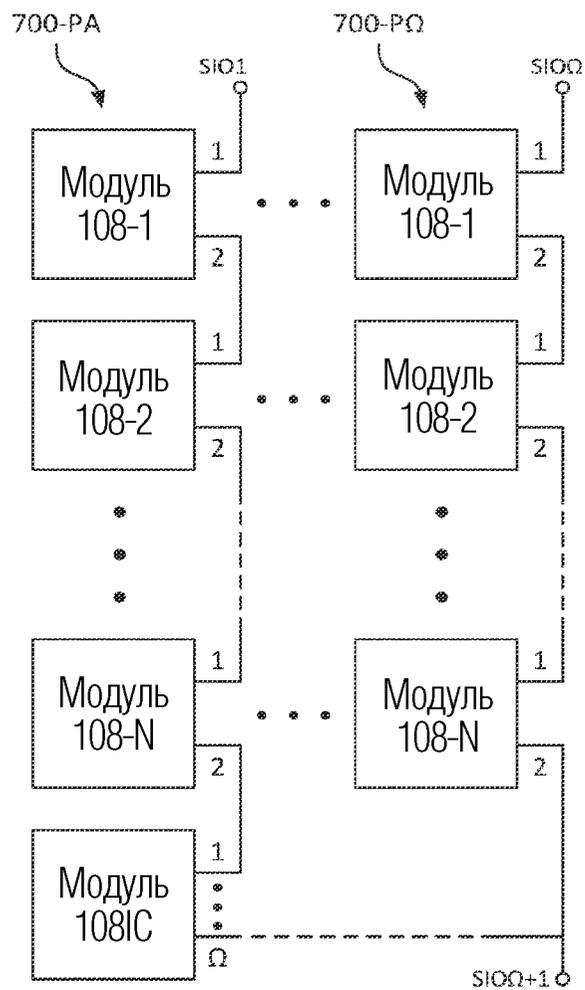




ФИГ. 9А

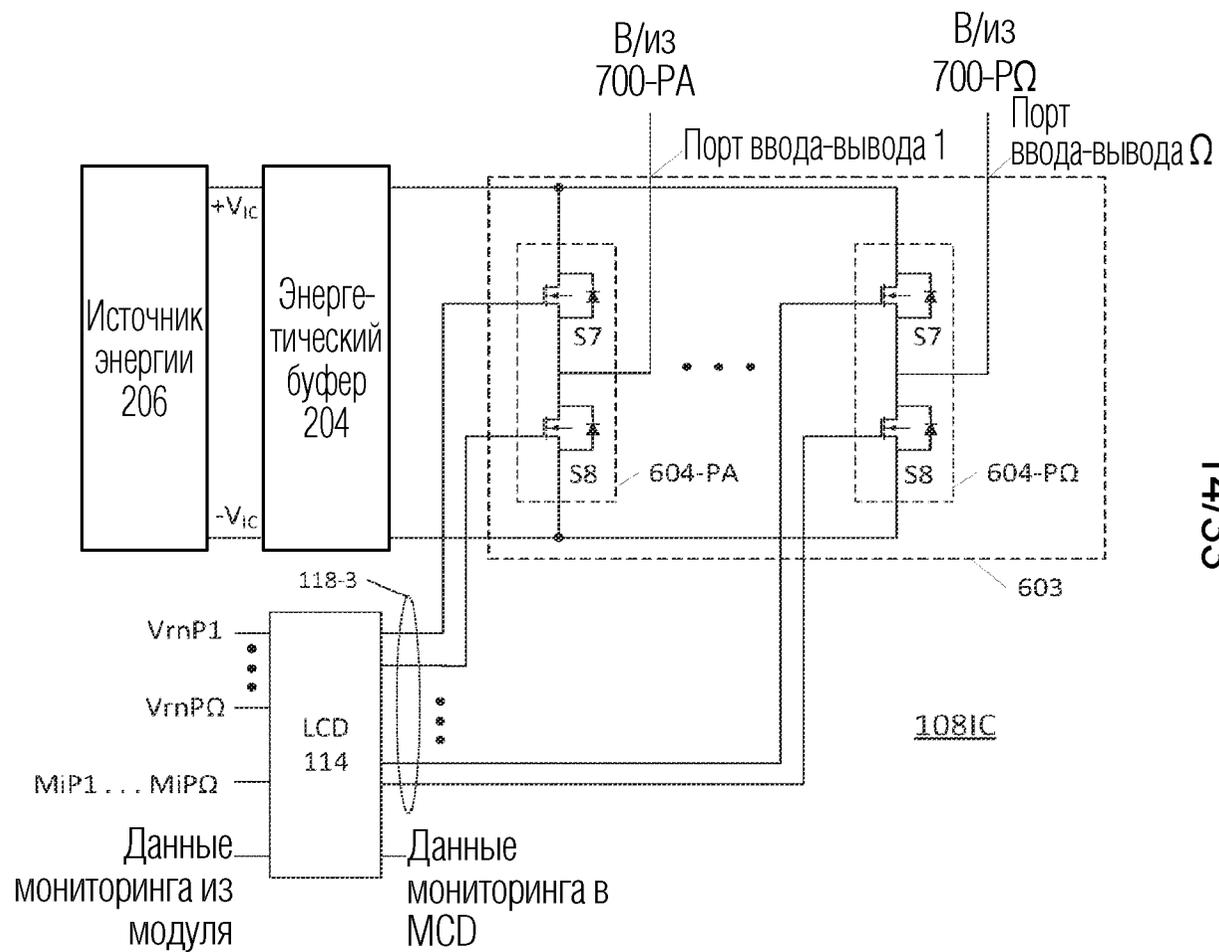


ФИГ. 9В



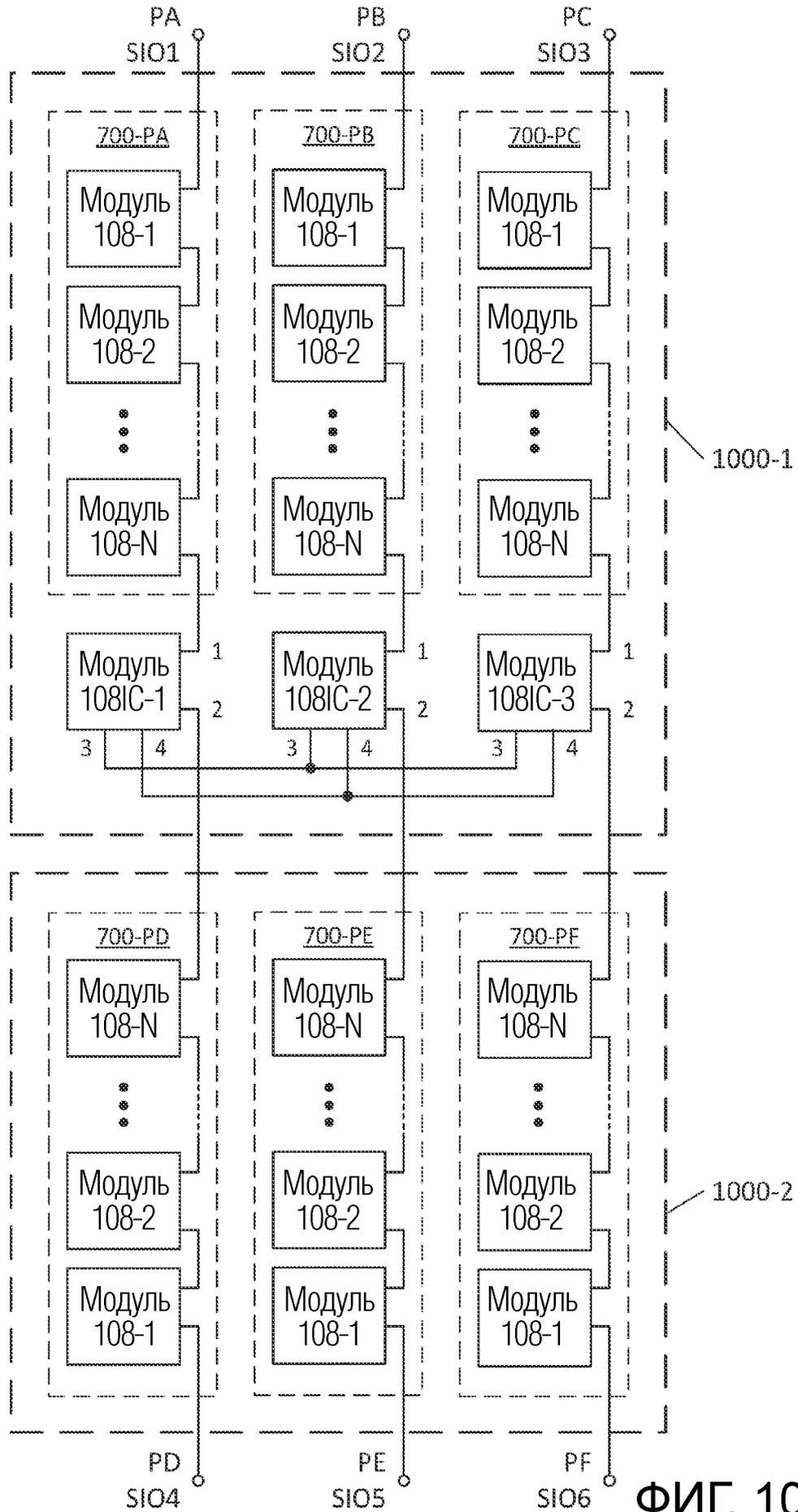
100

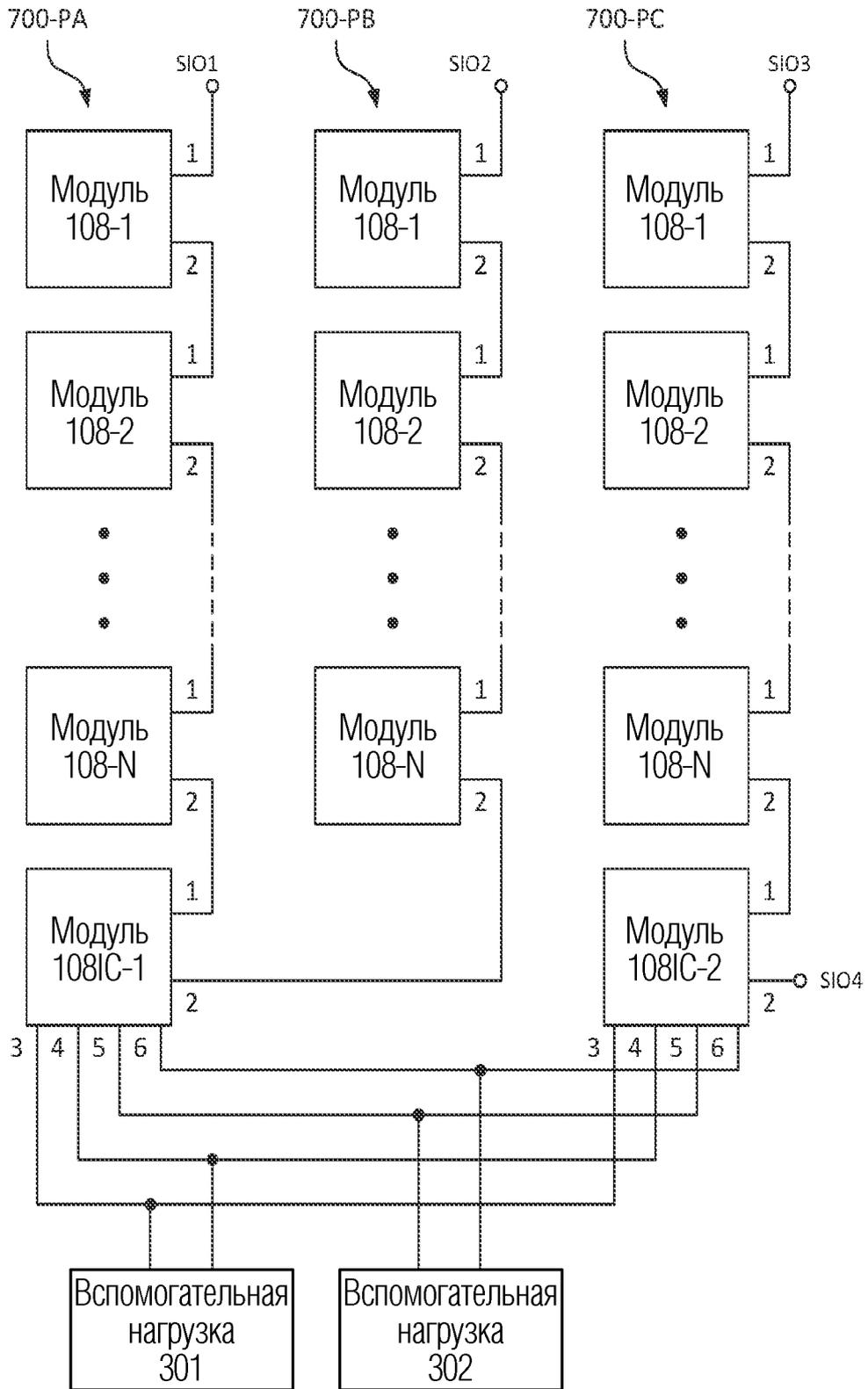
