

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202392381** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.11.15

(22) Дата подачи заявки
2022.03.17

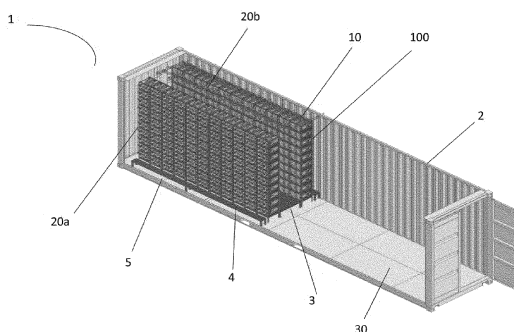
(51) Int. Cl. **C25B 1/04** (2021.01)
C25B 9/19 (2021.01)
C25B 9/77 (2021.01)
C25B 15/023 (2021.01)
C25B 15/025 (2021.01)
C25B 15/027 (2021.01)
C25B 15/031 (2021.01)
C25B 15/08 (2006.01)

(54) МОДУЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

(31) **2103709.8**
(32) **2021.03.17**
(33) **GB**
(86) **PCT/EP2022/057014**
(87) **WO 2022/195021** **2022.09.22**
(88) **2022.12.08**
(71) Заявитель:
ЭНАПТЕР С.Р.Л. (IT)

(72) Изобретатель:
**Айзенлор Холгер, Шмидт Ян-Юстус,
Ван дер Пут Элла Марийке, Лудон
Кай, Пинто Вито, Персикетти
Алессандро (IT)**
(74) Представитель:
**Гизатуллин Ш.Ф., Гизатуллина
Е.М., Угрюмов В.М., Строкова О.В.,
Костюшенкова М.Ю., Джермакян Р.В.
(RU)**

(57) Контейнерная модульная система электрохимических элементов, содержащая корпус и множество электрохимических батарей, установленных с возможностью отделения внутри указанного корпуса, причем каждая батарея содержит один или несколько электрохимических элементов, один или несколько впусков текучей среды для приема исходного материала и один или несколько выпусков для продукта, при этом батареи располагаются по меньшей мере в одной цепочке, причем каждая цепочка содержит две или большее число батарей, при этом батареи в каждой цепочке выполнены с возможностью последовательного электрического соединения, и каждая цепочка выполнена с возможностью присоединения к источнику электроэнергии, причем каждая батарея или цепочка выполнена с возможностью независимого приведения в действие; и при этом каждая цепочка содержит по меньшей мере один впускной коллектор исходного материала, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды с одним или несколькими впусками батарей цепочки для распределения исходного материала между впусками батарей, и по меньшей мере один выпускной коллектор продукта, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды с одним или несколькими выпусками батарей цепочки; и средство регулирования потока, выполненное с возможностью регулирования потока текучей среды через один или несколько впусков и/или один или несколько выпусков.



A1

202392381

202392381

A1

МОДУЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ОПИСАНИЕ

Область техники, к которой относится настоящее изобретение

Настоящее изобретение относится к контейнерной системе, содержащей ряд модульных электрохимических устройств, предпочтительно, но не обязательно ограничиваясь электролизерами для электролитического производства водорода.

Предшествующий уровень техники настоящего изобретения

Водород находит применение во множестве областей от хранения энергии до производства удобрений. Водород может быть получен из многих источников. Некоторые из этих источников, такие как ископаемое топливо, оказываются нежелательными по очевидным экологическим причинам. Таким образом, существует необходимость в обеспечении производства водорода надежным и устойчивым способом.

Электролизеры представляют собой устройства, которые используются для производства водорода и кислорода в процессе расщепления молекул воды. Такие устройства можно питать возобновляемой энергией, используя в том числе избыточную энергию, таким образом, что водород можно будет использовать в качестве средства хранения энергии, например, в дополнение к батареям. Электролизеры обычно относятся к одной из трех основных доступных в настоящее время технологий, которые представляют собой анионообменные мембраны (АОМ), протонообменные мембраны (ПОМ) и жидкие щелочные системы. Жидкие щелочные системы представляют собой наиболее устоявшуюся технологию, в то время как протонообменные мембраны разработаны в несколько меньшей степени. С другой стороны, электролизеры с анионообменными мембранами созданы на основе относительно новой технологии. Доступны и другие технологии, такие как твердооксидный электролиз, но они не будут обсуждаться далее в настоящем документе.

Электролизеры с анионообменными мембранами и протонообменными мембранами основаны на переносе ионов из одной полуэлемента в другой в целях производства водорода. Системы с анионообменными мембранами основаны на движении гидроксидных ионов OH^- , в то время как системы с протонообменными мембранами основаны на движении водородных ионов H^+ через мембрану.

Другие электрохимические устройства представляют собой топливные элементы, электрохимические компрессоры или устройства электрохимической очистки. Каждое из этих устройств может быть использовано отдельно, но также может оказаться, что оно составляет часть единого устройства, производящего водород.

В настоящее время общепринятая практика представляет собой определение размера одной электрохимической батареи для определенной цели. Однако общий недостаток такой практики представляет собой необходимая энергия активации для каждой батареи, особенно имеющей такой размер, и это означает, что при наличии меньшей мощности батарея не работает. Результат представляет собой недостаточное использование доступной энергии и снижение способности реагировать на колебания мощности.

Задача аспектов настоящего изобретения представляет собой создание улучшенных средств и способа размещения и эксплуатации модульных электрохимических устройств, способных использовать такое количество энергии, которое является доступным.

Краткое раскрытие настоящего изобретения

Согласно одному аспекту, который описан в настоящем документе, предлагается контейнерная модульная система электрохимических элементов, содержащая корпус; и множество электрохимических батарей, установленных с возможностью отделения внутри указанного корпуса, причем каждая батарея содержит один или несколько электрохимических элементов, один или несколько впусков текучей среды для приема исходного материала и один или несколько выпусков продукта, причем батареи располагаются по меньшей мере в одной цепочке, причем каждая цепочка содержит две или большее число батарей, при этом батареи в каждой цепочке выполнены с возможностью последовательного электрического соединения, причем каждая цепочка выполнена с возможностью присоединения к источнику электроэнергии, и при этом каждая батарея или цепочка выполнена с возможностью независимого приведения в действие; и при этом каждая цепочка содержит по меньшей мере один впускной коллектор исходного материала, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды в один или несколько впусков батарей цепочки для распределения исходного материала между одним или несколькими впусками батарей, и по меньшей мере один выпускной коллектор для продукта, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды с одним или несколькими выпусками батарей цепочки; а также

средство для регулирования потока, выполненное с возможностью регулирования потока текучей среды через один или несколько впусков и/или один или несколько выпусков.

Согласно другому аспекту, который описан в настоящем документе, предлагается контейнерная модульная система электрохимических элементов, содержащая:

- корпус;
- множество электрохимических батарей, установленных с возможностью отделения внутри указанного корпуса, причем каждая батарея содержит один или несколько электрохимических элементов, при этом один или несколько электрохимических элементов располагаются в последовательной конфигурации с образованием указанной батареи, причем каждая батарея содержит один или несколько впусков текучей среды для приема исходного материала и один или несколько выпусков продукта; при этом:

- две или большее число батарей образуют цепочку, причем внутри корпуса располагаются одна или несколько цепочек батарей; и

- источник электроэнергии находится в функциональном соединении с каждой цепочкой, причем батареи каждой цепочки находятся в последовательном электрическом соединении;

причем каждая цепочка содержит по меньшей мере один выпуск исходного материала, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды с одним или несколькими впусками одной или нескольких соответствующих батарей, и по меньшей мере один выпуск продукта находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды с каждым из одного или нескольких выпусков одной или нескольких соответствующих батарей; при этом система дополнительно содержит:

- средство для распределения исходного материала между впусками исходного материала; средство для регулирования потока, проходящего через указанный выпуск исходного материала и/или один или несколько указанных выпусков каждой батареи, причем указанное средство для регулирования потока выполнено с возможностью избирательного открытия и закрытия, соответственно, одного или нескольких впусков и/или одного или нескольких выпусков; и

- компьютеризованное средство для управления источником электроэнергии для независимого регулирования энергии, которую получает каждая цепочка электрохимических элементов.

При использовании в настоящем документе термин «текучая среда» предпочтительно может означать как жидкость (например, поток жидкой воды или электролита), так и газ (например, поток газообразного водорода или кислорода).

При этом предусматривается, что может быть использовано любое электрохимическое устройство, согласно предпочтительному варианту осуществления электрохимические устройства могут представлять собой электролизеры. Однако специалист в данной области техники должен понимать, что требуемые впуски и выпуски будут различаться в зависимости от природы электрохимического устройства.

Согласно примерному варианту осуществления может быть предусмотрено средство регулирования, которое находится в сообщении с возможностью передачи информации с указанным средством для доставки исходного материала и выполнено с возможностью управления указанным средством для доставки исходного материала в целях доставки порций исходного материала в один или несколько впусков в зависимости от колебаний доступной энергии и/или мощности. Согласно примерному варианту осуществления предусмотрено средство для циркуляции отработанного электролита в целях повторного использования.

При использовании в настоящем документе термины «электролитическая батарея», «электрохимическая батарея» и «электролизер» предназначены для описания модульных электролизеров, электролизерных батарей и других модульных электрохимических устройств, таких как, но без обязательного ограничения, компрессоры, очистители, топливные элементы или датчики.

При использовании в настоящем документе термин «модульное устройство», как правило, означает устройство, содержащее больше вспомогательных компонентов, чем собственно батарея. Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, в которых используются батареи, предусмотрено, что устройства содержат больше общего вспомогательного оборудования.

При использовании в настоящем документе термин «исходный материал», как правило, означает любой материал, который поступает в электрохимический элемент. Согласно вариантам осуществления, в которых используются электролизеры, этот материал, как правило, представляет собой электролит, такой как КОН для электролизеров с анионообменной мембраной или деионизированная вода для электролизеров с протонообменной мембраной. Согласно вариантам осуществления, в которых используются топливные элементы, этот материал может преимущественно представлять собой материал на основе водорода и материал, имеющий значительное содержание кислорода. Электрохимические кислородные или водородные компрессоры, как правило, получают исходный материал в потоках, содержащих существенное количество каждого газа. Настоящее изобретение не должно обязательно ограничиваться такими параметрами.

При этом предусматривается, что корпус может представлять собой контейнер; при использовании в настоящем документе термин «корпус» предназначен для описания любой конфигурации, содержащей основание, на котором расположены модули, или общее помещение. Указанное основание или эквивалентное помещение может содержать или не содержать наружные стенки и/или покрытие.

Предусматривается, что средства для циркуляции исходного материала могут представлять собой, но не должны обязательно ограничиваться ими, вентиляторы или резервуары для хранения под давлением и соответствующие клапаны для регулируемого высвобождения. Термины «циркуляция» и «распределение» используются взаимозаменяемым образом, причем термин «циркуляция» используется в вариантах осуществления, в которых присутствует замкнутый контур для электролита или эквивалентное устройство, используемое согласно вариантам осуществления с электролизерами.

При этом предусматривается, что каждая цепочка использует общий источник электроэнергии; согласно предпочтительному варианту осуществления источник электроэнергии для каждой цепочки находится в последовательном соединении. В качестве альтернативы, энергию может получать каждая батарея, находящаяся в составе цепочки в параллельном соединении. При этом сами цепочки получают энергию из определенных источников в параллельном или множественном последовательном соединении. Независимо от того, что передача электроэнергии осуществляется в последовательном или параллельном соединении, предусматривается, что каждая батарея имеют передний конец или контакт и задний конец или контакт, причем передний конец выполнен с возможностью получения передаваемой электроэнергии от положительного или отрицательного полюса, и задний конец выполнен с возможностью получения передаваемой электроэнергии от отрицательного или положительного полюса. Согласно вариантам осуществления с использованием топливных элементов, в которых производится электроэнергия, предусматривается, что каждая цепочка обеспечивает электроэнергию, причем эта электроэнергия передается последовательно каждой батареей в указанной цепочке.

