

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202092249 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.12.14

(22) Дата подачи заявки
2019.03.22

(51) Int. Cl. *B60K 17/34* (2006.01)
B60K 17/356 (2006.01)
B60L 58/10 (2019.01)
B60L 58/18 (2019.01)

(54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ

(31) 62/646,861

(32) 2018.03.22

(33) US

(86) PCT/US2019/023695

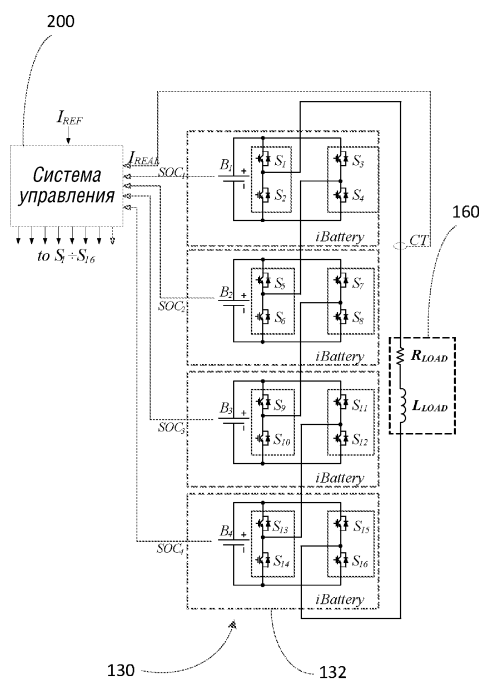
(87) WO 2019/183553 2019.09.26

(71) Заявитель:
ТАЭ ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК. (US)

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

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

(57) Системы и способы, направленные на улучшение управления аккумулятором, управления мотором, хранения энергии и зарядки аккумулятора. Системы и способы предоставляют возможность электрификации транспортного средства и предоставляют изменяющую парадигму платформу, которая предоставляет возможность объединения устройств управления аккумулятором, зарядкой и мотором со средством управления рекуперативным торможением, тяговым усилием и управляемостью. В вариантах осуществления системы и способы направлены на унифицированную модульную систему аккумуляторной батареи, имеющую каскадную архитектуру, содержащую объединенное сочетание сетевого низковольтного преобразователя/контроллера со способностью одноранговой связи, встроенного ультраконденсатора или другого вторичного элемента хранения энергии, системы управления аккумулятором и последовательно соединенного комплекта отдельных элементов в качестве фундаментального строительного блока.



A1

202092249

202092249

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-564762EA/55

СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ

Область техники, к которой относится изобретение

[0001] Настоящее изобретение относится к регулированию и управлению электрической мощностью для аккумуляторных систем, а более конкретно, к системам и способам, которые обеспечивают улучшенное управление аккумуляторами, управление мотором, сохранение энергии и заряд аккумуляторов для электрических транспортных средств и других стационарных установок.

Уровень техники

[0002] В настоящее время автомобильная технология, которая эволюционировала в течение прошлого столетия, характеризуется, среди прочего, взаимодействием моторов, механических элементов и электронного оборудования. Они являются ключевыми компонентами, которые влияют на рабочую характеристику транспортного средства и водительское восприятие. Моторы являются двигателями сгорания или моторами электрического типа, и обычно присутствует один мотор для каждого автомобиля, исключениями являются автомобили с гибридными цепями привода, характеризующиеся сочетанием двигателя сгорания с одним или двумя электромоторами, или ориентированные на производительность электрические транспортные средства, которые оснащены двумя моторами. Почти во всех случаях вращательная энергия от мотора(ов) доставляется через множество очень сложных механических элементов, таких как муфты, трансмиссии, дифференциалы, приводные валы, карданные валы, соединительные муфты и т.д. Эти части управляют в значительной степени преобразованием крутящего момента и распределением мощности на колеса и являются ключевыми элементами для определения рабочей характеристики автомобиля. Они также влияют на управляемость на дороге. С годами отдельные производители автомобилей сильно оптимизировали эти механические части, чтобы обеспечивать лучшие рабочие характеристики, более высокую топливную экономичность и, в конечном счете, различие на рынке. Со стороны управления, помимо комфорта водителя, такого как элементы окружения, навигации и человеко-машинного интерфейса, типично существуют только несколько групп специализированных электронных аппаратных средств и встроенного программного обеспечения, которые управляют/оптимизируют моторы, работу сцепления/трансмиссии и удержание/управляемость на дороге.

[0003] Сегодняшние электрические автомобили или транспортные средства (EV) широко применяют большую часть столетней парадигмы проектирования транспортного средства с двигателем сгорания, с очевидными заменами на аккумуляторы, зарядные системы и электромоторы для обычного газового бака, топливных насосов/инжекторов и двигателя внутреннего сгорания. В то время как управляющее электронное оборудование приспособляется к различию в компонентах, важно понимать, что большая часть

механических частей цепи привода, описанных выше, все еще присутствует (см., например, фиг. 1 и 2). Т.е., общая философия проектирования текущих EV переместилась немного за пределы традиционной парадигмы. По существу, истинный потенциал электрификации не реализуется.

[0004] EV содержит различные электрические системы, которые относятся к цепи привода, включающие в себя, среди прочего, аккумулятор, зарядное устройство и устройство управления мотором. Краткий перечень текущих способностей и недостатков этих электрических систем включает в себя следующее:

Традиционная конструкция аккумулятора

[0005] В настоящий момент, высоковольтные аккумуляторные батареи типично организовываются в последовательной цепочке аккумуляторных модулей более низкого напряжения. Каждый такой модуль дополнительно состоит из последовательно соединенного множества отдельных элементов и простой встроенной системы управления аккумулятором для регулирования основных, связанных с элементом характеристик, таких как состояние заряда и напряжение. Электронное оборудование с более сложными способностями или некоторой формой интеллектуальной взаимосвязанности отсутствует. Как следствие, любая функция наблюдения или управления обрабатывается посредством отдельной системы, которая, если вообще присутствует где-либо в автомобиле, не имеет способности наблюдать за исправностью отдельного элемента, состоянием заряда, температурой и другими влияющими на рабочие характеристики показателями. Также не существует возможности регулировать потребление мощности для каждого отдельного элемента в какой-либо форме. Некоторыми из главных последствий являются следующие: (1) самый слабый элемент ограничивает общую производительность всей аккумуляторной батареи, (2) отказ какого-либо элемента или модуля ведет к необходимости замены всей батареи, (3) надежность и безопасность аккумулятора значительно снижаются, (4) срок службы аккумулятора является ограниченным, (5) тепловое регулирование является трудным, (6) аккумуляторные батареи всегда работают ниже максимальных возможностей, (7) внезапный приток в аккумуляторные батареи полученной с помощью рекуперативного торможения электрической мощности не может быть легко сохранен в аккумуляторах и потребует рассеивания через разгрузочный резистор.

Текущая конструкция зарядного устройства

[0006] Зарядные схемы типично реализуются в отдельных бортовых системах. Они реализуют поступление мощности извне EV, в форме AC-сигнала или DC-сигнала, преобразуют ее в DC и подают ее к аккумуляторной батарее(ям). Зарядные системы контролируют напряжение и ток и типично осуществляют стабильно постоянную подачу. С учетом конструкции аккумуляторных батарей и типичных зарядных схем существует небольшая возможность адаптировать зарядные потоки к отдельным аккумуляторным модулям на основе технического состояния элемента, характеристик производительности, температуры и т.д. Зарядные циклы также являются длинными, поскольку зарядные системы и аккумуляторные батареи не имеют схем, чтобы предоставлять возможность для

импульсной зарядки или других технологий, которые будут оптимизировать перенос заряда или суммарный достижимый заряд.

Текущая конструкция устройства управления мотором

[0007] Традиционные устройства управления содержат каскады DC-DC-преобразования, чтобы регулировать уровни напряжения аккумуляторных батарей до напряжения шины электрической системы EV. Моторы, в свою очередь, тогда приводятся в действие посредством простых двухуровневых многофазных преобразователей, которые предоставляют требуемый AC-сигнал(ы) электромотору. Каждый мотор традиционно управляется посредством отдельного контроллера, который приводит в действие мотор в 3-фазной конструкции. EV с двойным мотором потребуют два контроллера, в то время как EV, использующие четыре встроенных в колеса мотора, потребуют 4 отдельных контроллера. Традиционная конструкция контроллера также не имеет возможности приводить в действие моторы следующего поколения, поскольку коммутируемые реактивные электромоторы (SRM) характеризуются более высоким числом полюсных наконечников. Адаптация потребует более высокофазных конструкций, делающих системы более сложными и, в конечном счете, не могущими урегулировать электрический шум и ходовые характеристики, такие как пульсацию высокого крутящего момента и акустический шум.

[0008] С учетом вышеупомянутых ограничений, системы и способы, которые обеспечивают улучшенное управление аккумулятором, управление мотором, сохранение мощности и зарядку аккумулятора, являются желательными, чтобы устранять вышеотмеченные недостатки и предоставлять изменяющую парадигму платформу.

Сущность изобретения

[0009] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на системы и способы, которые обеспечивают улучшенное управление аккумулятором, управление мотором, сохранение энергии и зарядку аккумулятора. По существу, системы и способы, предоставленные в данном документе, предоставляют возможность реализации истинного потенциала электрификации транспортного средства и предоставляют изменяющую парадигму платформу, которая интеллектуально объединяет управление аккумулятором, зарядку и устройства управления мотором со средством управления рекуперативным торможением, тягой и управляемостью.

[0010] Примерные варианты осуществления настоящего изобретения предпочтительно направлены на унифицированную модульную систему аккумуляторной батареи, имеющую каскадную архитектуру, содержащую объединенное сочетание сетевого низковольтного преобразователя/контроллера со способностью одноранговой связи, встроенного ультраконденсатора или другого вторичного элемента хранения энергии, системы управления аккумулятором и последовательно соединенного комплекта отдельных элементов в качестве фундаментального строительного блока. Взаимосвязанный узел таких интеллектуальных аккумуляторных модулей становится эффективно умной электрической "нейронной сетью" и заменой для: (1) зарядной

системы, (2) модулей управления аккумулятором, (3) DC/DC-преобразователя и (4) контроллера(ов) мотора.

[0011] Эта модульная умная система аккумуляторной батареи не только является сочетаемой с традиционными EV-моторами и цепями привода, она является сочетаемой с новыми EV-встроенными в колеса моторами, разрабатываемыми для использования в будущих EV.

[0012] В примерных вариантах осуществления, предоставленных в данном документе, электронное оборудование каждой модульной аккумуляторной батареи основывается на многоуровневом контроллере, который в некоторых примерных вариантах осуществления предпочтительно является двунаправленным многоуровневым гистерезисным контроллером, объединенным с датчиками температуры и логикой интерфейса сетевого взаимодействия. Эта конструкция предоставляет длинный список преимуществ: (1) улучшенное использование аккумулятора посредством индивидуального переключения модулей на основе их возраста, теплового режима и характеристик производительности; (2) уменьшенные тепловые потери в элементах посредством аккуратного потребления мощности и балансировки выработки мощности; (3) замедленное старение элемента посредством лучшего индивидуального терморегулирования и фильтрации гармоник тока высокого порядка; (4) способность детального наблюдения технического состояния аккумулятора и раннего предупреждения о необходимости сервисного обслуживания; (5) отказоустойчивая и избыточная конструкция, приспособленная для поддержания способности привода, даже при отказе отдельного модуля; (6) более высокая эффективность и лучшая экономичность посредством использования новых полупроводниковых технологий, работающих при более низких напряжениях компонентов, чтобы уменьшать потери мощности и стоимость; (7) программное обеспечение на основе оптимизации топологий и способов управления для приспособливания к различным характеристикам транспортного средства; (8) близость к полной рекуперации энергии от рекуперативного торможения и быстрая реакция на ускорение посредством встроенных ультраконденсаторов; (9) интегрированная бортовая оптимизированная зарядка благодаря балансировке и наблюдению нагрузки отдельного элемента, включающая в себя сверхбыструю импульсную зарядку, проводимую посредством схемы интеллектуального контроллера; (10) уменьшенная электромагнитная интерференция и чувствительность топологии схемы; (11) координация на основе адаптивной нейросети между модулями для улучшения общей производительности системы, времени реакции, терморегулирования и совокупной эффективности системы; (12) устранение механических компонентов цепи привода и ассоциированных потерь при объединении с встроенными в колеса моторами; (13) уменьшение общих магнитных и электрических потерь в цепи привода; (14) увеличенная удельная мощность при использовании с встроенными в колеса моторами; (15) уменьшение пульсации крутящего момента и повышенный комфорт пассажира благодаря уменьшенному электрическому и механическому шуму от усовершенствованного

устройства управления мотором и электрической фильтрации; (16) способность адаптации и оптимизации для всех конструкций моторов текущего и следующего поколения; (17) уменьшение в пространстве, предоставляющее больше места для пассажиров/груза/дополнительных аккумуляторов (большой диапазон); (18) уменьшение в весе, предоставляющее лучшую производительность, более высокую эффективность транспортного средства, более дальний диапазон движения; (19) превосходная управляемость и лучшая тяга при объединении с встроенными в колеса моторами; (20) универсальный строительный блок, приспособленный для использования от малых пассажирских автомобилей до больших автобусов и коммерческих грузовиков; (21) различие на основе программного обеспечения характеристик транспортного средства вместо традиционных конструкций механических компонентов.

[0013] Другие системы, способы, признаки и преимущества примерных вариантов осуществления будут, или станут, очевидны обычному специалисту в данной области техники при изучении последующих чертежей и подробного описания.

Краткое описание чертежей

[0014] Подробности примерных вариантов осуществления, включающие в себя структуру и работу, могут быть выяснены частично посредством изучения сопровождающих чертежей, на которых аналогичные ссылочные номера ссылаются на аналогичные части. Компоненты на чертежах необязательно начерчены по масштабу, вместо этого акцент делается на иллюстрировании принципов изобретения. Кроме того, все иллюстрации предназначаются, чтобы передавать идеи, где относительные размеры, формы и другие подробные атрибуты могут быть иллюстрированы скорее схематично, чем буквально или точно.

[0015] Фиг. 1 иллюстрирует упрощенное схематично представление силовой электронной схемы и электромотора традиционного аккумуляторного электрического транспортного средства

[0016] Фиг. 2 иллюстрирует схематичное представление силовой электронной схемы и электромотора для аккумуляторного электрического транспортного средства согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, имеющего унифицированную модульную систему с каскадной архитектурой, включающую в себя интеллектуальную модульную АС-аккумуляторную батарею, содержащую последовательное соединение интеллектуальных низковольтных аккумуляторных модулей.

[0017] Фиг. 3А-3Г иллюстрируют схему, показывающую силовую электронную схему согласно вариантам осуществления настоящего изобретения как интеллектуальное, модульное представление традиционной высоковольтной силовой электронной схемы для аккумуляторного электрического транспортного средства, показанной на фиг. 1; фиг. 3А показывает высоковольтную аккумуляторную батарею, содержащую последовательную цепь низковольтных аккумуляторных модулей; фиг. 3В показывает каждый аккумуляторный модуль, содержащий последовательное соединение низковольтных

аккумуляторных элементов и объединенную систему регулирования или управления аккумулятором; фиг. 3С показывает высоковольтный DC/AC-преобразователь, разделенный на множество низковольтных DC/AC-преобразователей последовательно; фиг. 3D показывает отдельный низковольтный DC/AC-преобразователь, объединенный в отдельный аккумуляторный модуль; фиг. 3Е показывает ультраконденсатор или суперконденсатор, объединенный в отдельный аккумуляторный модуль, чтобы периодически сохранять бросок мощности торможения; фиг. 3F показывает высоковольтную интеллектуальную модульную AC-аккумуляторную батарею, содержащую последовательное соединение более низковольтных интеллектуальных аккумуляторных модулей, объединенных с системами регулирования или управления аккумулятором, низковольтными преобразователями и ультраконденсаторами; фиг. 3G и 3H показывают DC/AC-преобразователь, удаленный из силовой электронной схемы; и фиг. 3I показывает AC/DC-преобразователь/зарядное устройство, удаленное из силовой электронной схемы.

[0018] Фиг. 4 иллюстрирует концептуальное представление в общем виде для интеллектуального аккумуляторного модуля, содержащего аккумулятор, объединенный с системой регулирования и управления аккумулятором, низковольтным преобразователем и ультраконденсатором согласно вариантам осуществления настоящего изобретения.

[0019] Фиг. 5 иллюстрирует схематичный чертеж интеллектуального аккумуляторного модуля согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, соединенного с системой управления аккумуляторным модулем (или локальным электронным блоком управления (ECU)) и главной системой управления (или главным ECU).

[0020] Фиг. 6 иллюстрирует схематичный чертеж множества интеллектуальных модульных AC-аккумуляторных батарей согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, соединенных с трехфазным мотором, и зарядного соединения для соединения с одно- или трехфазной электросетью или источником питания.

[0021] Фиг. 7A и 7B иллюстрирует графики типичных форм волны выходных напряжений для одного (1) интеллектуального аккумуляторного модуля (фиг. 7A) и одной (1) фазы интеллектуальной модульной AC-аккумуляторной батареи с шестью (6) интеллектуальными аккумуляторными модулями, соединенными последовательно в каждой фазе (фиг. 7B).

[0022] Фиг. 8A, 8B, 8C и 8D иллюстрируют графики, показывающие принцип метода несущей со сдвигом по фазе.

[0023] Фиг. 9 иллюстрирует схематично функциональную схему селектора уровня напряжения девятиуровневого четырехквadrантного гистерезисного контроллера.

[0024] Фиг. 10A, 10B и 10C иллюстрируют графики, показывающие работу девятиуровневого четырехквadrантного гистерезисного контроллера; фиг. 10A иллюстрирует погрешность I_{ERROR} регулировки тока, как разницу между I_{REAL} и I_{REF} ; фиг. 10B иллюстрирует опорный ток I_{REF} и реальный ток I_{REAL} в фазе мотора; фиг. 10C

иллюстрирует выходное напряжение V_{OUT} преобразователя.

[0025] Фиг. 11 иллюстрирует функциональную схему 9-уровневого, 4-квadrантного гистерезисного контроллера тока с балансировкой состояния заряда (SOC) и чередованием нулевого состояния.

[0026] Фиг. 12 иллюстрирует функциональную схему интеллектуального контроллера чередования аккумуляторного модуля.

[0027] Фиг. 13 иллюстрирует функциональную схему устройства оценки di/dt .

[0028] Фиг. 14A и 14B иллюстрируют функциональные схемы блоков чередования -0 В постоянного тока (VDC) (фиг. 14A) и чередования +0 VDC (фиг. 14B).

[0029] Фиг. 15A и фиг. 15B иллюстрируют функциональные схемы блоков чередования +1VDC (фиг. 15A) и чередования -1VDC (фиг. 15B).

[0030] Фиг. 16A, 16B, 16C и 16D иллюстрируют функциональные схемы генератора чередования 0VDC (фиг. 16A), генератора чередования 1VDC (фиг. 16B), генератора чередования 2VDC (фиг. 16C) и генератора чередования 3VDC (фиг. 16D).

[0031] Фиг. 17 иллюстрирует схематичный чертеж централизованного соединения всех интеллектуальных модулей с главным ECU для балансировки состояния заряда (SOC).

[0032] Фиг. 18 иллюстрирует блок-схему структуры регулировки потока мощности в интеллектуальном аккумуляторном модуле.

[0033] Фиг. 19 иллюстрирует блок-схему, показывающую топологию интеллектуального аккумуляторного модуля и токи в узле 1.

[0034] Фиг. 20A и 20B иллюстрируют графики типичной формы волны токов в интеллектуальном аккумуляторном модуле, когда модуль суперконденсатора работает в качестве активного фильтра.

[0035] Фиг. 21 иллюстрирует однофазную интеллектуальную аккумуляторную батарею, соединенную с однофазной нагрузкой.

[0036] Фиг. 22 иллюстрирует трехфазную интеллектуальную аккумуляторную батарею, соединенную с коммутируемым реактивным мотором.

[0037] Следует отметить, что элементы аналогичных структур или функций, как правило, представляются аналогичными ссылочными номерами с иллюстративной целью повсюду на чертежах. Следует также отметить, что чертежи предназначены только для облегчения описания предпочтительных вариантов осуществления.

Подробное описание изобретения

[0038] Последующие варианты осуществления описываются подробно, чтобы предоставлять возможность специалисту в области техники создавать и использовать различные варианты осуществления настоящего изобретения. Понятно, что другие варианты осуществления будут очевидны на основе настоящего описания, и что системы, процесс или изменения могут быть выполнены без отступления от рамок настоящих вариантов осуществления.

[0039] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на системы и

способы, которые обеспечивают улучшенное управление аккумулятором, управление мотором, сохранение энергии и зарядку аккумулятора. По существу, системы и способы, предоставленные в данном документе, предоставляют возможность реализации истинного потенциала электрификации транспортного средства и предоставляют изменяющую парадигму платформу, которая интеллектуально объединяет управление аккумулятором, зарядку и устройства управления мотором со средством управления рекуперативным торможением, тягой и управляемостью.

[0040] Примерные варианты осуществления настоящего изобретения предпочтительно направлены на унифицированную модульную систему аккумуляторной батареи, имеющую каскадную архитектуру, содержащую объединенное сочетание сетевого низковольтного преобразователя/контроллера со способностью одноранговой связи, встроенного ультраконденсатора, системы управления аккумулятором и последовательно соединенного комплекта отдельных элементов в качестве фундаментального строительного блока. Взаимосвязанный узел таких интеллектуальных аккумуляторных модулей становится эффективно умной электрической "нейронной сетью" и заменой для: (1) зарядной системы, (2) модулей управления аккумулятором, (3) DC/DC-преобразователя и (4) контроллера(ов) мотора.

[0041] Эта модульная умная система аккумуляторной батареи не только является сочетаемой с традиционными EV-моторами и цепями привода, она является сочетаемой с новыми встроенными в колеса моторами EV, разрабатываемыми для использования в будущих EV.

[0042] В примерных вариантах осуществления, предоставленных в данном документе, электронное оборудование основывается на двунаправленном многоуровневом контроллере, объединенном с датчиками температуры и логикой интерфейса сетевого взаимодействия. В некоторых примерных вариантах осуществления двунаправленный контроллер является двунаправленным многоуровневым гистерезисным контроллером.

[0043] Обращаясь подробно к чертежам, упрощенная схема традиционной силовой электронной схемы 10 и электромотора 70 показана на фиг. 1. Как показано на фиг. 1, силовая электронная схема 10 типично включает в себя зарядное устройство 20, содержащее AC/DC-преобразователь, высоковольтную аккумуляторную батарею 30, электрически соединенную с зарядным устройством 20, DC/DC-преобразователь 40, электрически соединенный с высоковольтной аккумуляторной батареей 30, DC/AC-преобразователь 50, электрически соединенный с DC/DC-преобразователем 40, и электромотор 60, электрически соединенный с DC/AC-преобразователем 50.

[0044] Традиционные высоковольтные аккумуляторные батареи 30 типично организуются в последовательную цепь низковольтных аккумуляторных модулей 32 (см., например, фиг. 3А и 3В). Каждый такой модуль 32 дополнительно состоит из последовательно соединенного комплекта отдельных более низковольтных элементов 34 и простой встроенной системы 36 управления аккумулятором, чтобы регулировать

основные связанные с элементом характеристики, такие как состояние заряда и напряжение (см., например, фиг. 3В). Электронное оборудование с более сложными способностями или некоторой формой интеллектуальной взаимосвязанности отсутствует. Как следствие, также не существует возможности регулировать потребление мощности для каждого индивидуального элемента 34 в какой-либо форме. Некоторыми из главных последствий являются: (1) самый слабый элемент ограничивает общую производительность всей аккумуляторной батареи, (2) отказ какого-либо элемента/модуля ведет к необходимости замены всей батареи, (3) надежность аккумулятора и безопасность значительно снижаются, (4) срок службы аккумулятора является ограниченным, (5) терморегулирование является трудным, (6) батареи всегда работают ниже максимальных возможностей, (7) внезапный бросок полученной при рекуперативном торможении электрической мощности не может быть легко сохранен в аккумуляторах.

[0045] Традиционные зарядные схемы или системы, такие как схемы или системы, представленные зарядным устройством 20, обычно реализуются в отдельных бортовых системах. Такие зарядные системы проводят по каскадам мощность (АС или DC-сигнал), поступающую снаружи EV, и преобразуют ее в DC и подают его к аккумуляторной батарее(ям) 30. Зарядные системы наблюдают за напряжением и током и типично осуществляют стабильно постоянную подачу. С учетом конструкции аккумуляторов и типичных зарядных схем существует небольшая возможность приспособливать зарядные потоки к индивидуальным аккумуляторным модулям 32 аккумуляторной батареи 30 на основе технического состояния элемента, характеристик производительности, температуры и т.д. Зарядные циклы также типично являются длинными, поскольку зарядные системы и аккумуляторные батареи 30 и индивидуальные модули 32 не имеют схем, чтобы предоставлять возможность для импульсной зарядки или других технологий, которые будут оптимизировать перенос заряда или суммарный достижимый заряд.

