

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202392970 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.12.14

(51) Int. Cl. *H01M 8/04007* (2016.01)  
*H01M 8/04029* (2016.01)  
*H01M 8/18* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.03.09

(54) БАТАРЕЙНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

(31) 10 2021 110 200.6

(72) Изобретатель:

(32) 2021.04.22

Лют Томас, Ленхарт Лоренц (DE)

(33) DE

(74) Представитель:

(86) PCT/EP2022/055968

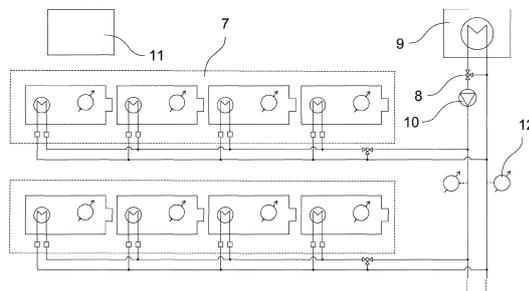
Медведев В.Н. (RU)

(87) WO 2022/223197 2022.10.27

(71) Заявитель:

ФОЙТ ПАТЕНТ ГМБХ (DE)

(57) Батарейная электростанция, включающая в себя множество батарейных модулей (1) типа Redox-Flow, причем эти батарейные модули расположены в нескольких параллельно включенных цепях (7) батарей, и при этом каждая цепь батарей включает в себя несколько батарейных модулей, которые включены последовательно, и при этом батарейная электростанция включает в себя систему охлаждения для снабжения теплообменников (5) батарейных модулей охлаждающей текучей средой, и при этом все батарейные модули соединены с прямым и обратным трубопроводом циркуляционного контура охлаждения так, что циркуляционный контур охлаждения образует параллельную схему всех батарейных модулей, и при этом система охлаждения включает в себя для каждого батарейного модуля по меньшей мере один клапан (6), который расположен так, что он может контролировать объемный поток охлаждающей текучей среды, который течет через теплообменник соответствующего батарейного модуля, и при этом система охлаждения включает в себя устройство (11) управления, которое выполнено так, что оно может обрабатывать регистрируемые сенсорами (4, 12) температуры результаты измерений и управлять положениями клапанов и трехходового клапана (8), чтобы улучшить эффективность батарейной электростанции.



A1

202392970

202392970

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-579443EA/025

### БАТАРЕЙНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Изобретение касается батарейной электростанции (батарейная силовая установка) с системой охлаждения, причем эта батарейная электростанция включает в себя множество отдельных батарейных накопителей энергии, которые электрически соединены друг с другом, чтобы потреблять или отдавать электрическую энергию. Изобретение касается батарейной электростанции, имеющей батарейные накопители энергии, которые выполнены в виде батареи Redox-Flow (англ. проточной окислительно-восстановительной батареи).

Такие батарейные электростанции, имеющие множество отдельных батарейных накопителей энергии, которые также называются батарейными модулями, известны из уровня техники. Так, WO 2014/170373 A2 раскрывает батарейную электростанцию, имеющую несколько параллельно включенных цепей батарей, причем эти цепи батарей включают в себя каждая несколько батарейных модулей постоянного тока, которые включены последовательно.

Кроме того, из уровня техники известно, что отдельные батарейные модули Redox-Flow могут располагать устройством охлаждения. Для этого такой батарейный модуль включает в себя один или несколько теплообменников, с помощью которых может охлаждаться электролит батарейного модуля. При этом теплообменник может быть расположен в разных местах батарейного модуля, например, в или на резервуаре для электролита, соответственно, одном из резервуаров, в ячейках батарейного модуля или на системе труб, по которой циркулирует электролит. В этой связи ссылаемся на публикации WO 2019/126381 A1, US 9,774,044 B2 и WO 2019/139566 A1.

Задачей изобретения является предложить батарейную электростанцию с батарейными накопителями энергии типа Redox-Flow и системой охлаждения, которая предназначена для улучшения эффективности батарейной электростанции.

Задача в соответствии с изобретением решается путем осуществления соответственно независимому пункту формулы изобретения. Задача решается также способом эксплуатации по независимому пункту на способ. Другие предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения содержатся в зависимых пунктах формулы изобретения.

Далее изобретение поясняется на фигурах. На фигурах показано, в частности:

фиг. 1: батарейный модуль типа Redox-Flow;

фиг. 2: предлагаемая изобретением батарейная электростанция;

фиг. 3: электрическая структура батарейной электростанции.

На фиг. 1 с левой стороны показан в схематичном изображении батарейный модуль типа Redox-Flow. Этот батарейный модуль обозначен 1. Батарейный модуль включает в себя систему ячеек, которая обозначена 2, и резервуарное устройство, которое обозначено 3. Система 2 ячеек представляет собой систему из множества ячеек Redox-Flow, которые

могут быть расположены любым образом. Например, речь могла бы идти об одном отдельном пакете ячеек (т.е. последовательной схеме из нескольких ячеек Redox-Flow), последовательной схеме из нескольких пакетов, параллельной схеме из нескольких пакетов или о комбинации последовательной и параллельной схемы из нескольких пакетов. Резервуарное устройство 3 служит для хранения электролита и для снабжения системы 2 ячеек электролитом. Для этого резервуарное устройство 3 включает в себя, на небольшими исключениями, по меньшей мере два резервуара, систему труб для соединения резервуара с системой 2 ячеек и насосы для перекачки электролита. При этом на фиг.1 показаны два отдельных насоса. Точно с тем же успехом электролит мог бы перекачиваться насосом с двойной головкой, т.е. двумя насосами, которые приводятся в движение от одного общего двигателя. При этом резервуарное устройство 3 выполнено так, что оно может снабжать электролитом все ячейки системы 2 ячеек. То есть когда насосы перекачивают электролит, то он протекает через все ячейки системы 2 ячеек.

Батарейный модуль 1 включает в себя по меньшей мере один сенсор температуры, который расположен так, что он может регистрировать температуру электролита. На фиг.1 изображены два таких сенсора, один из которых обозначен 4. Сенсоры 4 температуры в варианте осуществления в соответствии с фиг.1 расположены в резервуарном устройстве 3. Но с тем же успехом они могли бы быть расположены в любом другом надлежащем месте в батарейном модуле 1, в котором они могут регистрировать температуру электролита.

