

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202391509** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.08.10

(22) Дата подачи заявки
2021.12.15

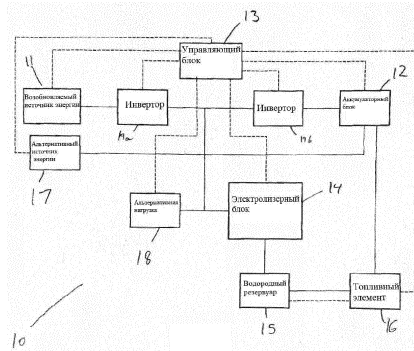
(51) Int. Cl. **C25B 9/65** (2021.01)
C25B 9/77 (2021.01)
C25B 15/02 (2021.01)
C25B 15/023 (2021.01)
C25B 15/025 (2021.01)
C25B 15/08 (2006.01)

(54) СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОСЕТЬЮ

(31) **2019771.1**
(32) **2020.12.15**
(33) **GB**
(86) **PCT/EP2021/086027**
(87) **WO 2022/129249 2022.06.23**
(71) Заявитель:
ЭНАПТЕР С.Р.Л. (IT)

(72) Изобретатель:
**Чапман Шон Кроуфорд, Шмидт
Ян-Юстус (IT), Краско Николай В.,
Афанасенко Никита (RU)**
(74) Представитель:
**Гизатуллин Ш.Ф., Гизатуллина
Е.М., Угрюмов В.М., Строкова О.В.,
Костюшенкова М.Ю., Джермакян Р.В.
(RU)**

(57) Система управления для микросети, содержащей множество электролизеров и один или несколько первичных источников питания, причем система управления выполнена с возможностью осуществления следующих действий под управлением процессора: определение мощности, доступной от одного или нескольких первичных источников питания; и генерирование управляющих сигналов, выполненных с возможностью направления доступной мощности в один или несколько из указанного множества электролизеров; при этом система управления выполнена с возможностью коммуникационного соединения со средством диагностики на месте установки, связанным с каждым электролизером из указанного множества электролизеров, для измерения соответствующего эксплуатационного параметра, причем система управления выполнена с возможностью осуществления следующих действий под управлением процессора: прием сигналов от указанного средства диагностики на месте установки и определение на этой основе по меньшей мере одного эксплуатационного параметра, связанного с указанным множеством электролизеров.



A1

202391509

202391509

A1

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОСЕТЬЮ

ОПИСАНИЕ

Настоящее изобретение относится к системе управления для микросети, содержащей множество электролизеров и один или несколько первичных источников питания, таких как один или несколько возобновляемых источников энергии, а также к способу эксплуатации/регулирования блока электролитических элементов, к электролитическим элементам и к другим компонентам, которые образуют микросеть.

Водород должен стать ключевым фактором перехода к энергетической безопасности, и при этом он уже находит применение в качестве промышленного сырья в самых разных отраслях промышленности, от производства удобрений до нефтепереработки. Водород является распространенным элементом, но не часто встречается в чистом виде. Фактически широко распространено производство водорода путем паровой конверсии для промышленного применения. В этом производстве требуется использование ископаемого топлива, и процесс является энергоемким. Нежелательные выбросы представляют собой побочные продукты паровой конверсии. Помимо использования в качестве промышленного сырья, водород представляет собой превосходный энергоноситель, позволяющий осуществлять долгосрочное хранение и транспортировку.

Электролиз хорошо известен в качестве способа разложения воды с получением водорода и кислорода. Более поздняя разработка представляет собой электролиз с использованием анионообменной мембраны (АЕМ). В отличие от других видов электролиза, преимущество этого процесса заключается в том, что в нем не требуется ископаемое топливо, а также отсутствует зависимость от металлов платиновой группы (PGM) в качестве катализатора. Электролизеры с анионообменной мембраной оказываются более подходящими для эксплуатации в периодическом режиме, в отличие от других более традиционных форм электролиза. Это дает возможность использовать возобновляемые источники энергии, такие как, помимо прочего, солнечная энергия, ветровая энергия, гидроэлектроэнергия и другие источники энергии, общий признак которых представляет собой периодический характер их действия.

В некоторых случаях водород может становиться целесообразным для почти непосредственного использования, например, в нагревательных устройствах. Оказывается желательной возможность управления множеством генераторов водорода в целях предотвращения чрезмерного генерирования и перегрузки котла.

Во многих странах существуют стимулы, которые способствуют использованию возобновляемых источников питания, таких как фотоэлектрические панели. Вследствие периодического характера действия таких источников питания требуются средства для аккумуляции энергии. Аккумуляторы могут использоваться, и они находят применение, но не подходят для длительного хранения энергии, поскольку, как известно, аккумуляторы разряжаются с течением времени. Водород оказывается более подходящим для длительного хранения энергии, потому что в процессе хранения просто не происходит разряда или потеря потенциальной энергии, наблюдаемая в батареях. Сочетание возобновляемых источников энергии с электролизерами для экологически чистого производства водорода представляет собой средство обеспечения перехода к энергетической безопасности и сокращения выбросов углекислого газа.

Электролитическое получение водорода в процессе разложения воды является хорошо известным и разработанным. В наиболее распространенной из этих технологий находит применение жидкая щелочь (LA). В другой относительно признанной форме электролизера находит применение протонообменная мембрана (PEM). Относительно новым способом представляет собой электролиз с использованием анионообменной мембраны (AEM). Преимущество анионообменной мембраны по сравнению с другими относительно более разработанными технологиями заключается в том, что требуемая среда не является настолько коррозионной/щелочной, а металлы платиновой группы не требуются в качестве катализатора. Кроме того, отсутствует необходимость изготовления пакета с использованием дорогостоящих материалов, таких как титан.

Известно, что многочисленные малые устройства, образующие блок, функционируют как единое целое, и аккумуляторы можно конструировать и использовать в таком формате. Однако некоторые из таких конструкций имеют ограничения в определении типа и производительности указанных устройств. Средства и способы, используемые с такими устройствами, различаются и подлежат дальнейшему совершенствованию.

Задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы предложить улучшенные средства и способы управления множеством модульных устройств, таких как, но без обязательного ограничения, блоки электролизеров.

Согласно аспекту настоящего изобретения предложена система управления для микросети, содержащей множество электролизеров и один или несколько первичных источников питания, причем система управления выполнена с возможностью осуществления следующих действий под управлением процессора:

- определение мощности, доступной от одного или нескольких первичных источников питания; и

- генерирование управляющих сигналов, выполненных с возможностью направления доступной мощности в один или несколько из указанного множества электролизеров;

причем система управления выполнена с возможностью коммуникационного соединения со средством диагностики на месте установки, связанным с каждым электролизером из указанного множества электролизеров, для измерения соответствующего эксплуатационного параметра, и при этом система управления выполнена с возможностью осуществления следующих действий под управлением процессора: прием сигналов от указанного средства диагностики на месте установки и определение на этой основе по меньшей мере одного эксплуатационного параметра, связанного с указанным множеством электролизеров.