ФИГ. 10А



14/33

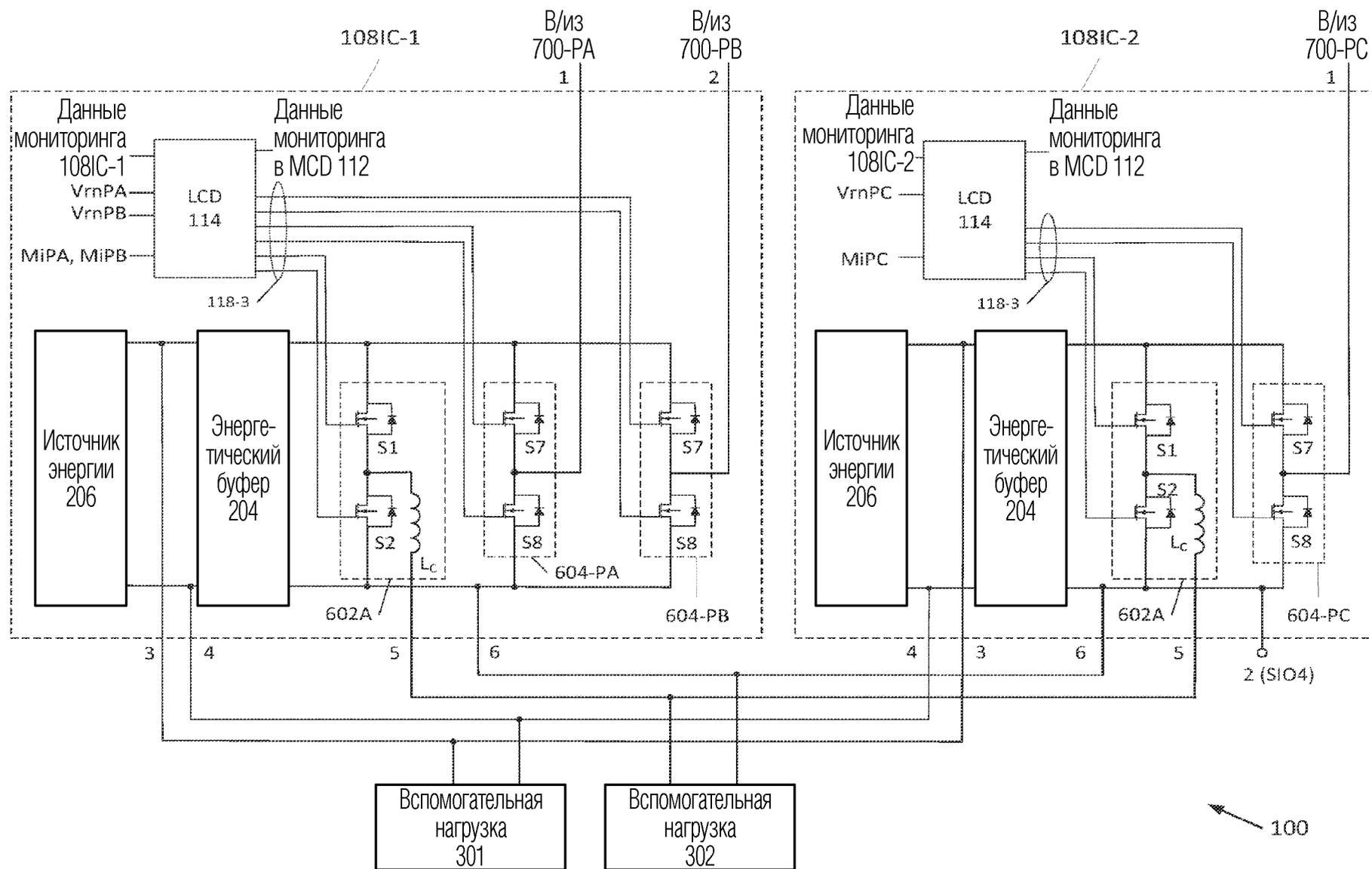
ФИГ. 10В



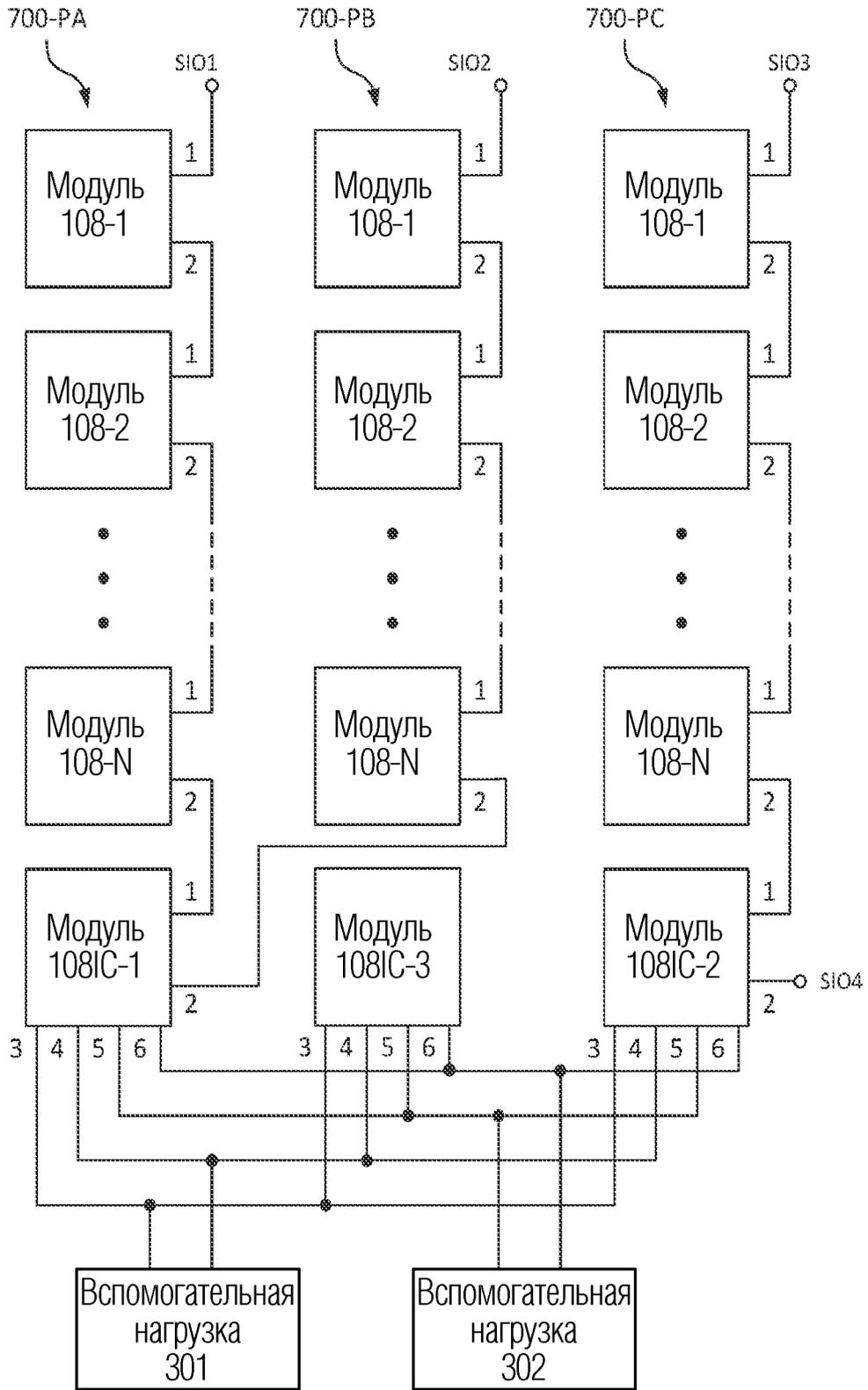


100

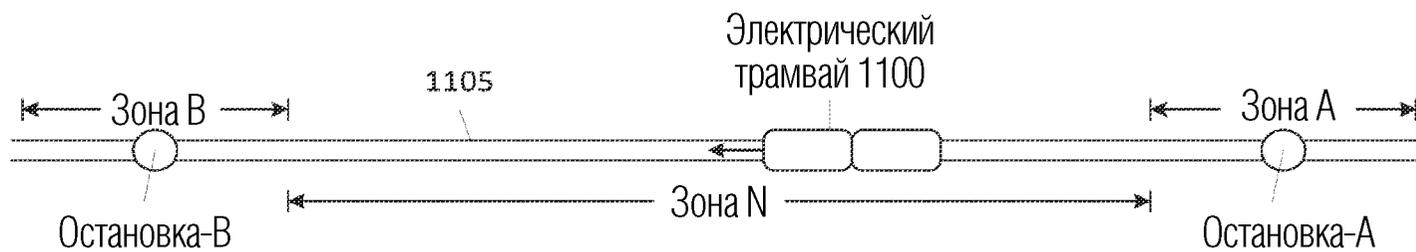
ФИГ. 10D