Батарейный модуль 1 включает в себя также по меньшей мере один теплообменник, который расположен и выполнен так, что он может обмениваться теплом с электролитом батарейного модуля 1, т.е. что он может отбирать у электролита тепло или подводить тепло к электролиту. На фиг.1 изображены два таких теплообменника, один из которых обозначен 5. Теплообменники 5 в варианте осуществления в соответствии с фиг.1 расположены в резервуарном устройстве 3. Но точно с тем же успехом они могли бы быть расположены в любом другом надлежащем месте в батарейном модуле 1, в котором они могут осуществлять теплообмен с электролитом. Чтобы теплообменник 5 мог выполнять свою функцию, через него должна протекать охлаждающая текучая среда, которая подводится к теплообменнику 5 извне батарейного модуля 1. Для этого предусмотрены надлежащие подводящие трубопроводы. На фиг.1 эти подводящие трубопроводы выполнены так, что два изображенных теплообменника 5 включены последовательно, т.е. охлаждающая текучая среда протекает сначала через один, а потом через другой теплообменник 5. Точно с тем же успехом теплообменники 5 могли бы быть также включены параллельно, соответственно, снабжаться охлаждающей текучей средой каждый отдельно друг от друга.

У батарейных модулей Redox-Flow на базе ванадия оба электролита (положительный и отрицательный электролит) показывают различное термическое поведение. Поэтому при последовательном включении теплообменников направление течения охлаждающей текучей среды выбиралось бы так, чтобы охлаждающая текучая

среда сначала протекала через теплообменник, который находится в контакте с положительным электролитом, а только потом через теплообменник, который находится в контакте с отрицательным электролитом.

В подводящих трубопроводах для снабжения теплообменников 5 охлаждающей текучей средой расположен по меньшей мере один клапан, с помощью которого может контролироваться протекание охлаждающей текучей среды через соответствующий теплообменник 5. На фиг.1 изображены два таких клапана, один из которых обозначен 6. Для обеспечения работоспособности изображенного на фиг.1 варианта осуществления достаточно было бы одного из двух клапанов 6. Если предусмотрены два клапана, то тем самым облегчается монтаж, соответственно, замена батарейного модуля 1 в предлагаемой изобретением батарейной электростанции (батарейной силовой установке), так как соответствующий батарейный модуль может полностью отсоединяться от циркуляционного контура охлаждения. На фиг.1 клапаны 6 изображены вне батарейного модуля 1. Точно с тем же успехом они могли бы быть частью батарейного модуля 1, т.е. расположены внутри штриховой рамки.

На правой стороне фиг.1 показан изображенный символическим образом батарейный модуль 1. При этом изображенная «внутренность» батарейного модуля 1 сведена к указанному по меньшей мере одному сенсору 4 температуры и указанному по меньшей мере одному теплообменнику 5.

На фиг.2 показана предлагаемая изобретением батарейная электростанция (батарейная силовая установка). Эта батарейная электростанция включает в себя множество отдельных батарейных модулей 1, причем эти батарейные модули расположены в нескольких параллельно включенных цепях батарей, и при этом каждая цепь батарей включает в себя несколько батарейных модулей 1, которые включены последовательно. На фиг.2 изображены две такие цепи батарей и обозначены каждая штриховой рамкой. При этом одна из изображенных цепей батарей обозначена 7.

Предлагаемая изобретением батарейная электростанция включает в себя систему охлаждения для снабжения теплообменников 5 батарейных модулей 1 охлаждающей текучей средой. Эта система охлаждения включает в себя прямой и обратный трубопровод. При этом все батарейные модули 1 батарейной электростанции соединены с прямым и обратным трубопроводом, т. е. циркуляционный контур охлаждения системы охлаждения образует параллельную схему всех батарейных модулей 1 батарейной электростанции. При этом для каждого батарейного модуля 1 предусмотрен по меньшей мере один клапан 6, с помощью которого может контролироваться протекание охлаждающей текучей среды через указанный или указанные теплообменники 5 соответствующего батарейного модуля 1.

Чтобы по возможности уменьшить общую длину труб системы охлаждения, целесообразно выполнить систему охлаждения так, чтобы теплообменники нескольких батарейных модулей образовывали так называемую ветвь охлаждения. Ветвь охлаждения включает в себя два параллельно проходящих трубопровода, причем каждый

принадлежащий ветви охлаждения батарейный модуль 1 соединен с обоими трубопроводами. Предлагается, чтобы, например, все батарейные модули, которые принадлежат одной цепи батарей, образовывали ветвь охлаждения. В отличие от электрического схемного монтажа батарейных модулей в цепи батарей, соответствующие теплообменники 5 батарейных модулей соединены в ветвь охлаждения так, что они образуют параллельную схему. Ветвь охлаждения может также соединять друг с другом батарейные модули больше чем одной цепи батарей. На фиг.2 показаны в качестве примера две цепи батарей, при этом батарейные модули каждой цепи батарей соединены соответствующей ветви охлаждения. При этом оба параллельно проходящих трубопровода ветвей охлаждения впадают каждый в ветвь охлаждения, которая расположена на фиг.2 справа и далее называется главной ветвью охлаждения. Ветви охлаждения и главная ветвь охлаждения образуют циркуляционный контур охлаждения.

Система охлаждения включает в себя также по меньшей мере один циркуляционный насос, с помощью которого может циркулировать охлаждающая текучая среда в циркуляционном контуре охлаждения. Если система охлаждения включает в себя только один циркуляционный насос, то он целесообразным образом расположен в главной ветви охлаждения. На фиг.2 изображенный циркуляционный насос обозначен 10. Так, система охлаждения включает в себя также прямой и обратный трубопровод, при этом теплообменники отдельных батарейных модулей соединены каждый с прямым и с обратным трубопроводом, как изображено на фиг.2.

Система охлаждения включает в себя, кроме того, по меньшей мере одно устройство охлаждения, которое обозначено 9 и соединено с прямым и обратным трубопроводом циркуляционного контура охлаждения. Устройство 9 охлаждения выполнено так, что оно может влиять на разность температуры между прямым и обратным трубопроводом. Такое устройство 9 охлаждения может включать в себя, например, теплообменник и вентилятор, причем этот теплообменник выполнен в виде жидкостно-газового теплообменника. Вентилятор заставляет холодный наружный воздух протекать мимо теплообменника, так что протекающая через теплообменник охлаждающая текучая среда охлаждается.