[0046] Традиционные устройства управления содержат каскады DC/DC-преобразования (см., например, DC/DC-преобразователь 40), чтобы регулировать уровни напряжения аккумуляторной батареи 30 до напряжения шины электрической системы EV. Моторы, такие как мотор 60, в свою очередь, затем приводятся в действие посредством простых двухуровневых многофазных преобразователей (см., например, DC/AC-преобразователь 50), которые предоставляют требуемый АС-сигнал(ы) электромотору 60. Каждый мотор традиционно управляется посредством отдельного контроллера, который приводит в действие мотор в 3-фазной конструкции. EV с двойным мотором потребуют два контроллера, в то время как EV, использующие четыре встроенных в колеса мотора, потребуют 4 отдельных контроллера. Традиционная конструкция контроллера также не имеет возможности приводить в действие моторы следующего поколения, такие как, например, коммутируемые реактивные электромоторы (SRM), которые характеризуются более высоким числом полюсных наконечников. Адаптация потребует более многофазных конструкций, делающих системы более сложными и, в конечном счете, не могущих урегулировать электрический шум и ходовые характеристики, такие как

пульсацию высокого крутящего момента и акустический шум.

[0047] В противоположность сложной силовой электронной схеме 10 традиционных EV, примерные варианты осуществления, предоставленные в данном документе, как иллюстрировано на фиг. 2, заменяют зарядную систему 20, модули управления аккумулятором, DC/DC-преобразователь 40 и контроллер(ы) 50 мотора интеллектуальной или умной модульной AC-аккумуляторной батареей 130, содержащей взаимосвязанный узел интеллектуальных или умных аккумуляторных модулей 132, эффективно предоставляющих умную электрическую "нейронную сеть".

[0048] Обращаясь к фиг. 3A-3I, последовательность схем, иллюстрирующих упрощение сложной высоковольтной силовой электронной схемы 10 для традиционных EV, показанной на фиг. 1, до интеллектуальной или умной аккумуляторной батареи 130, которая показана на фиг. 2, содержащей взаимосвязанный узел интеллектуальных аккумуляторных модулей 132 согласно примерным вариантам осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг. 3A, высоковольтная аккумуляторная батарея 30 содержит последовательную цепь более низковольтных аккумуляторных модулей 32, каждый из которых содержит последовательное соединение более низковольтных аккумуляторных элементов 34 и объединенную систему 36 регулирования и управления аккумулятором, как показано на фиг. 3B. Высоковольтный DC/AC-преобразователь 50 может быть разделен на множество низковольтных DC/AC-преобразователей 52, соединенных последовательно, как показано на фиг. 3C. Каждый из индивидуальных низковольтных DC/AC-преобразователей 53 может быть объединен в индивидуальный аккумуляторный модуль, чтобы формировать умный или интеллектуальный аккумуляторный модуль 132, как показано на фиг. 3D. Чтобы периодически сохранять бросок мощности торможения, фиг. 3E показывает конденсатор 38 большой емкости, объединенный в отдельный интеллектуальный аккумуляторный модуль 132 (см. также, например, фиг. 4). Как изображено на фиг. 3F, высоковольтная интеллектуальная аккумуляторная батарея 130 содержит взаимосвязанный узел интеллектуальных аккумуляторных модулей 132. Как показано на фиг. 3G и 3H, высоковольтная интеллектуальная аккумуляторная батарея 130 эффективно устраняет необходимость в DC/DC-преобразователе 40. Как показано на фиг. 3H и 3I, высоковольтная интеллектуальная аккумуляторная батарея 130, которая является эффективной интеллектуальной модульной AC-аккумуляторной батареей 130, эффективно устраняет необходимость в AC/DC-преобразователе/зарядном устройстве 20.

Архитектура интеллектуального аккумуляторного модуля

[0049] Фиг. 4 и 5 показывают общий вид и схему, соответственно, интеллектуального аккумуляторного модуля 132 с возможностью рекуперативного торможения/ускорения с помощью суперконденсаторов (или ультраконденсаторов). Он имеет три главных компонента: аккумулятор 32 с BMS 36, модуль 38 суперконденсатора с двусторонним DC/DC-преобразователем на основе МОП-транзисторов (MOSFET) S1 и S2 с батареей CSC суперконденсаторов и катушкой LC связи, и выходной преобразователь 52

на основе четырехквadrантной H-мостовой топологии с четырьмя MOSFET S_3 - S_6 . Как показано на фиг. 5, интеллектуальный аккумуляторный модуль 132 соединяется с системой 200 управления аккумуляторным модулем (или локальным электронным блоком управления (ECU)) и главной системой 210 управления (или главным ECU).

Принцип действия ACi-аккумуляторной батареи

[0050] Фиг. 6 изображает топологию 3-фазной ACi-аккумуляторной батареи (130A, 130B, 130C), соединенной с мотором 60 и содержащей N интеллектуальных аккумуляторных модулей, соединенных последовательно в каждой фазе. Каждый интеллектуальный аккумуляторный модуль на фиг. 5 и 6 может формировать три различных выходных напряжения, $+V_{dc}$, 0 и $-V_{dc}$, посредством соединения DC-напряжения (аккумулятора) VDC с AC-выходом посредством различных комбинаций четырех переключателей, S_3 , S_4 , S_5 и S_6 . Чтобы получать $+V_{dc}$, переключатели S_3 и S_6 включаются, тогда как $-V_{dc}$ может быть получено посредством включения переключателей S_4 и S_5 . Посредством включения S_3 и S_5 или S_4 и S_6 выходное напряжение равно 0. AC-выходы каждого из различных выходных уровней преобразователя соединяются последовательно, так что синтезированная форма волны напряжения является суммой выходов инвертора. Число уровней m напряжений выходной фазы в ACi-аккумуляторной батарее определяется как $m=2s+1$, где s является числом интеллектуальных аккумуляторных модулей. Примерная форма волны фазового напряжения для модулированной с помощью широтно-импульсной модуляции (PWM) 13-уровневой ACi-аккумуляторной батареи с шестью интеллектуальными аккумуляторными модулями, соединенными последовательно в каждой фазе, представлена на фиг. 7B, и выходное напряжение одного из интеллектуальных аккумуляторных модулей 132 показано на фиг. 7A.

[0051] ACi-аккумуляторная батарея может также служить в качестве выпрямителя/зарядного устройства для аккумуляторов интеллектуальных аккумуляторных модулей 132, в то время как транспортное средство соединяется с AC-источником, как показано на фиг. 6.

[0052] Переключающие сигналы S_3 - S_6 (см. фиг. 5 и 6) для переключателей S_3 - S_6 выходного преобразователя 152 в каждом интеллектуальном аккумуляторном модуле 132 могут быть сформированы различными способами в зависимости от гибкости и требований применяемых аппаратных средств управления. Одним подходом является использование модуляции пространственного вектора или синусоидальной PWM, чтобы формировать опорное напряжение для каждой фазы интеллектуального аккумуляторного модуля 132. Переключающие сигналы для выходного преобразователя каждого интеллектуального аккумуляторного модуля могут затем быть сформированы с помощью метода несущей со сдвигом по фазе. Этот метод гарантирует, что элементы непрерывно вращаются, и мощность почти одинаково распределяется между ними.

Модуляция выходного напряжения в ACi-аккумуляторной батарее - многоуровневая PWM-модуляция

[0053] Принципом метода сдвига по фазы является формирование многоуровневой

выходной PWM-формы волны с помощью инкрементно сдвигающихся двухуровневых форм волны. Следовательно, PWM-форма волны N-уровня создается посредством суммирования N-1 двухуровневых PWM-форм волны. Эти двухуровневые формы волны формируются посредством сравнения эталонной формы волны с треугольными несущими, которые инкрементно сдвигаются на $360^\circ/(N-1)$. 9-уровневый пример показан на фиг. 8А. Несущие инкрементно сдвигаются на $360^\circ/(9-1) = 45^\circ$ и сравниваются с эталонной формой волны. Получившиеся в результате двухуровневые PWM-формы волны показаны на фиг. 8С. Эти двухуровневые формы волны могут быть использованы в качестве стробирующих сигналов для множества MOSFET выходного преобразователя (Н-мост) в каждом интеллектуальном аккумуляторном модуле. Для нашего 9-уровневого примера, который содержит четыре Н-моста, сигнал 0° используется для S_3 , а сигнал 180° для S_6 первого модуля, сигнал 45° используется для S_3 , и сигнал 225° используется для S_6 второго модуля, и т.д. Отметим, что во всех Н-мостах сигнал для S_4 является дополняющим для S_3 , а сигнал для S_5 является дополняющим для S_6 вместе с некоторым временем задержки, чтобы избежать прострела каждой ветви.

[0054] В зависимости от ресурсов и ограничений аппаратных средств, которые используются для реализации модуляции, альтернативой является формирование отрицательного опорного сигнала вместе с первыми $(N-1)/2$ несущими. 9-уровневый пример показан на фиг. 8В. В этом случае PWM-сигналы от 0° до 135° формируются посредством сравнения V_{ref} с соответствующими несущими, а PWM-сигналы от 180° до 315° формируются посредством сравнения $-V_{ref}$ с несущими от 0° до 135° . Однако, логика сравнения в последнем случае должна быть перевернута.

[0055] Другие методы, такие как декодер конечного автомата, могут также быть использованы для формирования стробирующих сигналов для Н-мостов.

Модуляция выходного напряжения в ACi-аккумуляторной батарее - многоуровневое гистерезисное управление

[0056] Другим подходом к созданию переключающих сигналов S_3 - S_6 (см. фиг. 5 и 6) для переключателей выходного преобразователя в каждом интеллектуальном аккумуляторном модуле является метод многоуровневого гистерезисного управления. Этот способ управления может быть использован с любым типом мотора и является очень эффективным, особенно для приводов с коммутируемым реактивным мотором (SRM).

[0057] Многоуровневое гистерезисное управление описывается здесь только для одной из трех фаз трехфазной ACi-аккумуляторной батареи. В случае PMSM-мотора три контроллера должны использоваться вместе с дополнительным блоком уменьшения циркуляции тока (не описан здесь). Для SRM-мотора число контроллеров может быть более трех, и нет необходимости в блоке уменьшения циркуляции тока.

[0058] Для 9-уровневой ACi-аккумуляторной батареи (см. фиг. 6), содержащей четыре интеллектуальных аккумуляторных модуля 132, соединенных последовательно в каждой фазе, все возможные переключающие состояния для переключателей выходного преобразователя с соответствующими уровнями выходного напряжения представлены в

Таблице 1. Только состояния переключения для нечетных переключающих элементов (MOSFET S_3^N и S_5^N , где $N=1, 2, 3, 4$ является номером интеллектуального аккумуляторного модуля) представлены в этой таблице. В действительности, чтобы избежать короткого замыкания фильтрующего конденсатора C_F^N , только один переключатель в полумосте выходного преобразователя Н-моста может быть включен (в токопроводящем режиме) в любой момент времени. Таким образом, управляющие сигналы для четных переключающих элементов (MOSFET S_4^N и S_6^N , где $N=1, 2, 3, 4$ является номером интеллектуального аккумуляторного модуля) могут быть легко получены посредством реверсирования состояний нечетных переключающих элементов того же полумоста. Например, если $S_3^N=1$ и $S_5^N=0$, тогда $S_4^N=0$ и $S_6^N=1$.

Выходное напряжение	Состояния переключения							
	S_3^1	S_5^1	S_3^2	S_5^2	S_3^3	S_5^3	S_3^4	S_5^4
-4VDC	0	1	0	1	0	1	0	1
-3VDC								
-3VDC1	1	1	0	1	0	1	0	1
	0	0	0	1	0	1	0	1
-3VDC2	0	1	1	1	0	1	0	1
	0	1	0	0	0	1	0	1
-3VDC3	0	1	0	1	1	1	0	1
	0	1	0	1	0	0	0	1
-3VDC4	0	1	0	1	0	1	1	1
	0	1	0	1	0	1	0	0
-2VDC								
-2VDC12	1	1	1	1	0	1	0	1
	0	0	0	0	0	1	0	1
-2VDC13	1	1	0	1	1	1	0	1
	0	0	0	1	0	0	0	1
-2VDC14	1	1	0	1	0	1	1	1
	0	0	0	1	0	1	0	0
-2VDC23	0	1	1	1	1	1	0	1
	0	1	0	0	0	0	0	1
-2VDC24	0	1	1	1	0	1	1	1
	0	1	0	0	0	1	0	0

-1VDC								
-1VDC1	0	1	1	1	1	1	1	1
	0	1	0	0	0	0	0	0
-1VDC2	1	1	0	1	1	1	1	1
	0	0	0	1	0	0	0	0
-1VDC3	1	1	1	1	0	1	1	1
	0	0	0	0	0	1	0	0
-1VDC4	1	1	1	1	1	1	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0
+1VDC								
+1VDC1	1	0	1	1	1	1	1	1
	1	0	0	0	0	0	0	0
+1VDC2	1	1	1	0	1	1	1	1
	0	0	1	0	0	0	0	0
+1VDC3	1	1	1	1	1	0	1	1
	0	0	0	0	1	0	0	0
+1VDC4	1	1	1	1	1	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	1	0
+2VDC								
+2VDC12	1	1	1	1	1	0	1	0
	0	0	0	0	1	0	1	0
+2VDC13	1	1	1	0	1	1	1	0
	0	0	1	0	0	0	1	0
+2VDC14	1	1	1	0	1	0	1	1
	0	0	1	0	1	0	0	0
+2VDC23	1	0	1	1	1	1	1	0
	1	0	0	0	0	0	1	0
+2VDC24	1	0	1	1	1	0	1	1

	1	0	0	0	1	0	0	0
+3VDC								
+3VDC1	1	1	1	0	1	0	1	0
	0	0	1	0	1	0	1	0
+3VDC2	1	0	1	1	1	0	1	0
	1	0	0	0	1	0	1	0
+3VDC3	1	0	1	0	1	1	1	0
	1	0	1	0	0	0	1	0
+3VDC4	1	0	1	0	1	0	1	1
	1	0	1	0	1	0	0	0
+4VDC	1	0	1	0	1	0	1	0

Таблица 1: Состояния переключения 9-уровневого 4-квadrантного многоуровневого каскадного преобразователя

[0059] Нулевое выходное напряжение 0VDC может быть обеспечено, если все элементы работают в нулевом состоянии в одно и то же время. Это может быть получено обходом аккумулятора посредством включения либо обоих верхних переключателей, либо обоих нижних переключателей. Например, для интеллектуального аккумуляторного модуля 1: $S_3^1=1$, $S_5^1=1$, $S_4^1=0$, $S_6^1=0$ или $S_3^1=0$, $S_5^1=0$, $S_4^1=1$, $S_6^1=1$.

[0060] Оба уровня напряжения -3VDC и +3VDC могут быть получены с помощью четырех различных сочетаний $\pm 3VDC1$, $\pm 3VDC2$, $\pm 3VDC3$, $\pm 3VDC4$, где последний индекс соответствует номеру интеллектуального аккумуляторного модуля, работающего в нулевом состоянии, предоставляющем выходное нулевое напряжение. В свою очередь, каждое нулевое состояние может быть закодировано с помощью двух вышеупомянутых комбинаций переключения. Таким образом, существует восемь возможных комбинаций установки $\pm 3VDC$ уровня выходного напряжения.

[0061] Аналогично, оба уровня напряжения -2VDC и +2VDC могут быть установлены посредством пяти различных комбинаций $\pm 2VDC12$, $\pm 2VDC13$, $\pm 2VDC14$, $\pm 2VDC23$, $\pm 2VDC24$ в зависимости от того, какие два интеллектуальных аккумуляторных модуля работают с напряжением нулевого состояния. Принимая во внимание двойную возможность предоставления нулевого состояния, суммарное число возможных комбинаций для $\pm 2VDC$ равно десяти.

[0062] Оба уровня напряжения -1VDC и +1VDC могут быть получены с помощью четырех различных комбинаций $\pm 1VDC1$, $\pm 1VDC2$, $\pm 1VDC3$, $\pm 1VDC4$. Последний индекс соответствует числу интеллектуальных аккумуляторных модулей, работающих с уровнем $\pm 1VDC$. Опять, каждое нулевое состояние получается двойственно. Таким образом, как и для уровня $\pm 3VDC$, существует восемь возможных комбинаций предоставления уровня

выходного напряжения $\pm 1VDC$.

[0063] Наконец, максимальные уровни напряжения $-4VDC$ и $+4VDC$ могут быть предоставлены на выходе фазы преобразователя, когда все интеллектуальные аккумуляторные модули в фазе работают в одно и то же время. Таким образом, существует только одна доступная комбинация состояния переключения для каждого таких случаев.

Выбор уровней напряжения в гистерезисном управлении

[0064] Ранее было объяснено, как каждый уровень напряжения девятиуровневой ACi-аккумуляторной батареи может быть получен посредством различных комбинаций переключения выходных преобразователей четырех интеллектуальных аккумуляторных модулей 142. Но наиболее важной задачей для многоуровневого гистерезисного контроллера является идентификация соответствующего уровня выходного напряжения в любой момент работы преобразователя на основе текущего сигнала I_{REAL} обратной связи (фазы мотора).

[0065] Блок-схема селектора 300 уровня напряжения предоставлена на фиг. 9. Селектор уровня напряжения содержит два блока Sum1 301 и Sum2 307 суммирования, пять гистерезисных блоков 302, 303, 304, 305 и 306 и одну таблицу поиска для определения уровня напряжения. Сигнал I_{REAL} реального тока обратной связи вычитается из опорного тока I_{REF} , и сигнал I_{ERROR} токовой погрешности в качестве их разности приходит на вход всех пяти гистерезисных блоков. Каждый из этих блоков имеет различные настройки пороговых значений верхней (HB) и нижней (LB) границы, как представлено в Таблице 2, где ΔI является предварительно заданным значением максимально разрешенной токовой погрешности. Когда I_{ERROR} достигает соответствующей верхней границы (HB) гистерезисного блока, его выходное значение устанавливается в "1" и остается на этом уровне до тех пор, пока I_{ERROR} не пересечет свою нижнюю границу (LB). Это установит "0" на выходе гистерезисного блока, и выход поддерживается на этом уровне до тех пор, пока I_{ERROR} не достигнет HB снова. Таким образом, если нижняя и верхняя границы пяти гистерезисных блоков распределяются в диапазоне между $-\Delta I$ и $+\Delta I$ (как показано в Таблице 2), тогда выходное значение для Sum2 будет изменяться от 1 до 6, в зависимости от значения I_{ERROR} . Таблица 308 поиска, представленная на фиг. 9, используется для определения требуемого уровня выходного напряжения по суммарному значению состояния (выходному значению для Sum2) гистерезисных блоков и с учетом знака производной di/dt реального (или опорного) тока. Как обсуждается ниже, знак для di/dt может быть определен как положительный в момент времени, когда Sum2 достигает значения 6, и будет изменяться на отрицательный знак, когда Sum2 становится равным 1.

Граница гистерезиса	Пороговое значение тока
------------------------	-------------------------------

HB1	$\Delta I/5$
LB1	$-\Delta I/5$
HB2	$2\Delta I/5$
LB2	$-2\Delta I/5$
HB3	$3\Delta I/5$
LB3	$-3\Delta I/5$
HB4	$4\Delta I/5$
LB4	$-4\Delta I/5$
HB5	ΔI
LB5	$-\Delta I$

Таблица 2: Пороговые уровни тока для гистерезисных блоков

Переключение между уровнями напряжения в девятиуровневом четырехквadrантном гистерезисном управлении

[0066] Подробное описание главного принципа переключения между уровнями напряжения в методе девятиуровневого четырехквadrантного гистерезисного управления для одной фазы работы девятиуровневой ACi-аккумуляторной батареи представляется ниже.

[0067] На фиг. 10В опорный ток I_{REF} (красная кривая) и реальный ток I_{REAL} (синяя кривая) в фазе мотора представлены вместе с пятью положительными (HB1 ÷ HB5) и пятью отрицательными (LB1 ÷ LB5) границами гистерезиса (см. Таблицу 2 и фиг. 10А также), равно распределенными между $I_{REF}-\Delta I$ и $I_{REF}+\Delta I$ и отделены на $\Delta I/5$ друг от друга (зеленые кривые). Погрешность I_{ERROR} управления током, как разница между I_{REAL} и I_{REF} , и выходное напряжение V_{OUT} преобразователя представлены на фиг. 10(а) и (10с), соответственно.

[0068] Первоначальное состояние V_{OUT} в рассматриваемом временном окне (от 23,06 мс) было задано ранее посредством системы управления при +4VDC (где VDC=80 В). При этом уровне напряжения ток I_{REAL} повышается, и когда I_{ERROR} достигает первой границы LB1 гистерезиса в точке А (уровень $-\Delta I/5$ на фиг. 10(а)), состояния выхода первого гистерезисного блока изменяются с "1" на "0", следовательно, сумма на выходе блока Sum2 уменьшается на единицу от "6" до "5" (фиг. 9). И согласно таблице на фиг. 9 для $di/dt > 0$, напряжение V_{OUT} становится +3VDC.

[0069] С начала рассматриваемого окна времени и до времени t1 (фиг. 10С), ток I_{REF} имеет положительное значение di/dt , и гистерезисный контроллер должен работать с

уровнями напряжения, представленными во втором столбце таблицы поиска на фиг. 10С ($di/dt > 0$). Начиная с t_1 знак di/dt для тока I_{REF} является отрицательным, но гистерезисный контроллер остается работающим как для положительного di/dt до времени t_2 , когда I_{ERROR} достигает пятой границы $LB5$ гистерезиса и $Sum2=1$. Это событие будет переключать работу гистерезисного контроллера на первый столбец таблицы для $di/dt < 0$. Другими словами, знак для di/dt может быть определен как отрицательный в момент (t_2), когда $Sum2$ достигает значения "1" (и будет изменяться на положительные, когда $Sum2$ становится равным "6"). Эта логика реализуется в блоке оценки di/dt , который будет представлен, как описано в следующих разделах этого документа.

[0070] В то время как V_{OUT} находится на своем максимальном отрицательном уровне $-4VDC$, ток I_{REAL} падает (фиг. 10(b)), и когда он достигает точки F, которая соответствует первой границе $HB1$ гистерезиса на фиг. 10(a), состояния выхода первого гистерезисного блока переключаются с "0" на "1", следовательно, сумма на выходе блока $Sum2$ увеличивается на единицу с "1" до "2" (фиг. 9). И согласно таблице поиска на фиг. 9 для $di/dt < 0$ напряжение V_{OUT} становится $-3VDC$. В точке G, когда I_{REAL} и I_{ERROR} достигают $HB2$, $Sum2$ увеличивается снова, и V_{OUT} становится $-2VDC$.

[0071] В способе гистерезисного управления, предоставленном в данном документе, максимальная токовая погрешность ΔI имеет место только в точках, где значение di/dt опорного тока I_{REF} изменяет знак. За этими критическими точками способ работает таким образом, чтобы минимизировать токовую погрешность I_{ERROR} при $\Delta I/5$ настолько быстро, насколько возможно при заданных параметрах нагрузки.

Общее описание способа

[0072] Обобщенная функциональная схема 9-уровневого 4-квадрантного гистерезисного контроллера 500 тока с балансировкой состояния заряда и чередованием нулевого состояния представлена на фиг. 11. Она включает в себя селектор 300 каскада переключения, который функционирует, как описано ранее. Выходной сигнал блока $Sum2$ на фиг. 9 называется "Level" ("Уровень") на фиг. 11. Этот сигнал представляет числовое значение для общего уровня (от 1 до 6) девятиуровневого гистерезисного контроллера, который используется дополнительно в способе для выбора соответствующего уровня выходного напряжения выходного преобразователя интеллектуального аккумуляторного модуля.

[0073] Согласно таблице поиска на фиг. 9, знание знака di/dt требуется для выбора соответствующего уровня выходного напряжения. Как было упомянуто ранее, знак для di/dt может быть определен как отрицательный в момент времени, когда "Level" достигает значения "1", и будет изменен на положительный, когда "Level" становится равным "6". Эта логика реализуется в блоке оценки di/dt , показанном на фиг. 13. Блок оценки содержит два цифровых компаратора ($Comp1$ и $Comp2$) и элемент RS-триггера. Оба компаратора предоставляют импульсы перехода от "лжи" к "истине" в моменты времени, когда сигнал "Level" равен "6" ($Comp1$) и "1" ($Comp2$). Эти нарастающие фронты обнаруживаются RS-триггером, который изменяет свое выходное состояние

соответственно, предоставляя сигнал "истина" на своем неинвертирующем выходе Q, когда $di/dt > 0$, и сигнал "ложь", когда $di/dt < 0$.