Согласно настоящему изобретению соединения с возможностью переноса текучей среды присутствуют как на впусках, так и на выпусках. Соединения с возможностью переноса текучей среды могут снабжаться от общего коллектора, а также предусматривается, что они могут быть последовательными или параллельными. Согласно предпочтительному варианту осуществления параллельное средство для

введения и вывода текучих сред предусмотрено для обеспечения поддержания требуемого давления.

При этом предусматривается, что могут использоваться разнообразные корпуса; согласно предпочтительному варианту осуществления используется транспортировочный контейнер.

Согласно предпочтительному варианту осуществления средство для регулирования потока предусмотрено на выпуске, но, в качестве дополнения или в качестве альтернативы, это средство может быть предусмотрено на единственном или каждом впуске. При этом предусматривается, что может быть использовано любое средство для регулирования потока, причем, как правило, находят применение контрольные или регулировочные клапаны.

Согласно предпочтительному варианту осуществления, электрохимические батареи содержат по меньшей мере анодный и катодный полуэлементы, которые предпочтительно разделяет полимерная ионообменная мембрана, предпочтительнее представляющая собой анионообменную мембрану. Предусматривается, что впуск предназначен для введения топлива, окислителя, воды или эквивалентного материала. Такие текучие среды могут представлять собой любой один или несколько из следующих материалов: водород, кислород, метанол, метан, диоксид углерода, монооксид углерода или деионизированная вода.

При этом предусматривается, что каждая батарея может быть обеспечена своим собственным источником электроэнергии с образованием цепочки одного электрохимического устройства; согласно предпочтительному варианту осуществления цепочка содержит более двух электрохимических устройств. Цепочка содержит предпочтительно от 2 до 20 электрохимических устройств, предпочтительнее от 2 до 10 электрохимических устройств и еще предпочтительнее от 4 до 6 электрохимических устройств.

При этом исходный материал может быть утилизирован после использования; согласно некоторым вариантам осуществления, например, когда используется электролизер, электролит или деионизированная вода, исходный материал предпочтительно рециркулирует, и для этой цели предусмотрено соответствующее средство.

При этом согласно настоящему изобретению оказывается возможным использование электрохимических устройств любого размера, предпочтительно энергопотребление находится в диапазоне от 1 кВт до 200 кВт, предпочтительнее от 1 кВт до 100 кВт, еще предпочтительнее от 1 кВт до 20 кВт, еще предпочтительнее от 1 кВт до

10 кВт, еще предпочтительнее от 1,5 кВт до 5 кВт и еще предпочтительнее от 2 кВт до 3 кВт. Устройства у нижнего предела диапазона обеспечивают улучшенное использование доступной энергии и реагирование на колебания мощности. Способность надлежащего реагирования и колебания мощности оказывается желательной, в частности, когда устройства предназначены для подключения к возобновляемым источникам энергии.

Предусматривается, что система может иметь полное энергопотребление, составляющее от 0,5 МВт до 200 МВт, предпочтительнее практически 1 МВт или от 50 МВт до 150 МВт. Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, в котором используется система, имеющая энергопотребление более МВт, может оказаться более практичным использование в цепочках более крупных батарей, у которых энергопотребление находится в диапазоне, составляющем, например, от 10 кВт до 100 кВт, или от 50 кВт до 500 кВт, или от 50 кВт до 250 кВт, или от 100 кВт до 200 кВт.

В качестве альтернативы, предусматривается, что каждая батарея имеет энергопотребление, доля которого в полном энергопотреблении составляет, например, от 1/100 до 1/1000, или от 1/50 до 1/500, или от 1/50 до 1/1000. Предпочтительно каждая батарея имеет энергопотребление, доля которого в полном энергопотреблении составляет от 1/200 до 1/600 или от 1/50 до 1/100. Как правило, в этой доле исключено энергопотребление вспомогательного оборудования.

Согласно предпочтительному варианту осуществления система выполнена с возможностью обеспечения замены без отключения электрохимических компонентов. Каждая цепочка снабжена средством, которое обеспечивает электрическую и гидравлическую изоляцию цепочки, таким как клапаны и переключатели для регулирования источника электроэнергии. После изоляции могут быть заменены одна или несколько батарей в изолированной цепочке. Это ослабляет необходимость в простом дополнительном улучшении энергетического использования системы. Кроме того, предусматривается, что батареи или цепочки, которые не соответствуют предполагаемым эксплуатационным характеристикам, таким как выходные характеристики, могут быть выполнены с возможностью изоляции с помощью вычислительного устройства и направления уведомления с указанием требуемого обслуживания.

При этом согласно настоящему изобретению может быть использовано электрохимическое устройство любого типа; согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения предпочтительно находит применение технология анионообменных мембран в отличие от технологии протонообменных мембран. Оказывается более предпочтительным, когда электрохимические устройства представляют собой электролизеры, в частности, электролизеры с анионообменной

мембраной, содержащие практически сухой полуэлемент и предпочтительнее сухой катод. При этом устройство с сухим катодом или анодом представляет собой устройство, в котором никакой электролит или эквивалентный материал не вводится, соответственно, в катодный или анодный полуэлемент.

Вследствие природы требуемого электролита, устройства с анионообменной мембраной не зависят от катализаторов на основе металлов платиновой группы, а также для них не требуются материалы, устойчивые к щелочной среде, которая необходима для устройств с протонообменной мембраной.

Каждая цепочка может содержать соединение с общим источником электроэнергии, или в качестве альтернативы, каждое устройство в составе указанной цепочки может содержать свое собственное соединение с устройством, представляющим собой источник электроэнергии. Согласно предпочтительному варианту осуществления, в котором присутствует больше общего вспомогательного оборудования, передача электроэнергии осуществляется последовательно, а исходный материал поступает параллельно через один или несколько впускных коллекторов. Продукты процесса могут находиться в сообщении с возможностью переноса текучей среды параллельно с выпускными коллекторами.

Предусматривается, что цепочки устройств могут быть снабжены средствами для регулирования температуры, причем такие средства представляют собой, но не должны обязательно ограничиваться этим, теплообменники или системы воздушного охлаждения или жидкостного охлаждения. Согласно предпочтительному варианту осуществления, утилизация отбросного тепла производится с использованием тепла, которое излучают устройства, в целях предварительного нагревания электролита или другого исходного материала, представляющего собой, например, воду, но не обязательно ограничивающегося этим. В качестве альтернативы, утилизация отбросного тепла может быть осуществлена посредством передачи этого тепла в соседний корпус, воду или другие промышленные процессы.

При этом предусматривается, что электрохимические элементы могут эксплуатироваться при различных температурах; согласно предпочтительному варианту осуществления температура исходного материала не должна превосходить 100°C. Предпочтительно она находится в пределах диапазона от 40°C до 80°C, и предпочтительнее она составляет практически 60°C. Предварительное нагревание и теплообменники для утилизации отбросного тепла могут быть использованы в целях сокращения энергетических потерь до минимума.

Согласно некоторым вариантам осуществления при использовании модулей предусматривается, что средство для вентиляции или воздушного охлаждения должно быть обеспечено для единственного или для каждого модуля. Однако это средство не присутствует согласно вариантам осуществления с использованием батарей. В любом случае, даже согласно вариантам осуществления, в которых модули содержат средства для вентиляции, вентиляция предпочтительно обеспечивается для корпуса в целом. Вентиляция присутствует для обеспечения того, чтобы соотношение водорода и кислорода не достигало потенциально опасных уровней.

В качестве альтернативы, согласно предпочтительному варианту осуществления, в корпусе предусмотрено средство вентиляции для системы в целом, причем указанная вентиляция предпочтительно регулируется вычислительное устройство, причем указанное вычислительное устройство содержит один или несколько датчиков водорода, которые расположены внутри корпуса. Как правило, вентиляционное устройство является неподвижным, что оказывается благоприятным, поскольку отсутствует разбавление любой потенциальной утечки, что обеспечивает более быстрое и точное обнаружение этой утечки датчиками водорода. Место утечки может быть определено посредством использования множества датчиков. Если обнаруживается водород, вычислительное устройство выполнено с возможностью приведения в действие вентиляционного устройства. Это обеспечивает дополнительное преимущество поддержания температуры внутри корпуса, что в значительной степени сокращает отбросное тепло. Таким образом, согласно предпочтительному варианту осуществления оказывается желательным, чтобы вентиляционное устройство было выполнено с возможностью эксплуатации при отношении к производимому водороду, которое находится в диапазоне от 10 до 1000, предпочтительнее от 25 до 200, предпочтительнее от 50 до 150, и еще предпочтительнее оно составляет практически 100.

Согласно другим вариантам осуществления использование топливные элементы или компрессоры в качестве вентиляционное устройство электролитической батареи могут иметь размеры в соответствии с впуском водорода или другого исходного материала в диапазонах, которые описаны выше.

Согласно вариантам осуществления, в которых используются модули, и указанные модули содержат корпус, этот корпус может дополнительно выступать в качестве изоляции, которая предотвращает достижение всем контейнером температуры батареи и делает систему более пригодной к эксплуатации без необходимости вентиляции.

Вентиляционное устройство может дополнительно регулироваться с применением автоматических показаний от альтернативных датчиков, таких как вычислительные

устройства, которые инициируют вентиляцию, когда неожиданное падение давления измеряется на трубопроводе текучей среды.

В качестве дополнительного средства измерения в целях безопасности согласно предпочтительному варианту осуществления предусматривается по меньшей мере один датчик для водорода и/или одного или нескольких других газов, которые могут создавать беспокойство в отношении безопасности. При этом один датчик может оказываться достаточным, размер корпуса может быть достаточно большим, чтобы становилось желательным множество датчиков, расположенных на протяжении батареи или корпуса. Указанные датчики могут представлять собой пассивные датчики, такие как лента с визуальным изменением цвета, однако согласно предпочтительному варианту осуществления датчики выполнены с возможностью инициирования сигнала тревоги и предпочтительно увеличения скорости вентиляционного потока, прежде чем будут достигнуты потенциально опасные уровни, в целях сокращения риска до минимума. Другое устройство, такое как мобильный датчик, может быть использовано в целях обнаружения утечки либо индивидуально, либо в сочетании с показаниями давления от датчиков, расположенных на каждой батарее или цепочке, и при этом падение давления представляет собой показатель утечки.

Согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения электрохимические датчики водорода могут быть использованы в каждой колонке уложенных в батарею элементов или в каждой цепочке. Вследствие природы газообразного водорода датчики предпочтительно располагаются, главным образом, в верхней части корпуса, по меньшей мере в верхней половине. Это условие не предназначено для исключения датчиков в нижней половине.

Вычислительное устройство предназначено для регулируемого соединения с передачей электроэнергии для каждого устройства или соответствующей цепочки. Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения вычислительное устройство также находится в функциональном соединении с любым одним датчиком или несколькими датчиками для каждого устройства или соответствующей цепочки, причем датчики представляют собой, но не ограничиваются этим: датчики-течеискатели, датчики давления, датчики температуры, датчики влажности, датчики скорости потока, датчики уровня, датчики pH, датчики электропроводности, датчики кислорода, датчики водорода, датчики электролита, датчики газа для другого исходного материала, такого как, но без ограничения, монооксид углерода.

Функциональное соединение может быть проводным или беспроводным, таким как соединение посредством системы Wi-Fi или Bluetooth®. Предусматривается, что

показания от датчиков могут быть сделаны доступными для пользователя с помощью другого вычислительного устройства, причем доступ является защищенным известными средствами.