Система охлаждения включает в себя по меньшей мере один трехходовой клапан. На фиг.2 изображены всего 3 трехходовых клапана, один из которых обозначен 8. При этом один из трехходовых клапанов 8 расположен так, что он может контролировать объемный поток охлаждающей текучей среды, который течет через устройство 9 охлаждения. Так с помощью этого трехходового клапана можно влиять на разницу температур между прямым и обратным трубопроводом в главной ветви охлаждения и вместе с тем на мощность охлаждения системы охлаждения. Если объемный поток, который течет через устройство 9 охлаждения, повышается, то повышается разница температур между прямым и обратным трубопроводом в главной ветви охлаждения. Если предусмотрено больше одного устройства 9 охлаждения, то для каждого из предусмотренных устройств 9 охлаждения предусмотрен соответствующий трехходовой

клапан 8. Опционально также для каждой ветви охлаждения может быть предусмотрен трехходовой клапан 8, который расположен всегда так, что он может контролировать объемный поток охлаждающей текучей среды, который течет через соответствующую ветвь охлаждения, т.е. который течет через оба параллельно проходящих трубопровода ветви охлаждения. Так с помощью этих дополнительных трехходовых клапанов 8 можно влиять на разницу температур между прямым и обратным трубопроводом соответствующей ветви охлаждения. На фиг.2 в каждой изображенной ветви охлаждения расположен один такой трехходовой клапан 8. При необходимости в каждой из ветвей охлаждения может быть расположен другой насос, так чтобы при каждом положении соответствующего трехходового клапана еще обеспечивалась достаточная циркуляция охлаждающей текучей среды в каждой ветви охлаждения.

Наряду с сенсорами 4 температуры в отдельных батарейных модулях 1, система охлаждения включает в себя другие сенсоры температуры вне батарейных модулей 1. Они суммарно указаны на фиг.2 двумя символами сенсоров, один из которых обозначен 12. При этом речь идет по меньшей мере о сенсорах 12 для регистрации температуры в прямом и обратном трубопроводе циркуляционного контура охлаждения. Другие сенсоры 12 могут опционально регистрировать также температуру в прямом и обратном трубопроводе отдельных ветвей охлаждения. Далее, опционально сенсоры 12 температуры могут быть расположены в различных местах в батарейной электростанции, чтобы регистрировать температуру в этих местах.

Система охлаждения включает в себя также устройство управления, которое на фиг.2 обозначено 11. Это устройство 11 управления обрабатывает регистрируемые сенсорами 4 и 12 результаты измерений. Устройство 11 управления управляет положениями клапанов 6 и 8 так, что может улучшаться эффективность батарейной электростанции. Упомянутая эффективность может представлять собой, например, энергоэффективность в отношении отходящего тепла системы охлаждения. Но речь может также идти об электрической эффективности батарейной электростанции, как становится ясно из рассуждений ниже.

Устройство управления может при описанном управлении одновременно также учитывать и другие факторы. Такими дополнительными факторами являются, например, погода, соответственно, прогноз погоды, или же исторический и прогнозируемый профиль использования батарейной электростанции.

Устройство управления одновременно учитывает в управлении, конечно, также термическое поведение батарейных модулей. Вообще батарейный модуль типа Redox-Flow становится электрически эффективнее, когда он нагревается, так как вследствие этого уменьшается электрическое внутреннее сопротивление. Однако нельзя, чтобы температура батарейного модуля становилась слишком высокой, так как при превышении некоторой критической температуры начинаются процессы разрушения, которых следует в любом случае избегать. Т.е. управление с помощью устройства управления вообще должно рассчитываться так, чтобы батарейные модули оставались настолько теплыми,

насколько это возможно без их термического разрушения.

У батарейных модулей типа Redox-Flow на базе ванадия зарядка осуществляется в эндотермической реакции, а разрядка в экзотермической реакции. Т.е. без внешнего подвода тепла, соответственно, отвода тепла такая батарея охлаждается при зарядке и нагревается при разрядке.

Устройство 11 управления может быть выполнено централизованно. Но устройство 11 управления может также включать в себя децентрализованно расположенные подмодули управления. Так, например, каждый батарейный модуль 1 может включать в себя подмодуль управления, который обрабатывает регистрируемые расположенными в соответствующем батарейном модуле сенсорами 4 температуры результаты измерений и активирует принадлежащие соответствующему батарейному модулю клапаны 6. При этом подмодули управления могут действовать по меньшей мере частично автономно. При этом соединение между, возможно, имеющимися подмодулями управления, сенсорами 4 и 12 и клапанами 6 и 8 и блоком 11 управления может быть выполнено также беспроводным.

Изобретатели обнаружили, что предлагаемая изобретением батарейная электростанция может улучшать энергоэффективность электростанции по сравнению с традиционной батарейной электростанцией. При этом улучшение энергоэффективности достигается за счет уменьшения отходящего тепла батарейной электростанции. Изобретатели обнаружили, что при эксплуатации батарейной электростанции, имеющей батарейные модули типа Redox-Flow, постоянно возникают ситуации, в которых один или несколько батарейных модулей не должны охлаждаться, соответственно, даже должны нагреваться, чтобы как можно быстрее приходиться в оптимальную рабочую область, т. е. чтобы снижать внутреннее сопротивление и при этом повышать электрическую эффективность.

Так, батарейные модули, которые находятся в состоянии рабочей паузы (англ. Stand-by) или заряжаются, не нуждаются в охлаждении, так как они в этих состояниях уже охлаждаются самостоятельно. Также батарейные модули, которые вновь интегрируются в электростанцию, или которые подвергались техническому обслуживанию, нуждаются в тепле, чтобы достигать оптимальной рабочей температуры. Напротив, батарейные модули, которые разряжаются, вырабатывают при этом тепло и поэтому должны охлаждаться. У предлагаемой изобретением батарейной электростанции этот эффект может использоваться для уменьшения отходящего тепла батарейной электростанции. При этом способ эксплуатации предлагаемой изобретением батарейной электростанции включает в себя по меньшей мере одно рабочее состояние, в котором управление клапанами 6 и трехходовым клапаном 8 осуществляется так, что по меньшей мере один батарейный модуль поглощает тепло циркулирующей в циркуляционном контуре охлаждения охлаждающей текучей среды, которое было отдано охлаждающей текучей среде другим батарейным модулем. Другими словами, батарейные модули, которые поглощают тепло, действуют как охладители для батарейных модулей, которые отдают

тепло.