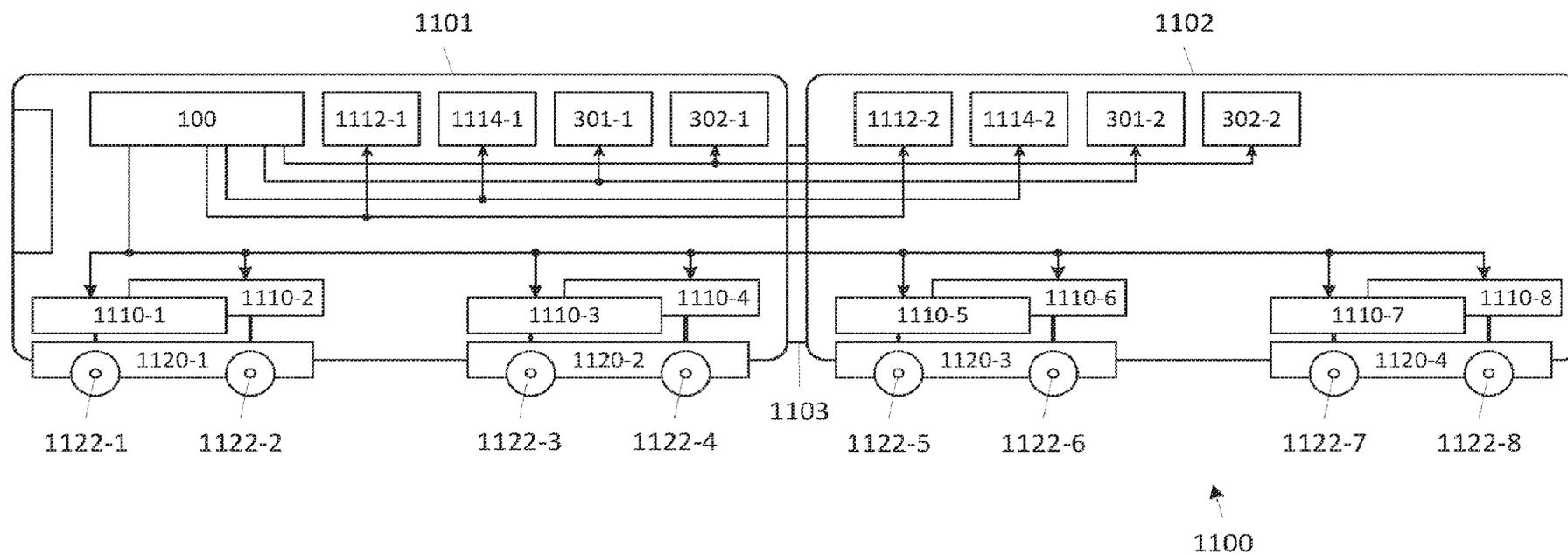
ФИГ. 10Е



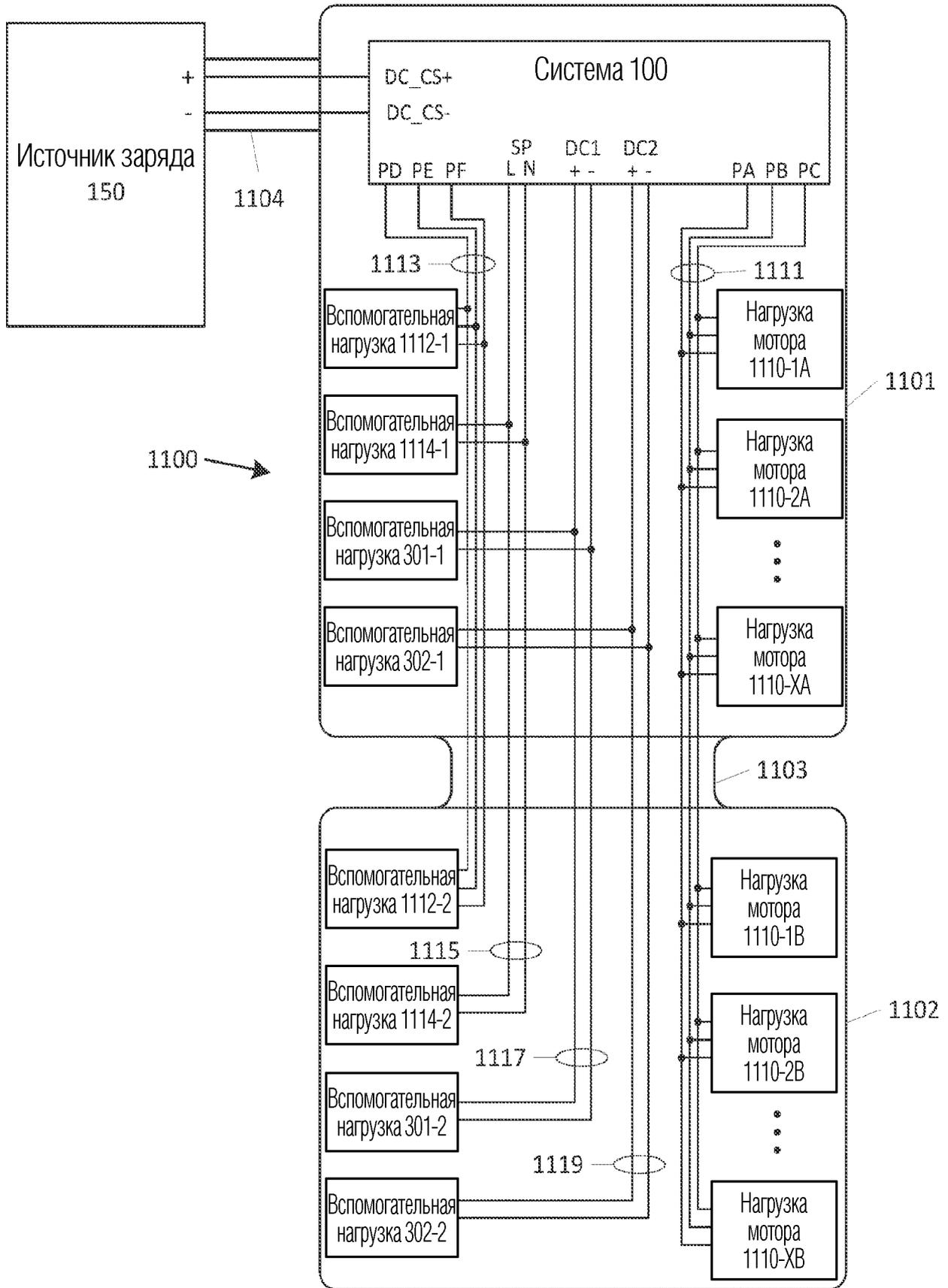
ФИГ. 10F



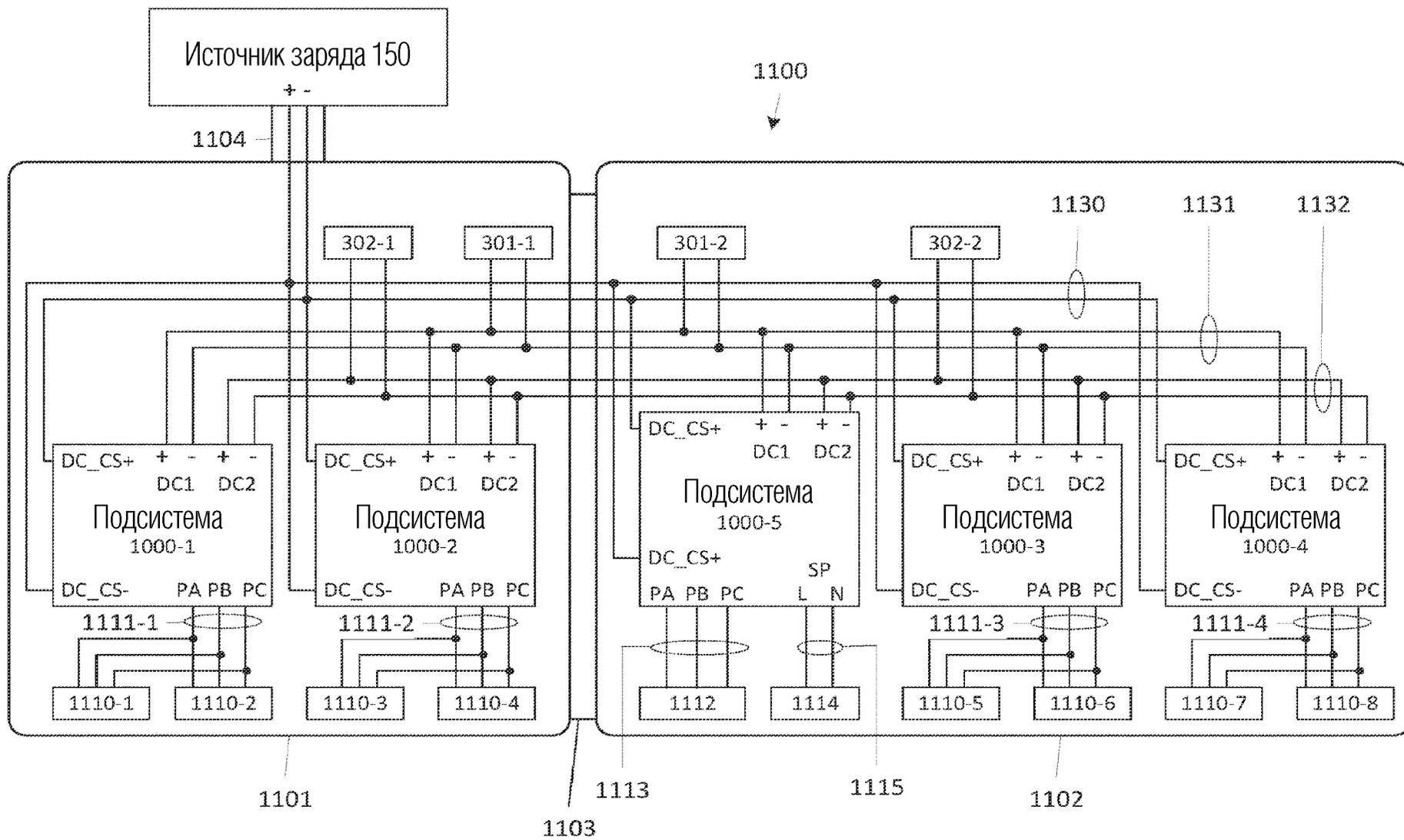
ФИГ. 11А