Предпочтительно система управления выполнена с возможностью получения данных одним или несколькими из следующих методов: поляризационные кривые, омическое сопротивление и электрохимическая импедансная спектроскопия, с использованием данных, полученных от указанного средства диагностики на месте установки.

Предпочтительно поляризационные кривые генерируются с заданными интервалами.

Предпочтительно каждый электролизер получает данные уникального идентификатора.

Предпочтительно система управления выполнена с возможностью получения или определения любого одного или нескольких из следующих эксплуатационных параметров с помощью средства диагностики на месте установки в отношении каждого из одного или нескольких из указанного множества электролизеров:

- совокупная продолжительность эксплуатации каждого модульного устройства,
- совокупная продолжительность простоя каждого модульного устройства,
- производительность, с которой работало модульное устройство в процессе эксплуатации,
- температура устройства,
- давление устройства,
- напряжение/потенциал устройства, и
- данные, относящиеся к неосновному оборудованию, такие как:
 - скорость потока электролита,

- уровень электролита,
- проводимость указанного электролита,
- эксплуатационные характеристики насоса.

Предпочтительно любой один или несколько из эксплуатационных параметров измеряются с заданными интервалами и/или при наступлении заданного инициирующего события.

Предпочтительно инициирующее событие представляет собой одно или оба события из изменения источника электропитания и прогнозируемого изменения условий.

Предпочтительно каждый электролизер имеет связанную с ним взвешенную продолжительность эксплуатации (WRT).

Предпочтительно система управления выполнена с дополнительной возможностью осуществления балансирования мощности под управлением процессора в отношении указанного множества электролизеров.

Предпочтительно система управления выполнена с возможностью приема выходных сигналов от каждого из указанного множества электролизеров, и при этом она выполнена с возможностью, под управлением процессора, прогнозирования производительности каждого электролизера и вычисления прогнозируемой производительности на основании установленного распределения мощности по указанному множеству электролизеров.

Согласно следующему аспекту настоящего изобретения предложена микросеть, содержащая множество электролизеров, один или несколько первичных источников питания, средство диагностики на месте установки, связанное с каждым из электролизеров, для измерения соответствующего эксплуатационного параметра, и систему управления, которая указана выше, причем система управления выполнена с возможностью коммуникационного соединения со средством диагностики на месте установки.

Предпочтительно по меньшей мере один из первичных источников питания представляет собой возобновляемый источник энергии или подключение к сети.

Предпочтительно микросеть дополнительно содержит один или несколько вторичных источников питания.

Предпочтительно по меньшей мере один из вторичных источников питания представляет собой возобновляемый источник энергии или подключение к сети.

Предпочтительно каждый электролизер представляет собой электролизер с анионообменной мембраной, эксплуатируемый с сухим катодом.

Предпочтительно микросеть дополнительно содержит одну или несколько альтернативных нагрузок.

Предпочтительно альтернативная нагрузка представляет собой любую одну или несколько из следующих нагрузок:

- один или несколько аккумуляторов;
- электрохимические энергоаккумулирующие устройства;
- конденсаторы;
- электрическое оборудование или
- сеть.

Предпочтительно микросеть дополнительно содержит средство, выполненное с возможностью коммуникационного соединения с системой управления, для измерения мощности, доступной от одного или нескольких первичных источников питания.

Предпочтительно один или несколько первичных источников питания представляют собой возобновляемые источники энергии, причем микросеть дополнительно содержит средство прогнозирования, выполненное с возможностью коммуникационного соединения с системой управления, для прогнозирования мощности, предполагаемой в качестве доступной от одного или нескольких первичных источников питания.

Предпочтительно средство прогнозирования представляет собой любое одно или несколько из следующих средств, которые обеспечивают:

- прогнозирование погоды;
- прогнозирование скорости ветра;
- прогнозирование облачности и
- прогнозирование приливов и отливов.

Предпочтительно электролизеры выполнены с возможностью эксплуатации на различных уровнях производительности.

Предпочтительно электролизеры имеют пассивную зарядно-разрядную схему для использования средством диагностики на месте установки в целях измерения соответствующей изменчивости напряжения и содержат средство для использования указанной изменчивости в целях аппроксимации заданных параметров эквивалентной схемы.

Предпочтительно мощность от одного или нескольких первичных источников питания представляет собой мощность переменного тока или постоянного тока, и один или несколько электролизеров получают мощность переменного тока или постоянного тока.

Предпочтительно микросеть содержит устройство для содержания и использования водорода, производимого указанными электролизерами, такое как сушильное устройство, водородоаккумулирующее устройство или топливный элемент.

Согласно следующему аспекту настоящего изобретения предложен способ эксплуатации/регулирования блока электролитических элементов, электролитических элементов и других компонентов, которые образуют микросеть, причем в способе предусмотрены следующие стадии:

- определение уникального идентификатора для каждого из одного или нескольких электролитических элементов, причем указанные электролитические элементы представляют собой первичную нагрузку для микросети; и с интервалами повторяются следующие стадии:

- определение/оценка выходной мощности от одного или нескольких источников питания;

- определение типа и количества электролитических элементов, которые являются доступными для эксплуатации;

- определение установленного значения для единственного или каждого доступного электролитического элемента;

- направление указанной мощности в один или несколько электролитических элементов и наблюдение активности каждого из электролитических элементов;

- измерение данных диагностики на месте установки и регистрация результатов в связи с данными уникального идентификатора для каждого электролитического элемента;

- измерение фактической выходной мощности и ее сопоставление с прогнозируемой выходной мощностью; и

- повтор представленных выше стадий с регулярными заданными интервалами и уменьшение установленного значения одного или нескольких из указанных электролитических элементов в том случае, если выходная мощность является недостаточной, или не требуется эксплуатация одного или нескольких электролитических элементов.

При упоминании в настоящем документе термин «первичный источник питания» используется для обозначения источника питания в первом случае. Он может представлять собой, но без ограничения, один или несколько источников, таких как солнечная энергия, ветровая энергия, гидроэлектроэнергия и другие возобновляемые источники, а также необязательно представлять собой или содержать энергию из более традиционных источников, таких как сеть большего масштаба. В качестве первичных

источников питания могут рассматриваться два или большее число источников питания, таких как солнечная панель и ветровая турбина.

При упоминании в настоящем документе термин «микросеть» используется для обозначения системы в соответствии с аспектом настоящего изобретения, которая представляет собой, но без ограничения, множество электролизеров, причем каждый из электролизеров указанного множества электролизеров имеет связанное с ним средство диагностики на месте установки для измерения соответствующего эксплуатационного параметра, а также присутствует система управления, практически такая же, как описано выше.

При упоминании в настоящем документе термин «электролизер» может быть использован взаимозаменяемым образом с терминами «модульное устройство» и/или «элемент» или «электролитический элемент», в том числе электрохимические элементы всех форм. Один или несколько электролизеров и (необязательно) других модульных устройств могут быть обозначены термином «одна или несколько первичных нагрузок» или просто «одна или несколько нагрузок». Кроме того, этот термин может означать множества модульных устройств, как правило, представляющих собой электрохимические пакеты, причем множество представляет собой множество пакетов, имеющих общее средство для диагностики на месте установки.