Это может достигаться несколькими путями. Простоты ради, для пояснения примем, что первый батарейный модуль В1 не нуждается в охлаждении, и что температура электролита в В1 равна  $T_1$ . Далее, примем, что второй батарейный модуль В2 нуждается в охлаждении, и что температура электролита в В2 равна  $T_2$ . Тогда пусть  $T_1 < T_2$ . Чтобы достичь желаемого потока тепла от В2 в В1, принадлежащий устройству охлаждения трехходовой клапан может активироваться так, чтобы устанавливалась такая температура  $T_V$  прямого трубопровода, чтобы было  $T_1 < T_V < T_2$ . Теперь, если устройство охлаждения (временно) будет выключено из циркуляционного контура охлаждения, неизбежно будет происходить желаемый поток тепла от В2 в В1. Другая возможность заключается в том, чтобы на некоторое время к циркуляционному контуру охлаждения был подключен только В2, в то время как В1 выключен - тогда В2 отдает тепло охлаждающей текучей среде, и вслед за этим только В1 на некоторое время подключается к циркуляционному контуру охлаждения, в то время как В2 выключен - тогда В1 забирает тепло из охлаждающей текучей среды. Для подключения к циркуляционному контуру охлаждения и выключения из циркуляционного контура охлаждения применяются принадлежащие батарейным модулям клапаны 6. Также при второй возможности устройство охлаждения на время желаемого потока тепла выключено из циркуляционного контура охлаждения (посредством соответствующего трехходового клапана 8).

Общий случай, включающий в себя много батарейных модулей, которые не нуждаются в охлаждении, и много батарейных модулей, которые должны охлаждаться, можно описать так, что трехходовой клапан 8 устройства охлаждения активируется так, что температура  $T_V$  находится вблизи средней температуры электролита батарейных модулей. Дополнительно управление клапанами 6 батарейных модулей осуществляется так, что соответствующие батарейные модули периодически включаются в циркуляционный контур охлаждения, соответственно, выключаются из него, при этом длина полупериодов зависима от потребности в охлаждении, соответственно, потребности в тепле соответствующих батарейных модулей.

Опциональные трехходовые клапаны 8 для отдельных ветвей охлаждения позволяют получить дополнительные степени свободы для эксплуатации предлагаемой изобретением батарейной электростанции, так как с их помощью могут индивидуально устанавливаться температуры прямого трубопровода отдельных ветвей охлаждения. Кроме того, с их помощью отдельные ветви охлаждения могут полностью включаться в циркуляционный контур охлаждения или выключаться из циркуляционного контура охлаждения. Это предпочтительно тогда, когда одна или несколько ветвей охлаждения в целом имеют иную потребность в тепле, чем другие ветви охлаждения. Это может случаться, например, тогда, когда батарейные модули одной или нескольких ветвей охлаждения расположены в электростанции в местах, в которых имеется другая температура окружающей среды. Это случается, например, когда батарейные модули в

электростанции расположены штабелем друг над другом. Батарейные модули, расположенные сверху, подвергаются влиянию более высокой температуры воздуха, так как верхние слои воздуха нагреваются отходящим теплом батарейных модулей, лежащих под ними. Тогда целесообразно, чтобы батарейные модули каждого из разных вертикальных уровней объединялись в ветви охлаждения. С помощью принадлежащих ветвям охлаждения трехходовых клапанов температура в прямом трубопроводе в ветвях охлаждения может устанавливаться так, чтобы температура прямого трубопровода для ветвей охлаждения, расположенных выше, была ниже, чем температура прямого трубопровода ветвей охлаждения, расположенных ниже.

Изобретатели обнаружили, что другие предпочтительные рабочие режимы для предлагаемой изобретением батарейной электростанции могут предлагаться, если подумать о том, что такая батарейная электростанция часто должна работать в режиме частичной нагрузки. Причем этот режим частичной нагрузки может реализовываться разным образом. Для почти всех возможных способов реализации могут предлагаться виды эксплуатации, при которых эффективность такой батарейной электростанции в соответствии с изобретением может повышаться. Для описания этих режимов работы далее подробнее поясняется электрическая структура такой батарейной электростанции.

На фиг.3 показана электрическая структура батарейной электростанции, изображенная сильно упрощенным образом. С левой стороны указаны цепи батарей, имеющие последовательное включение батарейных модулей. Каждая цепь батарей окружена штриховым прямоугольником. Каждый батарейный модуль может с помощью пары выключателей включаться в цепь батарей или выключаться из нее. Каждая цепь батарей соединена с DC-DC-конвертером. При этом один из DC-DC-конвертеров обозначен 13. Несколько цепей батарей соединены друг с другом каждая через шину постоянного тока и образуют так по группе цепей батарей. При этом DC-DC-конвертеры всегда расположены между соответствующей шиной постоянного тока и цепями батарей. Каждая группа цепей батарей через DC-AC-преобразователь соединена с шиной переменного тока батарейной электростанции. Один из DC-AC-преобразователей обозначен 15. На фиг.3 каждые три цепи батарей образуют одну группу цепей батарей. Однако количество цепей батарей в каждой группе цепей батарей может быть любым и зависит только от производительности применяемых DC-AC-преобразователей и номинальной мощности цепей батарей. Шина переменного тока соединена трансформатором с сетью передачи.

С правой стороны фиг.3 показана принадлежащая батарейной электростанции управляющая структура. Каждая цепь батарей имеет собственное управление, одно из которых обозначено 14. Каждая группа цепей батарей имеет, в свою очередь, собственное управление, одно из которых обозначено 16. Принадлежащее батарейной электростанции центральное управление обозначено 17. При этом нижестоящие управления 14 и 16 могут быть выполнены отдельно или интегрированы в принадлежащее центральному управлению устройство управления. То же самое относится к принадлежащему системе

охлаждения устройству 11 управления.