[0074] Как было упомянуто ранее и представлено в Таблице 1, существует множество состояний переключения, доступных для каждого уровня напряжения девятиуровневой ACi-аккумуляторной батареи, за исключением $\pm 4VDC$, когда все интеллектуальные аккумуляторные модули задействуются в предоставлении максимального положительного или отрицательного выходного напряжения. Таким образом, существуют следующие главные задачи, которые должны быть решены при регулировании тока мотора, принимая во внимание то, что "Level" ("Уровень") гистерезиса и знак для di/dt уже являются известными параметрами:

1) На основе состояния заряда (SOC) каждого интеллектуального аккумуляторного модуля, идентификация интеллектуального аккумуляторного модуля, который должен быть переключен многократно в течение некоторого периода времени, чтобы обеспечивать требуемый уровень выходного напряжения и регулирование выходного тока. Эта методология идентификации должна обеспечивать балансировку состояния зарядов во время работы ACi-аккумуляторной батареи. Когда это обеспечивается, энергия, сохраненная в аккумуляторах, или перенесенная от или к мотору, в равной степени распределяется между всеми интеллектуальными аккумуляторными модулями. Это является необходимым условием корректной работы ACi-аккумуляторной батареи, когда каждый элемент должен быть сконструирован для конкретного температурного профиля полупроводниковых переключателей на основе их рабочих режимов. Эта задача выполняется посредством блока балансировки SOC (см. фиг. 11) и способа, предоставленного в данном документе, и функциональная схема контроллера 600 чередования интеллектуального аккумуляторного модуля в качестве главного компонента этого блока представлена на фиг. 12.

2) Для интеллектуального аккумуляторного модуля, идентифицированного посредством блока балансировки SOC, чередование нулевого состояния переключения. Это чередование обеспечивает распределение энергии между переключателями в конкретном модуле в работе. Существуют два возможных сочетания переключения, чтобы обеспечивать нулевое напряжение на выходе интеллектуального аккумуляторного модуля, как показано в Таблице 1. Методология чередования чередует переключатели, используемые для обеспечения нулевого напряжения, с каждым вторым положительным или отрицательным рабочим уровнем элемента. В действительности, как будет показано в следующем разделе этого документа, это чередование уменьшает вдвое частоту переключения переключателей в сравнении с частотой выходного напряжения интеллектуального аккумуляторного модуля во всей ACi-аккумуляторной батарее. Существуют четыре блока 1001, 1002, 1003 и 1004 генератора чередования в способе, предоставленном в данном документе для различных уровней выходного напряжения от 0VDC до 3VDC, которые представлены на фиг. 16A, 16B, 16C и 16D.

[0075] Каждый из четырех генераторов чередования на фиг. 16A, 16B, 16C и 16D

содержит: четыре цифровых компаратора, один инвертирующий элемент, четыре логических элемента И, два SR-триггера Latch1 и Latch2 и два делителя частоты на 2. Структура и рабочий принцип всех блоков генераторов чередования являются одинаковыми; различие существует в предварительно заданных значениях только цифровых компараторов. В генераторе чередования 0VDC, когда сигнал "di/dt" с выхода блока оценки di/dt является "истиной", компаратор Comp1 будет устанавливать выход SR-триггера Latch1 в "истину", когда сигнал "Level" равен "3", что соответствует +1VDC уровня выходного напряжения. Другой компаратор Comp2 при положительном di/dt будет сбрасывать Latch 2, когда сигнал "Level" равен "2", что соответствует +0VDC уровня выходного напряжения. Другими словами, высокий уровень последовательности импульсов на выходе Latch 1 будет соответствовать напряжению +1VDC на выходе девятиуровневого преобразователя, в то время как его нулевой уровень будет указывать уровень напряжения +0VDC (+0 указывает, что уровень 0VDC следует после и/или перед уровнем +VDC). Наконец, схема, включающая в себя блок делителя частоты и логический элемент И, предназначается, чтобы устанавливать выходной сигнал Rot+ 0VDC в "истину" с высоким уровнем выхода Latch 1, что происходит при уровне +1VDC выходного напряжения, и поддерживает этот сигнал "истина" до тех пор, пока не произойдет второй переход от 0VDC до +1VDC. Такой выходной сигнал Rot+ 0VDC используется, чтобы чередовать две возможные комбинации переключения нулевого состояния для интеллектуального аккумуляторного модуля в операции предоставления уровня напряжения +1VDC. Та же рабочая логика существует после сигнала Rot -0VDC, который формируется посредством того же генератора чередования 0VDC, чтобы чередовать две комбинации переключения нулевого состояния для интеллектуального аккумуляторного модуля в операции предоставления уровня напряжения -1VDC.

[0076] Контроллер 600 чередования интеллектуального аккумуляторного модуля и блок балансировки SOC, предоставленные в данном документе для многоуровневого гистерезисного контроллера, объясняются далее. Подробная функциональная схема контроллера чередования интеллектуального аккумуляторного модуля представлена на фиг. 12. Входными данными этого блока являются измеренные состояния зарядов SOC1, SOC2, SOC3 и SOC4 от систем управления аккумулятором (BMS) всех четырех интеллектуальных аккумуляторных модулей в одной фазе. Выходные сигналы являются номерами интеллектуальных аккумуляторных модулей (от 1 до 4) с максимальным состоянием заряда SOCmax, минимальным состоянием заряда SOCmin и затем SOCrot3 и SOCrot4, распределенными следующим образом: $SOCmin < SOCrot4 < SOCrot3 < SOCmax$. В начале, SOC1 и SOC2 сравниваются друг с другом, и если их разность ΔSOC_{12} выше или ниже положительного или отрицательного порогового значения гистерезисного блока Hyst 1, то выходной сигнал этого блока устанавливается в "1" или "0", соответственно, иначе он сохраняет свое ранее установленное значение на выходе. Это пороговое значение помогает игнорировать шум некоторого уровня в сигнале обратной связи и регулирует то, как часто чередование интеллектуальных аккумуляторных модулей должно

происходить. На основе выходного сигнала Hyst 1 переключатель Switch 1 изменяет номер интеллектуального аккумуляторного модуля (1 или 2) с более высоким SOC, а Switch 5 передает свое соответствующее значение SOC в Sum 3, который сравнивает его с наименьшим состоянием заряда из SOC3 и SOC4, которые проходят через один и тот же способ сравнения. Таким образом, на выходе контроллера чередования интеллектуального аккумуляторного модуля номера интеллектуальных аккумуляторных модулей распределяются в соответствии с их SOC как $SOC_{min} < SOC_{Crot4} < SOC_{Crot3} < SOC_{max}$. Перед приходом в блоки чередования сигналы SOCmax и SOCmin переназначаются в SOCrot1 и SOCrot2 в блоке балансировки SOC (см. фиг. 11) с учетом знака опорного тока I_{REF} . Если ток I_{REF} является положительным, что соответствует переносу энергии от интеллектуальных аккумуляторных модулей к мотору, тогда интеллектуальный аккумуляторный модуль с максимальным SOC участвует в чередовании всех положительных уровней выходного напряжения (но не в одно и то же время). Это вызовет более быстрый разряд этого интеллектуального аккумуляторного модуля с максимальным SOC, поскольку при положительном выходном напряжении и положительным током нагрузки существует только один способ переноса энергии: от интеллектуального аккумуляторного модуля к мотору. В то же самое время, при положительном выходном токе (или I_{REF}) интеллектуальный аккумуляторный модуль с минимальным SOC должен участвовать в предоставлении только отрицательных уровней выходного напряжения, чтобы заряжать напряжение своего аккумулятора как можно быстрее. Причина состоит в том, что при положительном токе нагрузки, но отрицательном выходном напряжении выходного преобразователя, существует только одно направление для переноса энергии: от мотора к аккумуляторам.

[0077] Блоки чередования 0VDC и чередования 1VDC представлены на фиг. 14A, 14B, 15A и 15B соответственно. Давайте сначала опишем чередование +0VDC. Этот блок принимает один управляющий сигнал от блока SOCrot1 балансировки интеллектуального аккумуляторного модуля, также как один сигнал Rot +0VDC от генератора чередования 0VDC, и предоставляет управляющие сигналы для переключающих элементов девятиуровневой ACi-аккумуляторной батареи для выходного напряжения +0VDC, где +0 означает, что уровень 0VDC следует после и/или перед уровнем +VDC. Переключатель Switch 1 мультиплексора выбирает одну из четырех различных комбинаций переключающих сигналов, на основе входного сигнала SOCrot1, указывающего, какой интеллектуальный аккумуляторный модуль работает в то же самое время при предоставлении выходного уровня +VDC. Это означает, что чередование нулевого состояния переключения должно выполняться для этого конкретного интеллектуального аккумуляторного модуля (с номером SOCrot1). Входной сигнал Rot +0VDC управляет последовательностью переключения между двумя возможными нулевыми состояниями [1 1] и [0 0] для того же интеллектуального аккумуляторного модуля.

[0078] Блок чередования +1VDC имеет более сложную структуру. Помимо управляющего сигнала Rot +1VDC, приходящего от блока генератора чередования 1VDC,

он принимает два управляющих сигнала SOCrot1 и SOCrot3 от блока балансировки SOC. Первый сигнал, SOC1rot, используется переключателем Switch 1 мультиплексора, чтобы устанавливать положительное напряжение на выходе интеллектуального аккумуляторного модуля, номер которого указывается посредством этого сигнала. Это может быть выполнено посредством предоставления комбинации переключения [1 0] для этого интеллектуального аккумуляторного модуля. Все другие три интеллектуальных аккумуляторных модуля должны обеспечивать нулевое состояние переключения. Если на выходе преобразователя напряжение изменяется между +0VDC и +1VDC, тогда сигнал Rot+1VDC всегда является "истинным", и не существует чередования нулевого состояния переключения для других трех элементов. Если выходное напряжение изменяется между +1VDC и +2VDC, тогда чередование нулевого состояния должно выполняться только для одного конкретного интеллектуального аккумуляторного модуля, который задействуется в создании уровня +2VDC. Входной сигнал Rot +1VDC управляет последовательностью переключения между двумя возможными нулевыми состояниями [1 1] и [0 0] для этого интеллектуального аккумуляторного модуля.

[0079] Тот же принцип работы является действительным для чередования -0VDC и чередования -1VDC, с единственным различием во входных сигналах SOCrot2, вместо SOCrot1 и Rot-1VDC, вместо Rot+1VDC. Сигнал SOCrot3, который указывает номер элемента, работающего с уровнями +2VDC и -2VDC, остается таким же, что и для блоков положительного чередования.

[0080] Блоки чередования +2VDC и чередования +3VDC имеют сложную структуру с четырьмя входными сигналами, где три из них SOCrot1, SOCrot2 и SOCrot3 приходят от блока балансировки SOC, и один сигнал приходит либо от генератора чередования 2VDC, либо генератора чередования 3VDC, предназначается для управления последовательностью изменения между нулевыми состояниями переключения для конкретного интеллектуального аккумуляторного модуля.

[0081] Подробное обсуждение, касающееся многоуровневого гистерезисного управления, предоставляется в предварительной заявке США № 62/518331, зарегистрированной 12 июня 2017 г., и предварительной заявке США № 62/521227, зарегистрированной 16 июня 2017 г., причем эти заявки содержатся по ссылке, как если изложены полностью.

Функции локального и главного ECU

[0082] Преобразователи силового электронного оборудования и локальный ECU 200, который управляет работой интеллектуального аккумуляторного модуля 132 (см. фиг. 5), работают посредством использования блока оценки состояния заряда (SOC), чтобы измерять первоначальное SOC аккумулятора. Главная система управления (ECU) 210 принимает эти данные о первоначальном SOC для всех интеллектуальных аккумуляторных модулей, как изображено на фиг. 17 (см. также фиг. 5), и классифицирует их.

[0083] Метод балансировки SOC для многоуровневого гистерезисного контроллера

был описан выше. Для многоуровневого PWM эта методология балансировки является следующей: предположим, что все аккумуляторы балансируются перед разрядом, сильнейший аккумулятор является аккумулятором с наивысшим первоначальным SOC, а слабейший аккумулятор является аккумулятором с наименьшим первоначальным SOC, когда ACi-аккумуляторная батарея является полностью заряженной.

[0084] В зависимости от этих данных главный ECU 210 вычисляет массив соответствующих переключающих сигналов, который является необходимым для правильной работы каждого отдельного интеллектуального аккумуляторного модуля на основе своей аккумуляторной емкости. Другими словами, для того, чтобы балансировать состояние заряда модулей, SOC каждого модуля должен быть сравнен с суммарным SOC, который может быть вычислен следующим образом:

$$SOC_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n SOC_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

Где SOC_i и Q_i - это отдельное SOC и емкость i-го аккумулятора интеллектуального аккумуляторного модуля, а разница вместе с PI-регулятором может быть использована для управления индексом (M) модуляции каждого модуля. Отметим, что когда модули заряжаются, направление действия разницы SOC должно быть реверсировано, поскольку в этом случае модуль с более высоким SOC, как ожидается, должен принимать меньше энергии по сравнению с другими модулями.

[0085] Локальная система управления интеллектуального аккумуляторного модуля 132 получает эту информацию, и, таким образом, существуют различные массивы $S_{1...N}$ переключающих сигналов для каждого интеллектуального аккумуляторного модуля, которые определяют отдельные DC-токи (I_{DC1} , I_{DC2} ... I_{DCN}) и напряжения DC-шины (напряжения V_{B1} , V_{B2} ... V_{BN} аккумуляторов) системы. Таким образом, регулирование мощности работает, и встроенный блок силовой электроники регулирует выходную мощность каждого интеллектуального аккумуляторного модуля автономно. Сильнейший аккумулятор несет наивысший ток, а слабейший аккумулятор несет наименьший ток, так что SOC всех аккумуляторов сходится в одной точке в конкретное время.

Модуль суперконденсатора

[0086] Модуль 38 суперконденсатора интеллектуального аккумуляторного модуля 132 (фиг. 5) соединяется параллельно с главным аккумулятором 32 и выходным преобразователем 52. Во время ускорения напряжению конденсатора предоставляется возможность разряжаться от полного заряда (50Vdc) приблизительно до одной трети его номинального напряжения (17Vdc), предоставляя возможность ему доставлять 11 кВт полезной энергии. Это количество энергии предоставляет возможность получать 2,2 кВт мощности в течение 5 секунд от одного интеллектуального аккумуляторного модуля и 66 кВт всего, если 30 интеллектуальных аккумуляторных модулей размещаются в ACi-аккумуляторной батарее, которая является достаточной мощностью и временем для хорошего ускорения без ущерба для срока службы аккумулятора. Во время замедления

(рекуперативного торможения) энергия восстанавливается аналогичным способом, заряжая обратно суперконденсаторы.

[0087] Когда транспортное средство ускоряется, аккумулятор доставляет количество тока, которое мотору необходимо. Если этот ток превышает текущий предел для аккумулятора, тогда суперконденсатор предоставляет разницу. Операция рекуперативного торможения является похожей. В этом случае, мотор работает как генератор, доставляющий восстановленную энергию в аккумулятор, но если инжектируемый ток превышает предел, тогда DC/DC-преобразователь инжектирует избыток в суперконденсатор.

[0088] DC/DC-преобразователь работает двумя способами: Операция повышения напряжения, используемая для ускорения, которая разряжает суперконденсатор; и операция понижения напряжения, используемая для замедления (рекуперативного торможения), которая заряжает суперконденсатор. Во время операции повышения напряжения (ускорения) MOSFET S_2 включается и выключается в контролируемом рабочем цикле D , чтобы переносить требуемое количество энергии от конденсатора к аккумуляторной батарее. Когда S_2 включен, энергия получается от суперконденсатора и сохраняется в дросселе L_C . Когда S_2 выключен, энергия, сохраненная в L_C , переносится в C_F , через S_1 , а затем в мотор и/или аккумулятор. Во время операции понижения напряжения преобразователь привносит энергию от аккумулятора в суперконденсатор. Эта операция выполняется с помощью управляемого воздействия на S_1 . Когда S_1 включен, энергия идет от аккумулятора к суперконденсатору, а L_C сохраняет часть этой энергии. Когда S_1 выключен, оставшаяся энергия, сохраненная в L_C , переносится внутри суперконденсатора через диод для S_2 .

[0089] Аккумулятор в качестве первичного источника энергии является аккумулятором с наивысшим содержанием энергии и должен, следовательно, подавать среднюю мощность, необходимую мотору. Суперконденсатор является вторичным источником энергии и помогает аккумулятору, предоставляя/поглощая пики мощности мгновенной нагрузки.

[0090] Избыточная структура регулирования потока мощности между двумя источниками и мотором представлена на фиг. 18. Она имеет преимущество среди других способов регулирования мощности, поскольку предоставляет возможность полного развязывания между электрическими характеристиками (напряжением и током на клеммах) каждого источника и электрическими характеристиками нагрузки. Контроллер 1 потока мощности принимает сигнал эталонного потока $P_{BATT, REF}$ мощности аккумулятора от локального ECU интеллектуального аккумуляторного модуля. Этот сигнал определяется посредством главного контроллера регулирования мощности, расположенного в главном ECU, на основе требований мощности $P_{BATTERY}$ мотора и SOC отдельного аккумулятора интеллектуального аккумуляторного модуля. Контроллер 1 потока мощности рассчитывает максимальный допустимый ток заряда/разряда аккумулятора и вычисляет реальный разрешенный поток P_{BATT} мощности аккумулятора.

Этот сигнал сравнивается с $P_{IBATTERY}$, и их разница применяется к контроллеру 2 потока мощности в качестве сигнала $P_{SC, REF}$. Этот контроллер вычисляет ток I_{SCM} на основе напряжения V_{SC} суперконденсатора и определяет переключающие сигналы S_1 и S_2 для понижающего/повышающего преобразователя модуля суперконденсатора, чьи основные принципы работы описаны выше. Таким образом, поток $P_{IBATTERY}$ предоставляется выходным преобразователем, P_{BATT} рассчитывается на основе максимального тока аккумулятора и фактического SOC и обеспечивается как разница между $P_{IBATTERY}$ и P_{SC} , где последняя регулируется посредством преобразователя модуля суперконденсатора.

[0091] Другой важной функцией, выполняемой модулем суперконденсатора, является активная фильтрация гармоник тока второго порядка, которая возникает в DC-токе I_{DC} выходного преобразователя в результате свойственной природы пульсирующей мощности однофазной системы. Рассматривая $V(t)_{OUT}$ и $I(t)_{OUT}$ в качестве выходного напряжения и тока модуля интеллектуального аккумулятора:

$$V(t)_{OUT} = Vm_{OUT} \cos(\omega t)$$

$$I(t)_{OUT} = Im_{OUT} \cos(\omega t + \varphi),$$

Мгновенный баланс входной-выходной мощности интеллектуального аккумуляторного модуля дает:

$$P(t)_{OUT} = V(t)_{OUT} I(t)_{OUT} = \frac{1}{2} Vm_{OUT} Im_{OUT} \cos(\varphi) + \frac{1}{2} Vm_{OUT} Im_{OUT} \cos(2\omega t + \varphi)$$

[0092] Первый постоянный член ссылается на среднюю мощность, которая используется для заряда/разряда аккумулятора. Второй переменный член, однако, не способствует среднему SOC аккумулятора. Этот компонент имеет значительный размах колебаний, который может достигать до двукратной амплитуды тока сети с индексом модуляции, равным единице. Составляющая тока второго порядка показывает некоторые недостатки, например, увеличение внутренних резистивных потерь аккумулятора, связанных с результирующим значением тока RMS, также как периодическим изменением режима работы аккумулятора.

[0093] Основные формы волны для случая активной фильтрации показаны на фиг. 20A и 20B. Суперконденсатор действует как активный фильтр, нацеленный на устранение гармоник второго порядка в токе I_B аккумулятора. Прежде чем компенсации начинаются (прежде момента t_1 времени), ток аккумулятора I_B включает в себя DC-составляющую ($I_B = 130$ А) и составляющую второго порядка с амплитудой $I_{2AC} = 60$ А. Начиная с момента t_1 времени, модуль суперконденсатора начинает формировать ток I_{SC} суперконденсатора, перенаправляющий гармонику второго порядка тока I_B в суперконденсатор (см. фиг. 20B). Этот ток I_{SC} имеет амплитуду главной гармоники, равную амплитуде гармоники второго порядка тока I_{DC} (см. фиг. 19), но почти с противоположным углом фазы, таким образом, что результирующий ток в аккумуляторе I_B включает в себя либо только DC-составляющую, либо большей частью DC-составляющую с некоторыми значительно уменьшенными AC-пульсациями, как показано на фиг. 20A.

[0094] При высоких об./мин. гармоника тока второго порядка значительно сдерживается посредством фильтрующего конденсатора C_F , и работа модуля суперконденсатора не требуется.

[0095] Фиг. 21 показывает однофазную девятиуровневую четырехквadrантную интеллектуальную аккумуляторную батарею, соединенную с однофазной нагрузкой, которая представлена как RL-нагрузка. Эта система может быть использована для систем аккумулирования энергии жилых или коммерческих зданий и систем прерываемого энергоснабжения.

[0096] Фиг. 22 показывает трехфазную интеллектуальную аккумуляторную батарею, содержащую три девятиуровневых двухквadrантных однофазных интеллектуальных аккумуляторных батареи, соединенных с трехфазным коммутируемым реактивным мотором (SRM). Использование многоуровневого гистерезисного контроллера тока и интеллектуальной аккумуляторной батареи предоставляет возможность улучшения эффективности и общей производительности SRM, также как значительного уменьшения пульсаций крутящего момента и акустического шума.

[0097] В приведенном выше описании многочисленные конкретные детали даны для предоставления полного понимания настоящих вариантов осуществления. Однако, будет очевидно, что настоящие варианты осуществления могут быть применены на практике без этих конкретных деталей. Для того, чтобы увеличивать ясность, некоторые хорошо известные схемы, системные конфигурации и этапы процесса могут не быть описаны подробно. В других случаях, структуры и устройства показаны в форме блок-схемы для того, чтобы избегать запутывания изобретения.

[0098] Чертежи, показывающие варианты осуществления настоящего изобретения, являются полусхематичными, а не в масштабе, и, в частности, некоторые из размеров существуют для ясности представления и показаны преувеличенными на чертежах.

[0099] Ссылка в приведенном выше описании на “один вариант осуществления” или “вариант осуществления” или “некоторые варианты осуществления” означает, что конкретный признак, структура или характеристика, описанная в связи с вариантом осуществления, включена по меньшей мере в один вариант осуществления изобретения. Появление фразы “в одном варианте осуществления” в различных местах в спецификации не обязательно всегда обращается к одному и тому же варианту осуществления.

[00100] Некоторые фрагменты подробного описания представлены на языке алгоритмов и символических представлений операций с битами данных в памяти компьютера. Эти алгоритмические описания и представления являются способами, используемыми специалистами в областях обработки данных, чтобы эффективно передавать сущность своей работы другим специалистам в данной области техники. Алгоритм здесь, и в целом, предполагает быть самосогласованной последовательностью этапов, ведущих к желаемому результату. Этапы являются этапами, требующими физических манипуляций физическими величинами. Обычно, хотя необязательно, эти величины принимают форму электрических или магнитных сигналов, способных

храниться, передаваться, объединяться, сравниваться и иначе обрабатываться. Доказано удобным, временами, принципиально по причинам обычного использования, называть эти сигналы битами, значениями, элементами, символами, знаками, терминами, числами или т.п.

[00101] Необходимо иметь в виду, однако, что все эти и аналогичные выражения должны быть ассоциированы с соответствующими физическими величинами и являются просто удобными обозначениями, применяемыми для этих величин. Пока специально не установлено иное, как очевидно из последующего описания, понимается, что на всем протяжении описания такие термины как "обработка", "вычислительный процесс", "вычисление", "определение", "отображение" или т.п., ссылаются на действие и процессы компьютерной системы, или аналогичного электронного вычислительного устройства, которое манипулирует и преобразует данными, представленными в качестве физических (электронных) величин в регистрах и запоминающих устройствах компьютерной системы, в другие данные, аналогично представленные в качестве физических величин в запоминающих устройствах или регистрах компьютерной системы или другом таком хранилище информации, устройствах передачи или отображения.

[00102] Настоящие варианты осуществления также относятся к устройству для выполнения операций в данном документе. Это устройство может быть специально сконструировано для требуемых целей, или оно может содержать компьютер общего назначения, выборочно активизируемый или переконфигурируемый посредством компьютерной программы, сохраненной в компьютере. Настоящие варианты осуществления могут принимать форму полностью аппаратного варианта осуществления, полностью программного варианта осуществления или варианта осуществления, включающего в себя как аппаратные, так и программные элементы. В одном варианте осуществления настоящие варианты осуществления реализуются в программном обеспечении, содержащем инструкции или данные, сохраненные на компьютерно-читаемом носителе хранения, который включает в себя, но не только, микропрограммное обеспечение, резидентное программное обеспечение, микрокод или другой способ для хранения инструкций для исполнения процессором.