При этом предусматривается, что могут быть использованы разнообразные источники электроэнергии, такие как общегосударственная электроэнергетическая система; согласно предпочтительному варианту осуществления используется энергия из возобновляемых источников и предпочтительнее из избыточных возобновляемых источников. Возобновляемые источники представляют собой, помимо прочего, солнечные электростанции, ветровые электростанции (на суше или на море), приливные электростанции, гидроэлектростанции или их комбинации. Было обнаружено, что электролизеры с анионообменными мембранами особенно хорошо подходят для циклического использования по сравнению с другими относительно хорошо разработанными электрохимическими процессами.

Предусматривается, что может присутствовать средство для обработки отработанного электролита или исходного материала в целях повторного использования в системе.

Предусматривается, что могут быть использованы один или несколько выпрямителей, которые преобразуют входящий электрический ток и обеспечивают источник переменного тока, постоянного тока или импульсного тока с реверсированием. Такое же условие применяется к производству электроэнергии согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, в которых используются топливные элементы. Модульная природа настоящего изобретения делает его лучше приспособленным к любой известной или используемой технологии в целях использования максимально возможного количества энергии. Для обеспечения этого цепочки различной длины могут быть установлены в едином корпусе, что позволяет осуществлять более специализированное управление с помощью вычислительного устройства. Цепочки, содержащие меньшее число устройств, оказываются лучше приспособленными в целях гашения колебаний в нагрузках. Цепочки, содержащие большее число устройств, имеют более продолжительное время отклика, но могут более эффективно выступать в качестве буфера в отношении более значительных колебаний в энергоснабжении вследствие улучшенного амплитудного соответствия при уменьшенном частотном соответствии. Цепочки меньшей длины обеспечивают уменьшение времени отклика при уменьшении буферной емкости вследствие способности улучшенного частотного соответствия и уменьшенного амплитудного соответствия.

Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, в которых электролитические батареи представляют собой топливные элементы, цепочки могут лучше реагировать на необходимое энергопотребление от нагрузок, которые присутствуют в системе. Такое же условие может быть применено также и к компрессорам.

В соответствии с настоящим изобретением, предусматривается, что разнообразные электрохимические устройства могут располагаться в одном корпусе с образованием водородной батареи. Согласно такому варианту осуществления электрохимические устройства могут представлять собой по меньшей мере электролизеры и топливные элементы. Кроме того, могут присутствовать электрохимические компрессоры или более традиционные механические компрессоры. При этом оказывается более предпочтительным, что электрохимические компрессоры с анионообменными мембранами могут быть использованы в целях обеспечения одновременного сжатия, высушивания и/или очистки производимого водорода. Вспомогательное оборудование, такое как энергоснабжение и вычислительное устройство, может быть общим для электролитических устройств каждого типа. В целях функционирования в качестве водородной батареи предпочтительно предусмотрено средство для хранения внутри корпуса.

Согласно вариантам осуществления, в которых используются электрохимические компрессоры, оказывается возможным сжатие как водорода, так и кислорода. Указанное сжатие может осуществляться с необязательной очисткой. Водород предпочтительно производится из экологически чистого источника, такого как электролиз воды, но исходный материал может быть получен в результате парового риформинга или из другого невозобновляемого источника водорода, где одновременная очистка оказывается безусловно предпочтительной. Если необходимо сжатие кислорода, он может быть получен из выпуска одного или нескольких электролизеров, расположенных внутри контейнера или эквивалентного устройства, или выделен из атмосферного воздуха. Одновременная очистка может обеспечивать медицинское или промышленное использование. Однако перед хранением также могут потребоваться средства для высушивания.

Вместо топливных элементов такая водородная батарея может быть подключена к заправочной станции или промышленному процессу для создания необходимого запаса топлива на месте применения.

Предусматривается, что в компоновке корпуса устройства будут расположены столбцами и рядами. Согласно вариантам осуществления, в которых используются

электрохимические устройства более чем одного типа, каждая группа предпочтительно будет расположена в непосредственной близости от устройств аналогичного типа. Для облегчения доступа предусматривается, что устройства будут расположены с возможностью создания трех проходов, причем центральный проход располагается между двумя стенками устройств, и при этом указанные стенки содержат множество батарей. Дополнительные проходы предусмотрены сзади каждой стенки, как проиллюстрировано на фигурах. В качестве альтернативы, в целях экономии пространства, будет предусмотрен только центральный проход со средствами для доступа к задней части батарейных модулей, включая дверцы доступа/съемные стенки позади батарей, или обеспечения подвижности массива батарей, например, с помощью направляющих.

Согласно предпочтительному варианту осуществления проход содержит в себя приподнятую платформу, обеспечивающую зазор, составляющий от 1 см до 20 см или предпочтительнее от 3 до 15 см, между полом корпуса и платформой прохода, на которой установлены батареи, чтобы обеспечить зазор, в котором могут быть размещены некоторые вспомогательные устройства и дополнительный дренаж для сбора конденсата или другой жидкости, а также необязательные воздухозаборники. Согласно таким вариантам осуществления также могут быть предусмотрены дренажные средства.

Кроме того, предусматривается, что проход может быть электрически изолирован от корпуса посредством выбора материала, нанесения покрытия или других подходящих средств. Проход может быть изготовлен из того же материала, что и корпус каждой батареи, модуля или устройства, или из другого материала.

При этом предусматривается, что каждый модуль или батарея может содержать все необходимое вспомогательное оборудование; согласно предпочтительному варианту осуществления вспомогательное оборудование является общим в максимально возможной степени. Это оборудование представляет собой, помимо прочего, электроснабжение, средства для очистки воды/обработки исходного материала, устройства для циркуляции/распределения исходного материала, датчики, которые описаны выше, средства регулирования давления, оборудование для нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха, системы безопасности, средства для обработки продукта.

Чтобы обеспечить возможность работы с большими источниками питания, предусматривается использование по меньшей мере 10 таких модулей, но предпочтительно их число составляет более 20. Для более крупных масштабов предусматривается, что в одном контейнере могут быть расположены от 100 до 1000 модульных устройств, предпочтительнее от 200 до 500 модульных устройств и еще предпочтительнее от 300 до 450 модульных устройств.

Предусматривается, что средства регулирования давления на выпуске из единственного или каждого устройства выполнены с возможностью поддержания предварительно определенного порогового значения. Это значение может варьироваться в зависимости от устройства, но согласно предпочтительному варианту осуществления, в котором электрохимические устройства представляют собой электролизеры, номинальное давление составляет предпочтительно от 1 до 50 бар, предпочтительнее от 20 до 40 бар и еще предпочтительнее от 30 до 40 бар. Согласно наиболее предпочтительному варианту осуществления оно практически составляет 35 бар. В некоторых юрисдикциях это давление может быть ограничено более низким давлением, составляющим, например, 8 бар в Японии. Для топливных элементов могут потребоваться значительно меньшие средства регулирования, в то время как для электрохимических компрессоров, естественно, оказываются необходимыми более мощные средства, как правило, ступенчатые. Электрохимический компрессор может в конечном итоге сжимать целевой газ до давления, составляющего 2000 бар или находящегося в диапазоне от 30 до 2000 бар, от 100 до 1500 бар или от 500 до 1000 бар. В зависимости от конечного использования для транспортных средств может оказываться желательным давление, составляющее 350 или 750 бар.

Согласно вариантам осуществления, в которых используются электрохимические компрессоры, каждая цепочка может образовывать одну ступень, при этом первая ступень питает вторую ступень от P1 к P2 и так далее до Pn на последней n-й ступени.

Предусматривается, что настоящее изобретение может включать в себя средства для электрической изоляции или, необязательно, гидравлической изоляции каждой батареи от других батарей, рядов батарей и/или необязательного корпуса для каждой батареи. Эта изоляция может быть обеспечена любыми разумными средствами, включая электроизоляционные материалы, или изоляция может осуществляться периодически посредством дополнительных автоматических выключателей, переключателей и/или реле. Предусматривается, что средства периодической изоляции могут находиться в функциональном соединении с вычислительным устройством внутри корпуса или управляться/отключаться в ручном режиме, и они это включают средства регулирования потока, расположенные на указанном впуске исходного материала и/или на одном или нескольких указанных выпусках каждой батареи, причем указанное средство для регулирования потока выполнено с возможностью избирательного открытия и закрытия, соответственно, одного или нескольких впусков и/или одного или нескольких выпусков, а также электрические соединения.

Каждая батарея или соответствующая цепочка может удерживаться внутри корпуса, причем в указанном корпусе располагается некоторое вспомогательное оборудование, такое как, но без обязательного ограничения, датчики (датчики давления, температуры и т. д.), отсеки для электроники, контрольные клапаны и многое другое. Кроме того, могут быть предусмотрены отверстия для одного или нескольких впусков и для одного или нескольких выпусков. Кроме того, корпус также может быть снабжен усиливающими опорными кронштейнами и средствами сжатия, причем указанные средства сжатия представляют собой пружину или эквивалентную подвеску для обеспечения постоянного уплотнения внутри батареи в течение всего срока ее эксплуатации. В качестве альтернативы, предусматривается, что в корпусе могут содержаться несколько батарей, например, две или большее число батарей, цепочка батарей или даже несколько цепочек.

Кроме того, предусматривается, что может также присутствовать средство для диагностики на месте применения, причем указанное средство для диагностики на месте применения может располагаться на одном устройстве, или на цепочке из таких устройств, или на блоке цепочек. При этом блок цепочек представляет собой две или большее число цепочек. Такая диагностика может находить применение в целях предупреждения пользователя о требуемом обслуживании, представляющем собой профилактическое или иное обслуживание. Предпочтительно диагностика на месте применения может быть использована вычислительным устройством для управления распределения передаваемой электроэнергии по нагрузкам, в котором предоставляется приоритет для батарей имеющих лучшее состояние работоспособности. Это состояние работоспособности может быть определено с использованием фактической выходной мощности в сопоставлении с теоретической выходной мощностью и продолжительности эксплуатации устройств.

Согласно предпочтительному варианту осуществления средство для диагностики на месте применения соединяется с вычислительным устройством и используется для определения одного или обоих параметров, представляющих собой источник питания батареи или соответствующей цепочки и количество исходного материала, которое должно быть доступно для данной батареи или соответствующей цепочки.

Предусматривается, что средство для диагностики на месте применения может определять возможность измерения любого одного или нескольких из следующих показателей:

- совокупная продолжительность эксплуатации батареи или соответствующей цепочки;

- продолжительность простоя батареи или соответствующей цепочки;
- рабочая производительность, с которой батарея или соответствующая цепочка работает в процессе эксплуатации;
- температура батареи или соответствующей цепочки,
- давление батареи или соответствующей цепочки, а также соответствующих впусков и/или выпусков,
- напряжение/потенциал батареи или соответствующей цепочки; и
- данные, имеющие отношение к вспомогательному оборудованию, такие как, но без ограничения, следующие данные:
 - поток исходного материала,
 - доступность исходного материала,
 - температура исходного материала,
 - электропроводность или эквивалентный параметр исходного материала,
 - эксплуатационные характеристики насоса.

Приведенный выше список не должен быть обязательно исчерпывающим, и, в качестве дополнения или в качестве альтернативы, могут быть использованы любые обоснованные эксплуатационные характеристики или показатели состояния эксплуатации, на основании которых может быть определено или предположено состояние компонента.

Предполагается, что на основании упомянутых выше наблюдаемых условий эксплуатации, входных данных и выходных данных могут быть предусмотрены средства для прогнозирования выходных данных, экстраполированных из предыдущих условий эксплуатации. Это позволит всей системе работать в соответствии с желательной производительностью или требованиями. При необходимости такие измерения могут проводиться через предварительно определенные интервалы с помощью средств диагностики на месте применения, которые могут быть изменены пользователем. Кроме того, могут быть заданы инициирующие события для запуска диагностики. Такие инициирующие события могут представлять собой изменение энергоснабжения, прогнозируемое изменение условий или любые другие потенциальные инициирующие события.