Для реализации режима частичной нагрузки батарейной электростанции есть несколько возможностей:

A: все батарейные модули эксплуатируются с частичной нагрузкой;

B: в некотором количестве цепей батарей один или несколько батарейных модулей выключаются из соответствующих цепей батарей и переходят при этом в режим Stand-by;

C: одна или несколько цепей батарей эксплуатируются с частичной нагрузкой или переходят в режим Stand-by;

D: одна или несколько групп цепей батарей эксплуатируются с частичной нагрузкой или переходят в режим Stand-by.

Рабочий режим A частичной нагрузки дает то преимущество, что благодаря этому батарейная электростанция может сохранять гомогенное состояние, так как все батарейные модули эксплуатируются равномерно, и так можно практически избежать неодинакового состояния заряда батарейных модулей. Однако в отношении повышения эффективности батарейной электростанции при этом рабочем режиме именно из-за этой гомогенности не имеется или имеется мало возможностей.

При рабочих режимах B-D частичной нагрузки по меньшей мере время от времени получается неодинаковое состояние заряда батарейных модулей, так как по меньшей мере некоторые батарейные модули по сравнению с остальными батарейными модулями заряжаются менее быстро, соответственно, совсем не заряжаются, соответственно, разряжаются. Однако путем периодической перемены упомянутых батарейных модулей можно уменьшать или даже на долгий срок избегать создаваемого этим неравновесия. В отношении повышения эффективности батарейной электростанции при рабочих режимах B-D частичной нагрузки, напротив, получаются некоторые преимущества. Так, конечно, в рабочих режимах C и D также соответствующие DC-DC-конвертеры, соответственно, DC-AC-преобразователи могут переходить в Stand-by и так экономить энергию. Кроме того, как описано выше, батарейные модули, которые находятся в Stand-by, могут поглощать тепло и так служить охладителями для остальных батарейных модулей. Это предпочтительно сказывается тогда, когда при соответствующем рабочем режиме частичной нагрузки речь идет о процессе разрядки, так при разрядке вырабатывается тепло и поэтому становится нужным охлаждение. Ясно, что в таких рабочих режимах устройство 11 управления системы охлаждения применяет информацию о каждом текущем имеющемся электрическом состоянии (Stand-by, разрядка, зарядка) батарейных модулей для управления клапанами 6 и трехходовыми клапанами 8.

Описанный положительный эффект может еще больше усиливаться в рабочих режимах C и D частичной нагрузки при разрядке, когда соответствующие цепи батарей, соответственно, группы цепей батарей не приводятся в Stand-by, а включаются на зарядку. Т.е. в то время, когда большая часть батарейных модулей разряжается, остальные батарейные модули заряжаются. Отдача мощности батарейной электростанции получается тогда из разности мощности двух групп батарейных модулей. Так как зарядка

батареи Redox-Flow проходит эндотермически, охлаждающее действие включенных на зарядку батарейных модулей соответственно больше по сравнению со Stand-by. Получается ли при этом повышение эффективности по сравнению с рабочими режимами, которые применяют Stand-by, зависит от многих факторов и поэтому должно рассматриваться в каждом отдельном случае. Иногда будет выгоднее временно активировать устройство 9 охлаждения, если мощности охлаждения батарейных модулей в Stand-by больше не достаточно.

Чтобы батарейная электростанция была предназначена для осуществления вышеописанного способа автоматизированным образом, она включает в себя компьютерную систему. Термин компьютерная система обозначает все устройства, которые предназначены, чтобы автоматизированным образом выполнять описанные этапы способа, в частности также специально для этого разработанные ICs (integrated circuits, англ. интегральные схемы) или микроконтроллеры, а также ASICs (ASIC: application specific integrated circuits, англ. специализированные интегральные схемы для конкретного применения). При этом устройство 11 управления, соответственно, управления 14, 16 сами могут включать в себя надлежащую компьютерную систему. Альтернативно компьютерная система может также представлять собой отдельное устройство или быть частью отдельного устройства. Настоящая заявка направлена также на компьютерную программу, которая включает в себя команды, способствующие осуществлению батарейной электростанцией вышеописанных способов. Кроме того, настоящая заявка направлена машиночитаемый носитель, на котором сохранена такая компьютерная программа.

В заключение следует упомянуть, что большие батарейные электростанции могут включать в себя также несколько зданий, при этом в каждом здании расположены несколько параллельно включенных цепей батарей. При этом для каждого здания может быть предусмотрена отдельная система охлаждения, или одна общая система охлаждения для всех зданий. В первом случае каждое здание в отдельности можно было бы уже рассматривать как батарейную электростанцию в смысле настоящего изобретения. Во втором случае совокупность зданий можно было бы рассматривать как батарейную электростанцию в смысле настоящего изобретения.

## **СПИСОК ССЫЛОЧНЫХ ПОЗИЦИЙ**

- 1 Батарейный модуль
- 2 Система ячеек
- 3 Резервуарное устройство
- 4 Сенсор температуры
- 5 Теплообменник
- 6 Клапан
- 7 Цепь батарей
- 8 Трехходовой клапан

- 9 Устройство охлаждения
- 10 Циркуляционный насос
- 11 Устройство управления системы охлаждения
- 12 Сенсор температуры
- 13 DC-DC-конвертер
- 14 Управление цепи батарей
- 15 DC-AC-преобразователь
- 16 Управление группы цепей батарей
- 17 Центральное управление батарейной электростанции