При упоминании в настоящем документе термины «компьютер», «процессор», «вычислительное устройство» или «средство обработки данных» предназначены для распространения, но не должны быть обязательно ограничены ими, на любое устройство, выполненное с возможностью обработки данных или вычисления, такое как, но без ограничения, персональный компьютер (PC), портативный компьютер, смартфон, планшетное вычислительное устройство и т. д. Поскольку система управления также представляет собой форму вычислительного устройства, соответствующие термины могут быть использованы в настоящем документе синонимичным образом без ограничения.

При упоминании в настоящем документе термин «пользователь» может быть используется для обозначения любого лица, имеющего отношение к системе, такого как, но без обязательного ограничения, управляющий, системный интегратор, руководитель, владелец. В качестве пользователя может выступать любое физическое лицо, заинтересованное в управлении системой, или, несомненно, группа заинтересованных сторон, или компания или организация.

При использовании в настоящем документе термин «блок устройств» используется для обозначения множества модульных электролизеров.

При упоминании в настоящем документе термин «соединение может означать физическое (проводное) или беспроводное информационное соединение, такое как, но без ограничения, проводное соединение для передачи данных, Bluetooth® или WiFi. Любое средство связи для передачи данных или информации от одного компонента к другому может представлять собой соединение.

При упоминании в настоящем документе термин «коммуникационное соединение» используется для обозначения информационной коммуникационной системы или сети, выполненной с возможностью передачи информации, такой как интернет физических объектов (IoT), беспроводная локальная сеть (WiFi), Bluetooth® или физические проводные соединения. В настоящем документе описаны средства, такие как межсетевой интерфейс, которые упрощают сообщение между устройствами, работающими с различными протоколами. Альтернативы представляют собой программируемый логический контроллер (PLC).

При использовании в настоящем документе термин «средство диагностики на месте установки» может означать любое средство, оборудование или способ оценки работоспособности или состояния электролизера и, в более общем случае, единственную или каждую первичную нагрузку. Такой средство диагностики на месте установки и связанное с ним диагностическое оборудование более подробно обсуждается далее в настоящем документе.

Несмотря на обсуждение терминов «первичные источник питания» и «нагрузки», следует отметить, что термин «вторичные источники питания» может быть использован для обозначения источников питания, которые дополняют первичные источники питания, если выпускаемый продукт, как правило, представляющий собой водород, потребует в том случае, когда присутствует недостаточная мощность для требуемой генерации с применением только первичных источников питания. В качестве вторичного источника питания может присутствовать другая сеть, генератор или другая система, способная производить энергию. Термин «вторичные нагрузки» может означать электрическое оборудование или любое устройство, для которого требуется энергия. Аккумуляторы могут представлять собой вторичный источник питания и вторичную нагрузку, однако в этом случае система управления может быть выполнена с возможностью обеспечения аккумуляторов, заряд которых не падает ниже заданного порогового значения.

Следует отметить, что в настоящей заявке подробно обсуждается не все неосновное оборудование (BOP), поскольку соответствующие сведения должны быть достаточно очевидными для обычного специалиста в данной области техники.

Согласно предпочтительному варианту осуществления один или несколько источников питания представляют собой возобновляемые источники, такие как, но без ограничения, солнечная энергия, ветровая энергия, гидроэлектроэнергия и другие виды энергии. Настоящее изобретение распространяется, в частности, хотя никаким образом не исключительно, на использование источников питания, которые могут быть периодическими, неустойчивыми и/или переменными, что представляет собой общие характеристики, в частности, возобновляемых источников энергии.

В дополнение к одному или нескольким первичным источникам питания предусмотрено, что может быть использован альтернативный источник питания. Этот альтернативный источник питания может представлять собой соединение с другой сетью на государственном или более локальном уровне, представляющем собой «микросеть». По существу, один или несколько аккумуляторов или других средств для сохранения энергии могут быть использованы в качестве альтернативного источника питания. Кроме того, предусмотрено, что аккумулятор или аккумуляторный блок может быть использован в качестве альтернативной нагрузки. Альтернативная нагрузка, в частности, нагрузка, которая также способна представлять собой альтернативный источник питания, представляет собой, но не без обязательного ограничения, электрохимические энергоаккумулирующие устройства, такие как аккумуляторы, в которых используются системы на основе Li, системы на основе Na/Zn/Al или окислительно-восстановительные элементы с проточным электролитом; в качестве альтернативы, могут находить применение конденсаторы, такие как, но без ограничения, суперконденсаторы или ультраконденсаторы.

Согласно предпочтительному варианту осуществления, электролизеры (или «нагрузки»), которые образуют множество электролизеров, могут представлять собой электролизеры с анионообменной мембраной. При этом оказываются более предпочтительными по меньшей мере некоторые из них, которые могут представлять собой электролизеры с анионообменной мембраной, выполненные с возможностью эксплуатации с практически сухим катодным отсеком. Однако не предусмотрено ограничение настоящего изобретения исключительно множеством электролизеров, которые представляют собой полную нагрузку. По существу, если микросеть интегрирована в более крупную сеть, дополнительные нагрузки могут представлять собой другие энергопотребляющие устройства, такие как, но без ограничения, бытовое или промышленное электрическое оборудование, осветительное оборудование, промышленные машины и другие устройства. Как обсуждается выше, нагрузка также может выступать в качестве альтернативного источника питания.

Предусмотрено, что один или несколько первичных источников питания могут, в некоторые моменты времени, обеспечивать более высокую мощность, чем может использовать блок электролизеров. Вместо того, чтобы ограничивать и в результате этого терять такую мощность, для обеспечиваемой мощности оказывается предпочтительным создание одной или нескольких альтернативных нагрузок, таких как, но без обязательного ограничения, один или несколько аккумуляторов, электрическая сеть, бытовые или другие энергопотребляющие устройства/системы. Предпочтительно система управления выполнена с возможностью, под управлением процессора, осуществления управления спросом на электроэнергию и использования альтернативных нагрузок или аккумуляторов.

Согласно предпочтительному варианту осуществления одно или несколько средств предусмотрены для измерения и/или наблюдения мощности, доступной от одного или нескольких источников питания, в том числе первичных и/или вторичных источников питания. Кроме того, могут быть обеспечены соединения с одним или несколькими альтернативными источниками питания и одной или несколькими альтернативными нагрузками для средств управления и для средств передачи энергии. Предпочтительно система управления выполнена с возможностью генерирования сигналов, выполненных с возможностью направления мощности на соответствующую нагрузку или нагрузки на основании измеренной доступности энергии.