Предусматривается, что представленная выше информация может быть использована системой управления или вычислительным устройством согласно аспекту настоящего изобретения в целях определения взвешенной продолжительности эксплуатации для каждого устройства или соответствующей цепочки, причем взвешенная продолжительности эксплуатации учитывает такие факторы, но без ограничения, как продолжительность эксплуатации, энергоснабжение в процессе эксплуатации,

сопоставление предполагаемых и фактически измеряемых эксплуатационных характеристик и продолжительность простоя.

Существуют разнообразные способы, согласно которым взвешенная продолжительность эксплуатации может быть использована в целях управления эксплуатацией системы в целом. Приоритет может быть отдан устройству или цепочке с минимальной взвешенной продолжительностью эксплуатации, однако может оказаться предпочтительным передача приоритета другому устройству или цепочке в зависимости от состояния работоспособности, которое может быть определено посредством диагностики на месте применения, при том условии, что диагностика на месте применения обнаруживает или определяет проблему с устройством, имеющим меньшую взвешенную продолжительность эксплуатации, чем другие устройства. Это может быть дополнено посредством измерений поляризационных кривых или других диагностических технологий. Устройство может иметь приоритет даже с меньшей взвешенной продолжительностью эксплуатации, если для него требуется обслуживание, или если обнаружена потенциальная проблема.

В качестве дополнения или альтернативы взвешенной продолжительности эксплуатации, другие способы определения состояния работоспособности батареи, как правило, включают аппроксимацию батареи моделью эквивалентной схемы. В простейших случаях указанная модель включает компоненты резистора и конденсатора, но, как правило, также адаптирована для учета вклада массопереноса. Пример может представлять собой схема Рэндлса, в которой присутствует элемент Варбурга для отражения эффектов массопереноса. Кроме того, могут присутствовать элементы постоянной фазы, представляющие собой более общий тип конденсаторного элемента, в качестве модели пористых электродов.

Аппроксимация эквивалентной схемой спектров импеданса оказывается возможной для электрохимических батарей, но в целях получения более полезных данных предусматривается, что для аппроксимации такой батареи эквивалентной схемой требуется либо электрохимическая импедансная спектроскопия, либо другая схема, посредством которой батарея может пассивно заряжаться/разряжаться. При этом схема пассивной зарядки/разрядки содержит необходимые переключатели и резисторы, обеспечивающие пассивную зарядку и разрядку батареи. При зарядке и разрядке получаемое в результате изменение напряжения может использоваться с достаточной частотой дискретизации, при этом указанная частота дискретизации заранее определена, чтобы аппроксимировать батарею эквивалентной схемой. Во избежание сомнений измеренные изменения напряжения могут быть объединены со средствами использования

упомянутых переходных процессов для подбора предварительно определенных параметров эквивалентной схемы. Характеристики переходного напряжения батареи могут быть непосредственно связаны с параметрами производительности, которые необходимо определить и которые представляют собой омическое сопротивление, характеристики кинетической активности и даже массоперенос/низкочастотное поведение. Это, возможно, увеличивает сложность аппаратного обеспечения, но позволяет конкретно определять параметры, связанные с отдельными компонентами ячейки. Для электрохимической импедансной спектроскопии обычно требуются дорогостоящие потенциостаты, однако один такой потенциостат можно быть использован для множества электролизеров или цепочек электролизеров. К батарее прикладывается смещение постоянным током с компонентом переменного тока, который составляет +/- 1% от смещения постоянным током, таким образом, что частота возмущения переменного тока изменяется от килогерц до мегагерц. Импеданс измеряется на каждой частоте, и эти данные могут быть использованы для аппроксимации батареи с помощью модели эквивалентной схемы. При использовании потенциостата его следует соединить с электрохимической ячейкой, батареей или цепочкой известными способами, которые не описаны в настоящем документе.

Идеальный случай, позволяющий упростить требования к аппаратному обеспечению и при этом получить полезную информацию, предполагает простое рассмотрение изменений данных поляризационной кривой, где приведенное ниже уравнение разделяет три преобладающих источника потерь, которые представляют собой кинетические потери, омические потери и потери массопереноса.

$$V = \underbrace{E}_{\substack{\text{Напряжение} \\ \text{разомкнутой} \\ \text{цепи}}} - \underbrace{b \log \left(\frac{i}{i_0} \right)}_{\substack{\text{Кинетические} \\ \text{потери}}} - \underbrace{iR'}_{\substack{\text{Омические} \\ \text{потери}}} + \underbrace{a \log \left(1 - \frac{i}{i_{\text{lim}}} \right)}_{\substack{\text{Потери массопереноса}}}$$

В этом уравнении:

- V представляет собой измеряемое изменяющееся напряжение батареи;
- E представляет собой напряжение при разомкнутой цепи (т. е. электродвижущую силу);
- $b \cdot \log(i/i_0)$ представляет собой уравнение Тафеля, которое определяет кинетические потери, где:
 - i представляет собой плотность приложенного тока;
 - i_0 представляет собой плотность тока обмена; и
 - b представляет собой коэффициент аппроксимации или «тафелевский наклон»;

- iR' представляет собой омические потери, где:
 - i представляет собой плотность приложенного тока; и
 - R' представляет собой сопротивление постоянному току;
- $a \cdot \log(1 - i/i_{lim})$ представляет собой потери массопереноса, где:
 - a представляет собой коэффициент аппроксимации;
 - i представляет собой плотность приложенного тока; и
 - i_{lim} представляет собой плотность предельного тока.

Следующий метод диагностики предусматривает измерение ΔV или диагностику по изменению поляризационной кривой. Поляризационная кривая, представляющая собой график зависимости напряжения от приложенного тока, предоставляет информацию о различных видах потерь эффективности в ячейке/батарее электролизера, включая кинетические потери, омические потери и потери массопереноса. Номинально в электролизерах преобладают кинетические и омические потери, причем первые представляют собой логарифмическую зависимость V от I , а вторые линейны между V и I . Хотя потери массопереноса присутствуют в наихудших случаях, обычно их можно принять за разность между необработанными данными поляризационной кривой и данными кинетической и омической аппроксимации. Кинетическая часть содержит два аппроксимационных коэффициента, представляющих собой тафелевский наклон и плотность тока обмена, которые зависят от электрохимических реакций в ячейке и отражают состояние работоспособности слоя катализатора каждого электрода. Омическая часть содержит только один коэффициент аппроксимации, представляющий собой сопротивление постоянному току, причем влияющие на это факторы включают состояние работоспособности мембраны и увеличение контактного сопротивления вследствие коррозии. Наконец, массоперенос обычно имеет два аппроксимационных коэффициента, представляющих собой предлогарифмический коэффициент и предельную плотность тока, которые дают нам представление о степени «сопротивления» воды, которая поступает в слой катализатора, и/или газов, выходящих из электродов, поскольку потери массопереноса в основном возникают из-за газодиффузионного слоя (ГДС), слоя катализатора и/или мембраны.

Следует учитывать, что согласно изобретению, описанному в настоящем документе, аппроксимация нелинейной кривой с пятью свободными параметрами практически оказывается довольно сложной, и существуют ограничения по времени, если она осуществляется с чрезмерной регулярностью, хотя повышение вычислительной мощности может в некоторой степени смягчить эту проблему, пусть и с соответствующими затратами. В данном случае игнорирование аппроксимации

массопереноса и сосредоточение внимания на кинетических и омических потерях позволяет упростить задачу. Для процедуры аппроксимации и повышения точности и устойчивости омическую часть можно измерить и зафиксировать таким образом, чтобы аппроксимация нелинейной кривой корректировала только два кинетических параметра в первом и единственном логарифмическом члене. Согласно вариантам осуществления, в которых один из параметров аппроксимации является устойчивым и представляет собой, например, тафелевский наклон, он может быть установлен в фиксированной точке в управляющем программном обеспечении/методике с уменьшением переменной. Однако оказывается предпочтительной фиксация некоторого параметра, который может быть быстро измерен, такого как сопротивление постоянному току, или другого подходящего параметра. Отклонение от подобранной поляризационной кривой чисто омических и кинетических вкладов по отношению к измеренным значениям может быть обусловлено началом ограничения массопереноса, что также может быть использовано для правильного определения максимального значения емкости.

В некоторых методах измерения омической части, которые упомянуты выше, предусматривается спектроскопия электрохимического импеданса или прерывание тока, для которых требуется потенциостат или измеритель импеданса в целях считывания импеданса на фиксированной высокой частоте, составляющей, например, 1 кГц. Как упоминалось ранее, один потенциостат может быть централизованным и использоваться для нескольких батарей или цепочек. Следует отметить, что отличить логарифм от линейной части кривой непросто, если данные оказываются недостаточными; обычно это отличие является более выраженным, в частности, при очень низкой плотности тока, что требует длительного времени для устранения емкостного вклада. Предполагается, что устройство может быть выполнено с возможностью проведения большего количества измерений при пониженных плотностях тока для обеспечения адекватных данных, причем пониженные плотности тока обеспечивают половину или меньшую часть максимальной рабочей мощности. Измерение сопротивления прямыми методами, такими как спектроскопия электрохимического импеданса, прерывание тока или применение измерителя импеданса, устраняет эту числовую проблему, позволяя быстро записать поляризационную кривую и требуя меньше точек для точной числовой аппроксимации независимо от линейных или логарифмических тенденций.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения описанные выше средства способы проведения диагностика на месте применения используются средством регулирования в целях определения распределения и разделения доступной энергии и/или исходного материала.

Предусматривается, что присутствуют средства для определения доступной энергии, а также средства для прогнозирования доступной энергии на основании известных условий.

Согласно предпочтительному варианту осуществления средство для регулирования потока также может присутствовать на впуске, выше по потоку относительно батареи или в соответствующем потоке. Это условие также распространяется на варианты осуществления, в которых присутствует выпуск исходного материала, такие как варианты осуществления, в которых присутствует электролизер, содержащий выпуск для электролита, впуск и выпуск исходного материала, которые образуют контур, обеспечивающий впуск и выпуск исходного материала. При этом насос или эквивалентное устройство располагается выше по потоку относительно батареи или соответствующих цепочек в целях сокращения до минимума присутствия растворенных газов.

Согласно предпочтительному варианту осуществления для цепочек электролизеров средство для регулирования потока или средство для регулирования давления, такое как контрольный клапан, располагается по меньшей мере на выпуске водорода.

В соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения предлагается способ регулирования множества электрохимических устройств в контейнерной модульной электрохимической системе, причем указанный способ включает:

- обеспечение контейнера, причем контейнер представляет собой корпус, и
- обеспечение множества электрохимических батарей внутри указанного корпуса, причем указанные электрохимические батареи располагаются последовательно в цепочках, и при этом в каждой цепочке содержится по меньшей мере одна электрохимическая батарея, причем:

- каждая электрохимическая батарея содержит по меньшей мере один впуск и по меньшей мере один выпуск для каждой батареи, и

- предусмотрено средство для регулирования потока по меньшей мере на одном из одного или нескольких впусков и/или на одном или нескольких выпусках батареи,

- присоединение источника электроэнергии к каждой электролитической батарее или к соответствующей цепочке,

- обеспечение вычислительного устройства, причем

- указанный источник электроэнергии управляется указанным вычислительным устройством, и

- указанное вычислительное устройство выполнено с возможностью направления энергии в одну или несколько цепочек, причем предусмотрено средство для определения направляемой энергии, и

- энергии, направляемые в каждую цепочку, могут различаться, и
- обеспечение средства для циркуляции исходного материала.