[00103] Кроме того, настоящие варианты осуществления могут принимать форму компьютерного программного продукта, доступного с компьютерно-используемого или компьютерно-читаемого носителя, предоставляющего программный код для использования посредством, или в соединении, с компьютером или любой системой выполнения инструкций. В целях этого описания компьютерно-используемый или читаемый компьютером носитель хранения информации является любым устройством, которое может содержать, хранить или переносить программу для использования посредством или в соединении с системой выполнения инструкций, оборудованием или устройством. Компьютерно-читаемый носитель хранения информации может быть электронным, магнитным, оптическим, электромагнитным, инфракрасным или полупроводниковой системой (или оборудованием или устройством) или средой

распространения. Примеры материального компьютерно-читаемого носителя хранения включают в себя, но не только, полупроводниковую или твердотельную память, магнитную ленту, съемную компьютерную дискету, оперативное запоминающее устройство (RAM), постоянное запоминающее устройство (ROM), жесткий магнитный диск, оптический диск, EPROM, EEPROM, магнитную карту или оптическую карту, или любой тип компьютерно-читаемого носителя хранения, подходящего для хранения электронных инструкций, и каждый соединен с шиной компьютерной системы. Примеры оптических дисков включают в себя постоянное запоминающее устройство на компакт дисках (CD-ROM), читаемый/записываемый компакт диск (CD-R/W) и цифровой видеодиск (DVD).

[00104] До такой степени, до которой варианты осуществления, описанные в данном документе, включают в себя или работают в ассоциации с памятью, запоминающим устройством и/или компьютерно-читаемыми носителями, эта память, запоминающее устройство и/или компьютерно-читаемые носители являются некрatkовременными. Соответственно, до такой степени, до которой память, запоминающее устройство и/или компьютерно-читаемые носители охватываются одним или более пунктами формулы изобретения, эта память, запоминающее устройство и/или компьютерно-читаемые носители являются исключительно некрatkовременными. Термины "некрatkовременный" и "материальный", когда используются в данном документе, предназначаются, чтобы описывать память, запоминающее устройство и/или компьютерно-читаемые носители, исключающие распространение электромагнитных сигналов, но не предназначаются, чтобы ограничивать тип памяти, запоминающего устройства и/или компьютерно-читаемых носителей с точки зрения устойчивости хранения или иным образом. Например, "некрatkовременная" и/или "материальная" память, запоминающее устройство и/или компьютерно-читаемые носители охватывают энергозависимые и энергонезависимые носители, такие как носители с произвольным доступом (например, RAM, SRAM, DRAM, FRAM и т.д.), носители только для считывания (например, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, флеш-память и т.д.) и их сочетания (например, гибридное RAM и ROM, NVRAM и т.д.) и позже разработанные их варианты.

[00105] Система обработки данных, подходящая для хранения и/или выполнения программного кода, включает в себя, по меньшей мере, один процессор, соединенный непосредственно или косвенно с элементами памяти через системную шину. Элементы памяти могут включать в себя локальную память, применяемую во время фактического выполнения программного кода, внешнюю память и кэш-память, предоставляющие временное хранилище, по меньшей мере, для некоторого программного кода для того, чтобы уменьшить число раз, которое код должен быть извлечен из внешнего хранилища во время выполнения. В некоторых вариантах осуществления устройства ввода/вывода (I/O) (такие как клавиатуры, дисплеи, указательные устройства или другие устройства, сконфигурированные, чтобы принимать данные или представлять данные) соединяются с

системой либо непосредственно, либо через промежуточные I/O-контроллеры.

[00106] Сетевые адаптеры могут также быть соединены с системой обработки данных, чтобы предоставлять возможность соединения с другими системами обработки данных или удаленными принтерами или запоминающими устройствами через промежуточные частные или общедоступные сети. Модемы, кабельный модем и Ethernet-карты являются лишь несколькими доступными в настоящий момент типами сетевых адаптеров.

[00107] Наконец, способы и изображения, представленные в данном документе, по существу, не относятся к какому-либо отдельному компьютеру или другому устройству. Различные системы общего назначения могут быть использованы вместе с программами в соответствии с учениями данного документа или могут доказывать удобство в конструировании более специализированного устройства, чтобы выполнять требуемые этапы способа. Требуемая структура для множества этих систем будет явствовать из описания ниже. Будет очевидно, что множество языков программирования может быть использовано, чтобы реализовывать учения изобретения, которые описаны в данном документе.

[00108] Чертежи и подробное описание описывают некоторые варианты осуществления только в качестве иллюстрации. Специалист в данной области техники легко поймет из приведенного выше описания, что альтернативные варианты осуществления структур и способов, иллюстрированных в данном документе, могут быть реализованы без отступления от принципов изобретения, описанных в данном документе. Сейчас будет сделана ссылка в деталях на несколько вариантов осуществления, примеры которых иллюстрируются на сопровождающих чертежах. Отметим, что повсюду, где применимо, аналогичные или похожие ссылочные номера могут быть использованы на чертежах, чтобы указывать аналогичную или похожую функциональность.

[00109] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на архитектуру модуля преобразователя-аккумулятора для интеллектуального аккумуляторного (iBattery) модуля, используемого в качестве строительного блока интеллектуальной аккумуляторной батареи или системы интеллектуальных аккумуляторных батарей. В вариантах осуществления модуль iBattery содержит аккумуляторный блок, модуль суперконденсатора или ультраконденсатора и блок выходного преобразователя. В вариантах осуществления локальный блок управления модуля iBattery конфигурируется, чтобы принимать, обрабатывать и передавать сигналы, включающие в себя, но не только, от датчиков температуры, напряжения и тока, и т.п., модуля iBattery; сигналы запуска и неисправности к и от полупроводниковых переключателей; напряжения простых элементов аккумуляторных блоков и модулей суперконденсаторов. В вариантах осуществления локальная система управления выполняет обмен и передачу соответствующих управляющих сигналов к и от главного блока управления интеллектуальной аккумуляторной батареей переменного тока (ACi-аккумуляторной батареей), содержащей множество модулей iBattery.

[00110] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на интеллектуальную аккумуляторную батарею переменного тока (ACi-аккумуляторную батарею), содержащую два или более модулей iBattery, взаимосвязанных вместе в каждой фазе. В вариантах осуществления выходное напряжение любой формы и частоты может быть сформировано на выходах ACi-аккумуляторной батареи как наложение выходных напряжений отдельных модулей iBattery.

[00111] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на способ многоуровневого гистерезисного управления током для управления ACi-аккумуляторной батареей, чтобы предоставлять SOC и балансировку между iBatteries в ACi-аккумуляторной батарее. В вариантах осуществления способ предоставляет возможность совместного использования мощности между всеми модулями iBattery в ACi-аккумуляторной батарее. В вариантах осуществления совместное использование мощности между всеми модулями iBattery может быть использовано, чтобы сохранять SOC в аккумуляторных модулях iBatteries сбалансированными все время в течение работы, что гарантирует, что полная емкость каждого модуля используется независимо от возможных различий в емкостях.

[00112] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на процессы, методологии и системы, описанные в данном документе, связанные с моторным транспортным средством и стационарной системой аккумуляции энергии.

[00113] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на электрическое транспортное средство, имеющее шасси, три или более колес, функционально соединенных с шасси, один или более электромоторов, функционально соединенных с тремя или более колесами, одну или более интеллектуальных модульных аккумуляторных батарей, функционально соединенных с одним или более моторами, и систему управления, функционально соединенную с одной или более аккумуляторными батареями и одним или более моторами.

[00114] В вариантах осуществления шасси не имеет цепи привода. В вариантах осуществления один или более моторов являются встроенными в колеса моторами.

[00115] В вариантах осуществления одна или более интеллектуальных модульных аккумуляторных батарей имеют каскадную взаимосвязанную архитектуру.

[00116] В вариантах осуществления аккумуляторные батареи содержат множество взаимосвязанных интеллектуальных аккумуляторных модулей.

[00117] В вариантах осуществления аккумуляторные модули содержат объединенное сочетание сетевого низковольтного преобразователя/контроллера со способностью одноранговой связи, встроенного ультраконденсатора или суперконденсатора, системы управления аккумулятором и последовательно соединенного комплекта индивидуальных элементов.

[00118] В вариантах осуществления аккумуляторные батареи содержат нейронную сеть, содержащую множество взаимосвязанных интеллектуальных аккумуляторных модулей.

[00119] В вариантах осуществления аккумуляторные модули содержат объединенное сочетание аккумулятора с BMS, модуля суперконденсатора и выходного преобразователя.

[00120] В вариантах осуществления модуль суперконденсатора включает в себя двухсторонний DC/DC-преобразователь и батарею суперконденсаторов.

[00121] В вариантах осуществления выходной преобразователь содержит четырехквadrантный H-мост.

[00122] В вариантах осуществления система управления содержит двухсторонний многоуровневый контроллер.

[00123] В вариантах осуществления двухсторонний многоуровневый контроллер является двухсторонним многоуровневым гистерезисным контроллером.

[00124] В вариантах осуществления двухсторонний многоуровневый контроллер объединяется с датчиками температуры и логикой интерфейса сетевого взаимодействия.

[00125] В вариантах осуществления система управления конфигурируется, чтобы балансировать использование аккумулятора посредством индивидуального переключения модулей на основе возраста модуля, теплового режима и характеристик производительности.

[00126] В вариантах осуществления аккумуляторные батареи являются переключаемыми на работу выпрямителя/зарядного устройства.

[00127] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на интеллектуальную модульную аккумуляторную батарею, содержащую каскадную архитектуру, содержащую множество взаимосвязанных интеллектуальных аккумуляторных модулей.

[00128] В вариантах осуществления аккумуляторные модули содержат объединенное сочетание сетевого низковольтного преобразователя/контроллера со способностью одноранговой связи, встроенного ультраконденсатора, системы управления аккумулятором и последовательно соединенного комплекта индивидуальных элементов.

[00129] В вариантах осуществления взаимосвязанные интеллектуальные аккумуляторные модули содержат нейронную сеть.

[00130] В вариантах осуществления аккумуляторные модули содержат объединенное сочетание аккумулятора с BMS, модуля суперконденсатора и выходного преобразователя.

[00131] В вариантах осуществления модуль суперконденсатора включает в себя двухсторонний DC/DC-преобразователь и батарею суперконденсаторов.

[00132] В вариантах осуществления выходной преобразователь содержит четырехквadrантный H-мост.

[00133] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на интеллектуальный аккумуляторный модуль, содержащий объединенный низковольтный преобразователь/контроллер со способностью одноранговой связи, встроенный ультраконденсатор, систему управления аккумулятором и множество последовательно

соединенных комплектов отдельных элементов.

[00134] Варианты осуществления настоящего изобретения направлены на интеллектуальный аккумуляторный модуль, содержащий аккумулятор с объединенной BMS, модуль суперконденсатора, функционально соединенный с аккумулятором, и выходной преобразователь, функционально соединенный с аккумулятором и модулем суперконденсатора.

[00135] В вариантах осуществления модуль суперконденсатора включает в себя двухсторонний DC/DC-преобразователь и батарею суперконденсаторов.

[00136] В вариантах осуществления выходной преобразователь содержит четырехквadrантный H-мост.

[00137] Все отличительные признаки, элементы, компоненты, функции и этапы, описанные относительно какого-либо варианта осуществления, предоставленного в данном документе, предназначаются быть свободно комбинируемыми и взаимозаменяемыми с любым другим вариантом осуществления. Если некий отличительный признак, элемент, компонент, функция или этап описывается относительно лишь одного варианта осуществления, тогда следует понимать что этот отличительный признак, элемент, компонент, функция или этап может быть использован с каждым другим вариантом осуществления, описанным в данном документе, пока явно не изложено иное. Этот параграф, следовательно, служит в качестве априорной основы и письменной поддержки для введения формулы изобретения, в любое время, что объединение отличительных признаков, элементов, компонентов, функций и этапов из различных вариантов осуществления, или что замена отличительных признаков, элементов, компонентов, функций и этапов из одного варианта осуществления на признаки, элементы, компоненты, функции и этапы другого, даже если последующее описание явно не устанавливает, в конкретном случае, что такие сочетания или замены являются возможными. Явное перечисление каждого возможного сочетания и замены слишком обременительным, особенно при условии, что допустимость всех до единого таких сочетаний и замен будет легко распознана обычными специалистами в области техники при прочтении этого описания.

[00138] Во многих случаях объекты-сущности описываются в данном документе как связанные с другими объектами-сущностями. Следует понимать, что термины "связанный" и "соединенный" или любые их формы используются взаимозаменяемо в данном документе и, в обоих случаях, являются общими, чтобы указывать связывание двух объектов-сущностей без каких-либо непренебрегаемых, например, паразитных вмешивающихся объектов-сущностей и опосредованное связывание двух объектов-сущностей с одним или более непренебрегаемыми промежуточными объектами-сущностями. Когда объекты-сущности показаны как непосредственно связанные вместе, или описываются как связанные вместе без описания какого-либо промежуточного объекта-сущности, следует понимать, что такие объекты-сущности могут быть опосредованно связаны вместе также, пока контекст явно не диктует иное.

[00139] В то время как варианты осуществления являются подверженными различным модификациям и альтернативным формам, конкретные их примеры были показаны на чертежах и описаны в данном документе подробно. Следует понимать, однако, что эти варианты осуществления не ограничиваются конкретной описанной формой, но напротив, эти варианты осуществления должны охватывать все модификации, эквиваленты и альтернативы, подпадающие под дух изобретения. Кроме того, любые отличительные признаки, функции, этапы или элементы вариантов осуществления могут быть перечислены или добавлены в формулу изобретения, также как отрицательные ограничения, которые определяют изобретательские рамки формулы изобретения посредством отличительных признаков, функций, этапов или элементов, которые не находятся в этих рамках.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электрическое транспортное средство, содержащее:
шасси,
три или более колес, функционально соединенных с шасси,
один или более электромоторов, функционально соединенных с тремя или более колесами,
одну или более интеллектуальных модульных аккумуляторных батарей, функционально соединенных с одним или более моторами, и
систему управления, функционально соединенную с одной или более аккумуляторными батареями и одним или более моторами.
2. Электрическое транспортное средство по п. 1, при этом шасси выполнено без кинематической цепи привода.
3. Электрическое транспортное средство по п. 1, при этом один или более моторов являются встроенными в колеса моторами.
4. Электрическое транспортное средство по п. 1, при этом одна или более интеллектуальных модульных аккумуляторных батарей имеют каскадную архитектуру.
5. Электрическое транспортное средство по п. 4, при этом аккумуляторные батареи содержат множество взаимосвязанных интеллектуальных аккумуляторных модулей.
6. Электрическое транспортное средство по п. 5, при этом аккумуляторные модули содержат объединенное сочетание сетевого низковольтного преобразователя/контроллера со способностью одноранговой связи, встроенного ультраконденсатора, системы управления аккумулятором и последовательно соединенного комплекта индивидуальных элементов.
7. Электрическое транспортное средство по п. 1, при этом аккумуляторные батареи содержат нейронную сеть, содержащую множество взаимосвязанных интеллектуальных аккумуляторных модулей.
8. Электрическое транспортное средство по п. 5, при этом аккумуляторные модули содержат объединенное сочетание аккумулятора с BMS, модуля суперконденсатора и выходного преобразователя.
9. Электрическое транспортное средство по п. 8, при этом модуль суперконденсатора включает в себя двухсторонний DC/DC-преобразователь и батарею суперконденсаторов.
10. Электрическое транспортное средство по п. 8, при этом выходной преобразователь содержит четырехквadrантный H-мост.
11. Электрическое транспортное средство по п. 1, при этом система управления содержит двухсторонний многоуровневый контроллер.
12. Электрическое транспортное средство по п. 11, при этом двухсторонний многоуровневый контроллер является двухсторонним многоуровневым гистерезисным контроллером.
13. Электрическое транспортное средство по п. 11, при этом двухсторонний

многоуровневый контроллер объединяется с датчиками температуры и логикой интерфейса сетевого взаимодействия.

14. Электрическое транспортное средство по пп. 11-13, при этом система управления выполнена с возможностью балансировать использование аккумулятора посредством индивидуального переключения модулей на основе возраста модуля, теплового режима и характеристик производительности.

15. Электрическое транспортное средство по пп. 1-14, при этом аккумуляторные батареи являются переключаемыми на работу выпрямителя/зарядного устройства.

16. Интеллектуальная модульная аккумуляторная батарея, содержащая каскадную архитектуру, содержащую множество взаимосвязанных интеллектуальных аккумуляторных модулей.

17. Интеллектуальная модульная аккумуляторная батарея по п. 16, при этом аккумуляторные модули содержат объединенное сочетание сетевого низковольтного преобразователя/контроллера со способностью одноранговой связи, встроенного ультраконденсатора, системы управления аккумулятором и последовательно соединенного комплекта индивидуальных элементов.

18. Интеллектуальная модульная аккумуляторная батарея по п. 16, при этом взаимосвязанные интеллектуальные аккумуляторные модули содержат нейронную сеть.

19. Интеллектуальная модульная аккумуляторная батарея по п. 16, при этом аккумуляторные модули содержат объединенное сочетание аккумулятора с BMS, модуля суперконденсатора и выходного преобразователя.

20. Интеллектуальная модульная аккумуляторная батарея по п. 19, при этом модуль суперконденсатора включает в себя двухсторонний DC/DC-преобразователь и батарею суперконденсаторов.

21. Интеллектуальная модульная аккумуляторная батарея по п. 19, при этом выходной преобразователь содержит четырехквadrантный H-мост.

22. Интеллектуальный аккумуляторный модуль, содержащий объединенный низковольтный преобразователь/контроллер со способностью одноранговой связи, встроенный ультраконденсатор, систему управления аккумулятором и множество последовательно соединенных комплектов индивидуальных элементов.

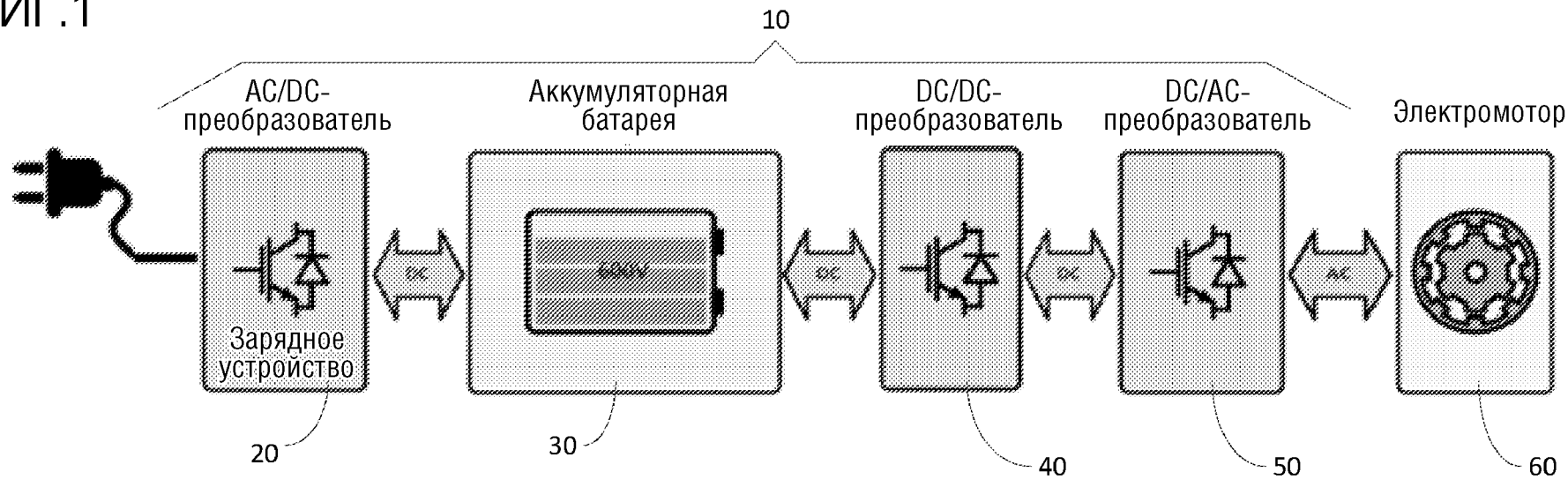
23. Интеллектуальный аккумуляторный модуль по п. 22, при этом преобразователь/контроллер содержит четырехквadrантный H-мост.

24. Интеллектуальный аккумуляторный модуль, содержащий аккумулятор с объединенной BMS, модуль суперконденсатора, функционально соединенный с аккумулятором, и выходной преобразователь, функционально соединенный с аккумулятором и модулем суперконденсатора.

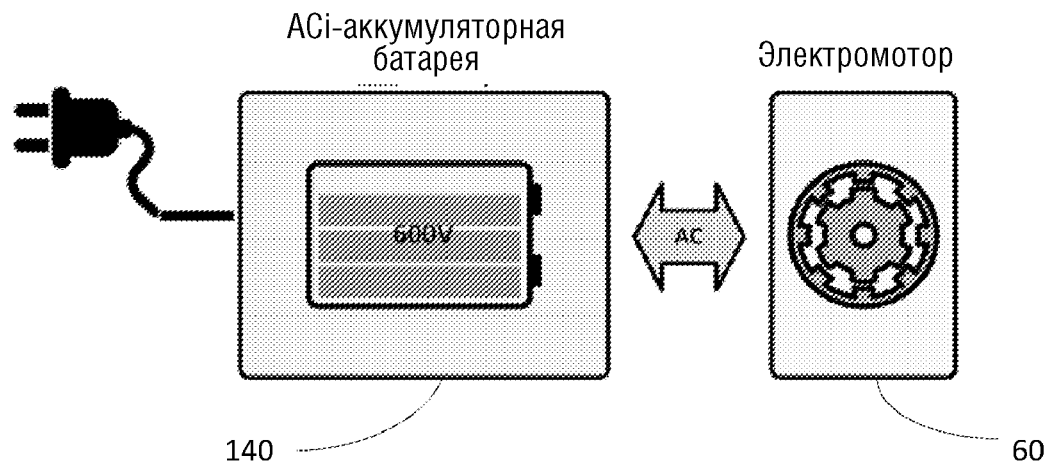
25. Интеллектуальный аккумуляторный модуль по п. 24, при этом модуль суперконденсатора включает в себя двухсторонний DC/DC-преобразователь и батарею суперконденсаторов.

26. Интеллектуальный аккумуляторный модуль по п. 24, при этом выходной преобразователь содержит четырехквadrантный H-мост.