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Батарейная электростанция, включающая в себя множество батарейных модулей (1) типа Redox-Flow, причем эти батарейные модули расположены в нескольких параллельно включенных цепях (7) батарей, и при этом каждая цепь (7) батарей включает в себя несколько батарейных модулей (1), которые включены последовательно, и при этом каждый батарейный модуль (1) включает в себя резервуарное устройство (3) для хранения электролита, по меньшей мере один сенсор (4) температуры и по меньшей мере один теплообменник (5), при этом сенсор (4) температуры расположен так, что он пригоден для регистрации температуры электролита, и при этом теплообменник (5) расположен и выполнен так, что он имеет возможность обмена теплом с электролитом, и при этом батарейная электростанция включает в себя систему охлаждения для снабжения теплообменников (5) батарейных модулей (1) охлаждающей текучей средой, и при этом система охлаждения включает в себя циркуляционный контур охлаждения с прямым и обратным трубопроводом, по меньшей мере одно устройство (9) охлаждения и по меньшей мере один циркуляционный насос (10) для циркуляции охлаждающей текучей среды в циркуляционном контуре охлаждения, и при этом устройство (9) охлаждения выполнено так, что оно имеет возможность влияния на разность температуры между прямым и обратным трубопроводом, и при этом система охлаждения включает в себя по меньшей мере два других сенсора (12) температуры для регистрации температуры прямого и обратного трубопровода, отличающаяся тем, что все батарейные модули (1) соединены с прямым и обратным трубопроводом циркуляционного контура охлаждения так, что циркуляционный контур охлаждения образует параллельную схему включения всех батарейных модулей (1), и при этом система охлаждения включает в себя по меньшей мере один трехходовой клапан (8), который расположен так, что он имеет возможность контролирования объемного потока охлаждающей текучей среды, который протекает через устройство (9) охлаждения, и при этом система охлаждения включает в себя для каждого батарейного модуля (1) по меньшей мере один клапан (6), который расположен так, что он имеет возможность контролирования объемного потока охлаждающей текучей среды, которая течет через теплообменник (5) соответствующего батарейного модуля (1), и при этом система охлаждения включает в себя устройство (11) управления, которое выполнено так, что оно имеет возможность обработки регистрируемых сенсорами (4, 12) температуры результатов измерений и управления положениями клапанов (6) и трехходового клапана (8), чтобы улучшить эффективность батарейной электростанции.

2. Батарейная электростанция по п.1, при этом несколько батарейных модулей (1) образуют ветвь охлаждения, причем эта ветвь охлаждения включает в себя два параллельно проходящих трубопровода, и при этом каждый принадлежащий ветви охлаждения батарейный модуль соединен с обоими упомянутыми трубопроводами так, что они образуют параллельную схему, и при этом для ветви охлаждения предусмотрен трехходовой клапан (8), который расположен так, что он имеет возможность контролирования объемного потока охлаждающей текучей среды, который течет через

соответствующую ветвь охлаждения, и при этом устройство (11) управления выполнено так, что оно имеет возможность управления положением принадлежащего ветви охлаждения трехходового клапана (8).

3. Способ эксплуатации батарейной электростанции, при этом батарейная электростанция включает в себя множество батарейных модулей (1) типа Redox-Flow, и причем эти батарейные модули (1) расположены в нескольких параллельно включенных цепях (7) батарей, и при этом каждая цепь (7) батарей включает в себя несколько батарейных модулей (1), которые включены последовательно, и при этом каждый батарейный модуль (1) включает в себя резервуарное устройство (3) для хранения электролита, по меньшей мере один сенсор (4) температуры и по меньшей мере один теплообменник (5), при этом сенсор (4) температуры расположен так, что он имеет возможность регистрации температуры электролита, и при этом теплообменник (5) расположен и выполнен так, что он имеет возможность обмена теплом с электролитом, и при этом батарейная электростанция включает в себя систему охлаждения для снабжения теплообменников (5) батарейных модулей (1) охлаждающей текучей средой, и при этом система охлаждения включает в себя циркуляционный контур охлаждения с прямым и обратным трубопроводом, по меньшей мере одно устройство (9) охлаждения и по меньшей мере один циркуляционный насос (10) для циркуляции охлаждающей текучей среды в циркуляционном контуре охлаждения, и при этом устройство (9) охлаждения выполнено так, что оно имеет возможность влияния на разность температуры между прямым и обратным трубопроводом, и при этом система охлаждения включает в себя по меньшей мере два других сенсора (12) температуры для регистрации температуры прямого и обратного трубопровода, и при этом все батарейные модули (1) соединены с прямым и обратным трубопроводом циркуляционного контура охлаждения так, что циркуляционный контур охлаждения образует параллельную схему включения всех батарейных модулей, и при этом система охлаждения включает в себя по меньшей мере один трехходовой клапан (8), который расположен так, что он имеет возможность контролирования объемного потока охлаждающей текучей среды, который течет через устройство (9) охлаждения, и при этом система охлаждения включает в себя для каждого батарейного модуля (1) по меньшей мере один клапан (6), который расположен так, что он имеет возможность контролирования объемного потока охлаждающей текучей среды, который течет через теплообменник (5) соответствующего батарейного модуля (1), и при этом система охлаждения включает в себя устройство (11) управления, которое выполнено так, что оно имеет возможность обработки регистрируемых сенсорами (4, 12) температуры результатов измерений и управления положениями клапанов (6) и трехходового клапана (8), и при этом способ включает в себя по меньшей мере одно рабочее состояние, в котором клапанами (6) и трехходовым клапаном (8) управляют так, что по меньшей мере один батарейный модуль (1) поглощает тепло циркулирующей в циркуляционном контуре охлаждения охлаждающей текучей среды, которое было отдано охлаждающей текучей среде другим батарейным модулем (1).

4. Способ по п.3, при этом несколько батарейных модулей (1) образуют ветвь охлаждения, причем эта ветвь охлаждения включает в себя два параллельно проходящих трубопровода, и при этом каждый принадлежащий ветви охлаждения батарейный модуль соединен с обоими упомянутыми трубопроводами так, что они образуют параллельную схему, и при этом для ветви охлаждения предусмотрен трехходовой клапан (8), который расположен так, что он имеет возможность контролирования объемного потока охлаждающей текучей среды, который течет через соответствующую ветвь охлаждения, и при этом устройство (11) управления выполнено так, что оно имеет возможность управления положением принадлежащего ветви охлаждения трехходового клапана (8).

5. Способ по п.3 или 4, при этом батарейная электростанция в указанном по меньшей мере одном рабочем состоянии эксплуатируется с частичной нагрузкой, и указанный по меньшей мере один батарейный модуль (1), который поглощает тепло циркулирующей в циркуляционном контуре охлаждения охлаждающей текучей среды, находится в режиме Stand-by.