Согласно предпочтительному варианту осуществления, электрохимическая система содержит основные электролизерные батареи. Таким образом, в соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения предлагается способ регулирования множества электрохимических устройств в контейнерной модульной электролизерной системе, причем указанный способ включает:

- обеспечение контейнера, причем контейнер представляет собой корпус, и
- обеспечение множества электролизеров внутри указанного корпуса, причем указанные электролизеры располагаются последовательно в цепочках, и при этом в каждой цепочке содержится по меньшей мере один электролизер, причем:

- каждый электролизер содержит по меньшей мере один впуск для электролита, и
- каждый электролизер соответствующей цепочки содержит по меньшей мере один выпуск, предназначенный по меньшей мере для произведенного водорода, произведенного кислорода и отработанного электролита, и

- предусмотрено средство для регулирования потока по меньшей мере на одном из одного или нескольких впусков и/или на одном или нескольких выпусках,

- присоединение источника электроэнергии к каждому электролизеру или к соответствующей цепочке,
- обеспечение вычислительного устройства, причем
- указанный источник электроэнергии управляется указанным вычислительным устройством, и

- указанное вычислительное устройство выполнено с возможностью направления энергии в одну или несколько цепочек, причем предусмотрено средство для определения направляемой энергии, и

- энергии, направляемые в каждую цепочку, могут различаться, и
- обеспечение средства для циркуляции исходного материала.

Способ эксплуатации системы, который описан выше, может быть выполнен с возможностью включения любого описанного устройства согласно варианту осуществления, который описан выше, включая проведение диагностики на месте применения и другие признаки.

В способе может быть дополнительно предусмотрена стадия обеспечения средства для регулирования давления на выпуске из одного или нескольких выпускных коллекторов. Необязательно может быть обеспечено средство для очистки содержимого указанных выпускных коллекторов.

Кроме того, предусматривается, что проход может быть обеспечен в корпусе в целях доступа к каждому устройству. Указанный проход может быть обеспечен в центральном положении, но предпочтительно также обеспечивается доступ к задней стороне каждой батареи.

Чтобы упростить понимание настоящего изобретения, соответствующий конкретный вариант осуществления далее будет описан посредством примера и со ссылкой на прилагаемые фигуры, в числе которых:

на фиг. 1 проиллюстрирована примерная схема контейнерного электрохимического устройства;

на фиг. 2 проиллюстрировано схематическое изображение примерной электролитической батареи;

на фиг. 3А и 3В схематически проиллюстрирована примерная конфигурация элемента, находящегося в батарее, которая проиллюстрирована на фиг. 2;

на фиг. 4 проиллюстрирована кривая нагрузки для одной батареи;

на фиг. 5 проиллюстрирована цепочка батарей, находящихся в последовательном электрическом соединении;

на фиг. 6 проиллюстрирована цепочка батарей, находящихся в последовательном электрическом соединении и в параллельном сообщении с возможностью переноса текучей среды;

на фиг. 7 проиллюстрированы два изображения батареи в корпусе;

на фиг. 8 проиллюстрирована эксплуатация в установившемся режиме и скачками нагрузки для цепочки из пяти электролизеров (на графиках 8а и 8b); и

на фиг. 9 проиллюстрирован увеличенный скачок нагрузки для цепочки электролизеров (на графиках 9а-с).

Подробное раскрытие настоящего изобретения

Рассмотрим фиг. 1, где проиллюстрирована контейнерная модульная электрохимическая система 1. Корпус 2 представляет собой стандартный транспортировочный контейнер, имеющий средний проход 3 и задние проходы 4. Проходы 3 и 4 обеспечивают зазор 5 для вспомогательного оборудования

(вспомогательное оборудование) и дренажа, если это необходимо. Над проходом располагаются модули 10, согласно данному предпочтительному варианту осуществления модули представляют собой электролизеры. Электролизеры 10 располагаются в колонках 100, причем указанные колонки представляют собой цепочки с общим энергоснабжением.

Как обсуждается выше, стенки 20a и 20b устройства не должны обязательно представлять собой электрохимические устройства одинакового типа.

В контейнере 2 имеется пространство 30 для вспомогательных устройств, таких как водяные резервуары, насосы, водородный резервуар и другие устройства, причем все они не проиллюстрированы. Кроме того, не проиллюстрированы такие компоненты, как вентиляционное устройство, датчики и т. д.

Рассмотрим фиг. 2, где схематически проиллюстрирована электролитическая батарея 50, которая может быть использована в системе 1, выполненной с возможностью диагностики на месте применения. Как можно видеть, батарею ограничивают концевые пластины 51a и 51b. Между указанными концевыми пластинами располагается множество элементов 60, причем состав каждого из них можно видеть на фиг. 6A и 6B и в подробном описании, которое представлено ниже. Каждый элемент 60 ограничивают биполярные пластины 52. В целях осуществления диагностики на месте применения, которая описана выше, к биполярным пластинам 52 присоединяются стержни 53. Эти стержни присоединяются к батарейной плате (не проиллюстрирована) в целях осуществления диагностики, результаты которой передаются в управляющее устройство/шлюз и используются для определения распределения нагрузки для каждой батареи 50.

На фиг. 3A и 3B схематически проиллюстрированы два примера элементов 60, которые могут быть использованы в батарее 50. Элемент 60 каждого типа ограничивают биполярные пластины 61a и 61b. За первой биполярной пластиной 61a располагаются анод 62, мембрана 64, катод 63 и следующая биполярная пластина 61b. На указанных фигурах стержни не проиллюстрированы для целей ясности. Конфигурация элементов на фиг. 6B отличается от конфигурации элементов на фиг. 6A тем, что между биполярными пластинами 61a и анодом 62 присутствует газодиффузионный слой (ГДС) 65a. Кроме того, присутствует еще один газодиффузионный слой 65b между катодом 63 и второй биполярной пластиной 61b.

На фиг. 4 проиллюстрирован график, представляющий кривую нагрузки электролитической батареи, проиллюстрированной в конфигурациях на представленных выше фигурах. Нагрузка находится в диапазоне от 60% до 100%, поскольку в этом диапазоне наблюдается линейное соотношение и небезосновательно наиболее высокая эффективность. Нагрузки выше 100% не были применены в целях защиты батареи.

На фиг. 5 проиллюстрирована цепочка 100 батарей 10а-е, находящихся в последовательном электрическом соединении. Энергия поступает через первое соединение 11а в первую батарею 10а. Энергия поступает из первой батареи 10а во вторую батарею 10b через провод, посредством которого соединяются второе соединение 12а первой батареи 10а и первое соединение 11b второй батареи 10b. Такое соединение повторяется для каждой батареи 10 в цепочке 100. Например, энергия поступает из второй батареи 10b в третью батарею 10с через провод, посредством которого соединяются второе соединение 12b второй батареи и третья батарея 10с, и так далее.

На фиг. 6 проиллюстрирована цепочка, представленная на фиг. 5, с параллельными соединениями с возможностью переноса текучей среды. Здесь присутствует впускной коллектор 70, передающий исходный материал в каждую батарею 10 в цепочке 100. Впускной коллектор 70 имеет вход в каждую батарею через впуск 71а, 71b и т. д. Согласно этому варианту осуществления впуск присутствует на катодном полуэлементе каждой электролизерной батареи 10. Анодный выпускной коллектор 40 передает произведенный кислород из каждого анодного полуэлемента через выпуск 41а, 41b и т. д. Выпуск 30 второго коллектора присоединяется к каждому катодному полуэлементу для выведения водорода через выпуски 31а, 31b и т. д.

Здесь представлено, что к цепочке присоединяются датчики 32 и 42 для водорода и кислорода, соответственно. В целях обеспечения безопасности выпусков и предотвращения смешивания газов с превышением нижнего предела взрываемости датчик 32 для кислорода может быть расположен на водородном выпускном коллекторе 30, и датчик 42 для водорода 42 может быть расположен на кислородном выпускной коллектор 40.

На фиг. 7 проиллюстрирована батарея 10 в корпусе 13 в двух изображениях (изображение спереди и изображение сзади). Здесь можно видеть соединительный стержень 12. Кроме того, между задней стороной батареи 10 и задней стороной 22 корпуса 12 представлены датчики, такие как датчик 14 скорости потока, датчик 15 температуры, электронный отсек 16 и датчик 17 давления. Указанные устройства могут находиться в функциональном проводном или беспроводном соединении со средством регулирования. Контрольный клапан 18 располагается на выпуске. На передней стороне рамы 21 присутствуют ручки, которые обеспечивают замену батарей в том случае, когда это необходимо в целях обслуживания. Согласно этому варианту осуществления компрессионное устройство, которое обсуждается выше, представлено в виде опорного кронштейна.

На фиг. 8 проиллюстрирована эксплуатация в установившемся режиме и скачки нагрузки для цепочки из пяти электролизеров, которая представлены на других фигурах. На графике 8a представлена зависимость силы тока (ось Y) от времени (ось X). После первоначального скачка осуществляется равномерная и устойчивая эксплуатация в течение периода от 10:50 до приблизительно 12:05. В течение периода от 12:05 до 12:30 скачки нагрузки отсутствуют.

На графике 8b представлены показания для той же конфигурации, причем напряжение представлено на оси Y. Значения напряжения следует умножать на пять, поскольку в данной конфигурации присутствуют пять батарей, и, таким образом, присутствует максимальное значение, составляющее приблизительно 210 В. Неожиданно оказалось, что в представленной конфигурации подавляются колебания напряжения, что способствует более высокой устойчивости системы и представляет собой огромное преимущество для системы, присоединенной к возобновляемым источникам энергии, обладающим природной изменчивостью.

На фиг. 9 проиллюстрированы три графика, 9a, 9b и 9c, которые представляют собой увеличенные варианты графиков, представленных на фиг. 8. Время на графиках 9b и 9c представлено на секундной шкале вместо минутной шкалы. На графике 9a представлен выделенный участок. Ступенчатое изменение наблюдается в показаниях силы тока и напряжения без зашкаливания и осцилляций. Это обеспечивает высокую скорость отслеживания переменной доступности энергии, что повышает эффективность системы.

На представленных фигурах проиллюстрировано не все вспомогательное оборудование, и настоящее изобретение не должно обязательно ограничиваться проиллюстрированным вспомогательным оборудованием.

Настоящее изобретение не предназначено для ограничения характеристиками описанного выше варианта осуществления. Например, одна система может содержать разнообразные электрохимические батареи, такие как электролизеры, компрессоры и топливные элементы. Кроме того, незаявленное вспомогательное оборудование также может варьироваться без выхода за пределы объема настоящего изобретения. Исходный материал или электролит также может различаться без выхода за пределы объема настоящего изобретения. Из приведенного выше описания для специалиста в данной области техники становится очевидным, что могут быть произведены разнообразные модификации описанного варианта осуществления без выхода за пределы объема настоящего изобретения, которое определяется прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Контейнерная модульная система электрохимических элементов, содержащая:

- корпус; и

- множество электрохимических батарей, установленных с возможностью отделения внутри указанного корпуса, причем каждая батарея содержит один или несколько электрохимических элементов, один или несколько впусков текучей среды для приема исходного материала и один или несколько выпусков продукта,

причем батареи располагаются по меньшей мере в одной цепочке, причем каждая цепочка содержит две или большее число батарей, батареи в каждой цепочке выполнены с возможностью последовательного электрического соединения, и каждая цепочка выполнена с возможностью присоединения к источнику электроэнергии, и при этом каждая батарея или цепочка выполнена с возможностью независимого приведения в действие; и

при этом каждая цепочка содержит:

по меньшей мере один впускной коллектор исходного материала, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды в один или несколько впусков батарей цепочки для распределения исходного материала между одним или несколькими впусками батарей, и по меньшей мере один выпускной коллектор для продукта, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды с одним или несколькими выпусками батарей цепочки; и

средство для регулирования потока, выполненное с возможностью регулирования потока текучей среды через один или несколько впусков и/или один или несколько выпусков.