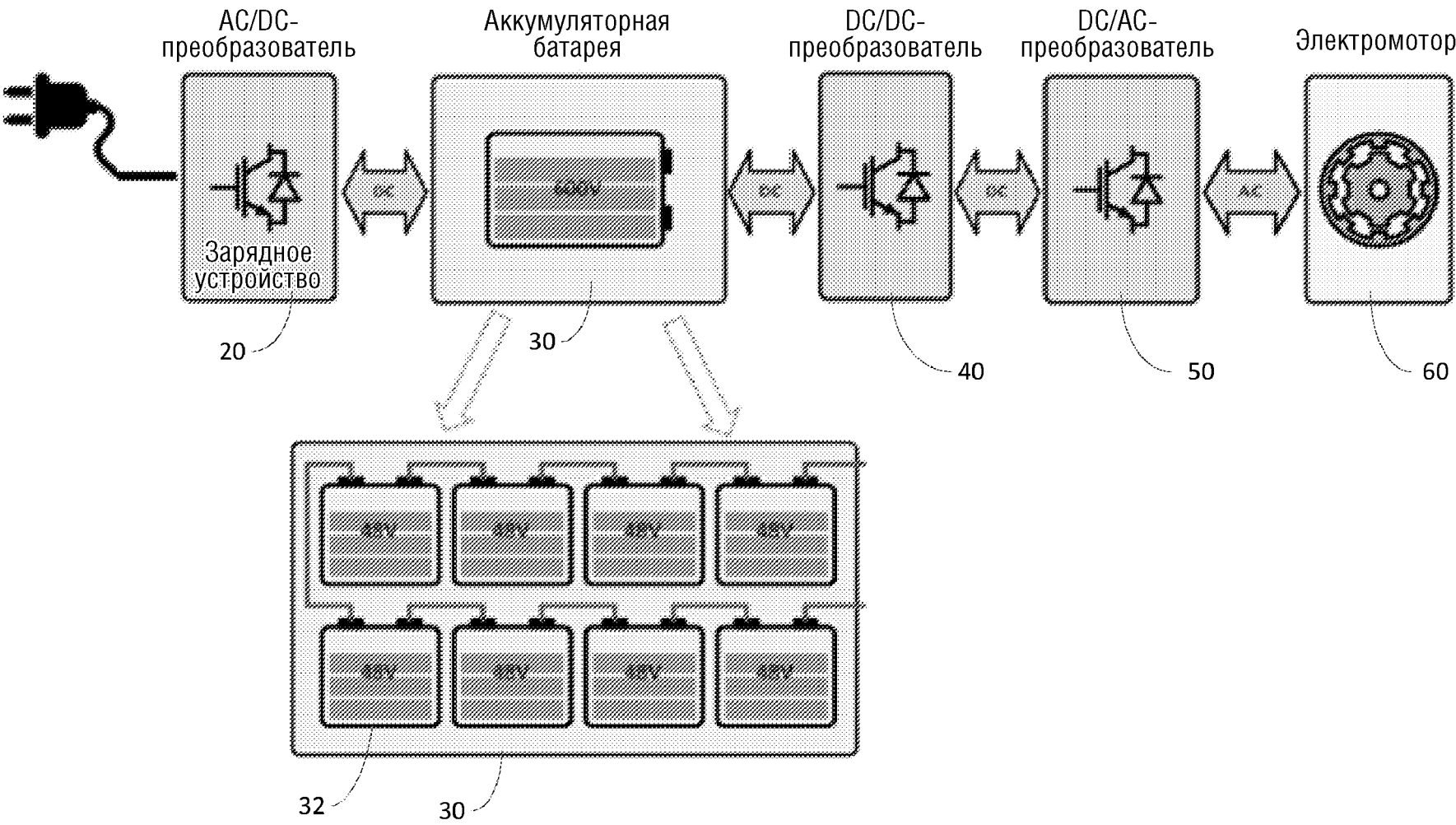
ФИГ.1



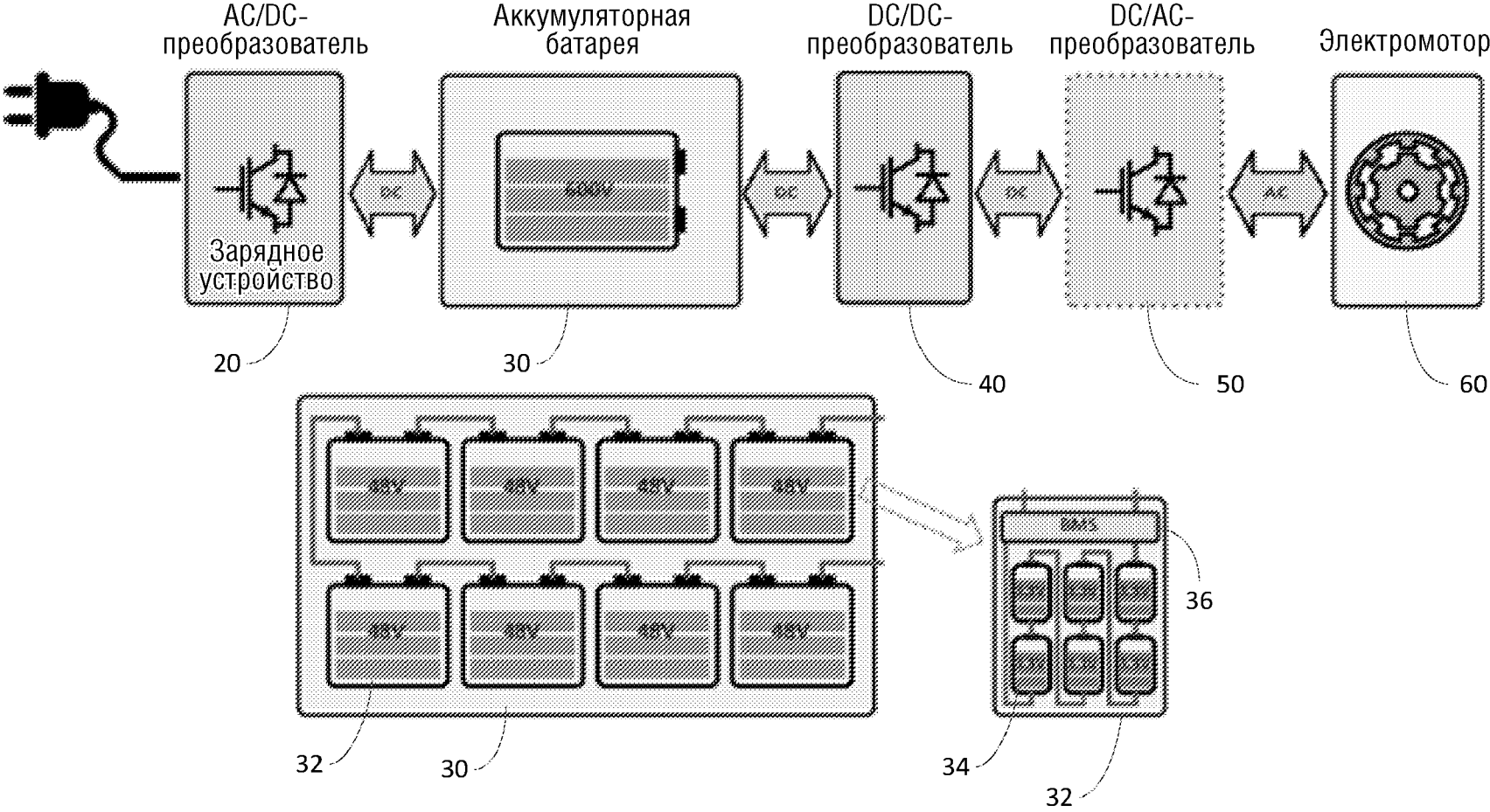
ФИГ.2



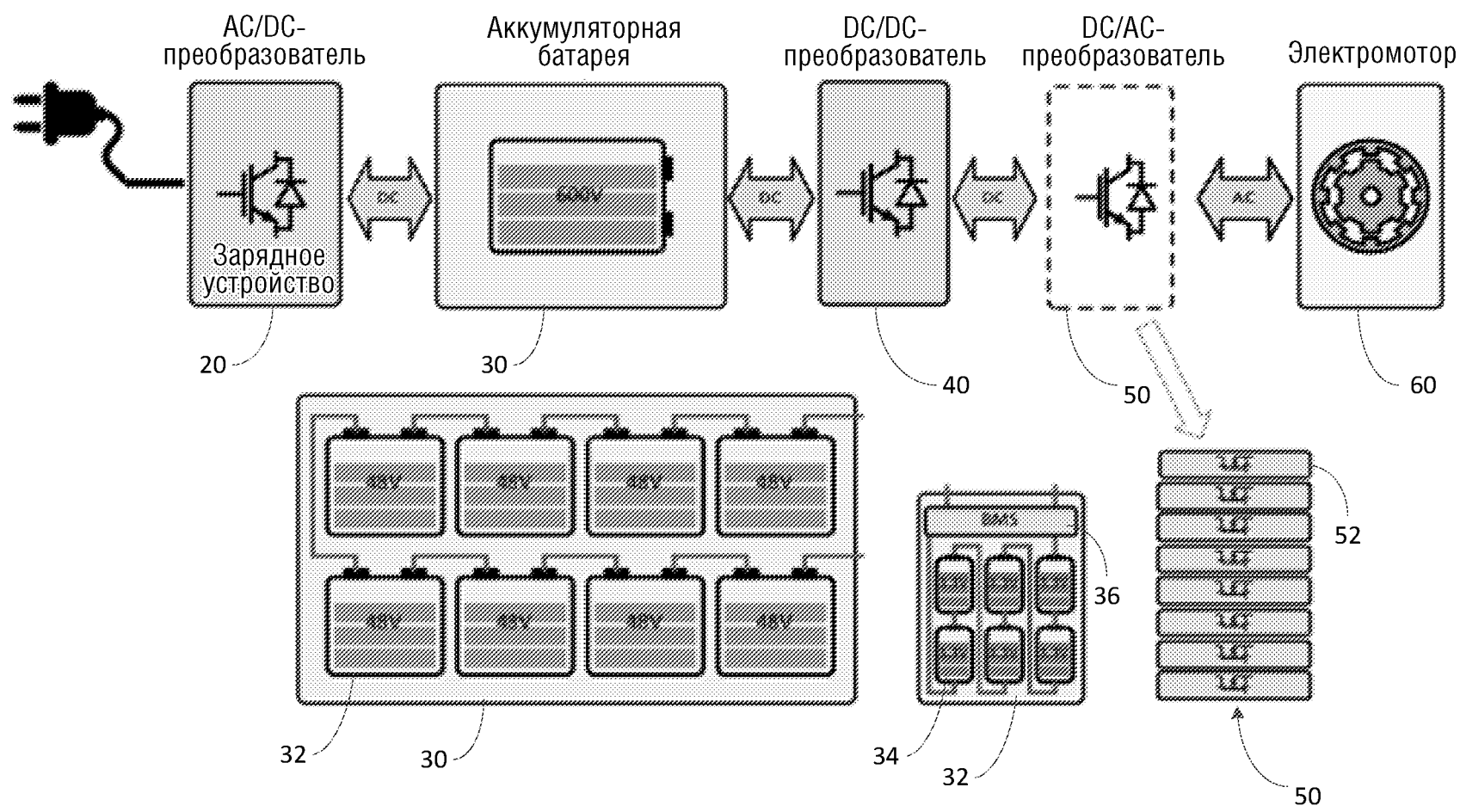
ФИГ.3А



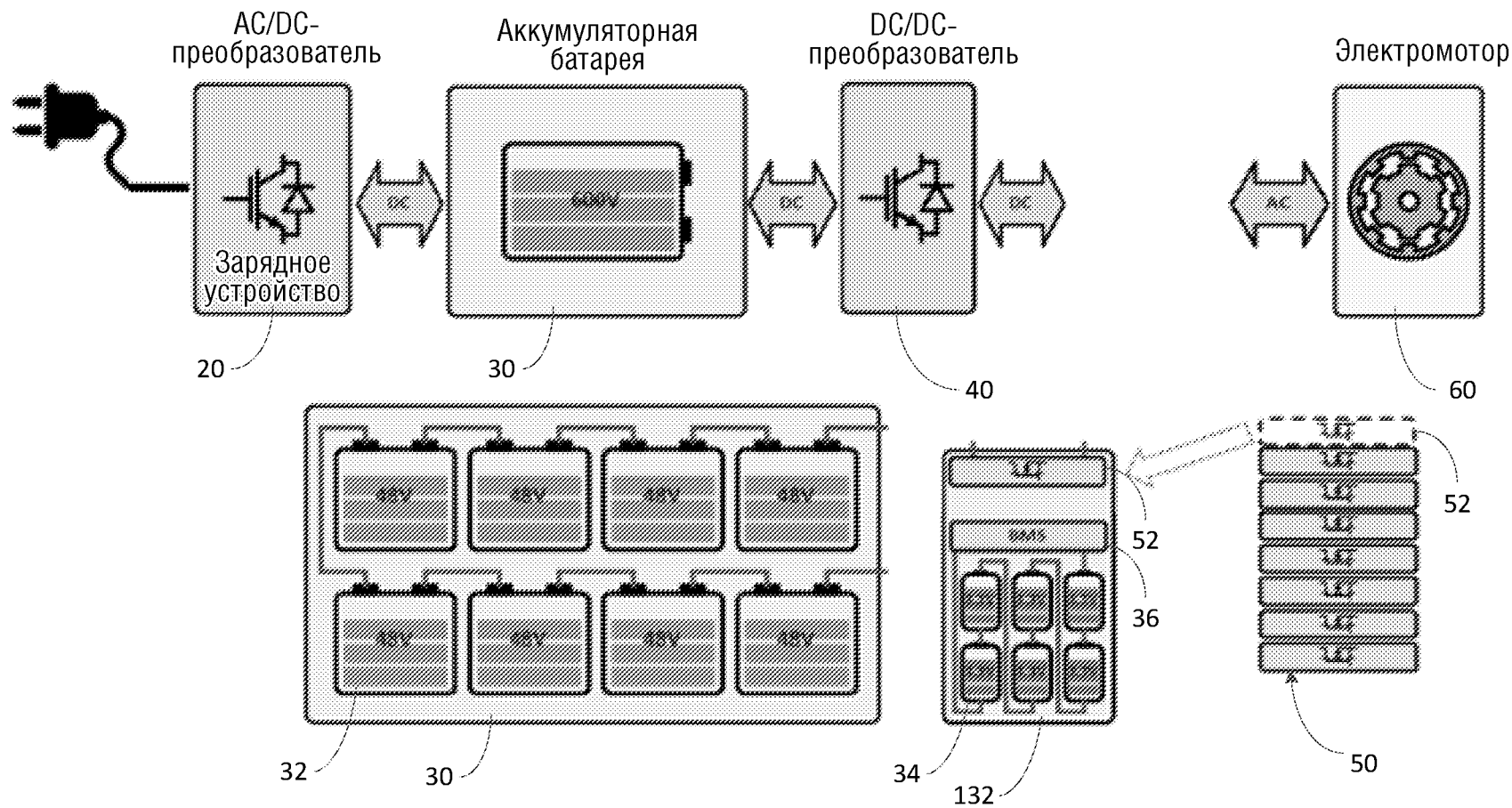
ФИГ.3В



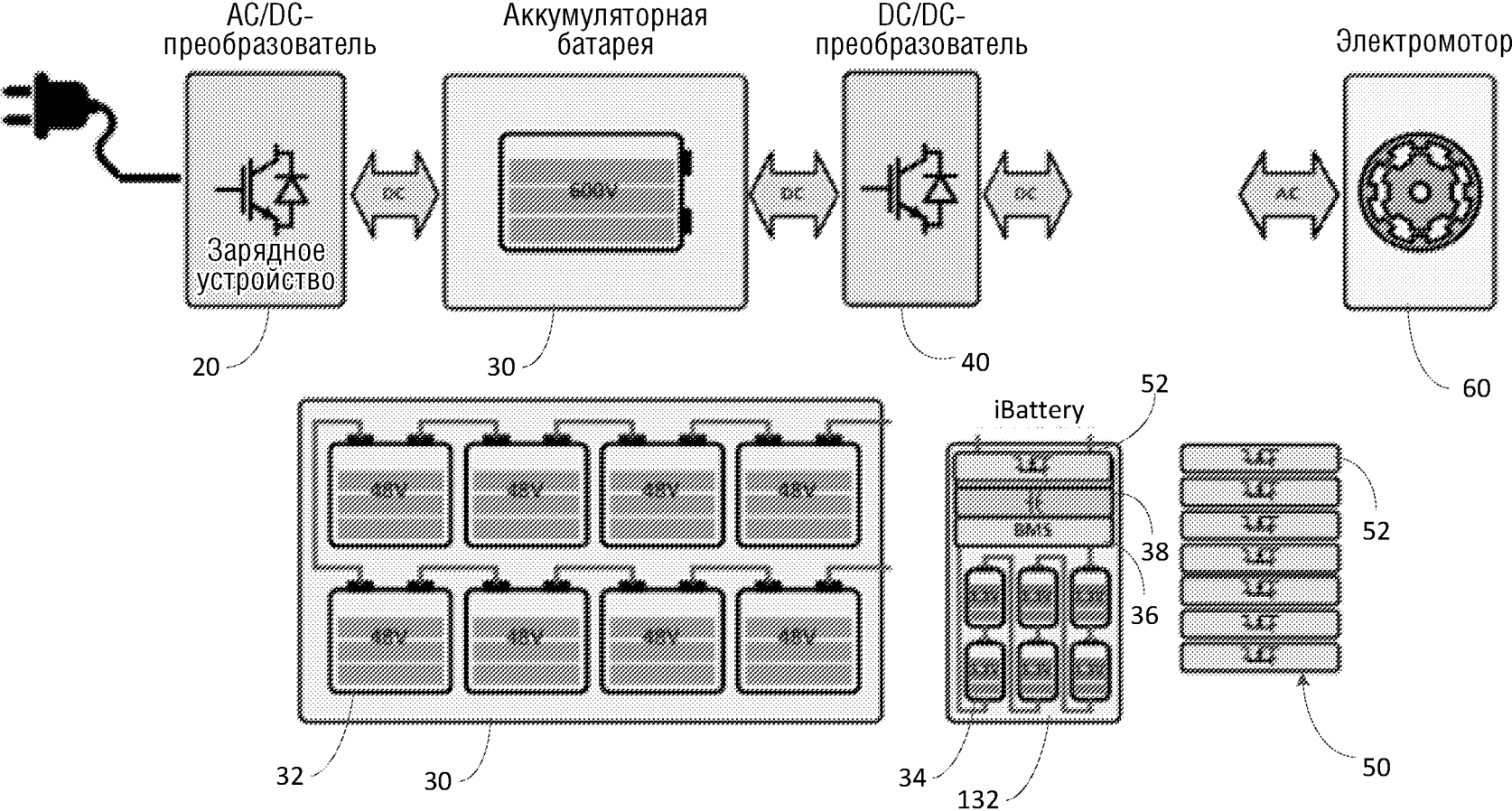
ФИГ.3С



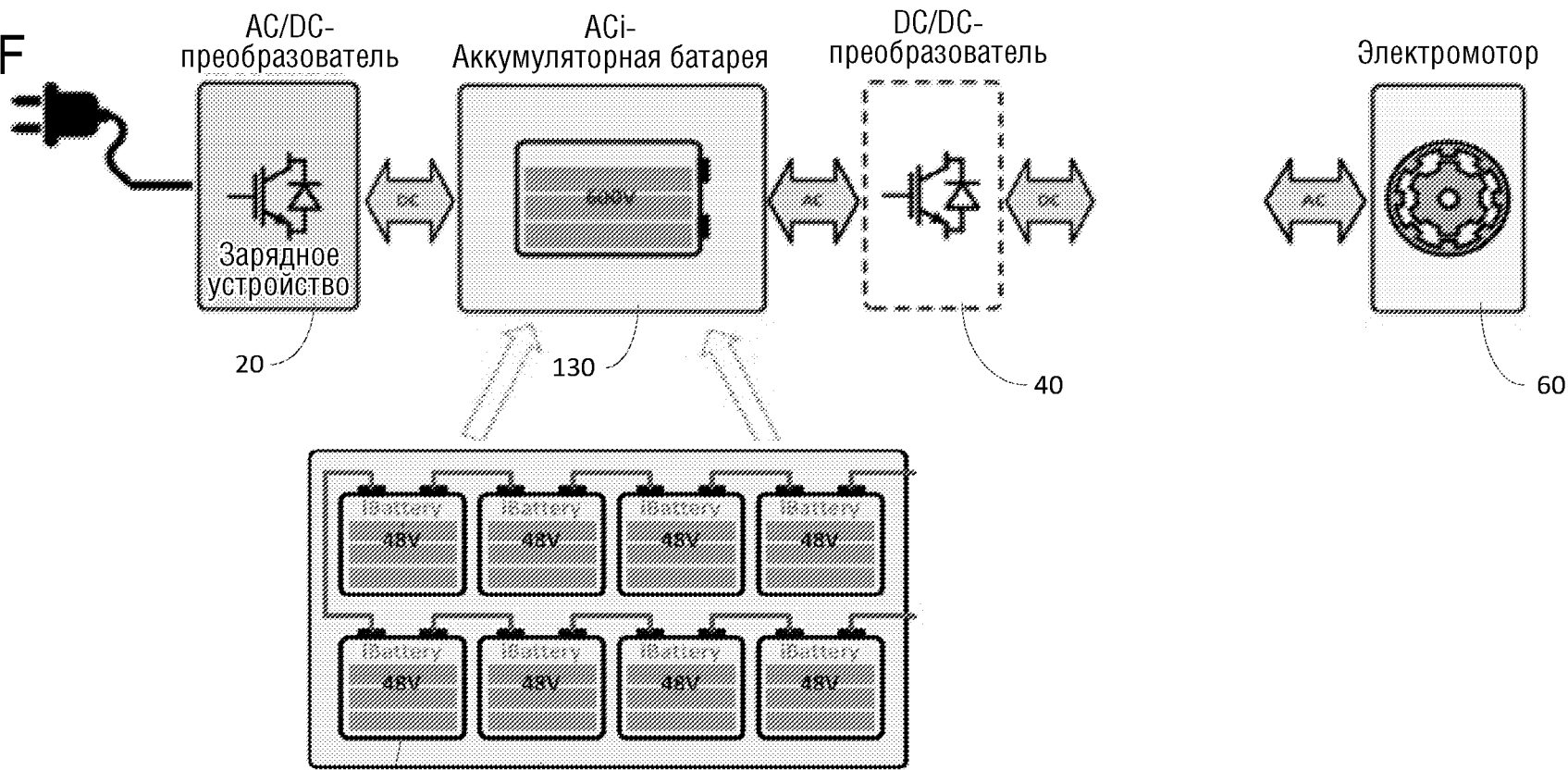
ФИГ.3D



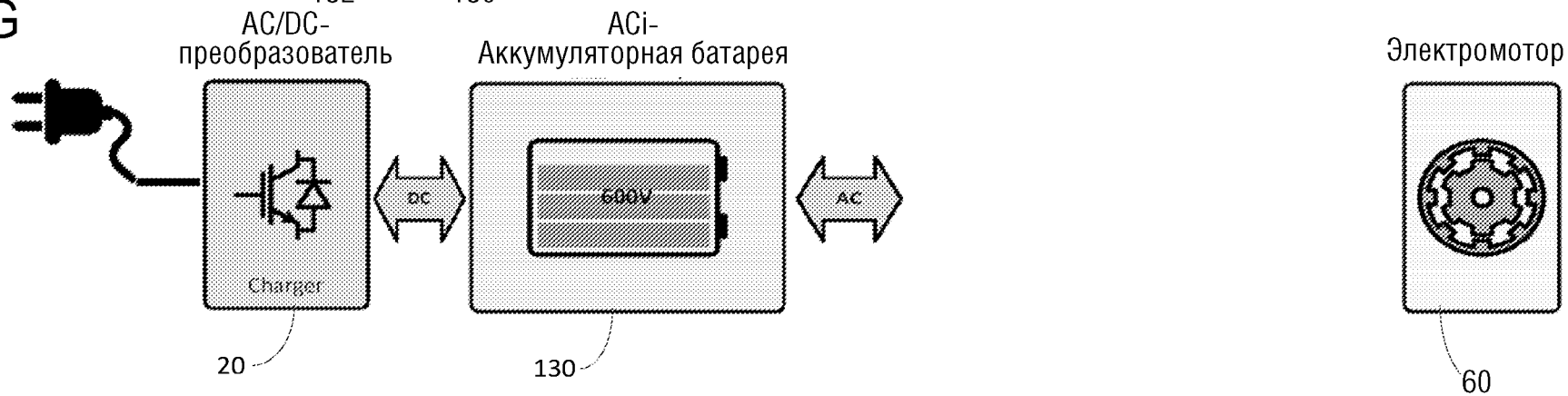
ФИГ.3Е



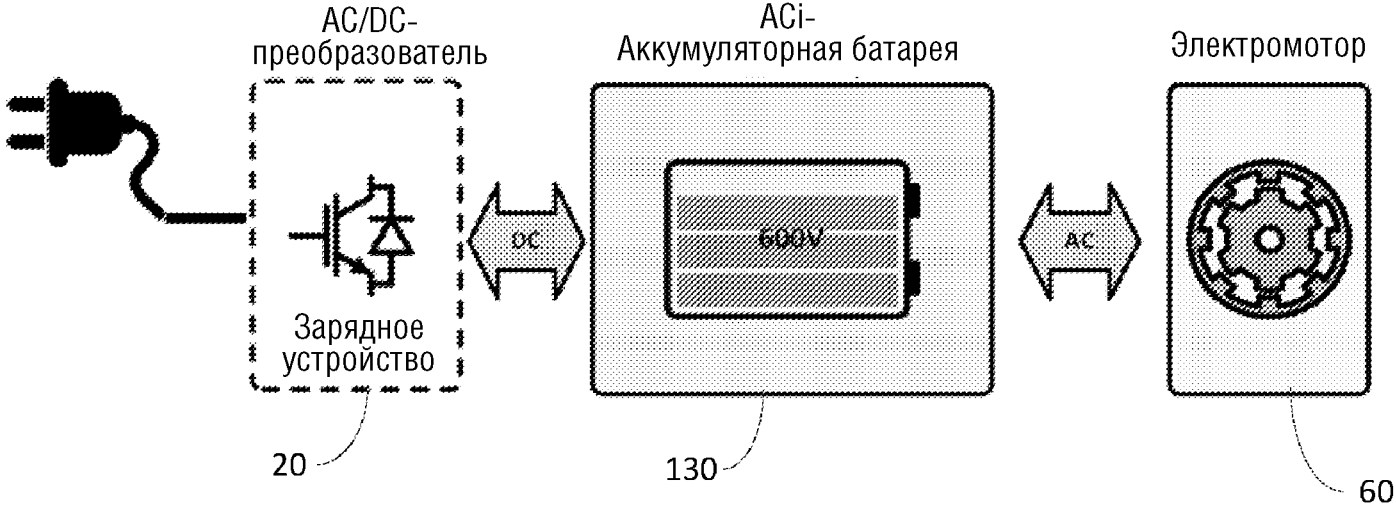
ФИГ.3F



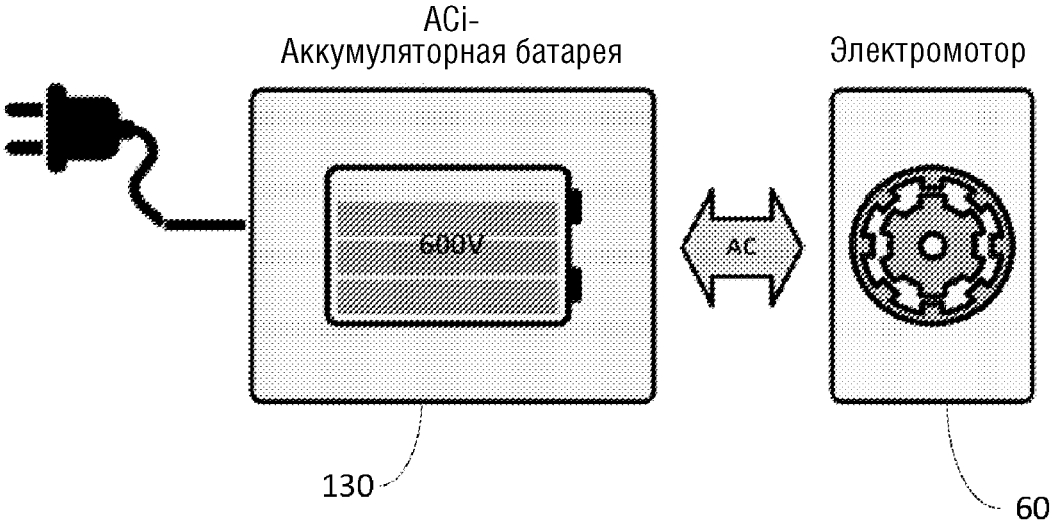
ФИГ.3G



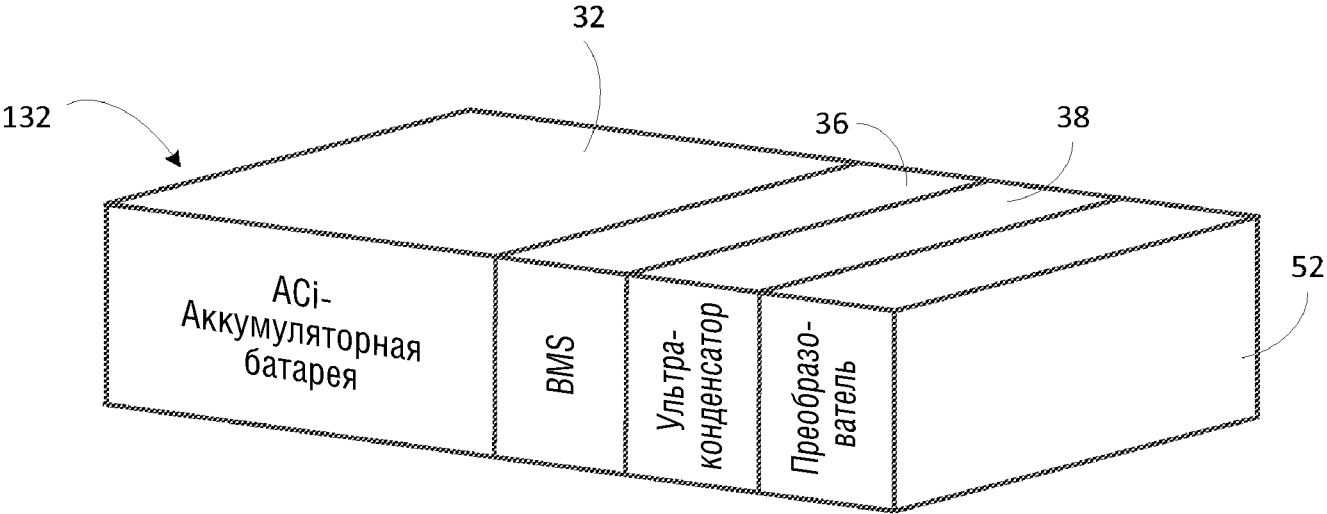