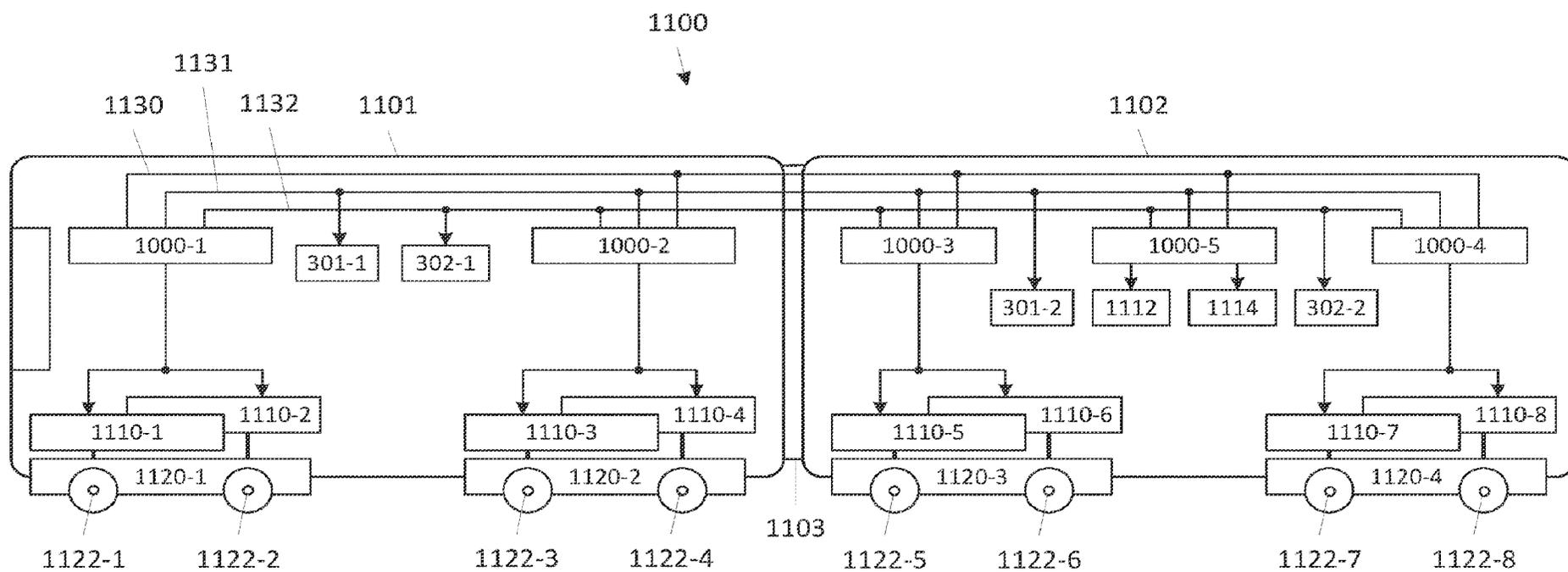
ФИГ. 11С



ФИГ. 11В

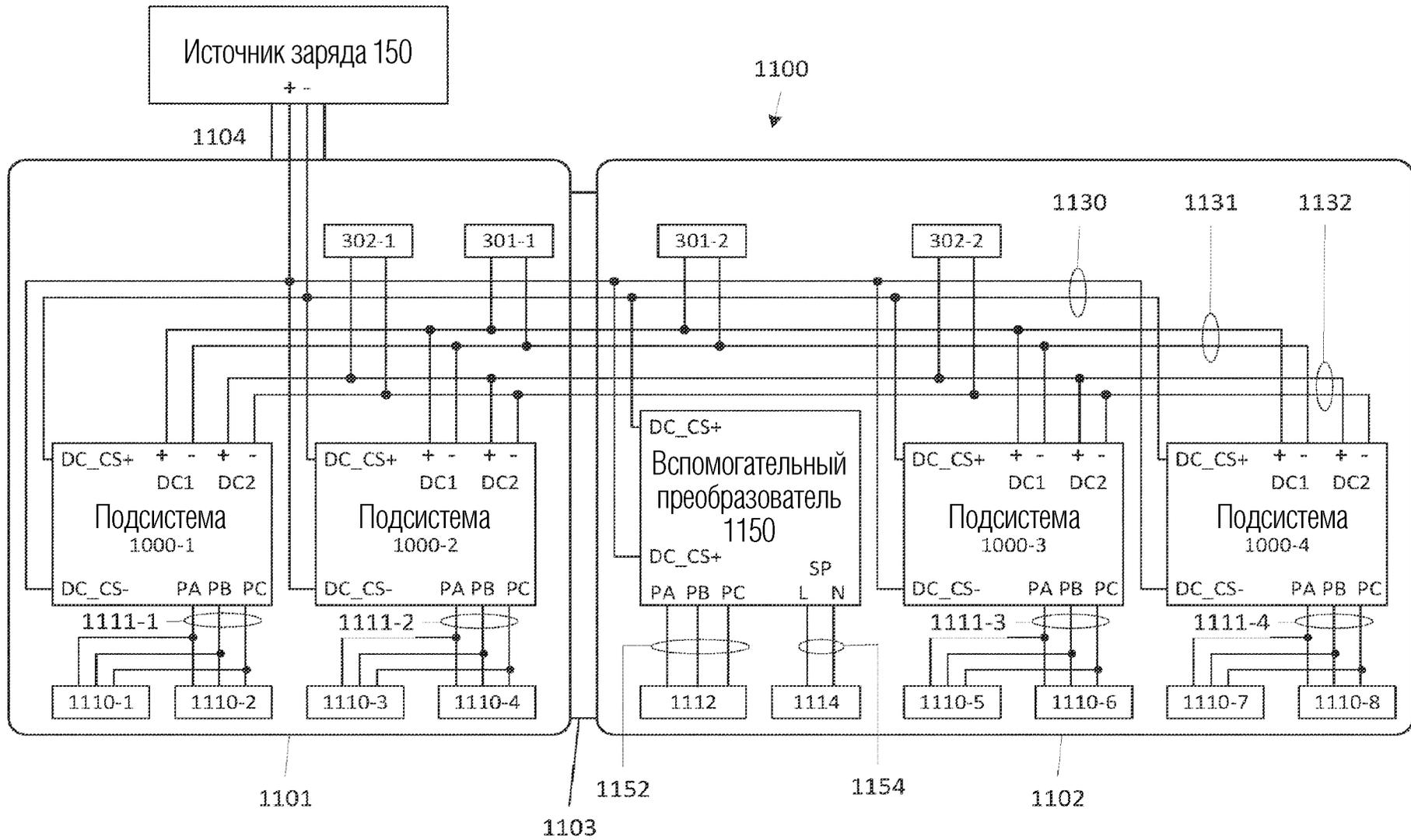


ФИГ. 11D



22/33

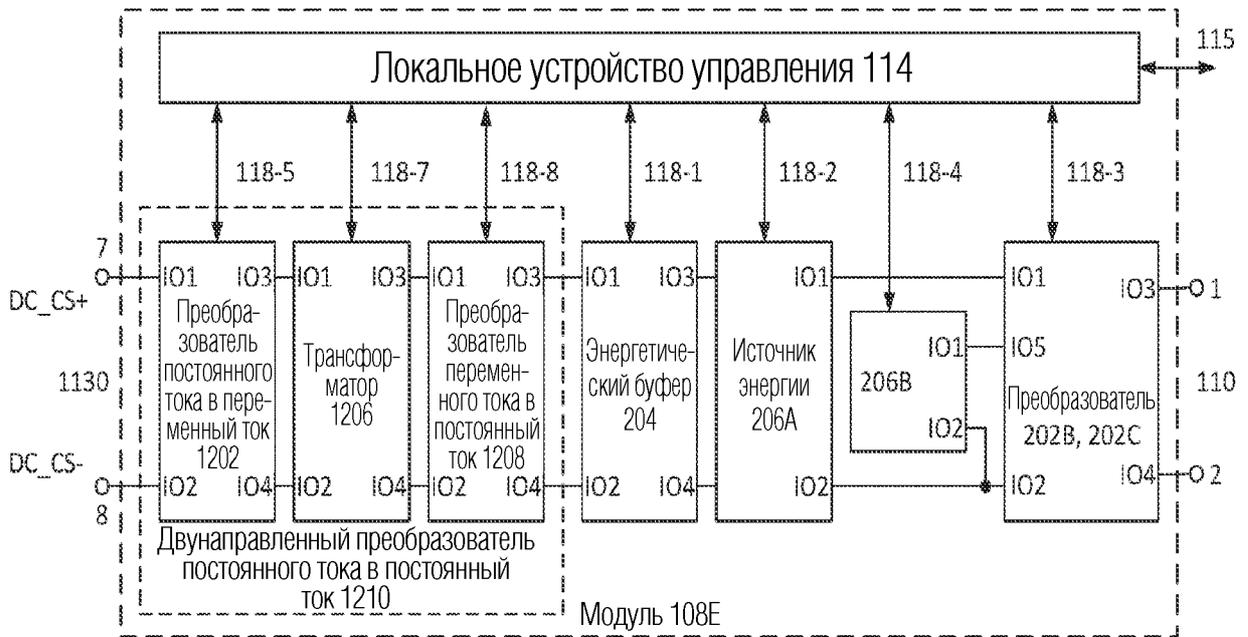
ФИГ. 11Е



ФИГ. 11F