В случае возобновляемой энергии, система управления может быть выполнена с возможностью прогнозирования доступной мощности от одного или нескольких источников посредством использования данных прогноза погоды. Использование такой дополнительной информации способствует дополнительному сокращению продолжительность реакции системы микросети. Предусмотрено дополнительное приспособление, в котором обеспечены средства прогнозирования доступной мощности от одного или нескольких источников питания. Изменение одной или нескольких нагрузок может быть осуществлено посредством альтернативного источника электропитания для увеличения скорости реакции в блоке устройств. Примеры представляют собой прогнозирование скорости ветра или облачности в зависимости от восхода и захода солнца. Кроме того, предусмотрены средства регистрации прогнозируемых условий и доступной мощности от соответствующего источника питания, например, скорости ветра и мощности от ветровых турбин, облачности и выходной мощности солнечных панелей, состояния приливов и отливов, гидроэлектроэнергии и т. д. Согласно таким вариантам осуществления предусмотрены

средства сопоставления прогнозируемых условий для доступной мощности в целях более точной эксплуатации блока устройств и альтернативных нагрузок и источников питания.

В системе микросети согласно аспекту настоящего изобретения может находить применение множество различных устройств. В данном отношении система управления может быть использована для управления микросетью в зависимости от данных, полученных от множества различных источников. В то время как может находить применение программируемый логический контроллер (PLC), оказывается предпочтительным использование межсетевого интерфейса, который допускает для устройств использование различных протоколов в целях взаимного сообщения.

В пределах блока или множества электролизеров оказывается возможной эксплуатация электролизеров на уровне части от максимальной производительности. Например, вместо одного электролизера, работающего на уровне максимальной производительности, можно использовать два электролизера, работающих на уровне половины от максимальной производительности, три электролизера, работающих на уровне трети от максимальной производительности, и т. д. Для таких устройств, как электролизеры, такой тип эксплуатации может обеспечивать уменьшение скорости разрушения, и в результате этого увеличивается продолжительность эксплуатации составляющих устройств блока.

Таким образом, электролизеры во множестве электролизеров могут оказываться неограниченными в отношении эксплуатации при такой же производительности. По различным причинам может оказаться предпочтительным использование нескольких электролизеров, эксплуатируемых на различных уровнях производительности. Такие причины могут представлять собой достижение максимального коэффициента полезного действия на различных уровнях производительности или обеспечение поддержки некоторых устройств до тех пор, пока не станет возможным предоставление обслуживания. Если это необходимо, система управления может быть предпочтительно выполнена с возможностью, под управлением процессора, упрощения этой задачи и наблюдения эксплуатационных характеристик микросети для определения возможности достижения этой цели при одновременном соблюдении заданного порогового значения выходной мощности. Если это желательно, (заданная) выходная мощность может быть не достигнута при максимальном коэффициенте полезного действия, и предупреждение может быть направлено пользователю.

Примерные средства диагностики на месте установки, которые могут находить применение в системе микросети согласно аспекту настоящего изобретения ниже будут описаны более подробно.

Электролизеры, в частности, электролизеры с анионообменной мембраной и электролизеры с протонообменной мембраной, как правило, представляют собой пакеты, причем в каждом пакете содержится множество элементов. Оказывается возможным определение работоспособности элемента, группы элементов или всего пакета посредством построения поляризационной кривой. Хотя это может быть осуществлено по мере необходимости, система микросети благоприятно выполнена с возможностью осуществления диагностики с заданными интервалами и/или при наступлении определенных контрольных событий. Не предусмотрено ограничение настоящего изобретения использованием поляризационных кривых в качестве средства для диагностики на месте установки. Альтернативные способы предусматривают измерение потенциала каждого элемента или элементов при установленном значении силы тока. Кроме того, может быть предусмотрено средство для сопоставления фактической выходной производительности и прогнозируемой производительности в зависимости от источника электропитания. Если используется множество средств диагностики на месте установки, то каждое средство диагностики на месте установки может быть использовано индивидуально или в комбинации.

Согласно представленному выше примерному варианту осуществления для построения поляризационных кривых должны присутствовать соответствующие средства. Электролитический пакет содержит множество элементов, причем каждый элемент ограничен биполярной пластиной. Предусмотренную последовательность пакета элементов составляют: биполярная пластина, анод, мембрана, катод, биполярная пластина и повтор для полного числа элементов в составе пакета. Газодиффузионный слой (GDL) может располагаться между биполярной пластиной и слоем катализатора индивидуально или с содержанием микропористого слоя (MPL). По причинам, представляющим собой допустимое давление и другие механические соображения, могут присутствовать концевые пластины. Указанные концевые пластины могут выступать в качестве биполярных пластин, или они могут быть изолированы от указанных биполярных пластин, и в таком случае они представляют собой отдельные компоненты. Предусмотрено, что поляризационная кривая, которую генерирует система управления, может быть получена с использованием данных для единственного элемента или для группы элементов, причем соответствующие примеры проиллюстрированы на фигурах, которым соответствует приведенное ниже подробное описание ниже. Биполярные пластины или эквивалентные детали, как правило, содержат штыри или другие электропроводные или иным образом подходящие соединительные приспособления, которые обеспечивают измерение требуемых данных. Эти штыри могут быть

присоединены к вычислительному устройству или к другому подходящему устройству, такому как пакетная плата. Согласно вариантам осуществления, в которых используется пакетная плата, предусмотрено, что она представляет собой печатную плату (PCB), независимо от того, что пакетная плата находится в коммуникационном соединении с системой управления.

Кроме того, присутствуют предусмотренные средства для регистрации и необязательной передачи данных в целях диагностики на месте установки и других соответствующих измерений эксплуатационных характеристик.

Предусмотрено, что для каждого электролизера в составе множества или блока указанных электролизеров выделяется идентификатор/код, который обеспечивает целевое управление и соответствующее распределение мощности для каждого модульного устройства. Это должно осуществляться только в случае установки системы или добавления/замены устройства.

Как обсуждается выше, предусмотрены средства для диагностики на месте установки. Такие средства могут регистрировать любой один или несколько из следующих параметров:

- совокупная продолжительность эксплуатации электролитического элемента или группы электролитических элементов,
- совокупная продолжительность простоя электролитического элемента или группы электролитических элементов,
- производительность, при которой электролитический элемент или группа электролитических элементов работали в процессе эксплуатации,
- температура электролитического элемента или группы элементов,
- давление электролитического элемента или элементов,
- напряжение/потенциал электролитического элемента или элементов,
- время до разряда,
- изменчивость напряжения в течение разряда и
- данные, относящиеся к неосновному оборудованию, такие как:
 - скорость потока электролита,
 - уровень электролита,
 - проводимость указанного электролита,
 - эксплуатационные характеристики насоса.

Представленный выше список не должен быть обязательно исчерпывающим, и могут находить применение, в качестве дополнения или в качестве альтернативы, любые

обоснованные эксплуатационные характеристики или эксплуатационные условия, на основании которых может быть определено или предположено состояние компонента.

Предусмотрено, что на основании предварительно наблюдаемых эксплуатационных условий и выходных данных, представляющих собой, в том числе, но без обязательного ограничения, изменчивость при пуске и остановке, предусмотрены средства для прогнозирования выходных данных, экстраполированных из предшествующих эксплуатационных условий.