ФИГ.3Н



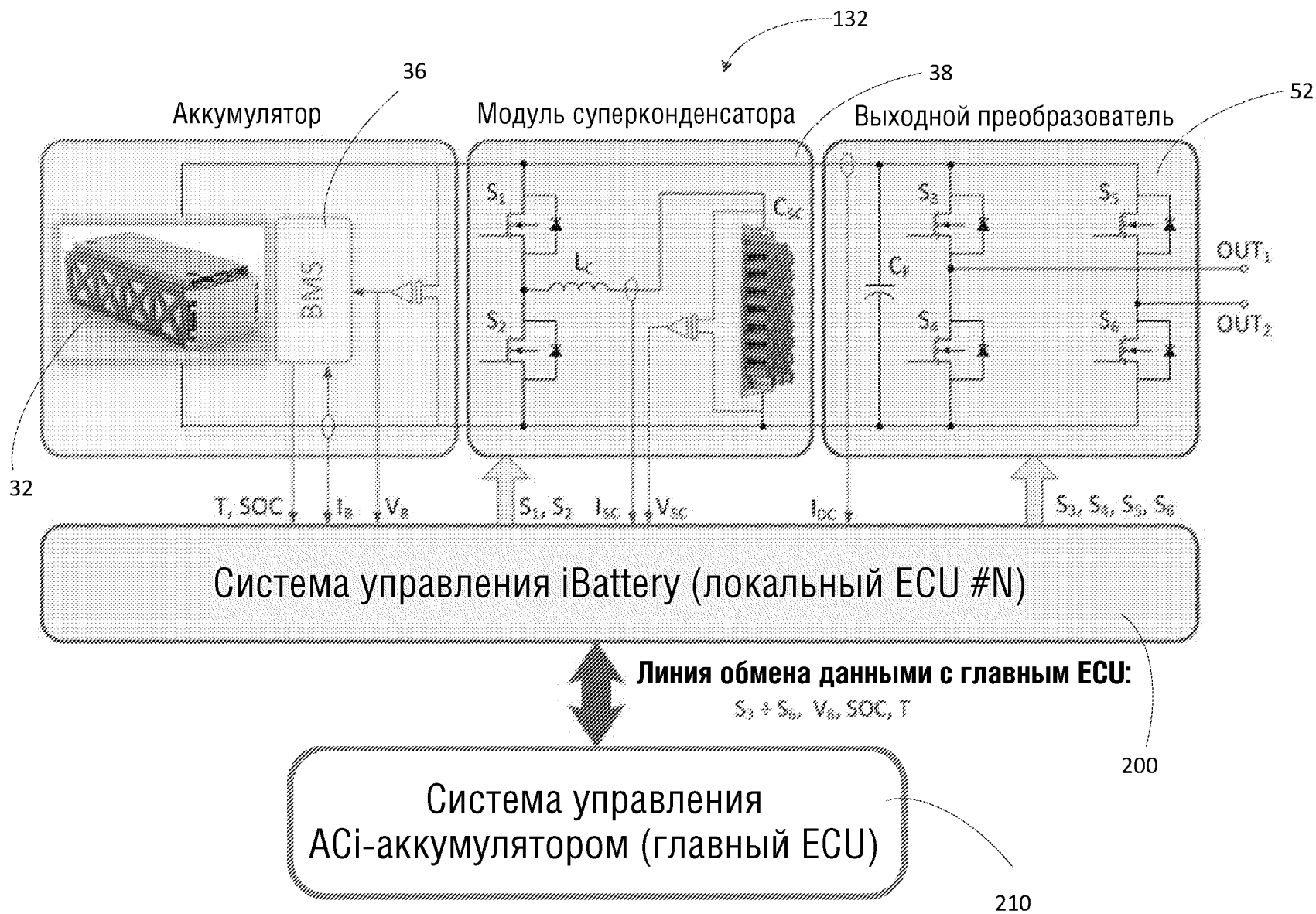
ФИГ.3I



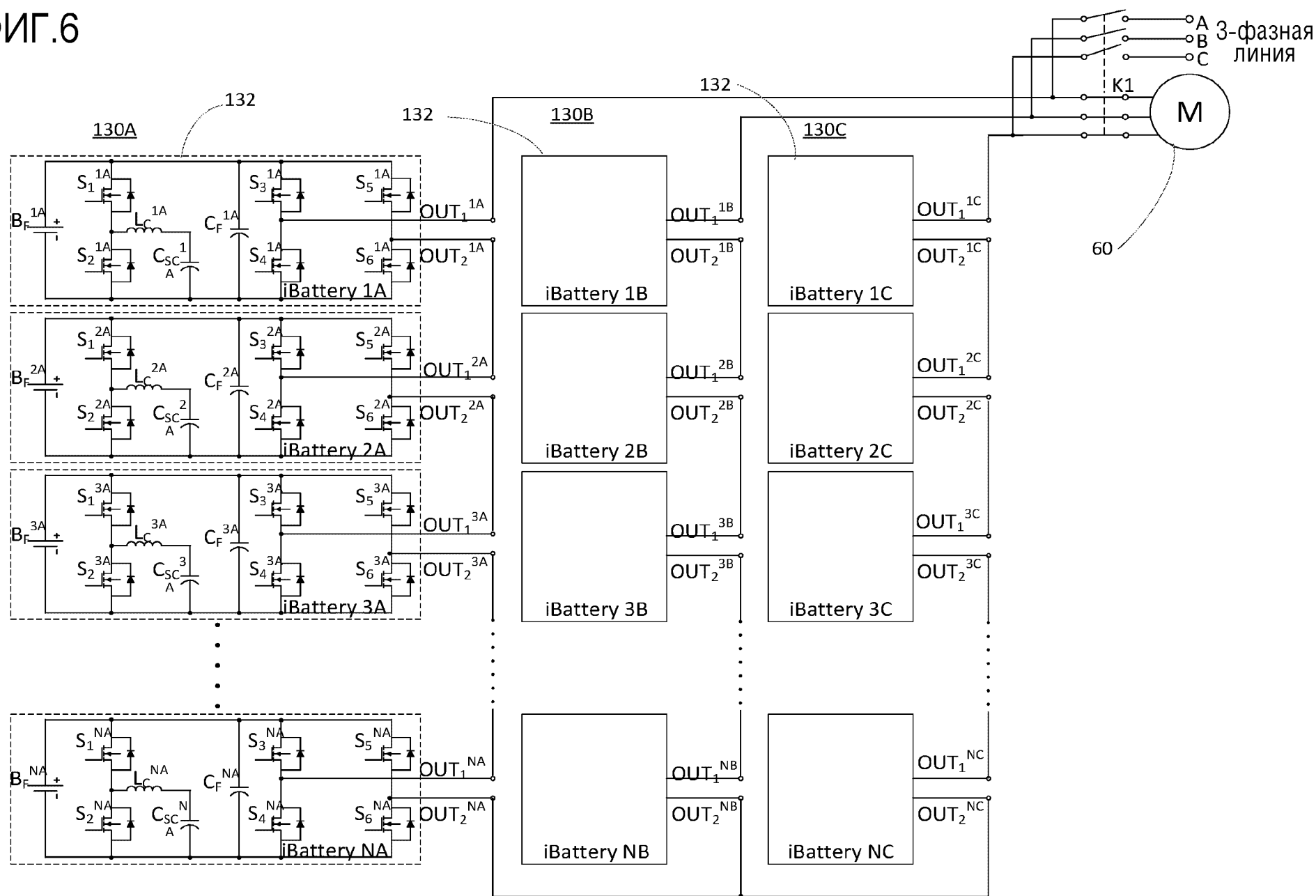
ФИГ.4



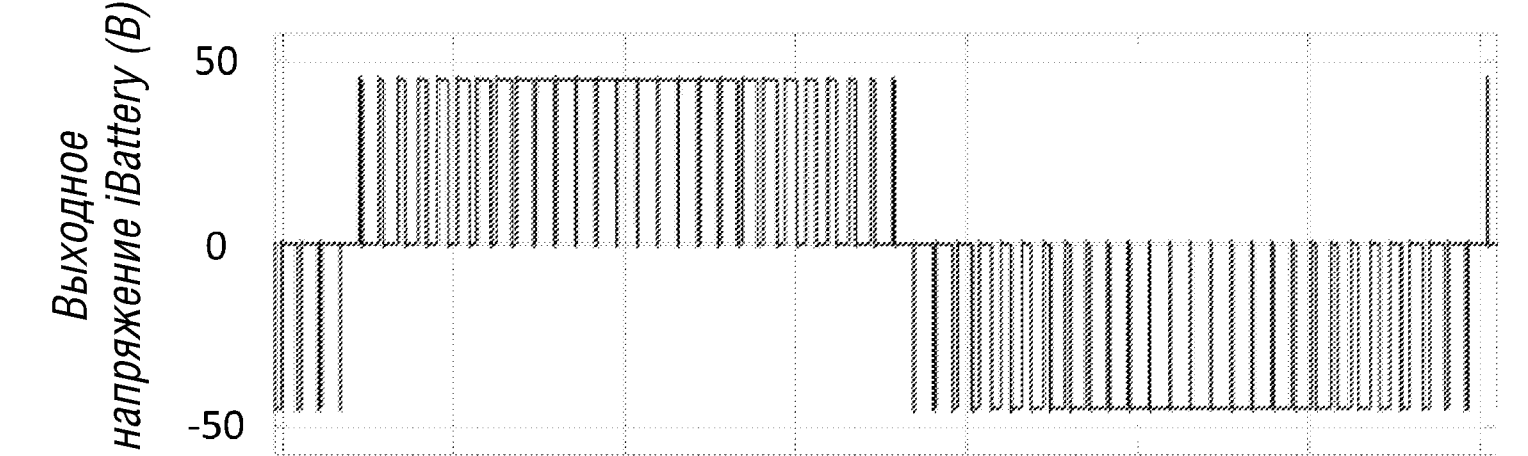
ФИГ.5



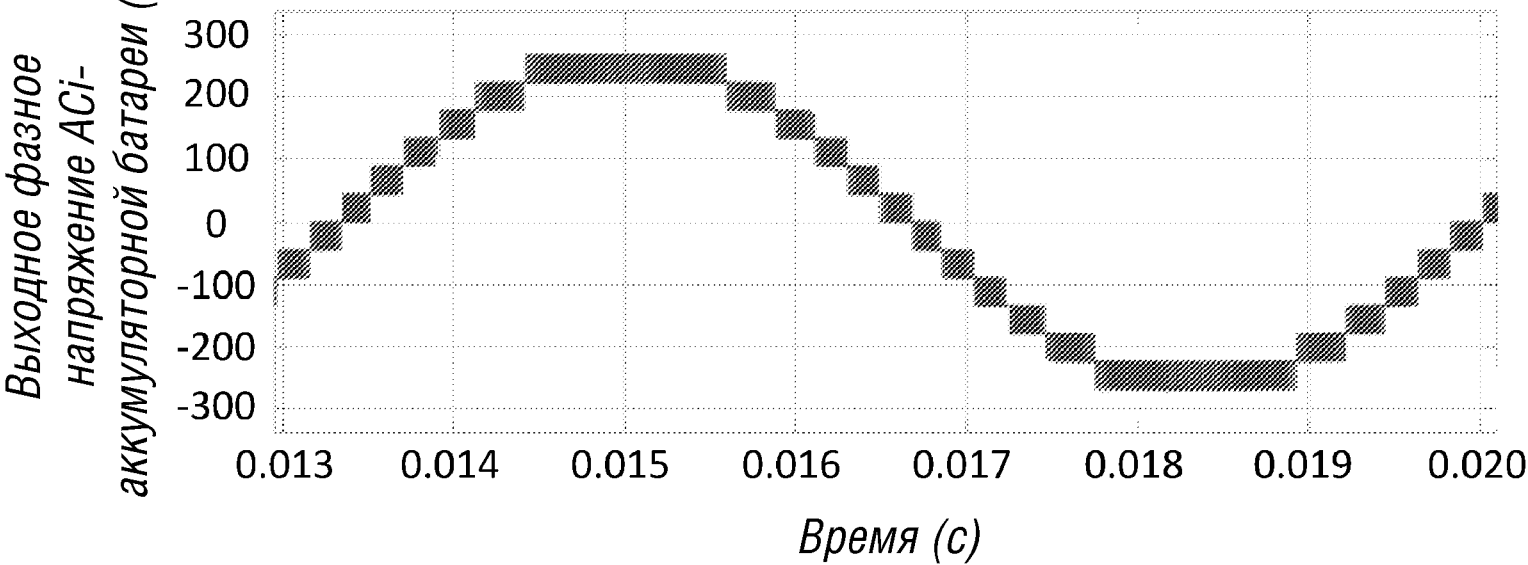
ФИГ.6



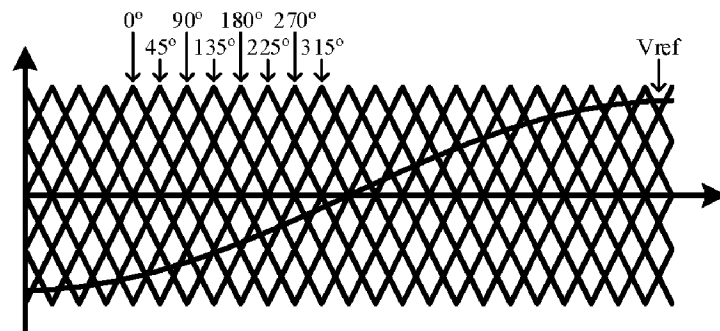
ФИГ.7А



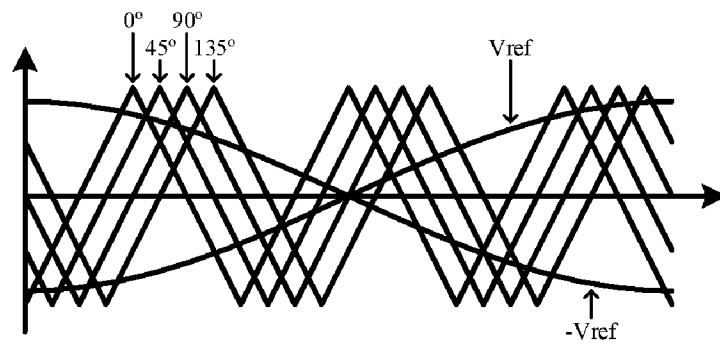
ФИГ.7В



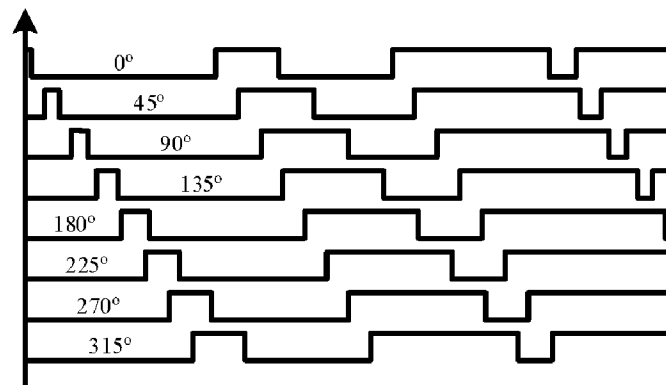
ФИГ.8А



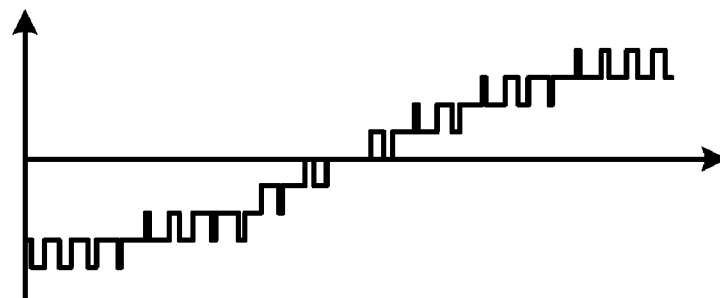
ФИГ.8В



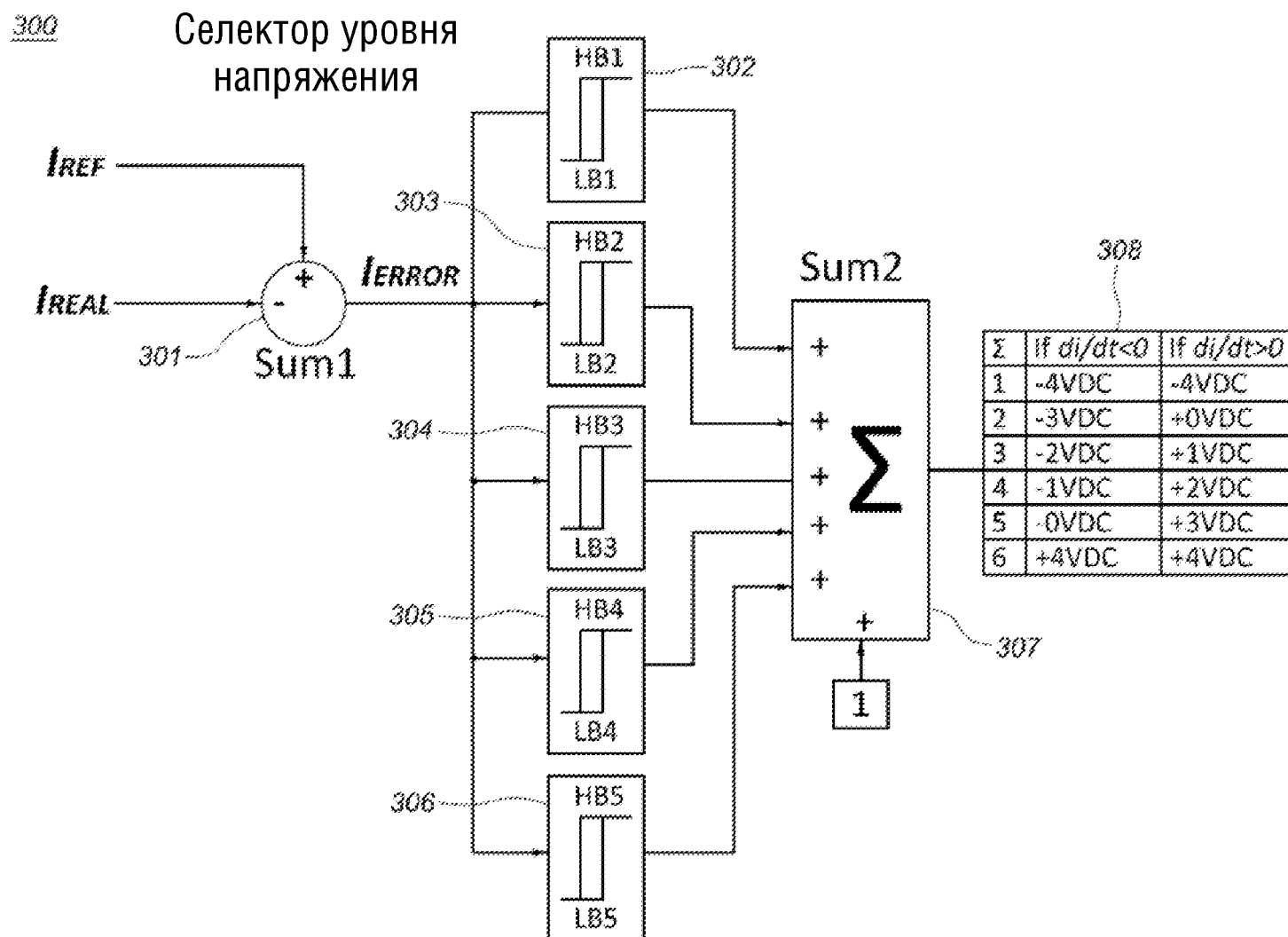
ФИГ.8С



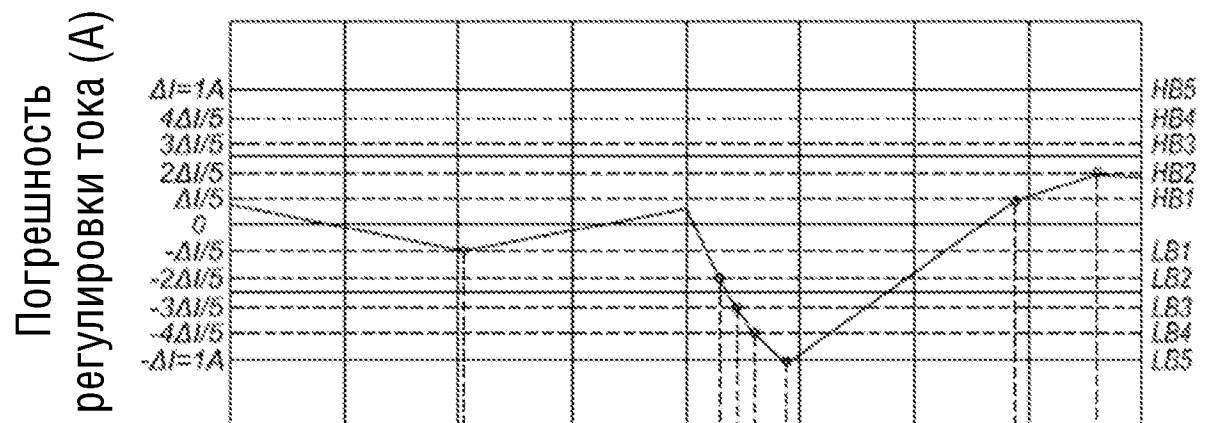