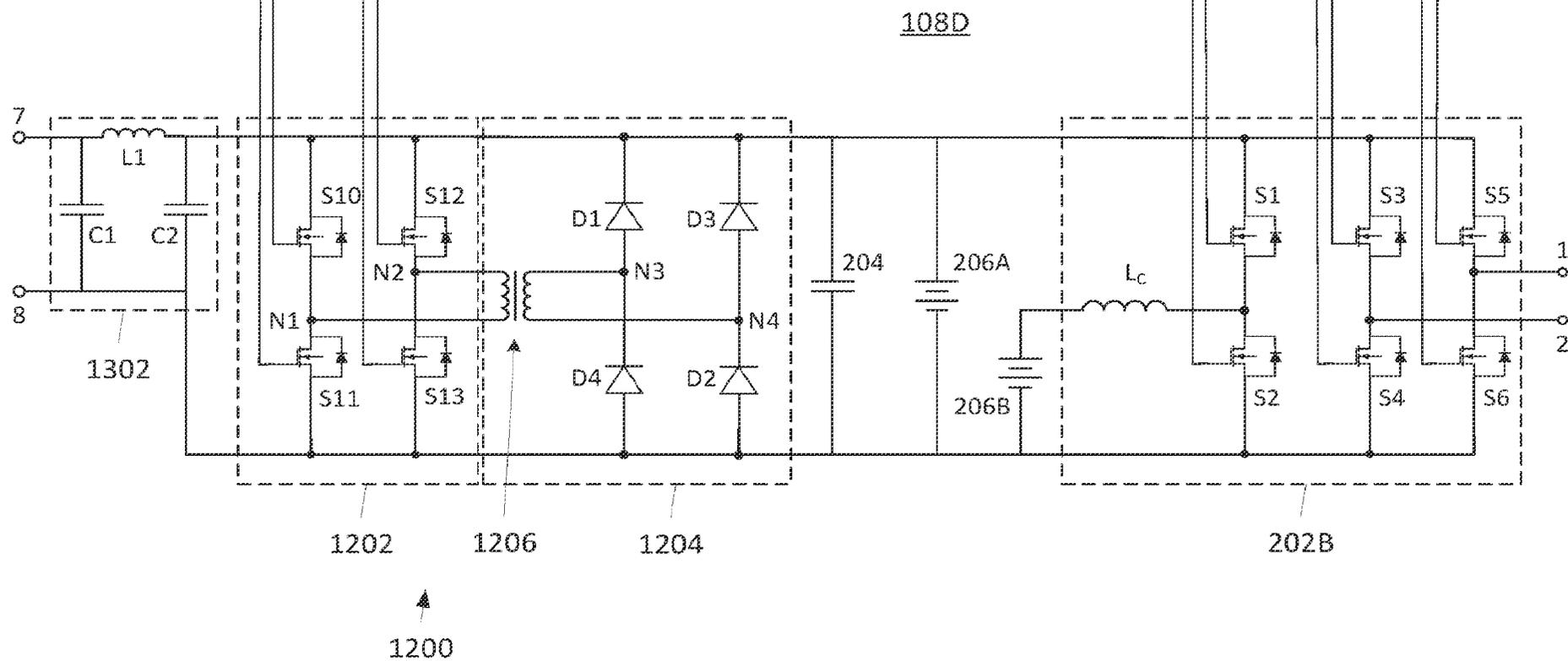


ФИГ. 12А



ФИГ. 12В

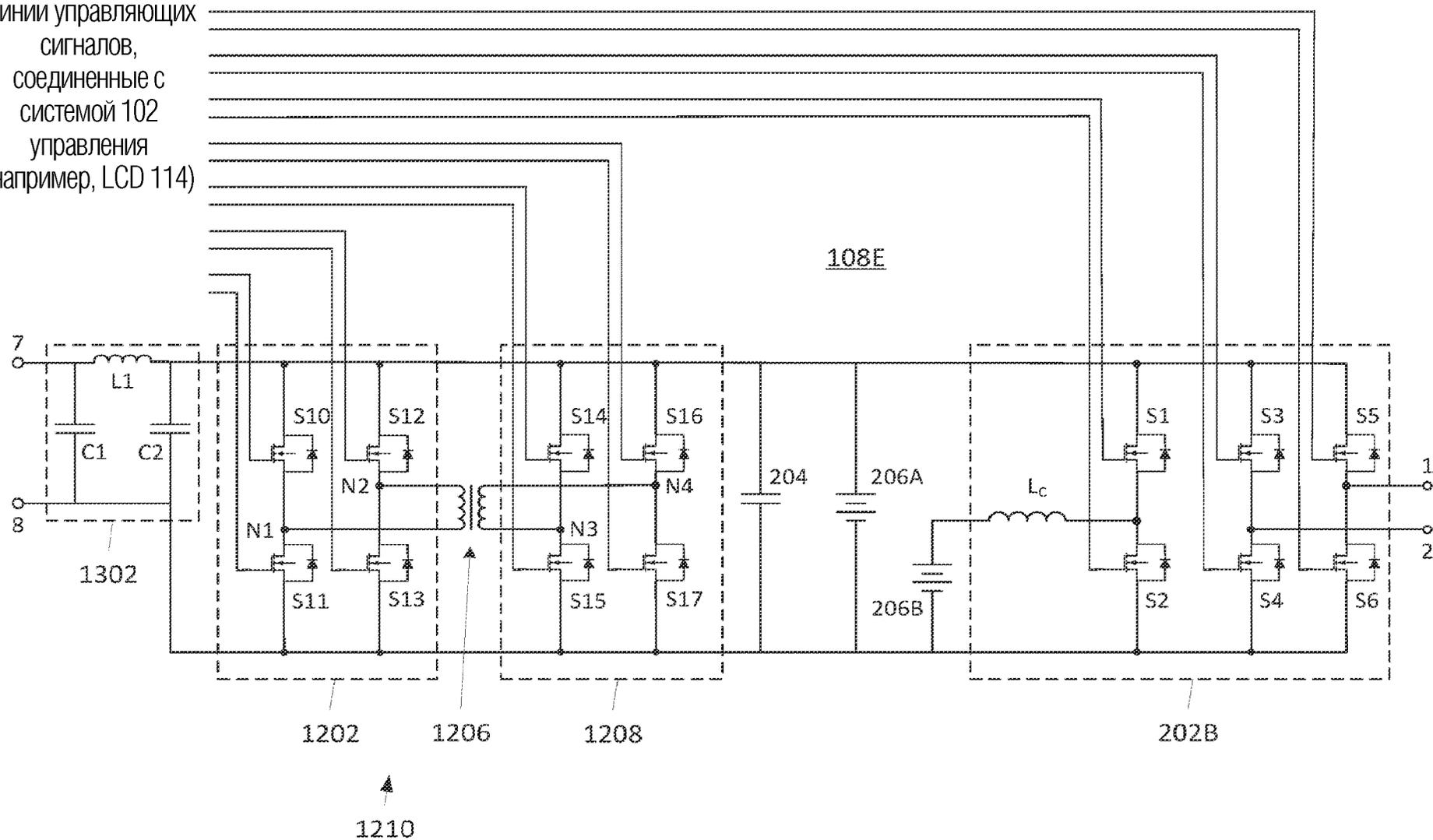
Линии управляющих
сигналов,
соединенные с
системой 102
управления
(например, LCD 114)