Если это целесообразно, такие измерения могут быть осуществлены с заданными интервалами с применением средств диагностики на месте установки, которые могут быть необязательно изменены пользователем. Кроме того, могут быть заданы инициирующие события для диагностических исследований. Такие инициирующие события могут представлять собой изменение источника электропитания, прогнозируемое изменение условий или любое другое потенциальное инициирующее событие.

Предусмотрено, что представленная выше информация может находить применение в системе управления согласно аспекту настоящего изобретения в целях определения взвешенной продолжительности эксплуатации (WRT) для каждого электролитического элемента в блоке, причем для определения WRT принимаются во внимание такие факторы, но без ограничения, как продолжительность эксплуатации, входная мощность в процессе эксплуатации и продолжительность простоя.

Существуют разнообразные способы, согласно которым WRT может находить применение для управления эксплуатацией микросети в целом. Приоритет может быть отдан элементу, имеющему наименьшее значение WRT, однако может оказаться предпочтительной передача приоритета другому устройству в зависимости от состояния работоспособности, которое обсуждается ниже, если диагностика на месте установки представляет или показывает проблему с устройством, имеющим меньшее значение WRT, чем другие устройства. Это может быть дополнено с применением поляризационных кривых или других диагностических технологий. Устройство может иметь пониженный приоритет даже в случае меньшего значения WRT, если существует необходимость обслуживания, или обнаруживается потенциальная проблема.

Согласно следующему варианту осуществления дополнительное взвешивание также может быть применено к истекшему времени с того момента, когда электролизер или электролитический элемент последний раз находился в эксплуатации. Определенные электролитические элементы могут разрушаться при отсутствии регулярной эксплуатации, или в случае отсутствия очистки между периодами эксплуатации, или при неправильном хранении. Например, электролизеры могут подвергаться риску

высушивания мембраны, коррозии или охрупчивания, если они находятся вне эксплуатации в течение чрезмерно продолжительного времени.

Предпочтительно электролизер, имеющий минимальное значение WRT, определенное на основании любого одного или нескольких из перечисленных выше факторов, будет пользоваться приоритетом в качестве первого модульного устройства для получения мощности. Как обсуждается выше, когда множество модульных устройств могут получать частичное питание, предусмотрено, что средство управления системы выполнено с возможностью направлять мощность и изменять мощность, направляемую в каждое модульное устройство, на основании значения WRT и/или других показателей диагностики на месте установки, которые обсуждаются выше.

Предусмотрено, что мощность от одного или нескольких источников питания может представлять собой мощность переменного тока или постоянного тока. Кроме того, предусмотрено, что блок модульных устройств может работать с применением переменного тока или постоянного тока. Соответственно, если мощность не генерируется в требуемой форме, может находить применение любое из следующих устройств: инвертор, выпрямитель, трансформатор или другой требуемый компонент, который обеспечивает совместимость между нагрузками и источниками питания, а также промежуточными компонентами. По существу, такие компоненты могут потребоваться более чем в одном положении. Такие устройства могут иметь необязательные соединения с системой управления.

Предусмотрено, что пользователь, причем в качестве пользователя выступает лицо, которое не должно обязательно представлять собой управляющего системы, может по своему желанию наблюдать эксплуатационные характеристики системы посредством удаленного управления. Компьютер может находить применение для доступа к информационной панели или к прикладной программе, которая демонстрирует информацию, связанную с эксплуатационными характеристиками. Согласно некоторым вариантам осуществления предусмотрено, что также могут содержаться данные о прогнозируемых эксплуатационных характеристиках.

Согласно предпочтительному варианту осуществления, в котором модульные устройства представляют собой электролизеры, предусмотрено, что система будет дополнительно содержать любое из следующих устройств: средства для хранения водорода, средства для высушивания водорода, установки для питания водородом, топливные элементы или другие устройства/процессы, в которых требуется водород.

Предусмотрены средства для балансирования, предпочтительно быстродействующие средства для балансирования. В случае чрезмерной входной мощности для защиты компонентов может быть предусмотрен отвод мощности.

Средство для измерения производительности каждого электролизера и вычислительное устройство для прогнозирования указанной производительности на основании входящей мощности также могут находить применение в системе управления и нагрузках в пределах указанной системы. Например, если электролизер производит менее чем прогнозируемое количество водорода для данного источника электропитания, это создает проблему в соответствующем пакете. В таком случае может находить применение дополнительное управляющее устройство, такое как пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор.

Необязательные признаки, которые описаны для системы согласно представленным выше вариантам осуществления, могут присутствовать и регулироваться способом эксплуатации такой микросети практически таким образом, как описано выше.

Доступная мощность от первичного источника может быть вычислена следующим образом:

доступная мощность = выходная мощность от первичного источника × коэффициент полезного действия передачи

Следует отметить, что в коэффициенте полезного действия передачи также учитывается коэффициент полезного действия преобразования, если оно требуется, такое как преобразование постоянного тока в переменный ток или обратное преобразование.

В целях улучшенного управления распределением мощности для множества электролитических элементов предусмотрено, что может быть осуществлено прогнозирование выходной мощности от одного или нескольких источников питания. Когда находят применение возобновляемые источники, при этом может осуществляться анализ прогнозов погоды с использованием машинного обучения для корреляции таких прогнозов и фактической доступной мощности. Кроме того, согласно варианту осуществления, в котором находят применение фотоэлектрические панели, если выходная мощность снижается в течение светового дня, это может быть обусловлено прохождением облаков. Для информирования системы может находить применение оптические датчики входные данные от пользователя. В таких случаях может оказаться предпочтительным временное сокращение в качестве альтернативы переходу в режим ожидания.

Предусмотрено, что альтернативные источники питания могут находить применение для осуществления эксплуатации блока первичных нагрузок,

представляющих собой электролизеры, в целях обеспечения непрерывного производства водорода или эквивалентного выходящего продукта.

Предусмотрено, что альтернативная нагрузка может представлять собой аккумуляторный блок, который также может находить применение в качестве буфера для обеспечения непрерывного относительно устойчивого источника электропитания. В качестве альтернативы, электрическое оборудование или устройства в микросети, такие как устройства для кондиционирования воздуха, охлаждения, освещения и другие устройства могут представлять собой альтернативные нагрузки. Еще один вариант альтернативной нагрузки может представлять собой подключение к более крупной сети или к другой микросети, которое обеспечивает доведение до максимума использования продукта.

Если в результате регулярного измерения доступной мощности оказывается, что доступная мощность является недостаточной для питания заданного числа электролизеров при заданной производительности, то значение WRT или его эквивалент может находить применение для перераспределения мощности и увеличения или уменьшения нагрузок соответствующим образом. Если прогноз показывает, что данное изменение будет краткосрочным, то могут находить применение вторичные нагрузки или отводы мощности. Такой подход обеспечивает сокращение до минимума циклических включений и отключений устройств, что способствует увеличению соответствующей продолжительности эксплуатации.