ФИГ.8D



ФИГ.9



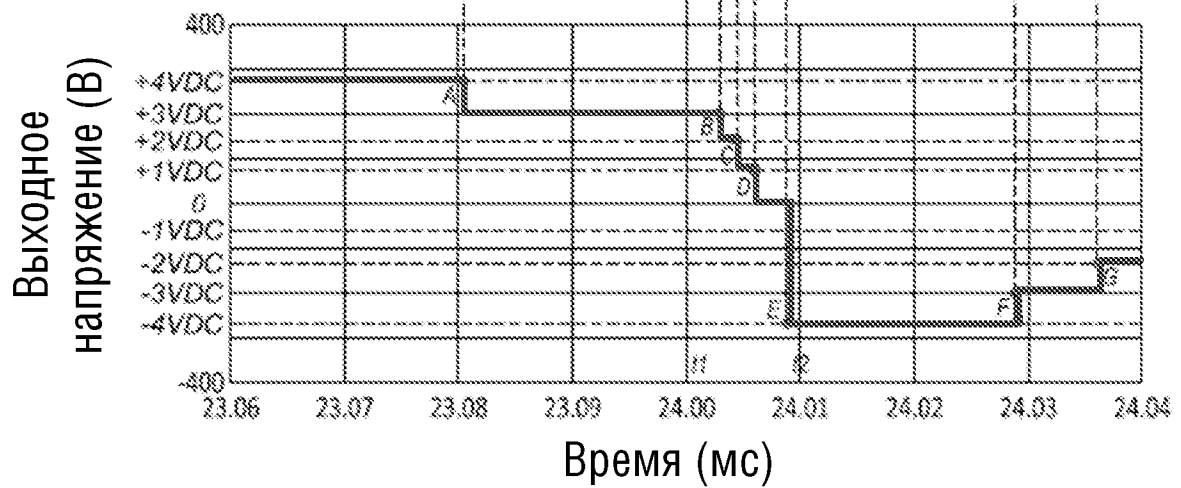
ФИГ.10А



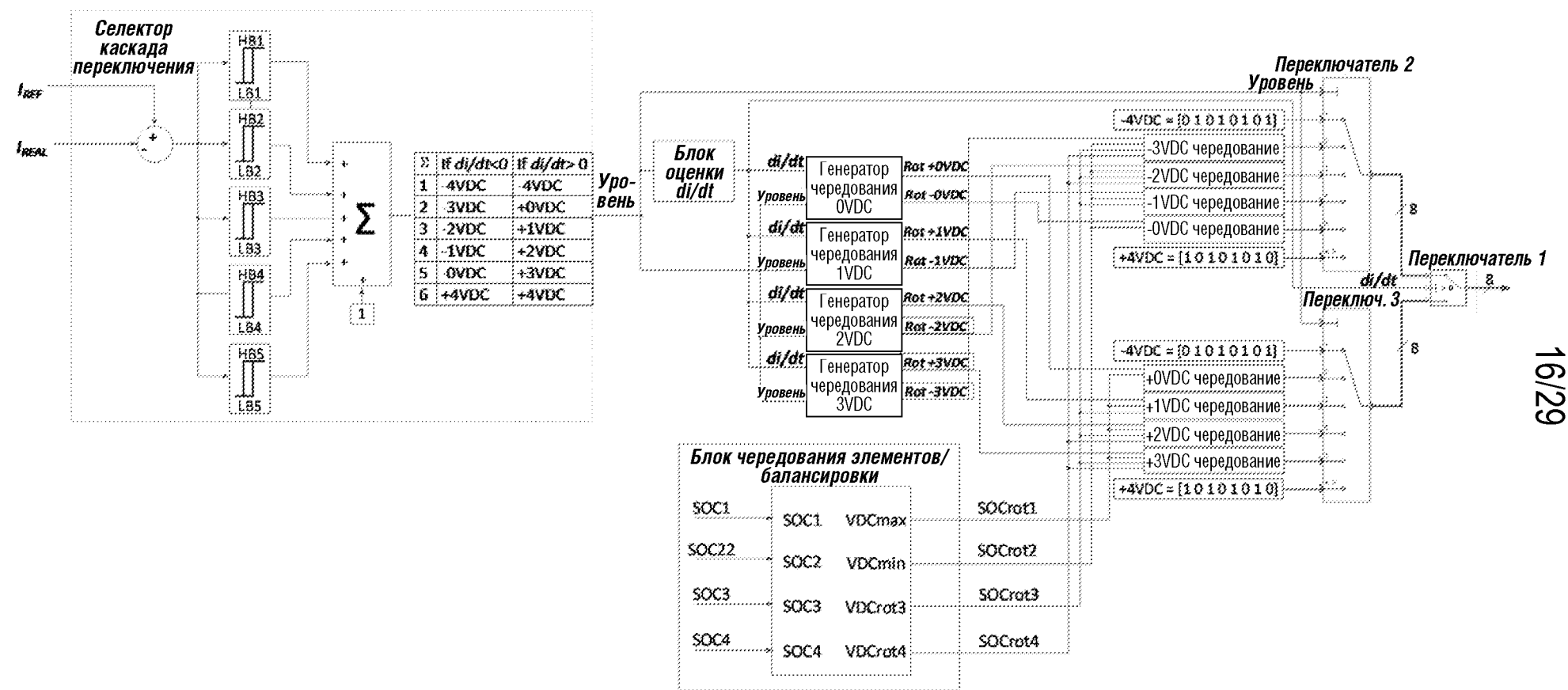
ФИГ.10В



ФИГ.10С

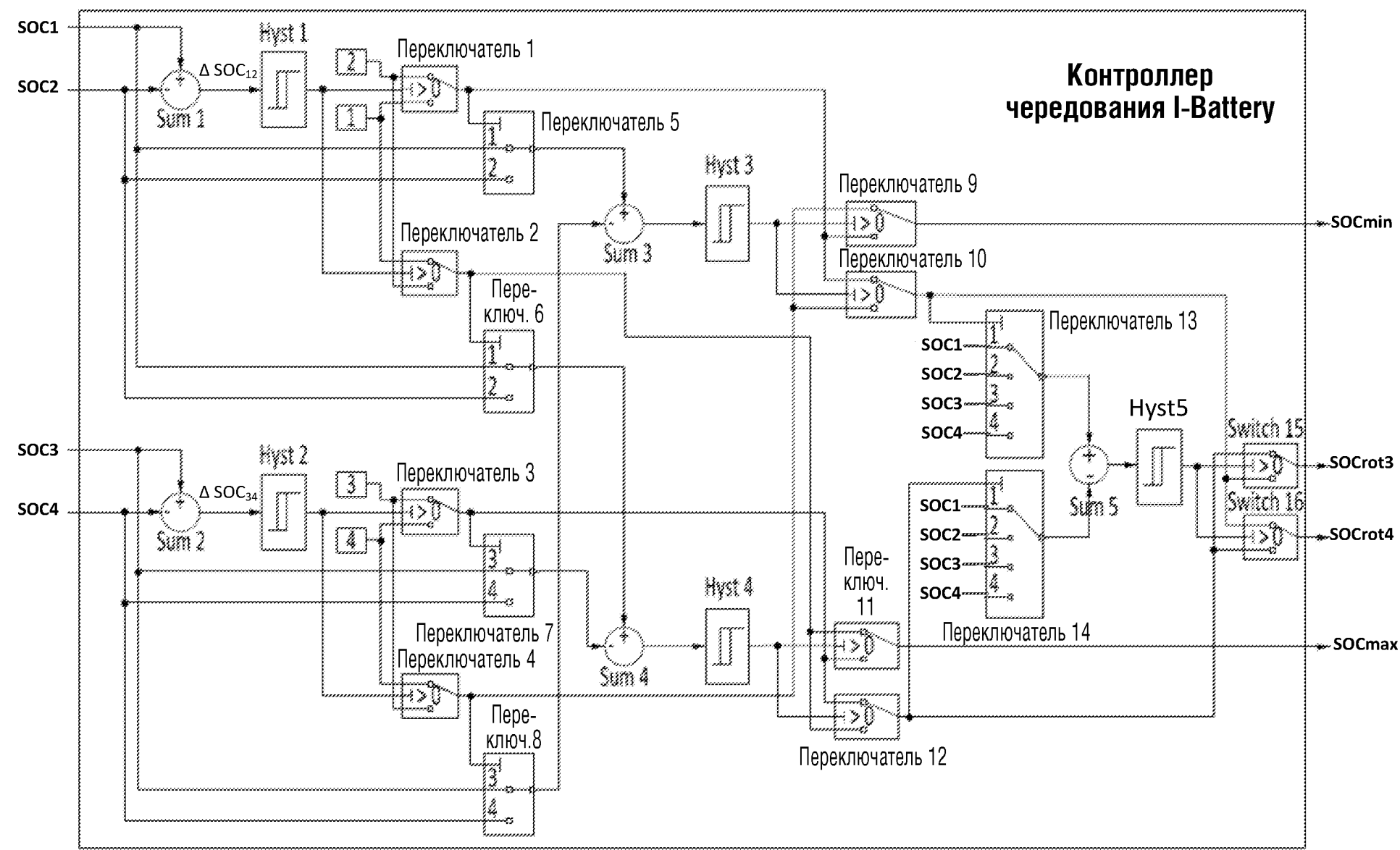


ФИГ.11

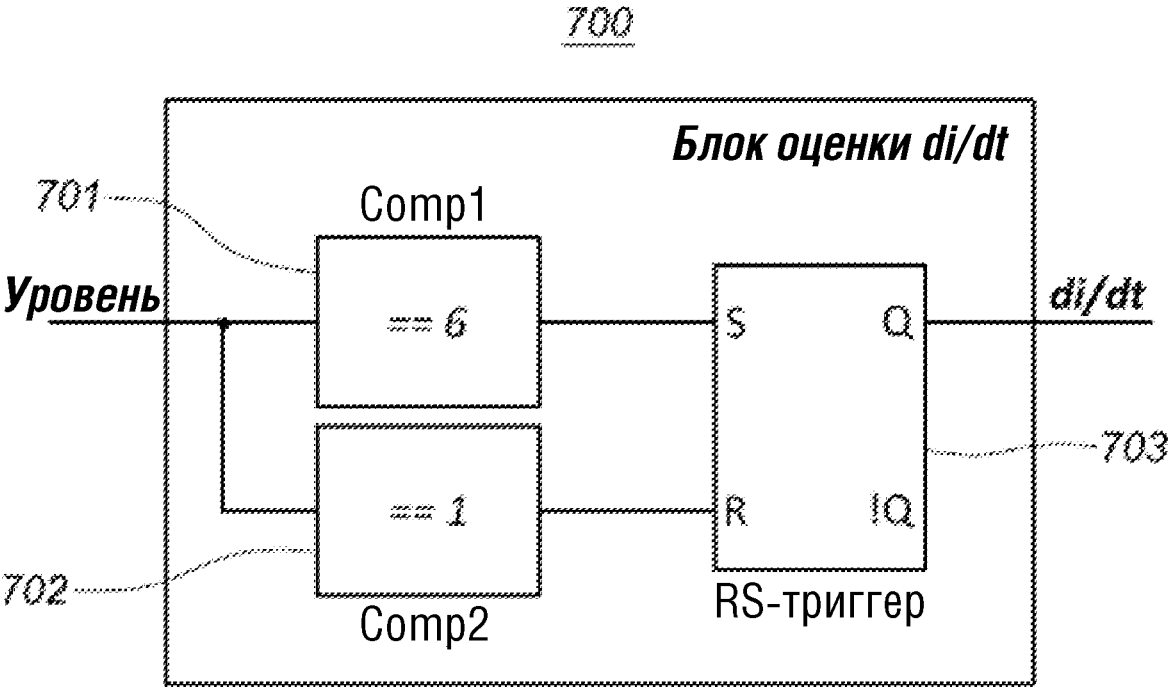


ФИГ.12

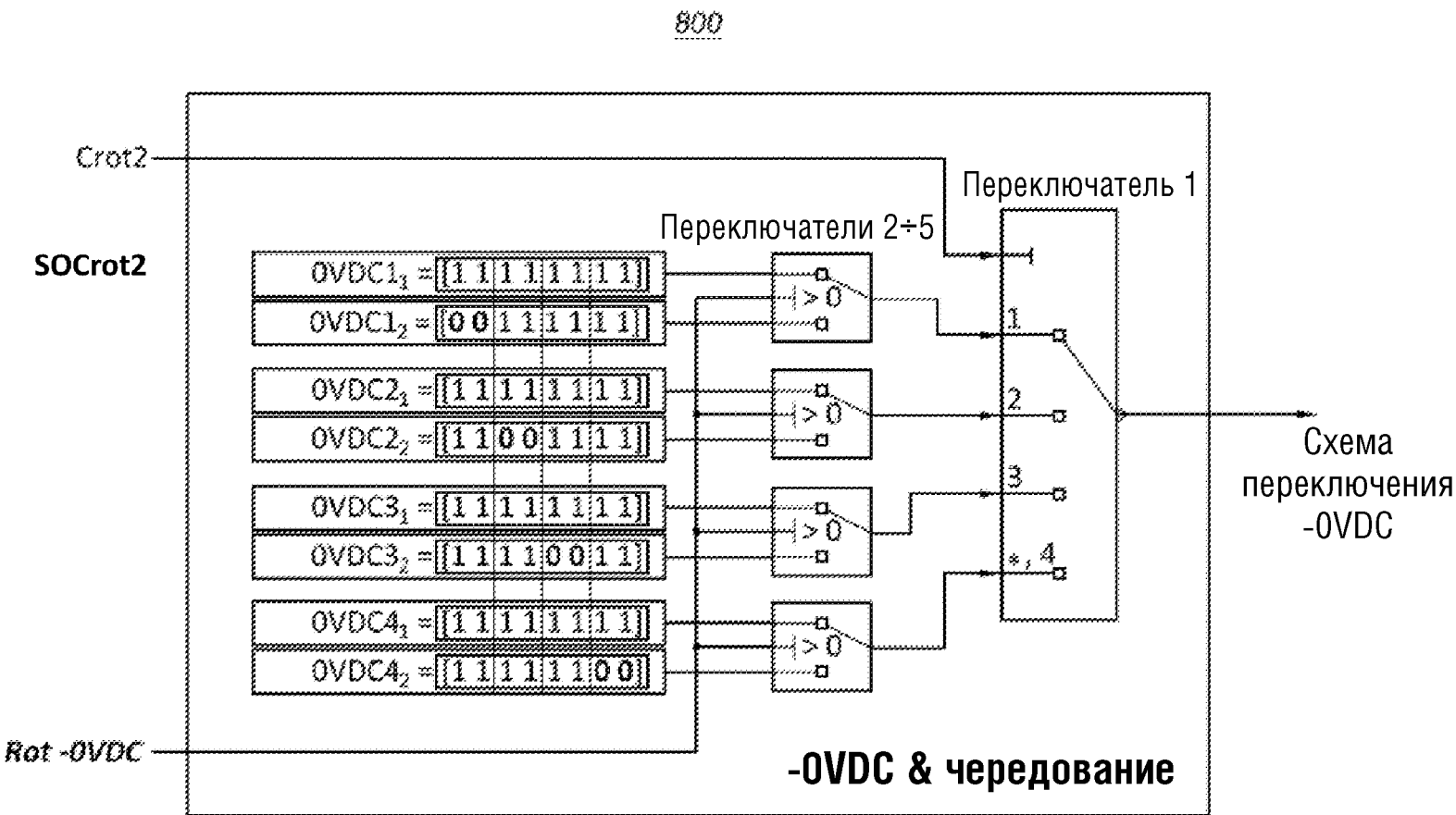
600



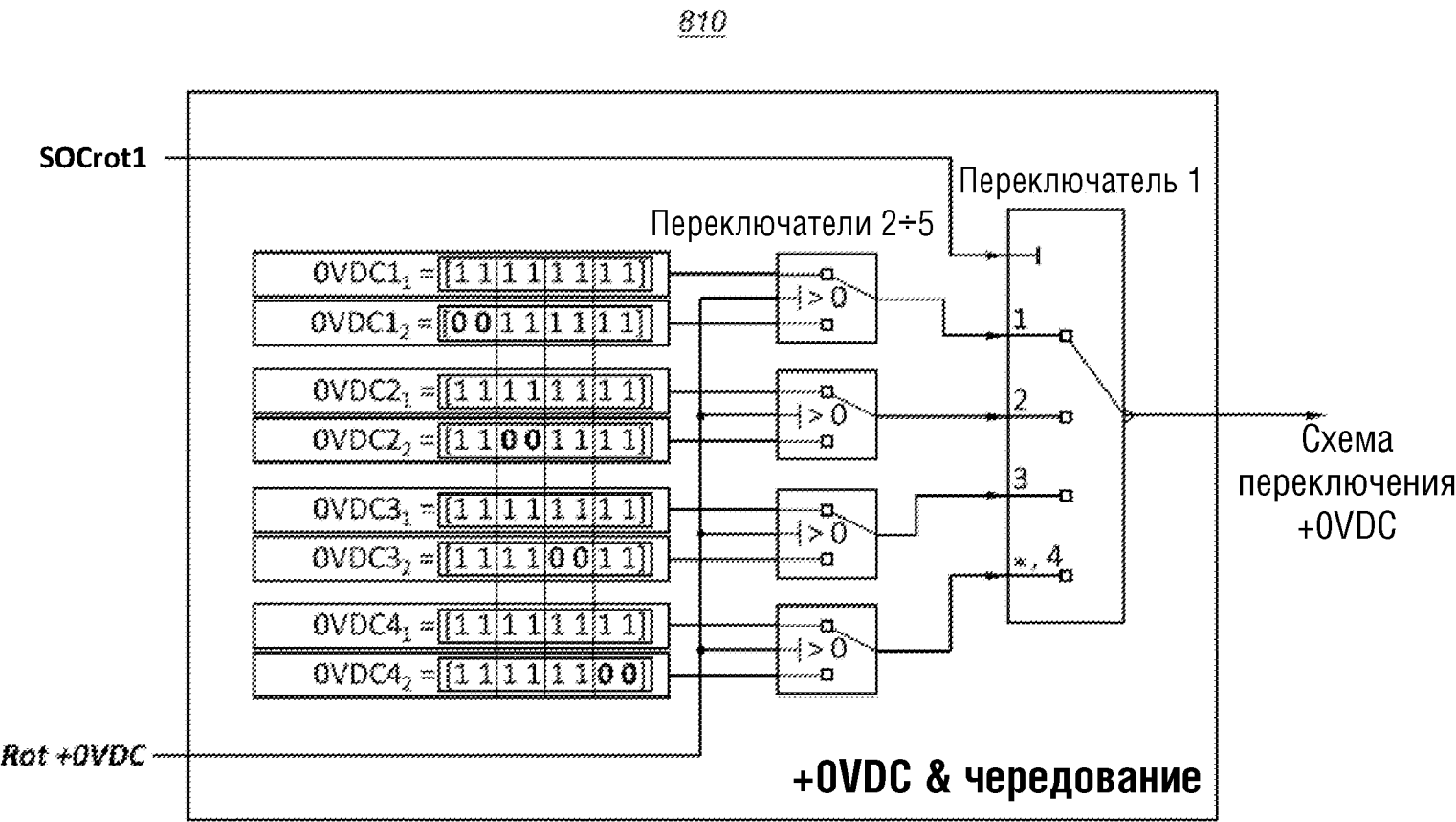
ФИГ.13



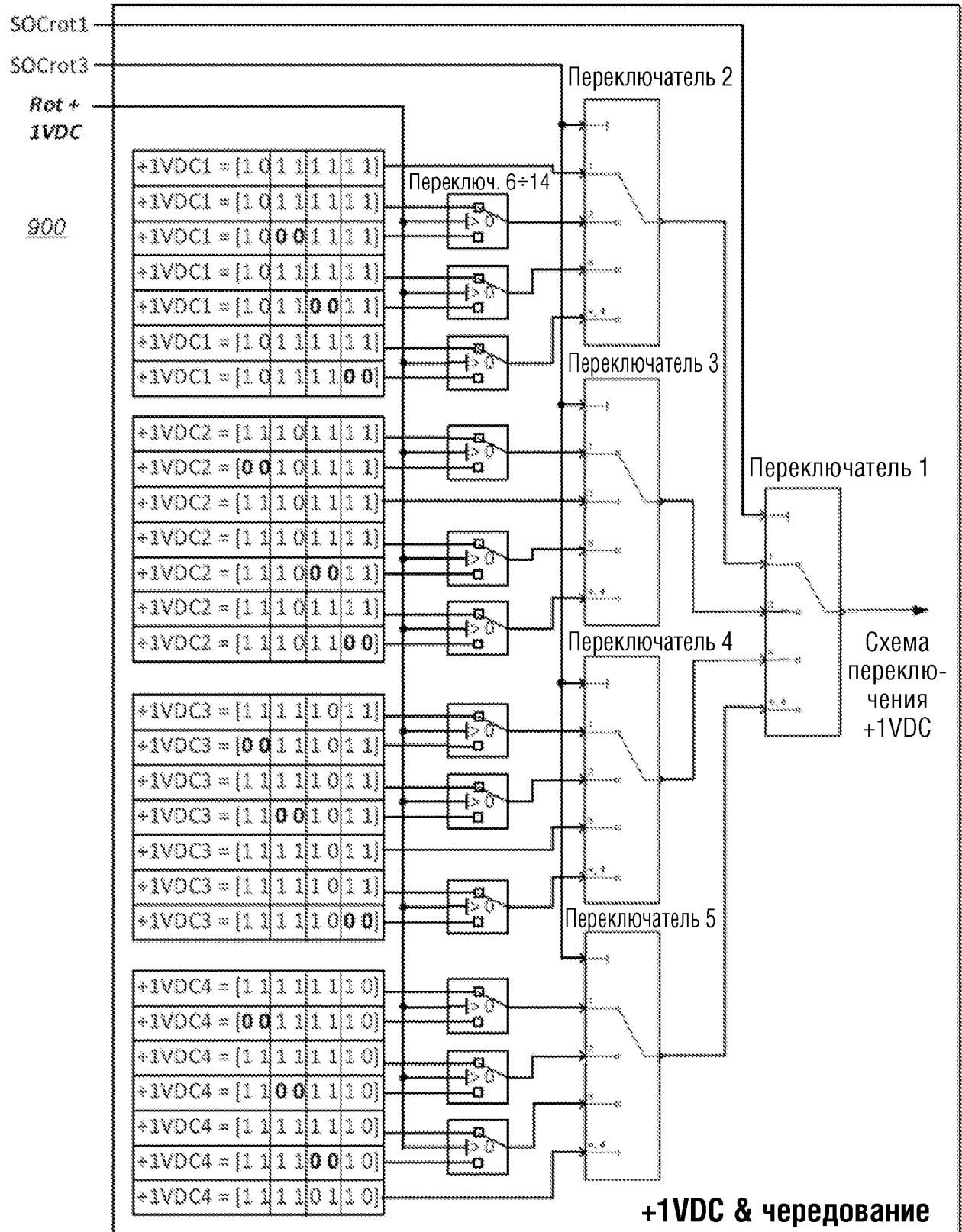
ФИГ.14А



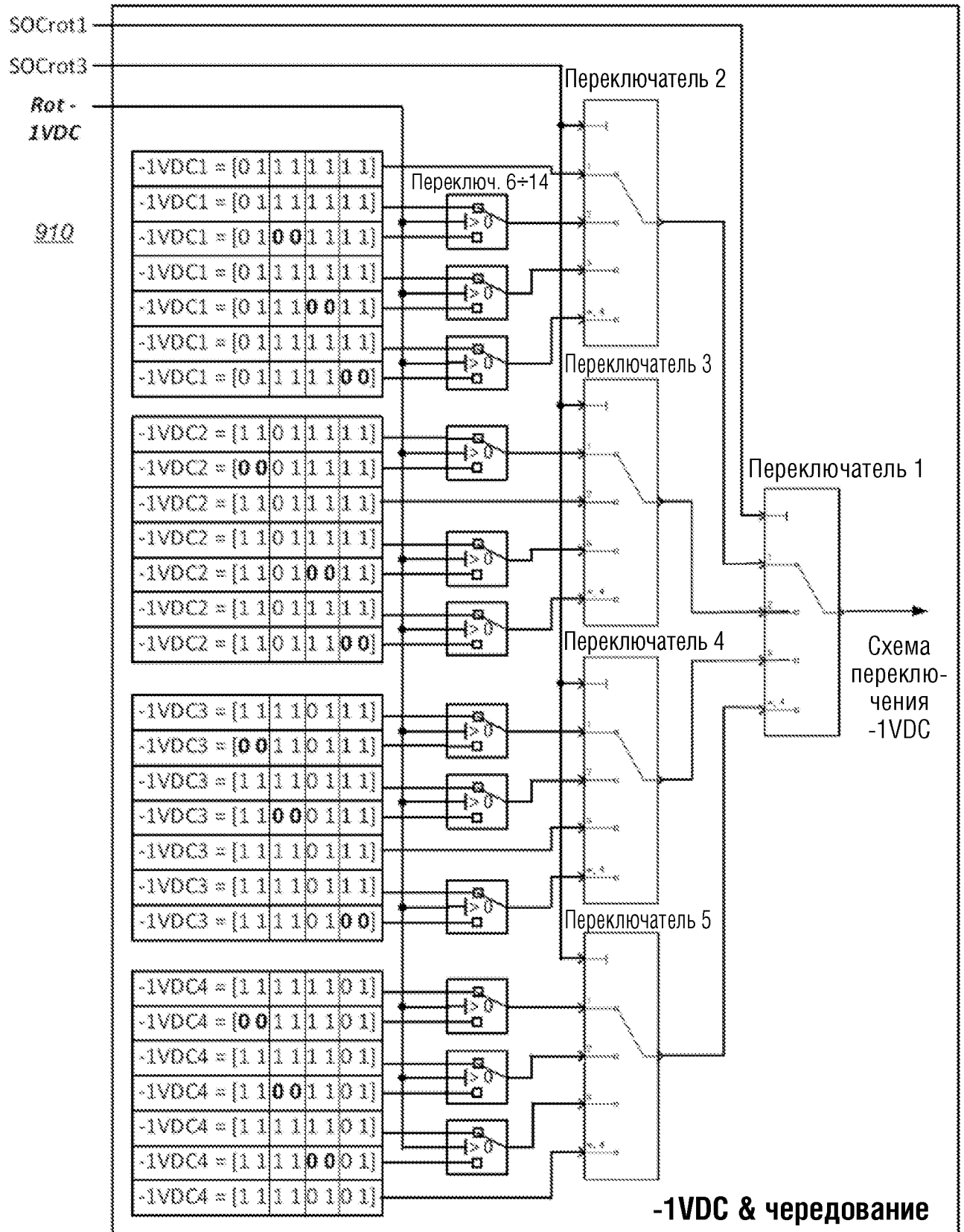
ФИГ.14В



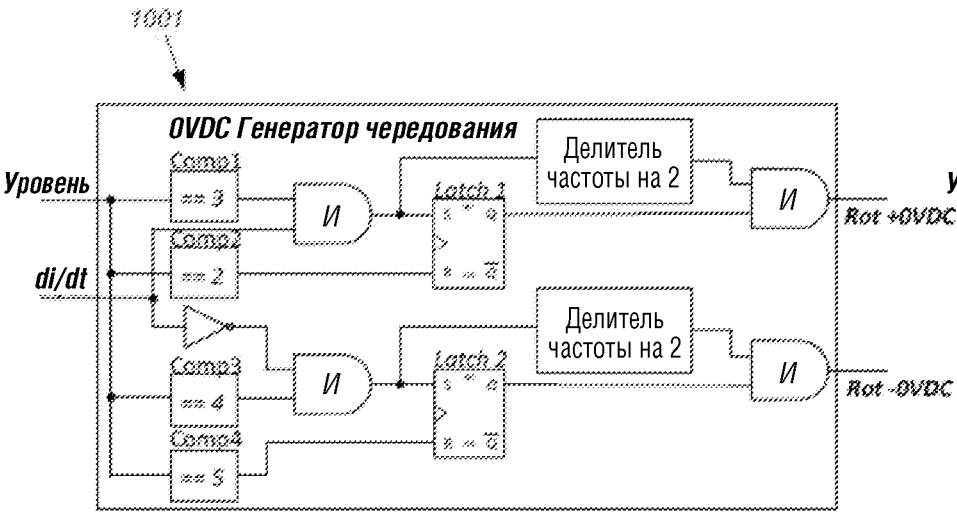
ФИГ.15А