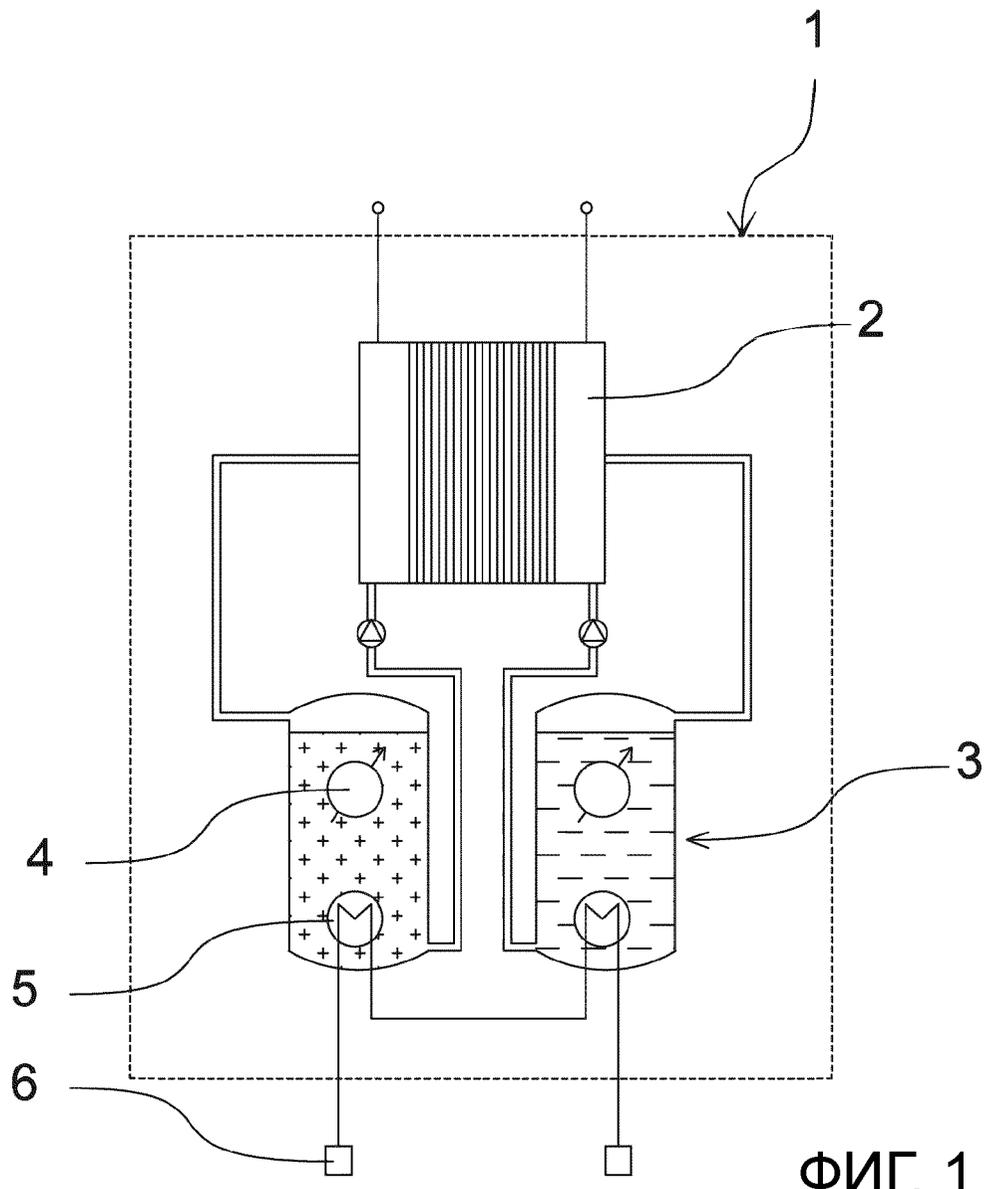
6. Способ по п.3 или 4, при этом батарейная электростанция в указанном по меньшей мере одном рабочем состоянии эксплуатируется с частичной нагрузкой, и указанный по меньшей мере один батарейный модуль (1), который поглощает тепло циркулирующей в циркуляционном контуре охлаждения охлаждающей текучей среды, заряжается.

7. Батарейная электростанция по п.1 или 2, которая предназначена для осуществления способа по одному из пп.3-6 автоматизированным образом.

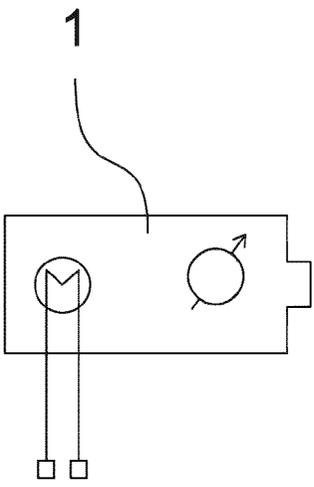
8. Компьютерная программа, включающая в себя команды, способствующие осуществлению батарейной электростанцией по п.7 способа по одному из пп.3-6.