25/33

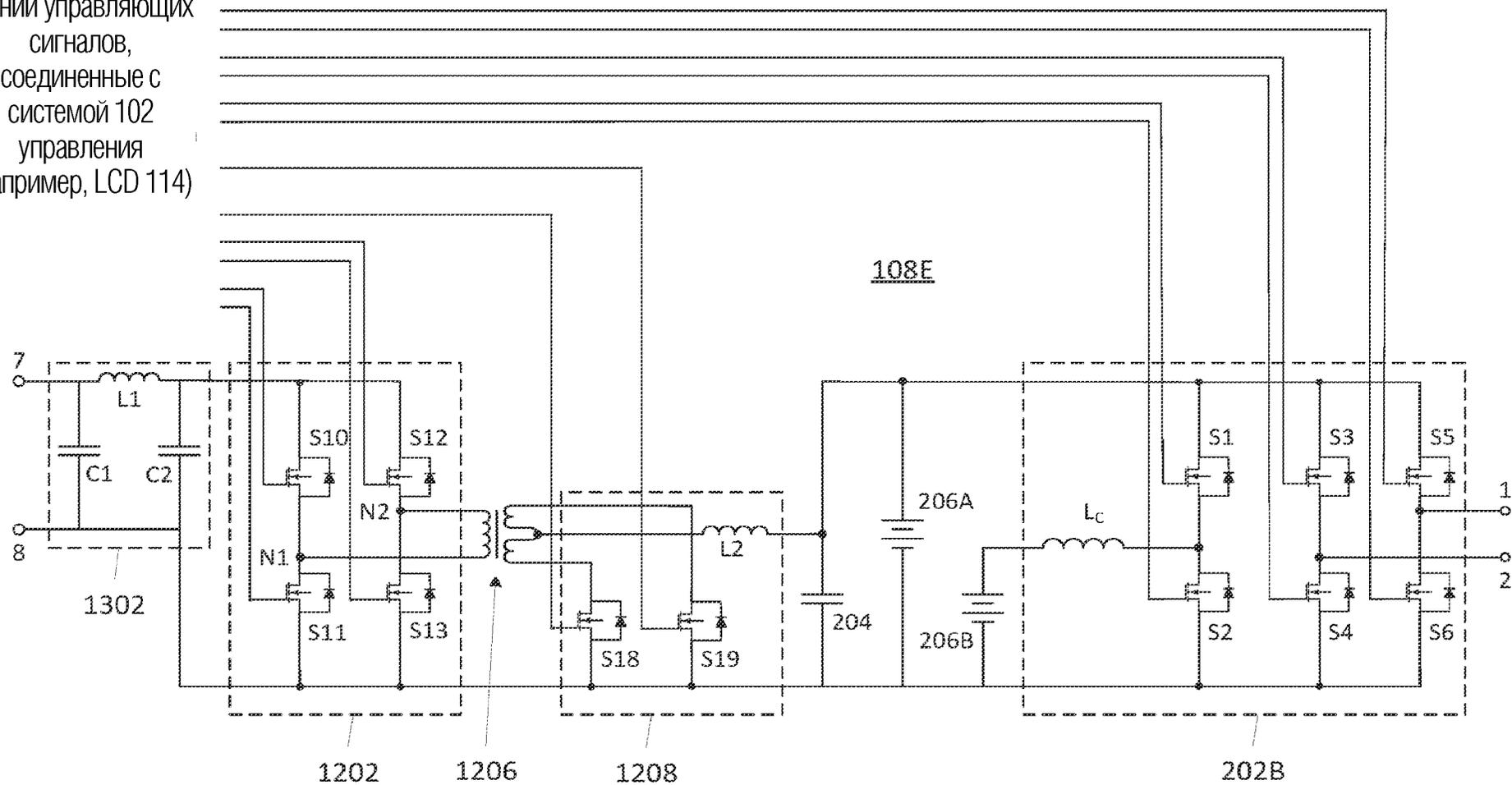
ФИГ. 13А

Линии управляющих
сигналов,
соединенные с
системой 102
управления
(например, LCD 114)



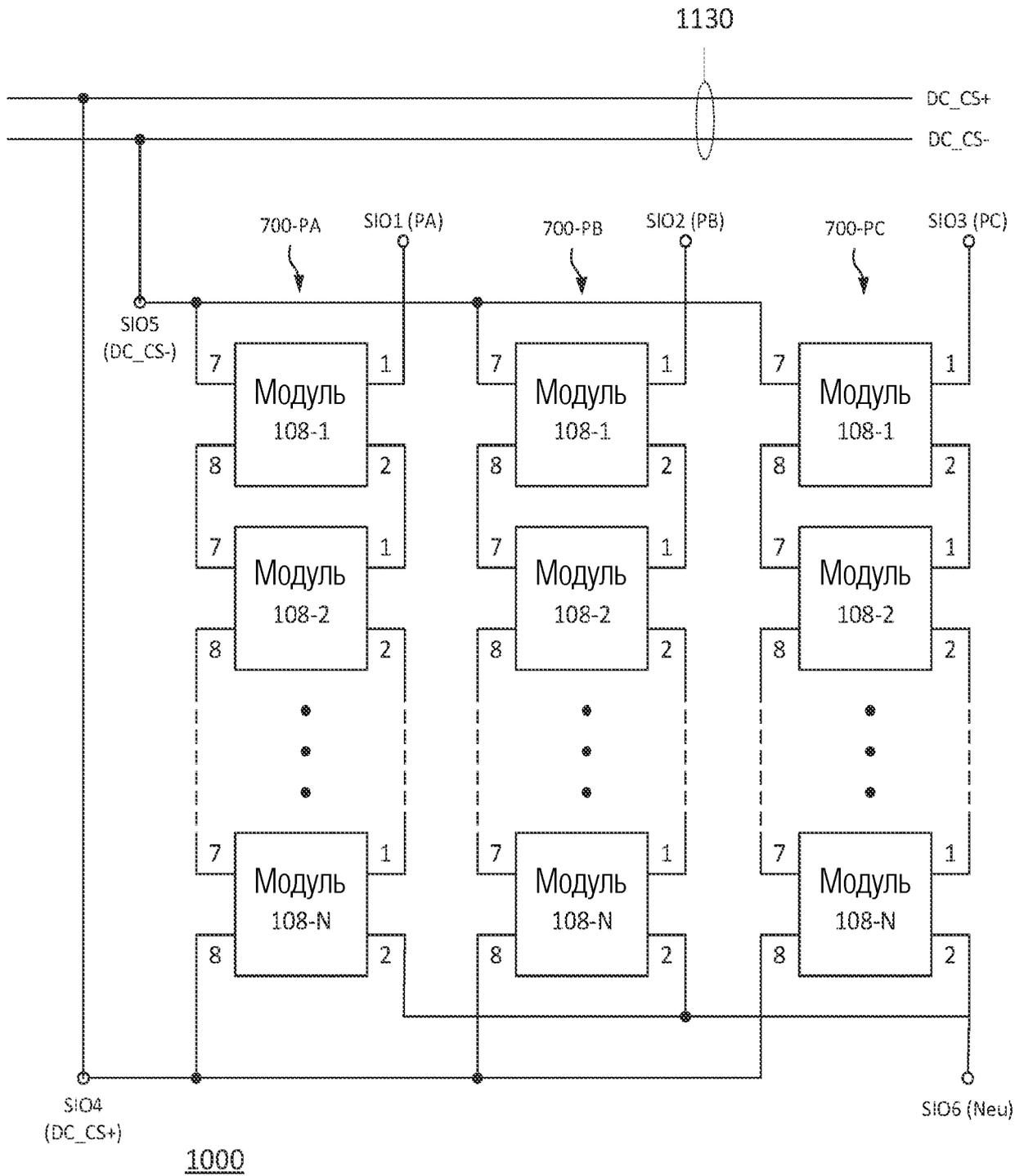
ФИГ. 13В

Линии управляющих
сигналов,
соединенные с
системой 102
управления
(например, LCD 114)