В других способах определения состояния работоспособности (SoH) пакета, в качестве дополнения или альтернативы по отношению к WRT, как правило, предусмотрена аппроксимация пакета к модели эквивалентной схемы. В простейших случаях в указанной модели присутствуют содержащий резисторные и конденсаторные компоненты, но обычно также существует возможность содержания компонентов массопереноса. Пример представляет собой схема Рэндлса, в которой содержится элемент Варбурга, который создает эффекты массопереноса. Кроме того, могут содержаться постояннофазовые элементы, которые представляют собой более общий тип конденсаторов и демонстрируют пористые электроды.

Эквивалентная схема аппроксимация импедансных спектров оказывается возможной для электрохимических пакетов, но в целях получения более пригодных для использования данных предусмотрено, что для аппроксимации такого пакета с применением эквивалентных схем требуется электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS) или другая схема, в которой может осуществляться пассивный заряд/разряд пакета. В качестве дополнения или в качестве альтернативы, предусмотрены

средства для отдельной разрядной схемы, которые обеспечивают количественный анализ и представляют собой указанную специализированную разрядную схему, обеспечивающую количественный анализ состояния работоспособности. В случае источника электропитания обеспечивается оценка состояния работоспособности на относительной качественной основе. Пассивная зарядно-разрядная схема, содержащая требуемые переключатели и резисторы обеспечивает пассивную зарядку и разрядку пакета. После зарядки и разрядки получаемая в результате изменчивость напряжения может находить применение, при достаточной частоте выборки, причем указанная частота выборки является заданной, для аппроксимации пакета в соответствии с эквивалентной схемой. Во избежание сомнения, измеряемая изменчивость напряжения может быть объединена со средством использования указанной изменчивости в целях аппроксимации заданных параметров эквивалентной схемы. Характеристики изменчивости напряжения пакета могут находиться в прямой корреляции с эксплуатационными параметрами, которые должны быть определены, представляя собой характеристики омического сопротивления, кинетической активности и даже массопереноса/низкочастотного поведения. При этом небезосновательно увеличивается сложность аппаратного обеспечения, но обеспечивается специфическое определение параметров, связанных с индивидуальными компонентами элементов. Для электрохимической импедансной спектроскопии, как правило, требуются потенциостаты, которые имеют высокую стоимость, однако один такой потенциостат может быть использован для множества электролизеров или множеств электролизеров. Смещение постоянным током (смещение +/- 1% постоянным током) применяется к пакету, содержащему компонент переменного тока, таким образом, что частота возмущения переменным током изменяется в диапазоне от килогерц до миллигерц – импеданс измеряется при каждой частоте, и эти данные могут находить применение для аппроксимации пакета согласно модели эквивалентной схемы. Если используется потенциостат, к нему присоединяется электрохимический элемент, пакет или множество пакетов с помощью известного средства, которое не описано в настоящем документе.

В идеальном случае при упрощении требований к аппаратному обеспечению и одновременном получении полезной информации предусмотрено простое наблюдение изменений данных поляризационной кривой, причем в приведенном ниже уравнении разделяются три преобладающих источника потерь: кинетические, омические и массообменные.

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

В следующем диагностическом способе предусмотрено измерение значения ΔV , представляющего собой изменение диагностической поляризационной кривой. Поляризационная кривая, которая представляет собой график зависимости силы напряжения от приложенной силы тока, предоставляет нам информацию о различных типах потерь коэффициента полезного действия в электролизерном элементе/пакете, включая кинетические, омические и массообменные потери. Номинально в электролизерах преобладают кинетические и омические потери, причем кинетические потери представляют собой логарифмическое соотношение между напряжением и силой тока, а омические потери представляют собой линейное соотношение между напряжением и силой тока. Хотя в наихудших случаях присутствуют массообменные потери, как правило, они могут рассматриваться как разность между необработанными данными поляризационной кривой и аппроксимационными данными, учитывающими сумму кинетических и омических потерь. Кинетическая часть, содержащая два аппроксимационных коэффициента, которые представляют собой угловой коэффициент в уравнении Тафеля и плотность обменного тока, и которые зависят от электрохимических реакций в элементе и отражают состояние работоспособности слоя катализатора каждого электрода. Омическая часть содержит один аппроксимационный коэффициент, который представляет собой сопротивление постоянному току, причем факторы, которые влияют на него, представляют собой состояние работоспособности мембраны и увеличение контактного сопротивления вследствие коррозии. Наконец, массообменная часть, как правило, содержит два аппроксимационных коэффициента, представляющих собой предшествующий логарифму коэффициент и предельную плотность тока, оба из которых демонстрируют идею степени «сопротивления» воды, поступающей в слой катализатора, и/или газов, выходящих из электродов: основные источники массообменных потерь представляют собой газодиффузионный слой (GDL), каталитический слой (CL) и/или мембрана.

Принимая во внимание, что нелинейная аппроксимация кривой с использованием пяти свободных параметров практически является достаточно затруднительный в данном случае, и существуют временные ограничения, если это осуществляется чрезмерно регулярно, а также соответствующие расходы, несмотря на то, что повышение вычислительных возможностей может в некоторой степени улучшить ситуацию. При этом игнорирование массообменной аппроксимации и сосредоточение на кинетических и

омических потерях допускают это упрощение. Для аппроксимационной процедуры и повышения точности и устойчивости омическая часть может быть измерена и фиксирована таким образом, что нелинейная аппроксимация кривой представляет собой лишь поправку для двух кинетических параметров в первом и единственном логарифмическом члене. Согласно вариантам осуществления, в которых является устойчивым один из аппроксимационных параметров, скажем, угловой коэффициент в уравнении Тафеля, он может быть установлен в фиксированной точке в управляющем программном обеспечении/способе уменьшения изменчивости. Однако оказывается предпочтительной фиксация некоторого значения, которое может быть быстро измерено, такое как сопротивление постоянному току или другой подходящий параметр. Отклонение от аппроксимированной поляризационной кривой суммарного вклада чисто омических и кинетических потерь по отношению к измеряемым значениям может быть обусловлено возникновением массообменных ограничений, что также может находить применение для надлежащего определения максимального значения производительности.