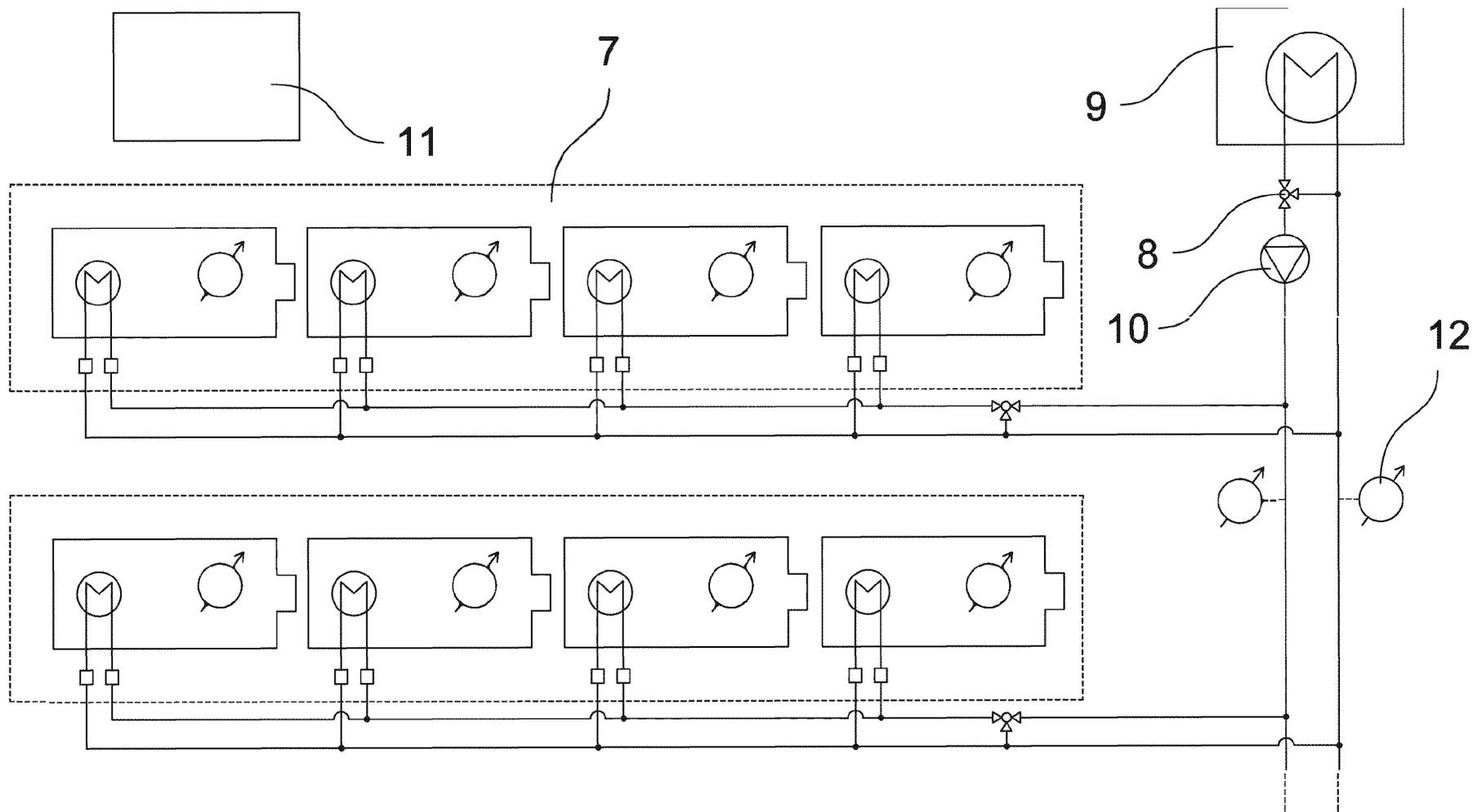
9. Машиночитаемый носитель, на котором сохранена компьютерная программа по п.8.

По доверенности

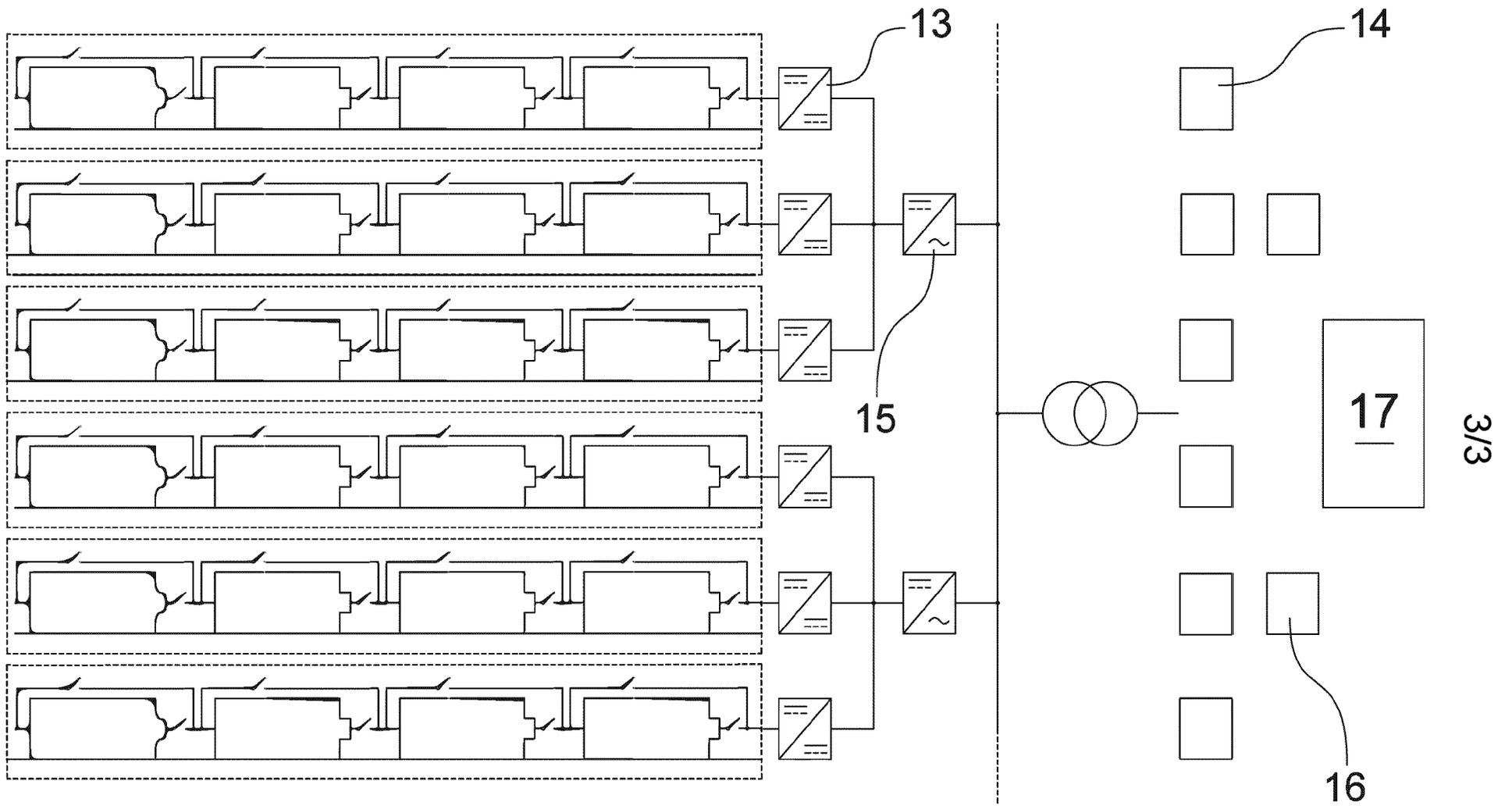


ФИГ. 1





ФИГ. 2



ФИГ. 3