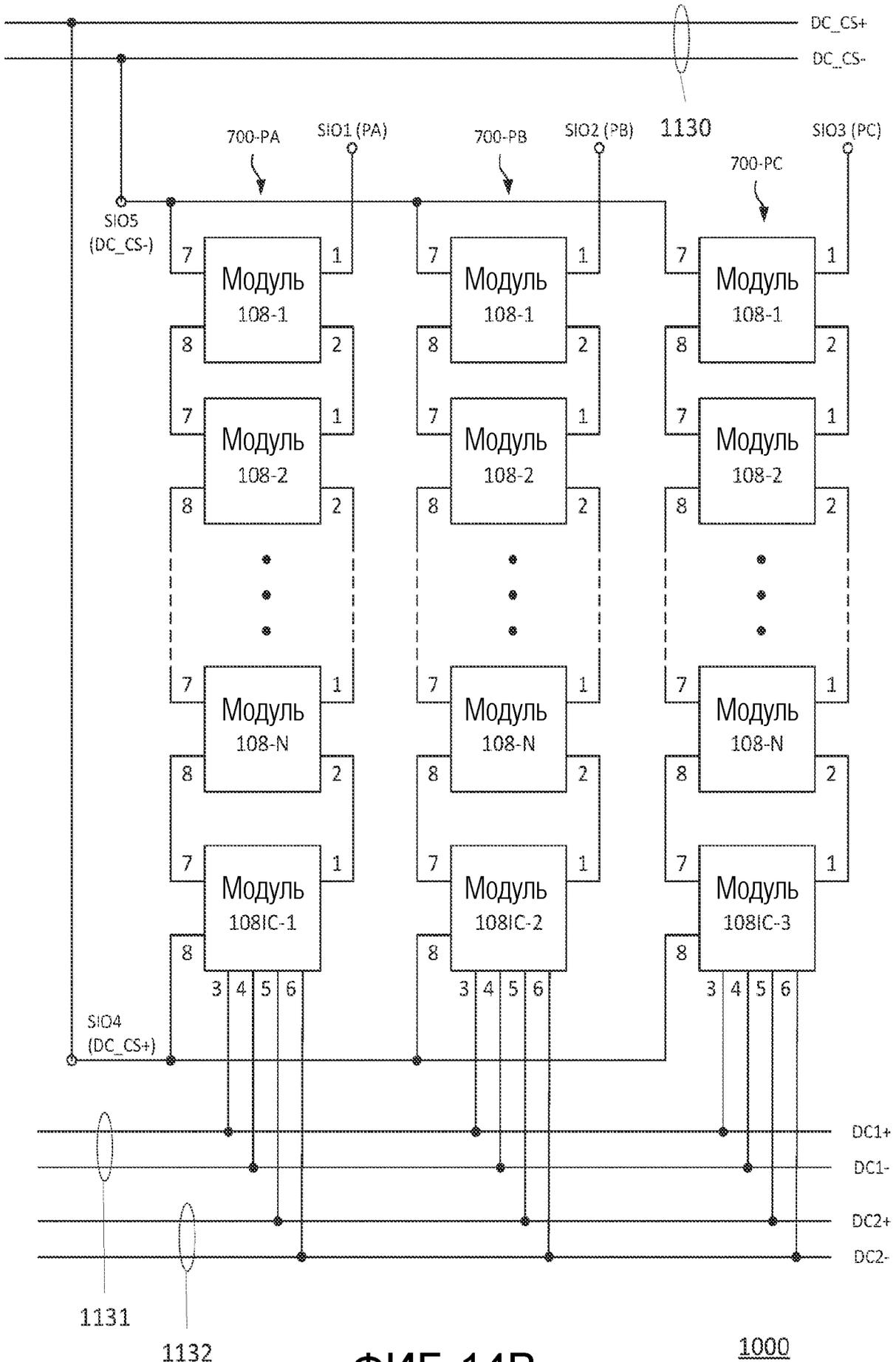


27/33

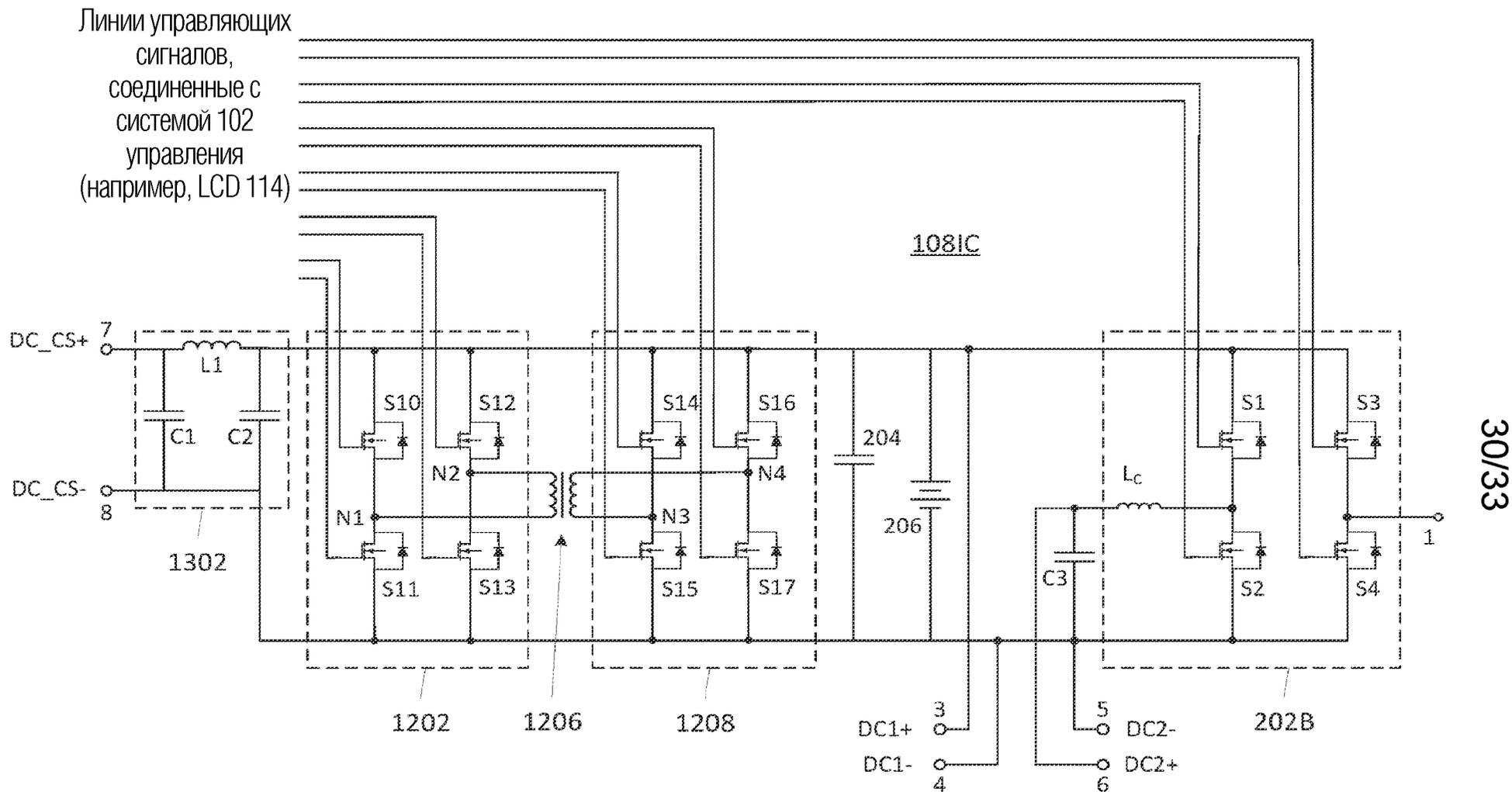
ФИГ. 13С



ФИГ. 14А

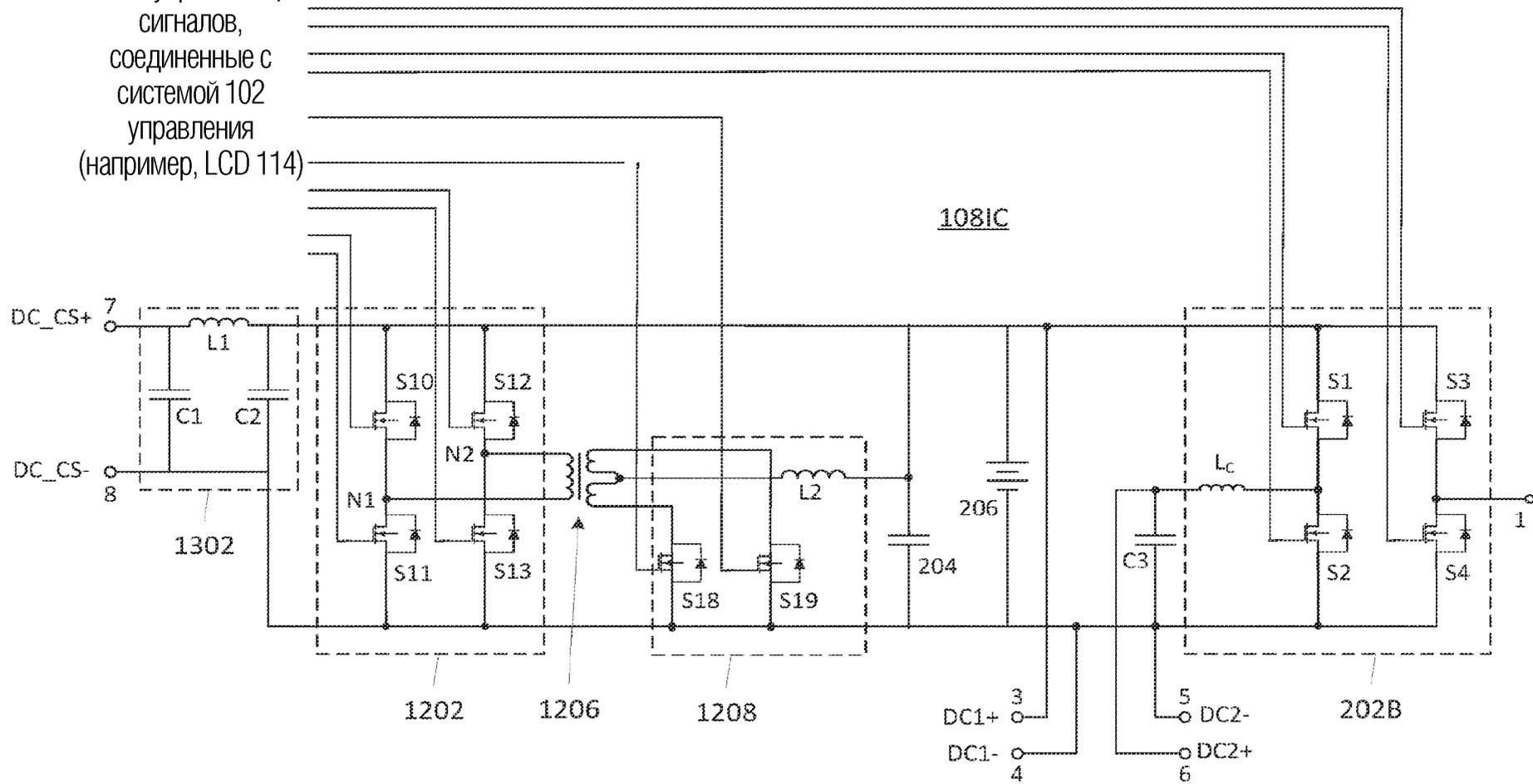


ФИГ. 14В



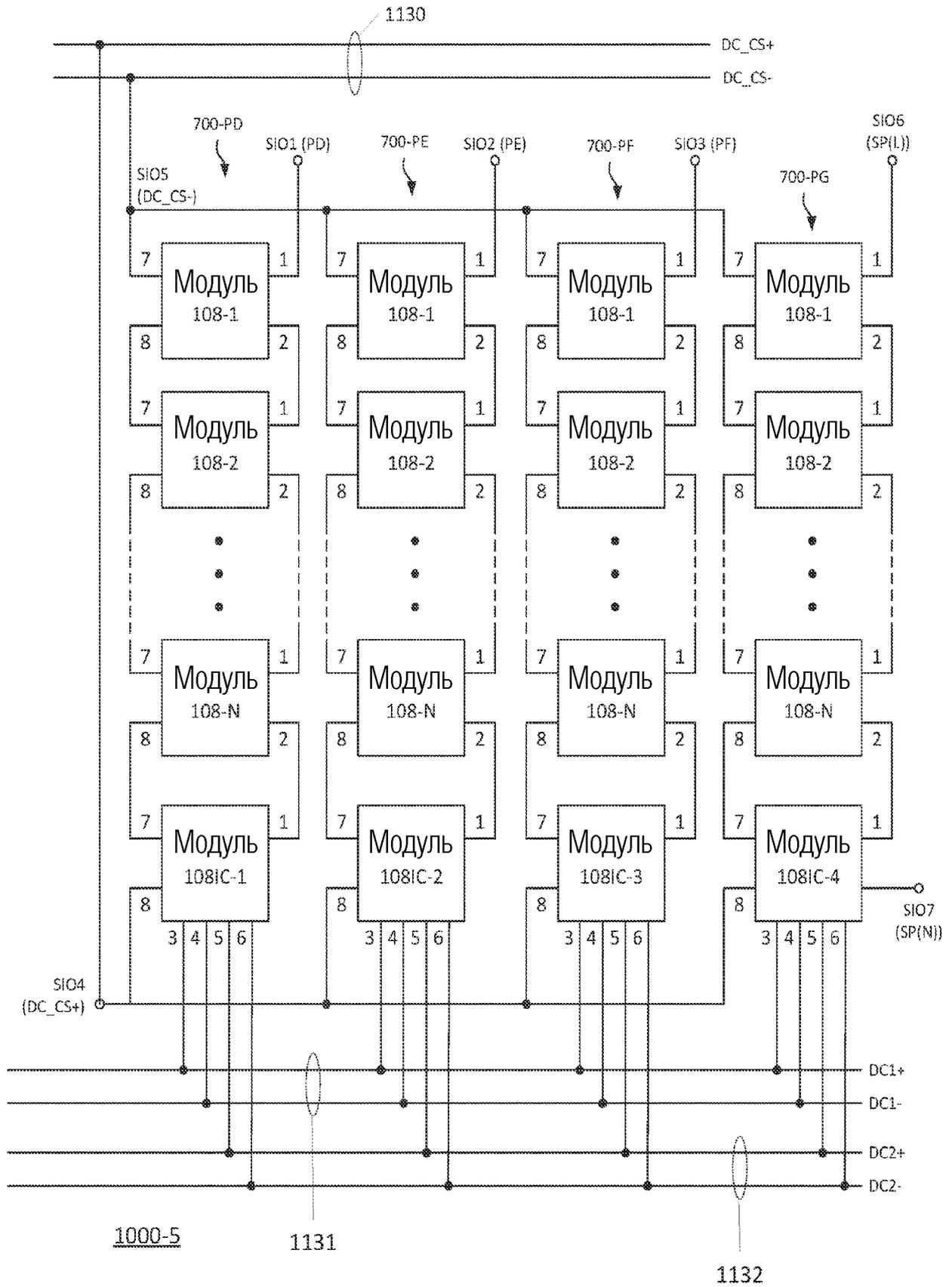