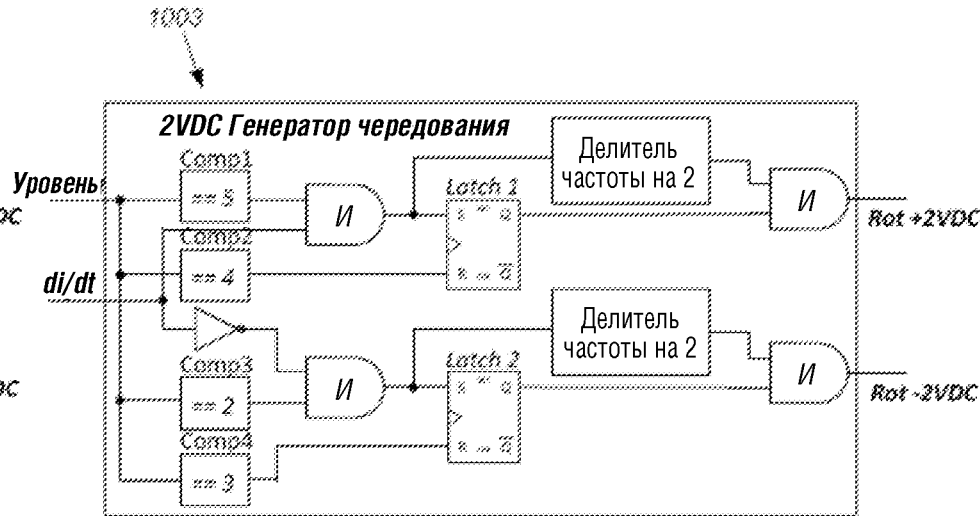
ФИГ.15В



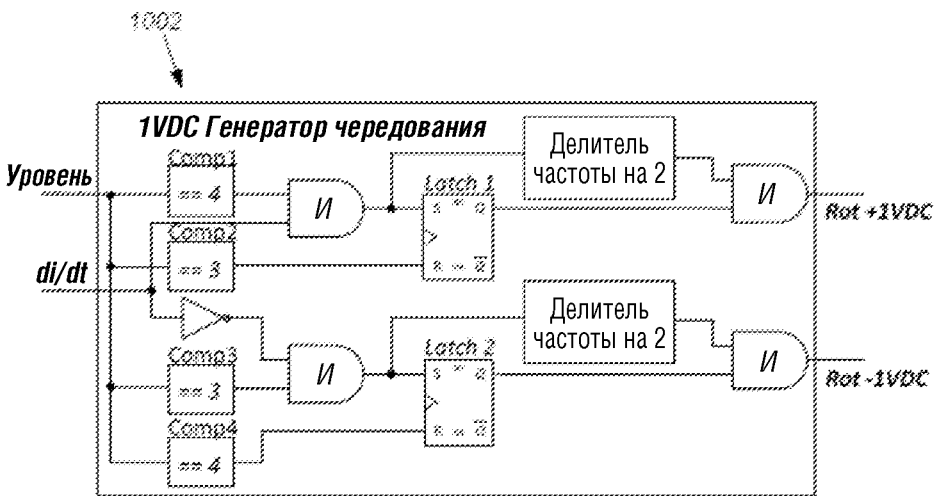
ФИГ.16А



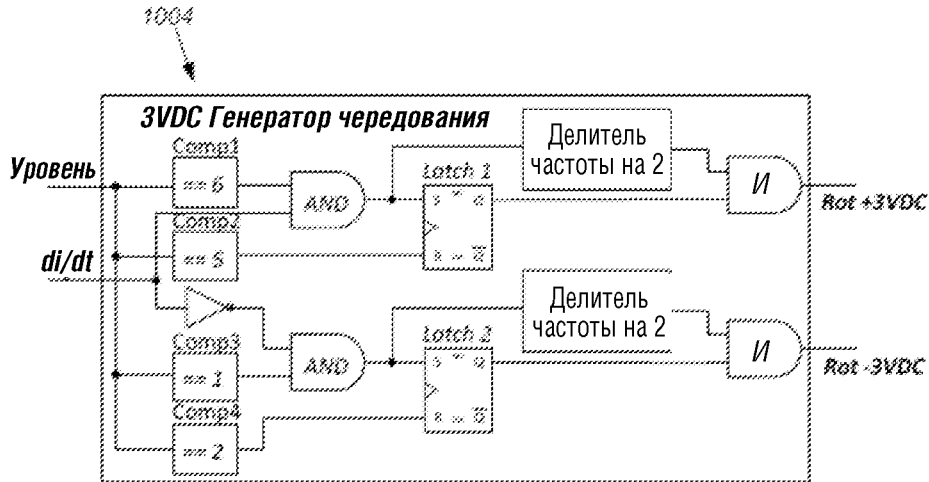
ФИГ.16С



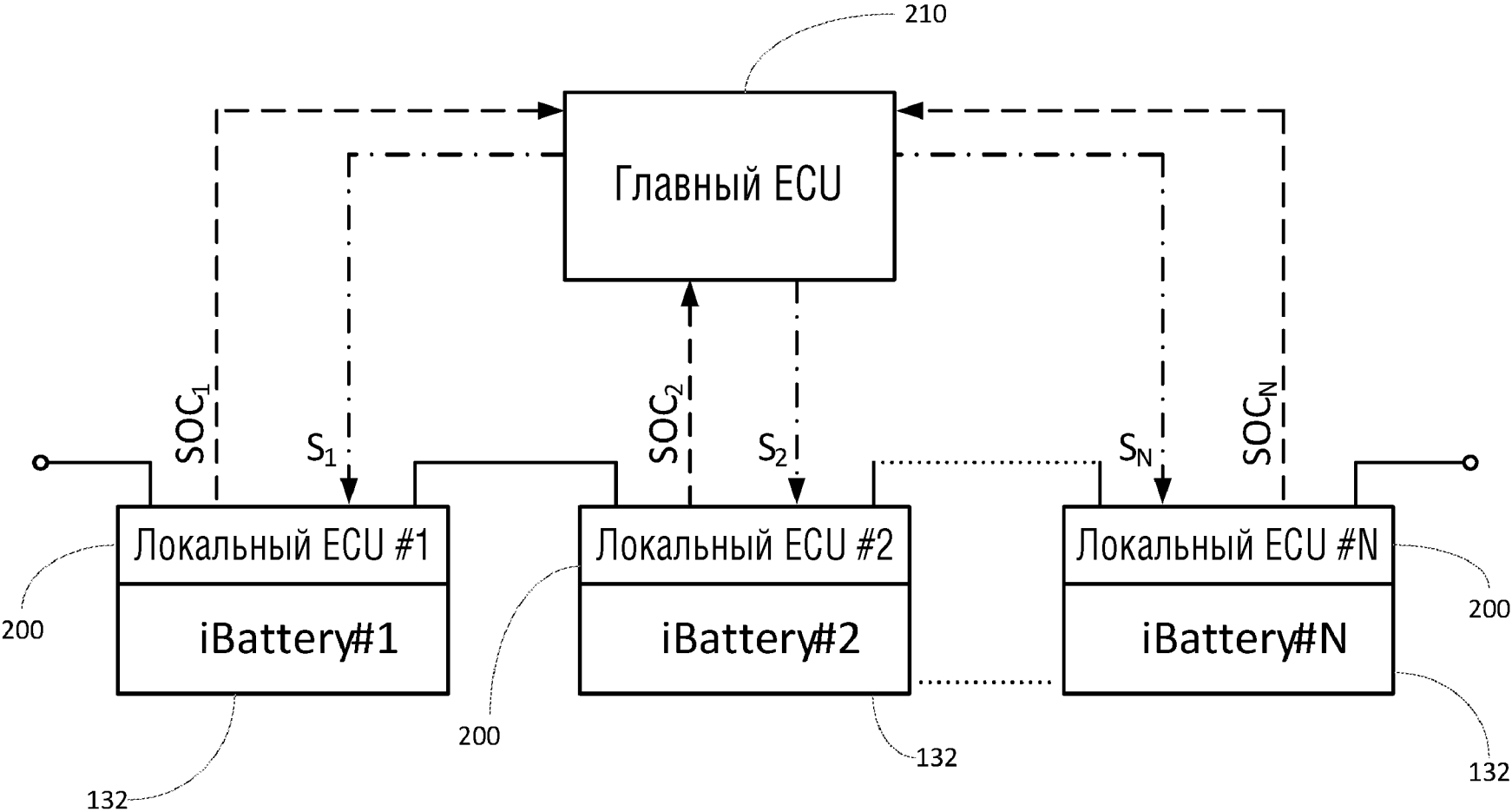
ФИГ.16В



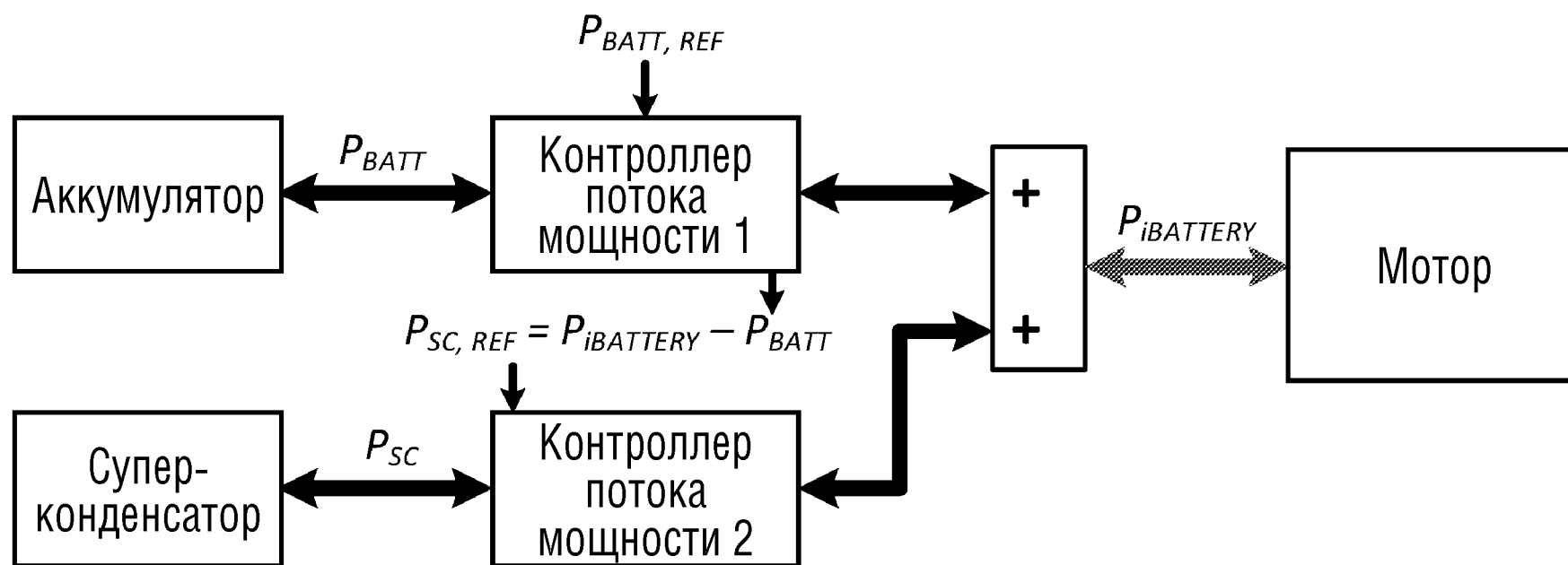
ФИГ.16D



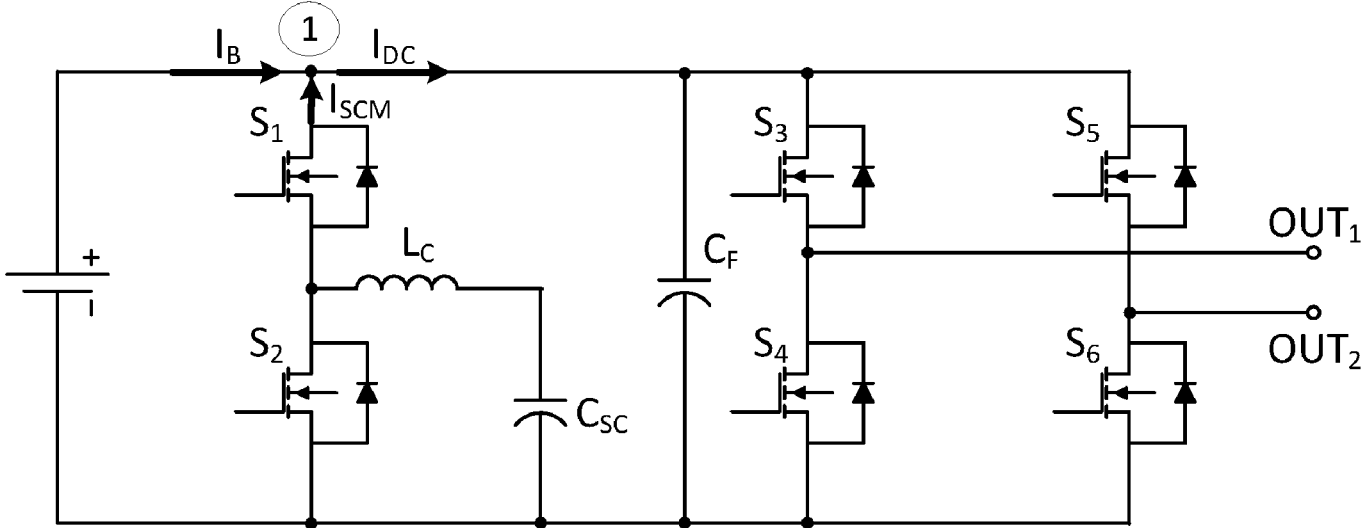
ФИГ.17



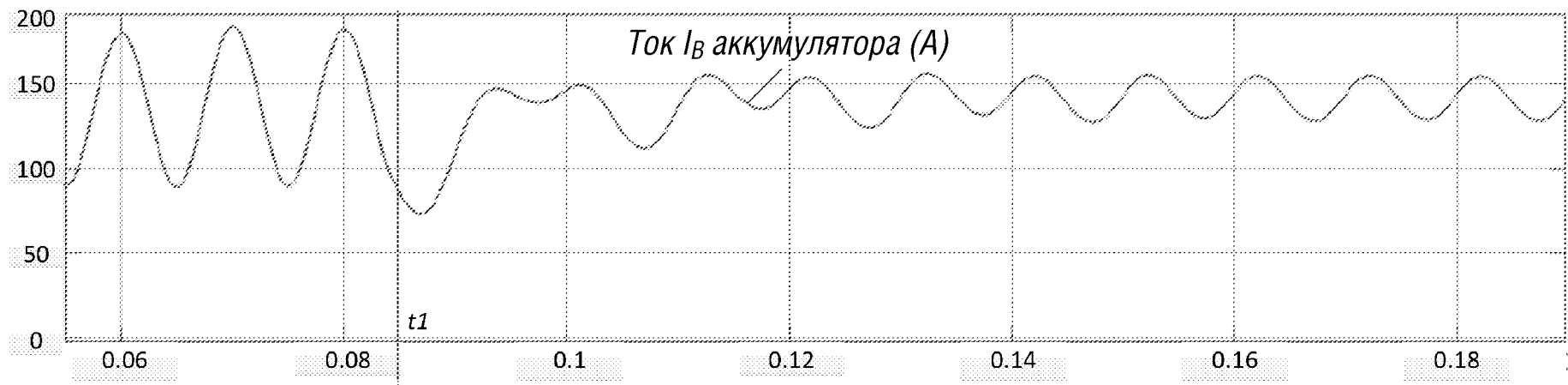
ФИГ.18



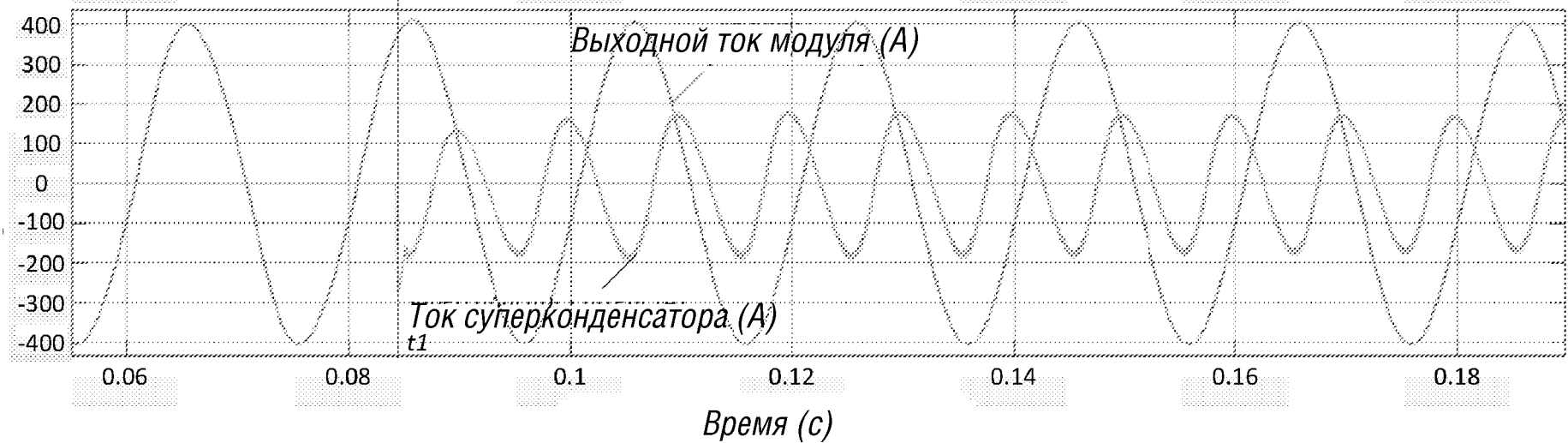
ФИГ.19



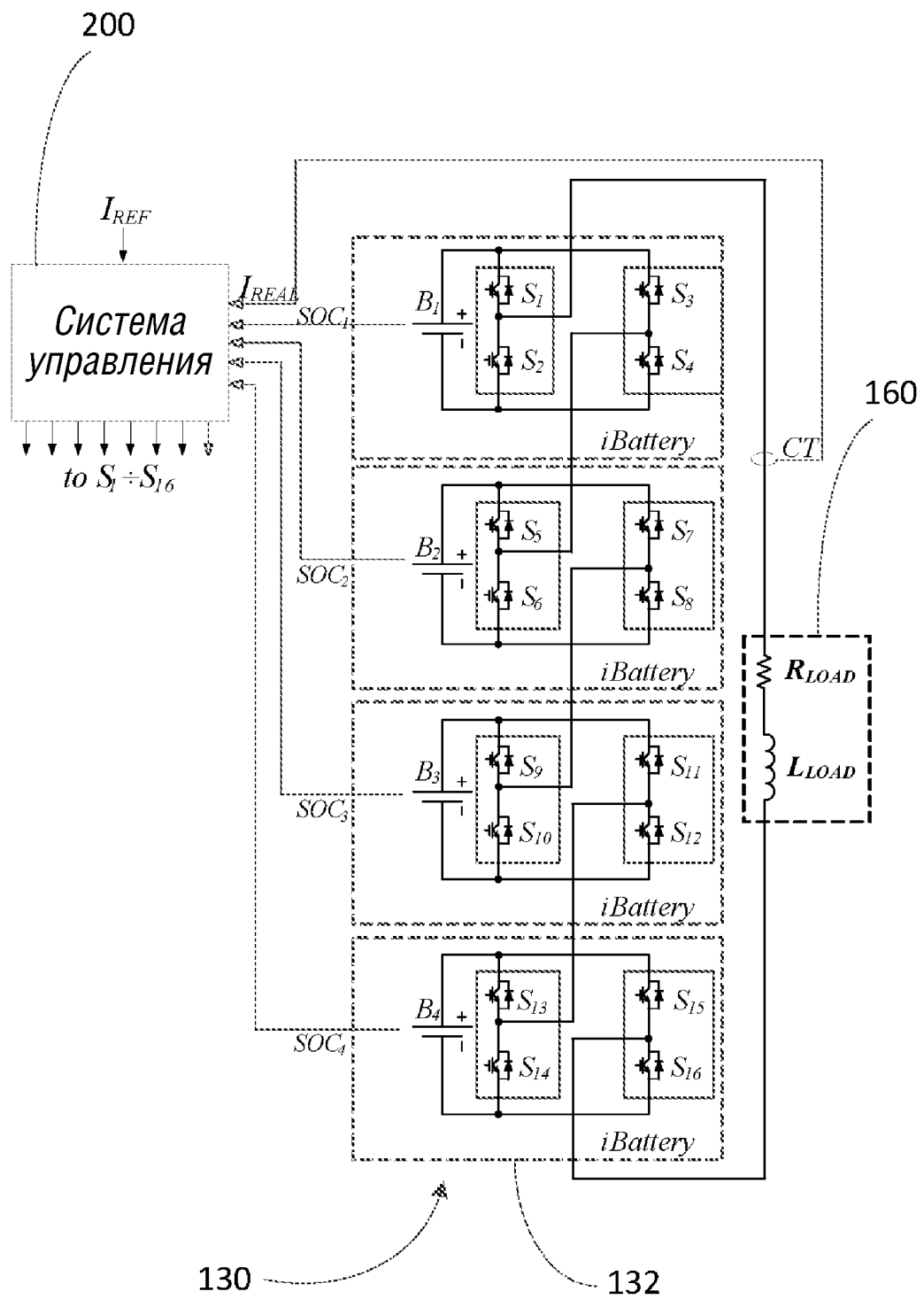
ФИГ.20А



ФИГ.20В



ФИГ.21



ФИГ.22