2. Электрохимическая система по п. 1, дополнительно содержащая средство для доставки исходного материала, выполненное с возможностью доставки порций исходного материала в один или несколько впусков в зависимости от колебаний доступной энергии и/или мощности.

3. Электрохимическая система по п. 2, в которой средство для доставки исходного материала представляет собой любое одно или несколько устройство из насоса, вентилятора или резервуара для хранения под давлением с регулируемым высвобождением.

4. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, дополнительно содержащая средство для циркуляции отработанного электролита в целях повторного использования.

5. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой электрохимические батареи, составляющие указанные цепочки, представляют собой любое одно или несколько из следующих устройств: электролизеры, компрессоры, очистители, сушилки и топливные элементы.

6. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой исходный материал представляет собой любой один или несколько из следующих материалов: электролит, газовый поток, содержащий водород, и газовый поток, содержащий кислород, метанол, метан, диоксид углерода, монооксид углерода или деионизированную воду.

7. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой электрохимические батареи содержат по меньшей мере анодный и катодный полуэлементы, которые разделяет полимерная ионообменная мембрана.

8. Электрохимическая система по п. 7, в которой полимерная мембрана представляет собой анионообменную мембрану.

9. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой каждая цепочка получает энергию или предоставляет энергию, причем энергию получает или предоставляет каждая последовательная батарея в указанной цепочке.

10. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой корпус представляет собой стандартный транспортировочный контейнер.

11. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой каждая цепочка содержит от 2 до 20 батарей.

12. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой каждая батарея имеет энергопотребление, составляющее от $1/50$ до $1/1000$ полного энергопотребления системы.

13. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой предусмотрено средство для электрической и гидравлической изоляции каждой батареи или соответствующей цепочки, которое обеспечивает замену без отключения батарей.

14. Электрохимическая система по п. 13, в которой предусмотрено средство для изоляции батареи или цепочки с применением ручного устройства и/или вычислительного устройства.

15. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой предусмотрено средство для термического регулирования.

16. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой корпус содержит средство для вентиляции, причем указанное вентиляционное средство приводится в действие, когда обнаруживается потенциальная утечка.

17. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой каждая батарея или цепочка выполнена с возможностью независимого приведения в действие в зависимости от колебаний доступной энергии и/или мощности.

18. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, содержащая средство для независимого приведения в действие каждой батареи или цепочки.

19. Электрохимическая система по п. 18, в которой средство для независимого приведения в действие каждой батареи или цепочки представляет собой компьютеризованное средство для управления источником электроэнергии в целях независимого регулирования мощности, которую получает каждая цепочка электрохимических элементов.

20. Электрохимическая система по п. 19, в которой компьютеризованное средство управления находится в функциональном соединении с одним или несколькими датчиками внутри корпуса, представляющими собой любой один или несколько из следующих датчиков: датчики-течеискатели, датчики давления, датчики температуры, датчики влажности, датчики скорости потока, датчики уровня, датчики pH, датчики электропроводности, датчики кислорода, датчики водорода, датчики электролита и датчики газа.

21. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, причем система содержит один или несколько выпрямителей, которые преобразуют входящий электрический ток и обеспечивают источник переменного тока, постоянного тока или импульсного тока с реверсированием.

22. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой средство для диагностики на месте применения присутствует на каждой батарее или соответствующей цепочке.

23. Электрохимическая система по п. 22, в которой средство для диагностики на месте применения выполнено с возможностью измерения любого одного или нескольких из следующих параметров:

- совокупная продолжительность эксплуатации батареи или соответствующей цепочки;
- продолжительность простоя батареи или соответствующей цепочки;
- рабочая производительность, с которой батарея или соответствующая цепочка работает в процессе эксплуатации;
- температура батареи или соответствующей цепочки,
- давление батареи или соответствующей цепочки, а также соответствующих впусков и/или выпусков,

- напряжение/потенциал батареи или соответствующей цепочки; и
- данные, относящиеся к вспомогательному оборудованию, в том числе, но без ограничения, следующие параметры:

- поток исходного материала,
- доступность исходного материала,
- температура исходного материала,
- электропроводность или эквивалентный параметр исходного материала,
- эксплуатационные характеристики насоса.

24. Электрохимическая система по п. 22 или п. 23, в которой средство для диагностики на месте применения присоединено к вычислительному устройству и используется для определения электроэнергии, которую получает или принимает батарея или соответствующая цепочка, или доступность исходного материала для каждой батареи или соответствующей цепочки.

25. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, причем система выполнена с возможностью осуществления любой одной или нескольких из следующих операций: производство водорода и/или кислорода; сжатие водорода и/или кислорода; очистка водорода и/или кислорода.

26. Электрохимическая система по любому предшествующему пункту, в которой средство для регулирования потока выполнено с возможностью регулирования потока текучей среды через один или несколько впусков и/или один или несколько выпусков посредством следующих операций: избирательное открытие или закрытие впусков и/или выпусков; избирательное открытие или закрытие клапанов на впускных или выпускных коллекторах; или ограничение пути потока текучей среды через впуски и/или выпуски и/или через впускные или выпускные коллекторы.

27. Контейнерная модульная электрохимическая система для электролитического производства водорода из воды, причем указанная система содержит:

- корпус;
- множество электрохимических батарей, установленных с возможностью отделения внутри указанного корпуса, причем каждая батарея содержит один или несколько электролизеров, расположенных последовательно в цепочках, при этом каждая цепочка содержит по меньшей мере одну электрохимическую батарею, причем каждый электрохимическая батарея содержит по меньшей мере один выпуск для электролита и множество выпусков на каждой батарее или соответствующей цепочке по меньшей мере для следующих продуктов: произведенный водород, произведенный кислород и отработанный электролит;

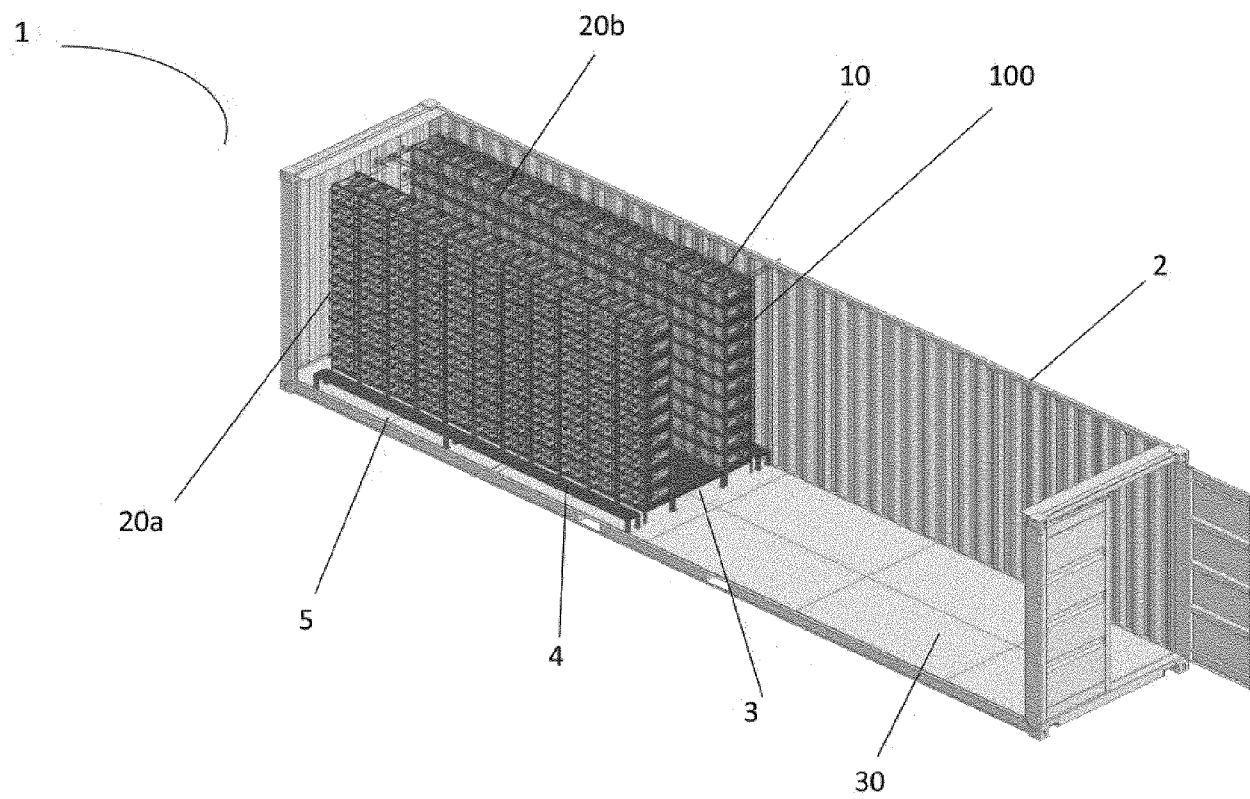
- средство для регулирования потока, присутствующее по меньшей мере на одном из одного или нескольких впусков и/или одного или нескольких выпусков батареи;
- источник электроэнергии, находящийся в функциональном соединении с каждой электролитической батареей или соответствующей цепочкой;
- компьютеризованное средство управления, предназначенное для регулирования указанного источника электроэнергии и выполненное с возможностью направления электроэнергии в одну или несколько цепочек в зависимости от соответствующего состояния эксплуатации; и
- средство для циркуляции отработанного электролита в целях повторного использования.

28. Способ регулирования множества электрохимических устройств в контейнерной модульной электрохимической системе, причем в способе предусмотрены:

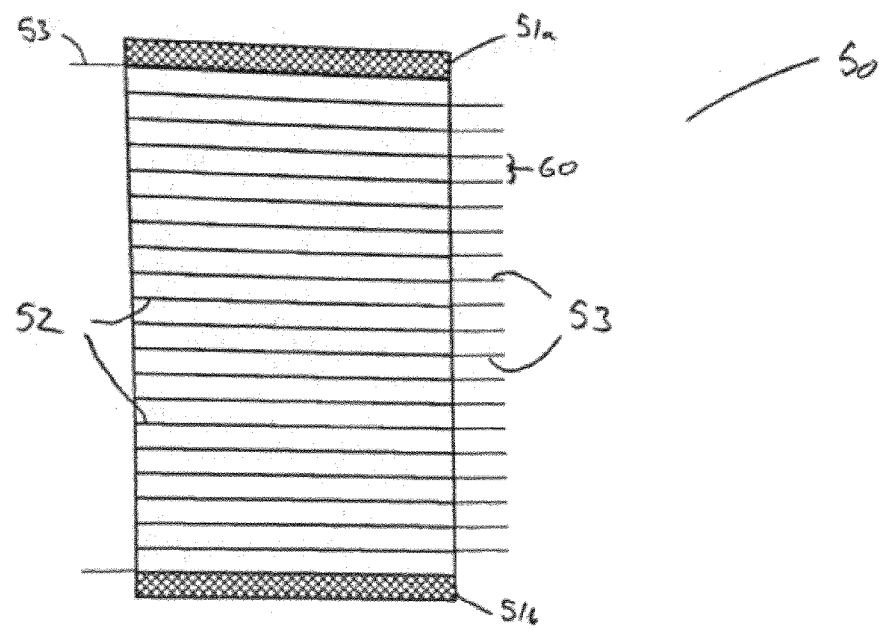
- обеспечение корпуса;
- установка с возможностью отделения множества электрохимических батарей внутри указанного корпуса, таким образом, что указанные электрохимические батареи располагаются последовательно в цепочках, причем каждая цепочка содержит по меньшей мере одну электрохимическую батарею, при этом каждая батарея содержит выпуск текучей среды для приема исходного материала и выпуск продукта, и каждая цепочка содержит выпуск исходного материала, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды с одним или несколькими впусками одной или нескольких соответствующих батарей, и по меньшей мере один выпуск продукта, находящийся в сообщении с возможностью переноса текучей среды в каждый из одного или нескольких выпусков одной или нескольких соответствующих батарей;
- функциональное присоединение источника электроэнергии к каждой цепочке, причем батареи каждой цепочки находятся в последовательном электрическом соединении;
- осуществление циркуляции исходного материала между впусками исходного материала;
- обеспечение средства для регулирования потока на по меньшей мере одном из одного или нескольких впусков и/или одного или нескольких выпусков батареи, причем указанное средство для регулирования потока выполнено с возможностью избирательного открытия и закрытия, соответственно, одного или нескольких впусков и/или одного или нескольких выпусков; и

- конфигурирование компьютеризованного средства для управления источником электроэнергии таким образом, чтобы независимо регулировать энергию, которую получает каждая цепочка электрохимических элементов.