ФИГ. 14С

Линии управляющих
сигналов,
соединенные с
системой 102
управления
(например, LCD 114)

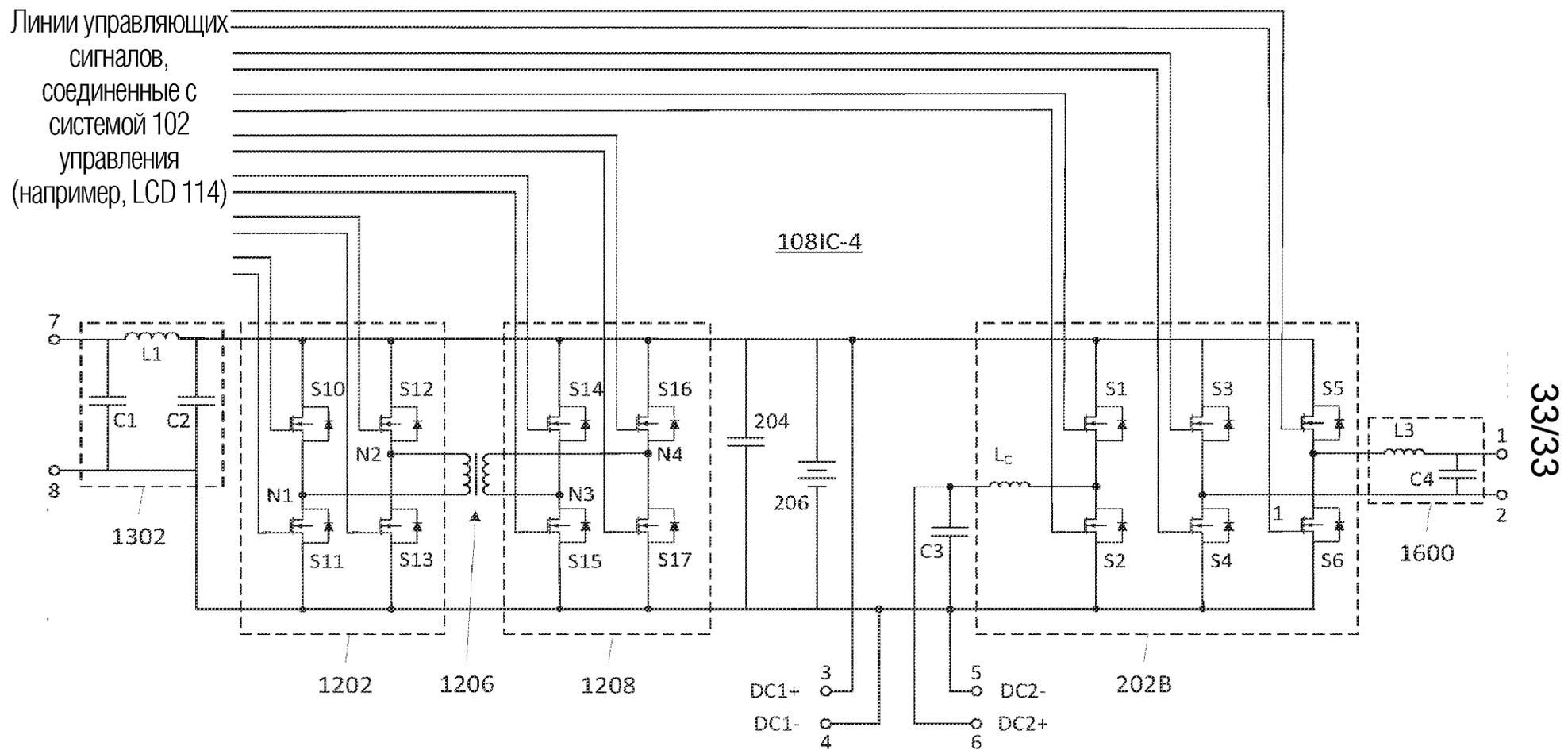


31/33

ФИГ. 14D



ФИГ. 15



ФИГ. 16