В некоторых способах измерения омической части, которые упомянуты выше, предусмотрены электрохимическая импедансная спектроскопия или прерывание тока, и при этом требуется потенциостат или измеритель импеданса для считывания импеданса при фиксированной высокой частоте, составляющей, например, 1 кГц. Как указано выше, единственный потенциостат может быть централизованным и использованным для множества пакетов. Следует отметить, что проведение различия между логарифмической и линейной частями кривой оказывается затруднительным, если отсутствуют достаточные данные, как правило, это различие оказывается более выраженным, в частности, при очень низкой плотности тока, и в результате этого требуется продолжительное время для устранения емкостного вклада. Предусмотрено, что средство может быть выполнено с возможностью проведения большего числа измерений при уменьшенных значениях плотности тока для обеспечения достаточных данных, при этом уменьшенные значения плотности тока составляют половину или меньшую часть от максимального эксплуатационного значения. Измерение сопротивления прямыми способами, представляющими, например, электрохимическую импедансную спектроскопию, прерывание тока, измеритель импеданса, устраняет эту числовую проблему, обеспечивая быструю регистрацию поляризационной кривой и требуя меньшее число точек для точной числовой аппроксимации, независимо от линейных или логарифмических тенденций.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения предусмотрено средство для построения поляризационной кривой с заданными

интервалами, составляющими, например, от 1 до 1000 часов, от 10 до 100 часов, от 100 до 500 часов или принимающими любые подходящие значения в пределах данного диапазона. Повторное построение поляризационных кривых обеспечивает временные коэффициенты для изменения, определяемого для каждого из аппроксимированных параметров потери напряжения для данного электролизерного модуля. При известности этой информации модули могут быть нагружены с соответствующим весовым коэффициентом в целях увеличения продолжительности эксплуатации системы в целом, в сочетании с решением проблем индивидуальных модулей перед катастрофическим повреждением, поскольку повышение напряжения в некоторых случаях начинается с обратимых потерь, которые, в конечном счете, превращаются в необратимые потери. Эти данные могут быть использованы вместе со значением WRT для определения состояния работоспособности.

Для вариантов осуществления, согласно которым электролитические элементы находят применение для производства продукта, который расходуется, предусмотрено, что средство управления может быть выполнено с возможностью направления требуемой мощности в один или несколько элементов в такой степени, чтобы производить только то, что будет израсходовано. Это может быть предварительно определено, введено пользователем или установлено с применением другого механизма. В качестве альтернативы, когда заполняется хранилище для продукта, средство управления может упрощать энергоснабжение, чтобы производить не более чем может быть сохранено безопасным образом.

Предусмотрено, что управление спросом на электроэнергию (DSR) может находить применение в случае непрогнозируемых колебаний мощности. Такие ситуации могут возникать в результате повреждения компонентов, непрогнозируемых изменений погодных условий или изменения требований к эксплуатируемым электролитическим элементам. Альтернативы представляют собой использование отвода мощности или других ограничительных средств.

При этом в описанном выше способе присутствует необязательная дополнительная стадия, в течение которой собранные данные становятся видимыми для пользователя с помощью вычислительного устройства, подключенного к прикладной программе, работающего через Интернет или действующего иным образом.

Если спрос на производимый продукт превосходит возможный спрос на первичный источник питания, система управления может быть выполнена с возможностью направления мощности от альтернативного источника питания или аккумуляторного блока в требуемом количестве, таким образом, чтобы дополнить первичный источник

питания. Если отсутствует средство для хранения продукта, доступная мощность может быть направлена на альтернативные нагрузки, в том числе в аккумуляторный блок, в зависимости от потребности. В качестве альтернативы, если аккумулятор или соответствующий блок заряжен на низком уровне, то мощность может быть перенаправлена на него. Предусмотрено, что может быть реализовано заданное пороговое значение для обеспечения того, чтобы заряд аккумуляторов не становился ниже определенного процентного значения (в целях увеличения продолжительности их эксплуатации) или установленной величины мощности, которую определяет пользователь или разработчик системы.

В данном разделе представлена система в соответствии с конкретным примерным вариантом осуществления настоящего изобретения.

Примерное вычисление взвешенной продолжительности эксплуатации (WRT)

Как правило, значение WRT может быть вычислено с использованием следующей основной формулы:

$$\text{WRT} = \text{процентное значение мощности} \times \text{продолжительность эксплуатации при указанной мощности}$$

Поскольку электролизер можно эксплуатировать при переменном значении входной мощности, может потребоваться повтор данного вычисления для каждого стационарного состояния. Следующий вариант представляет собой интегрирование для учета эксплуатации в течение увеличения и уменьшения мощности электролизера.

EL₁ Эксплуатация при 100% в течение 100 часов – WRT = 100 часов

EL₂ Эксплуатация при 50% в течение 100 часов – WRT = 50 часов

EL₃ Эксплуатация при 30% в течение 200 часов – WRT = 60 часов

При использовании только значения WRT в приведенном выше примере приоритет может быть отдан электролизеру EL₂, имеющему наименьшее значение WRT, несмотря на его эксплуатацию в течение половины продолжительности эксплуатации электролизера EL₃ и в течение полной продолжительности эксплуатации электролизера EL₁. Поскольку электролизер можно эксплуатировать при различных значениях мощности нагрузки в течение различных периодов времени, может быть вычислена сумма соответствующих значений.

Значение WRT затем может быть дополнено средством прогнозирования и необязательно температурным датчиком. Электролизерам требуется время для повышения мощности до эксплуатационного уровня. Оказывается нежелательной потеря мощности в течение процесса этого повышения мощности, в то время как использование температурных датчиков обеспечивает более точное управление посредством обеспечения

нагревания в тех местах, где это требуется, и расположение в порядке приоритета устройств вблизи заданного эксплуатационного диапазона.

Хотя каждый электролизер может представлять собой самостоятельное устройство, согласно одному варианту осуществления предусмотрено, что электролизерные пакеты будут образовывать одну часть многоядерной системы. Многоядерная или многокластерная система представляет собой множество электролизерных пакетов, в котором содержится общее вспомогательное оборудование.

Чтобы способствовать пониманию настоящего изобретения, его конкретный вариант осуществления далее будет описан исключительно в качестве примера и со ссылкой на сопровождающие фигуры, в числе которых:

на фиг. 1 проиллюстрировано схематическое изображение примерной микросети;

на фиг. 2А и 2В проиллюстрированы схематические изображения примерных альтернативных микросетей;

на фиг. 3 проиллюстрировано схематическое изображение электролизерного блока;

на фиг. 4 проиллюстрировано схематическое изображение примерного электролизерного блока, проиллюстрированного на фиг. 1 и 2;

на фиг. 5 проиллюстрировано схематическое изображение примерного электролитического пакета;

на фиг. 6А и 6В проиллюстрировано схематическое изображение примерного расположения элементов, присутствующих в пакете, проиллюстрированного на фиг. 5;

на фиг. 7 графически проиллюстрирована кривая нагрузки электролизеров; и

на фиг. 8 проиллюстрирована схематическая диаграмма, представляющая примерную конфигурацию для распределения мощности от одного или нескольких источников питания для первичных или альтернативных нагрузок;

на фиг. 9А и 9В проиллюстрированы диагностические схемы.

Рассмотрим фиг. 1, где схематически проиллюстрирована примерная микросеть. Сплошными линиями обозначено средство для передачи мощности переменного тока или постоянного тока, или для транспортировки водорода. В процессе эксплуатации водород будет транспортироваться из соответствующих устройств, таких как электролизеры 14, в водородосодержащий резервуар 15 и далее в топливный элемент 16. Здесь представлены не все соединения. Штриховыми линиями проиллюстрировано информационное коммуникационное соединение, которое может представлять собой проводное или беспроводное соединение, от таких устройств, как инвертор 19а, 19б или электролизер 14 до управляющего/межсетевого интерфейса 13.