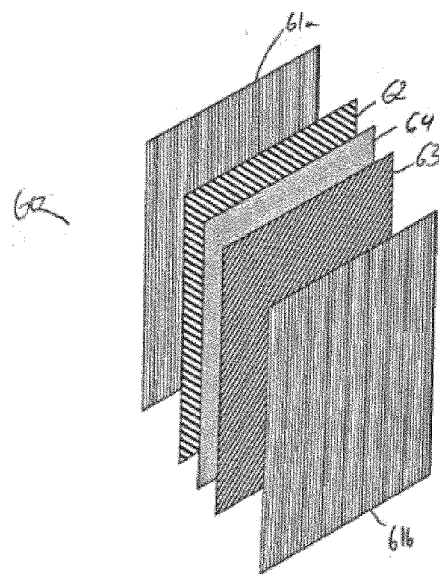
29. Способ регулирования множества электрохимических устройств в контейнерной модульной электрохимической системе по п. 25, в которой каждая электрохимическая батарея представляет собой электролизер.



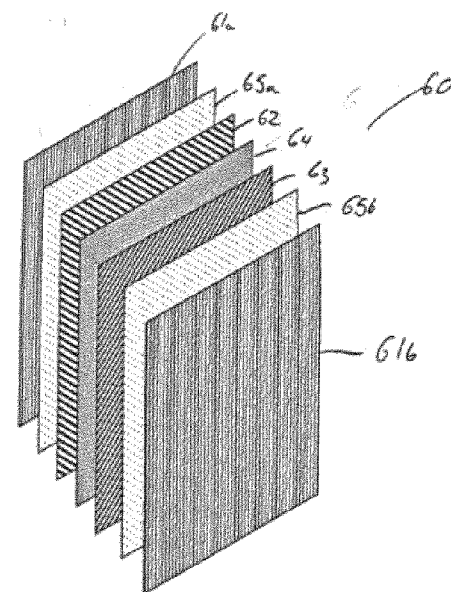
Фиг. 1



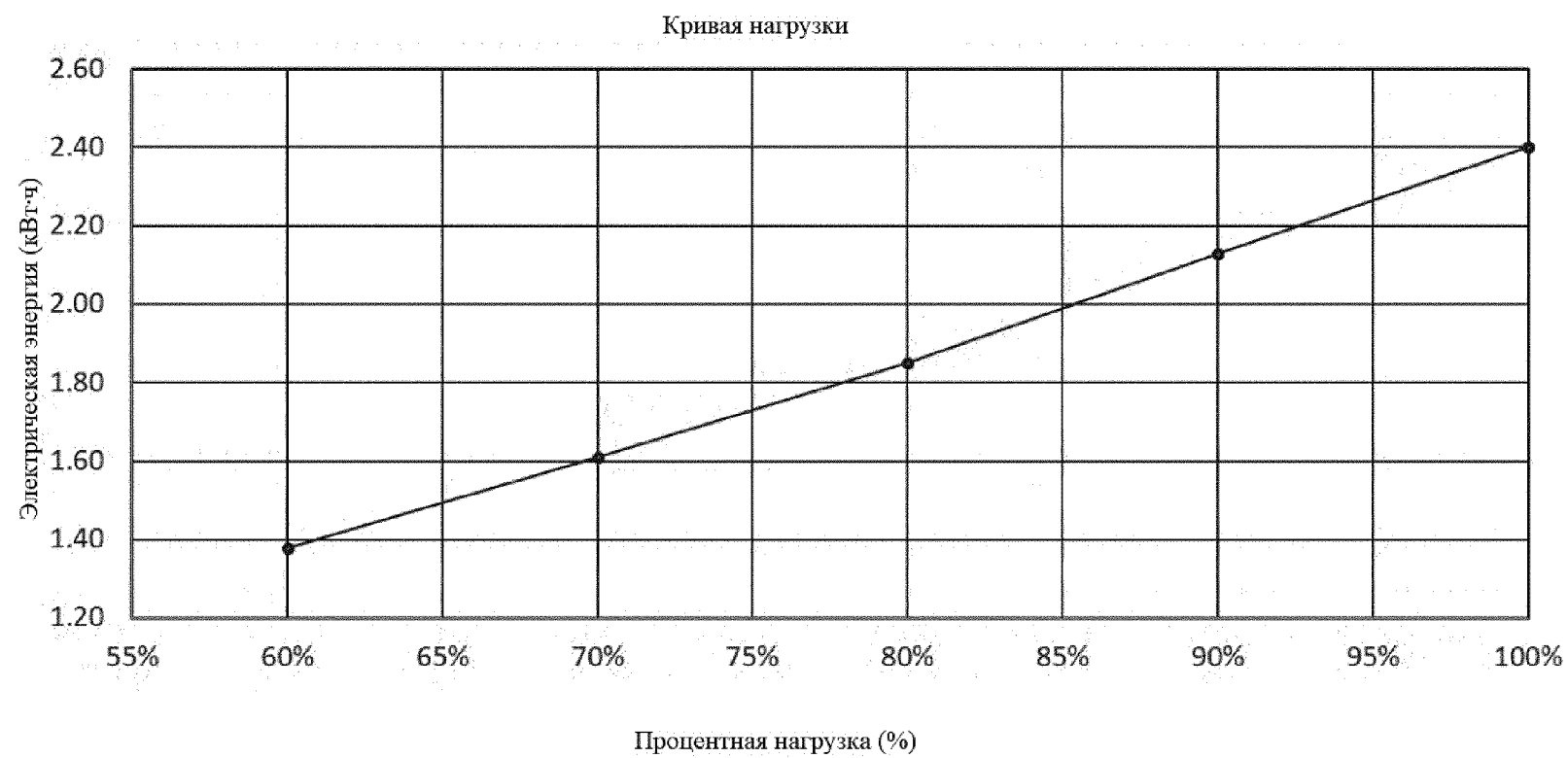
Фиг. 2



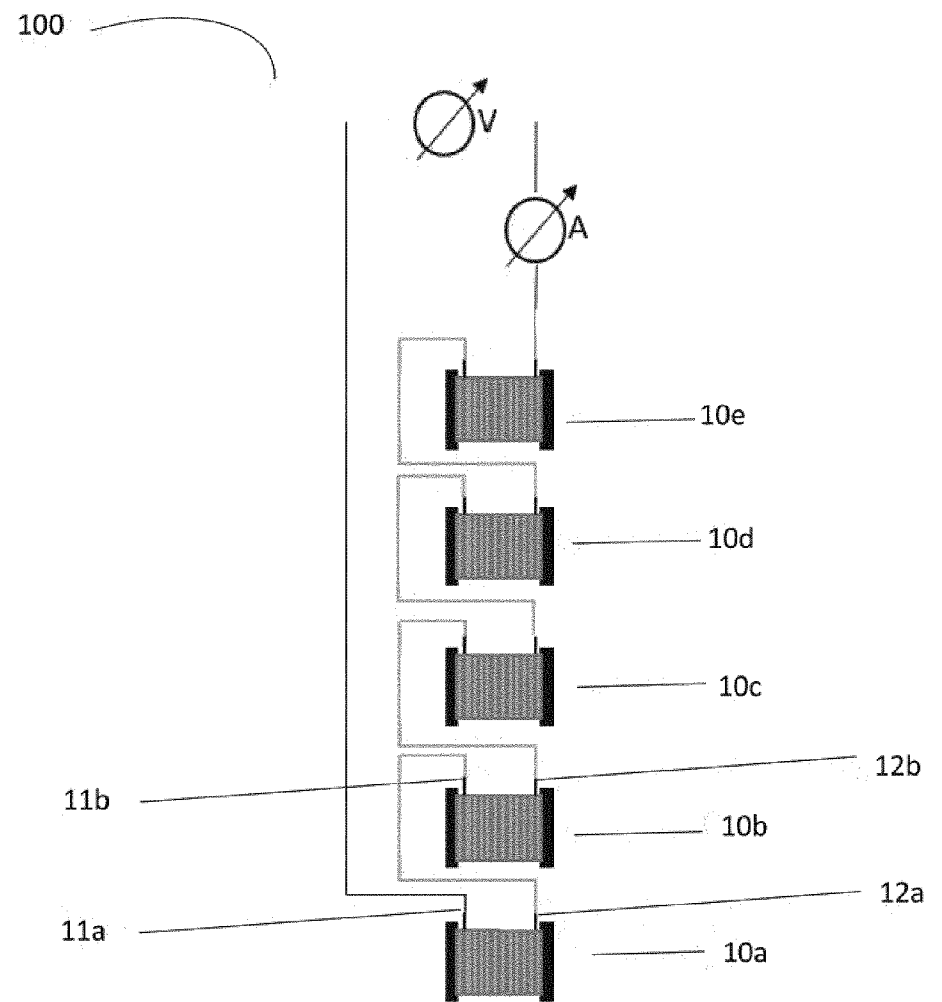
ФИГ. 3А



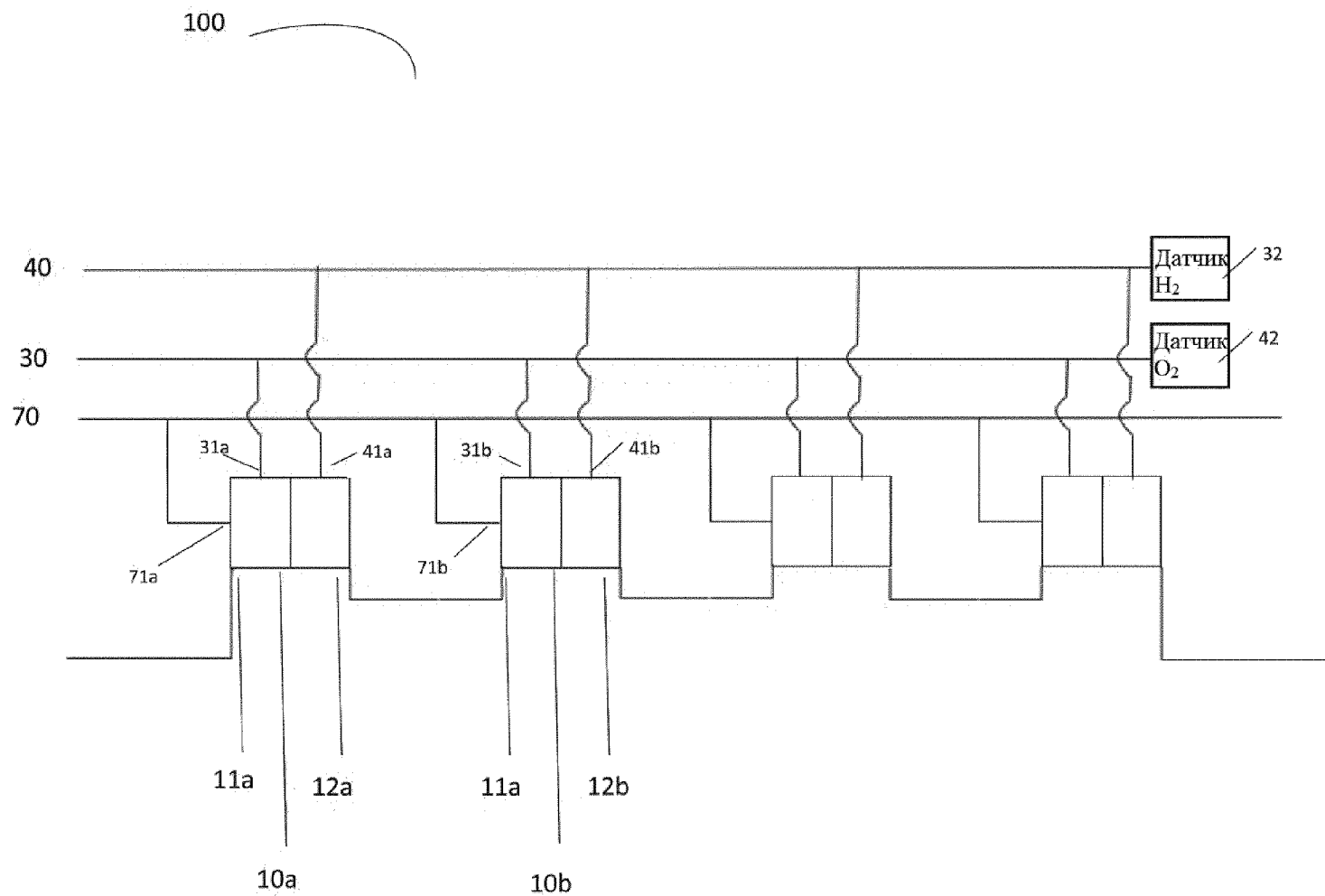
ФИГ. 3В



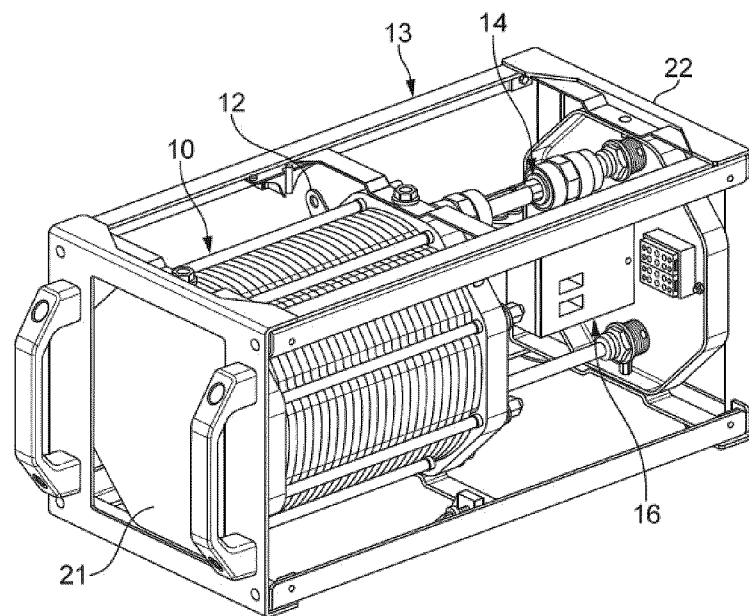
Фиг. 4



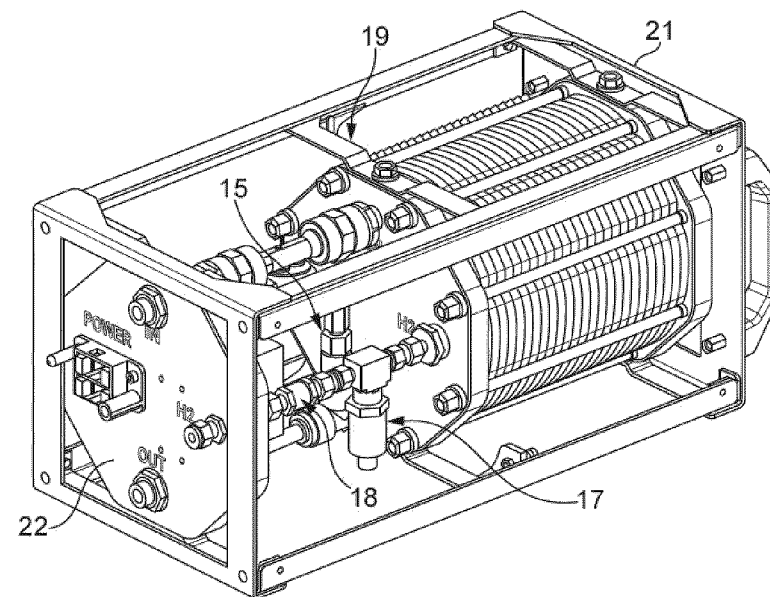
Фиг. 5



Фиг. 6

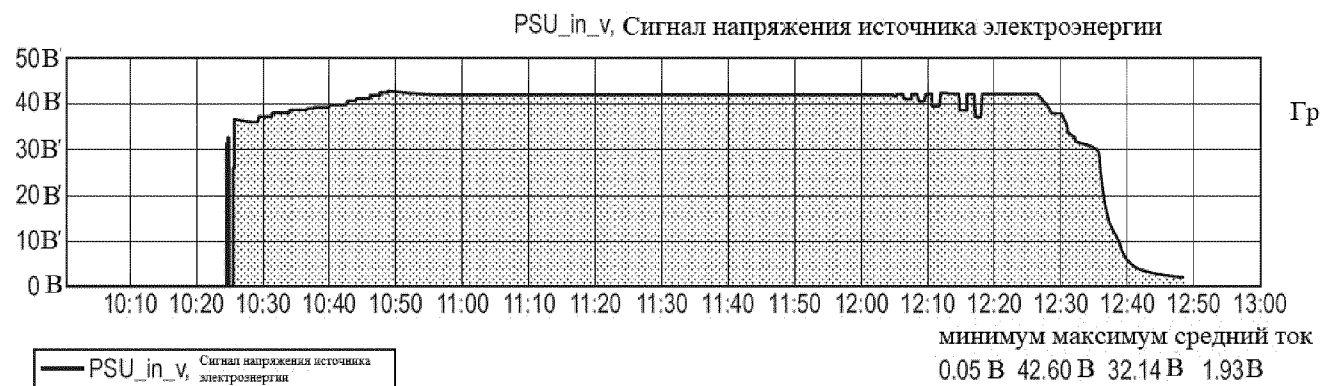
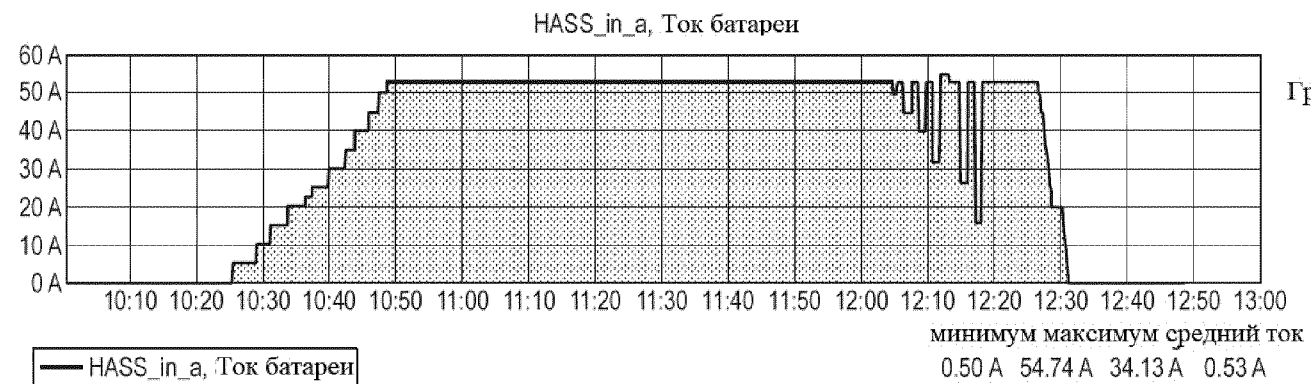


Передняя сторона



Задняя сторона

Фиг. 7



Фиг. 8

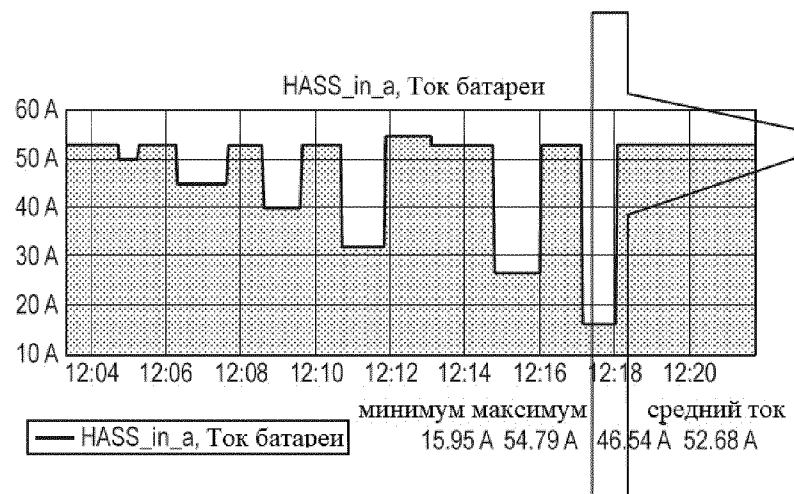


График 9a

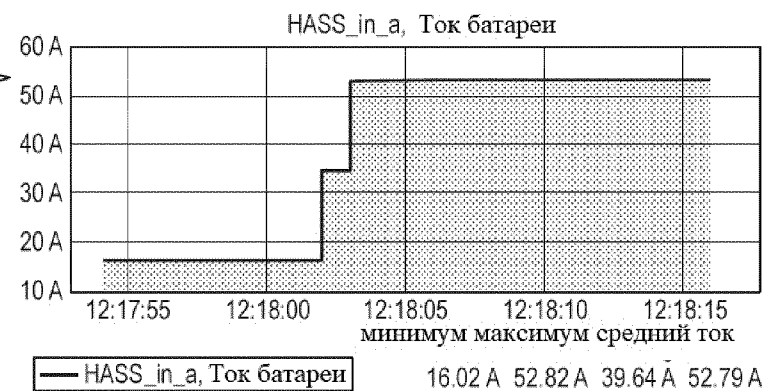


График 9b

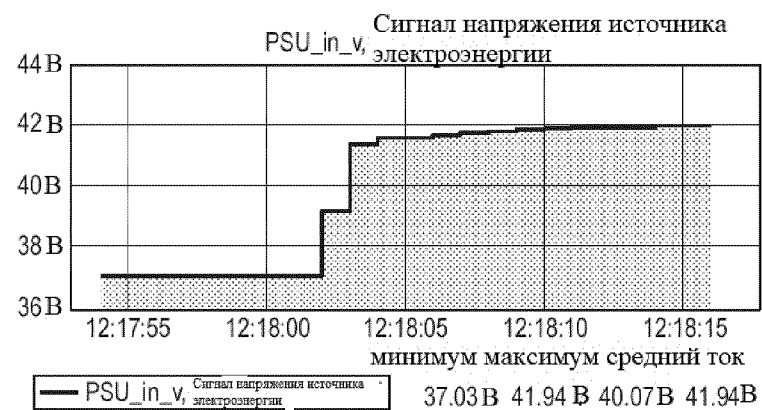


График 9c

Фиг. 9