В примерной сети, которая схематически проиллюстрирована на фиг. 1, возобновляемый источник энергии 11 питает энергией инвертор 19a. От инвертора генерированная энергия может заряжать аккумулятор 12 через инвертор 19b или поступать в электролизерный блок 14 для питания энергией одной или нескольких первичных нагрузок. Управляющее устройство 13 определяет, какие из электролизеров в указанном блоке 14 получают энергию и в каком количестве. Производимый водород может направляться непосредственно в топливный элемент 16 или на хранение в водородосодержащий резервуар 15. Средства для высушивания производимого водорода не проиллюстрированы в целях ясности.

В том случае, если требуется водород, или уровень заряда аккумулятора является низким, может находить применение энергия от альтернативного источника питания 17, такого как более крупная региональная или государственная сеть. Альтернативный источник питания 17 также может быть присоединен таким образом, что он может питать энергией топливный элемент 16 или альтернативную нагрузку 18, если это необходимо. Присутствие альтернативной нагрузки 18 оказывается предпочтительным для отвода мощности (не проиллюстрировано), что могло бы находить применение, но приводило бы к действительной потере энергии, что очевидно является нежелательным.

Электролизерный блок 14 благоприятным образом выполнен с возможностью использования диагностики на месте установки, как описано в настоящем документе и проиллюстрировано на следующих фигурах. Такая диагностика на месте установки находят применение для приспособления философии управления микросети в режиме реального времени с заданными интервалами.

На фиг. 2A проиллюстрирована альтернативная конструкция микросети. Согласно этому варианту осуществления в сопоставлении с вариантом осуществления, который проиллюстрирован на фиг. 1, как можно видеть, здесь присутствуют альтернативные и дополнительные компоненты. Согласно этому варианту осуществления мощность генерирует возобновляемый источник питания 21 или альтернативный источник питания 27. Эту мощность направляет управляющий блок 29 измерения и распределения мощности. Этот управляющий блок 29 может распределять мощность для альтернативной нагрузки 28 или электролизерного блока 14 через аккумуляторный блок 22, который выступает в качестве буфера и альтернативного средства для хранения. Как проиллюстрировано на фиг. 1, водород, производимый электролизерным блоком 14, может направляться непосредственно в топливный элемент 26 или на хранение в соответствующие резервуары 25.

Управляющий/межсетевой интерфейс 23 находится в коммуникационном соединении с соответствующими устройствами, как проиллюстрировано штриховыми линиями. Здесь присутствуют средства 24 для прогнозирования генерирования мощности. Например, для этой цели может находить применение датчик излучения, если возобновляемый источник питания 21 представляет собой или содержит фотоэлектрические панели.

На фиг. 2В проиллюстрирована другая примерная конструкция микросети. Эта конструкция может рассматриваться как комбинация конструкций микросетей, которые проиллюстрированы на фиг. 1 и фиг. 2А.

На фиг. 3 и 4 схематически проиллюстрирована примерная конструкция электролизерного блока 14. Соединения со средствами диагностики на месте установки не проиллюстрированы (в целях ясности), но проиллюстрированы соединения с датчиком 33abc/44abc. Сначала рассмотрим фиг. 3, где мощность поступает в электролизеры 34abc через инвертор 31abc, если это необходимо. Кроме того, хотя они не должны обязательно присутствовать, проиллюстрированы балансирующие мощность средства/буферы 32abc, которые обеспечивают равномерное поступление мощности в электролизеры. Датчики 33abc, которые присоединены к электролизерам, представляют собой датчики для измерения температуры и/или давления. Каждое устройство (т. е. каждый электролизер 34abc, балансирующее средство/буфер 32abc и источник электропитания 31abc) выполнено с возможностью коммуникационного соединения с управляющим/межсетевым интерфейсом 30, который представляет собой средство диагностики на месте установки и используется в целях распределения энергии для каждого электролизера. Как обсуждается выше, все электролизеры могут принимать различные нагрузки. Водород, который выходит из каждого электролизера, направляется на хранение или в топливный элемент или в другое устройство.

Фиг. 4 отличается от фиг. 3 тем, что здесь проиллюстрирован более экономичный и более эффективный подход. Энергия поступает через (необязательный) инвертор 41 перед направлением прямо в электролизер 44abc. Датчики 43abc присоединяются к электролизерам, как в конструкции, проиллюстрированной на фиг. 3, и данные, собранные указанными датчиками, передаются в управляющий/межсетевой интерфейс 40. Предусмотрены средство для балансирования, такое как аккумулятор, или отвод мощности 42. Производимый водород используется таким же образом, как описано выше в отношении фиг. 3.

Рассмотрим фиг. 5, где схематически проиллюстрирован электролитический пакет 50, который может находить применение в электролизерном блоке 14, выполненном с

возможностью диагностики на месте установки. Как можно видеть, пакет ограничивают концевые пластины 51a и 51b. Между указанными концевыми пластинами расположено множество элементов 60, причем конструкцию каждого из них можно видеть на фиг. 6А и 6В, и соответствующее подробное описание представлено ниже. Каждый элемент 60 ограничивают биполярные пластины 52. В целях проведения диагностики на месте установки, как описано выше, штыри 53 присоединяются к биполярным пластинам 52. Эти штыри присоединяются к пакетной плате (не проиллюстрировано) в целях проведения диагностики, результаты которой передаются в управляющий/межсетевой интерфейс и используются для определения распределения нагрузки каждому пакету 50.

Как обсуждается выше, предусмотрены средства для диагностики на месте установки. Такие средства могут регистрировать любой один или несколько из следующих параметров:

- совокупная продолжительность эксплуатации электролитического элемента или группы электролитических элементов;
- совокупная продолжительность простоя электролитического элемента или группы электролитических элементов;
- производительность, при которой электролитический элемент или группа электролитических элементов работали в процессе эксплуатации;
- температура электролитического элемента или группы элементов,
- давление электролитического элемента или элементов,
- напряжение/потенциал электролитического элемента или элементов; и
- данные, относящиеся к неосновному оборудованию, такие как:
 - скорость потока электролита,
 - уровень электролита,
 - проводимость указанного электролита,
 - эксплуатационные характеристики насоса.

Представленный выше список не должен быть обязательно исчерпывающим, и могут находить применение, в качестве дополнения или в качестве альтернативы, любые обоснованные эксплуатационные характеристики или эксплуатационные условия, на основании которых может быть определено или предположено состояние компонента.

Предусмотрено, что на основании предварительно наблюдаемых эксплуатационных условий и выходных данных, представляющих собой, в том числе, но без обязательного ограничения, изменчивость при пуске и остановке, предусмотрены средств для прогнозирования выходных данных, экстраполированных из предшествующих эксплуатационных условий.

Если это целесообразно, такие измерения могут быть осуществлены с заданными интервалами с применением средств диагностики на месте установки, которые могут быть необязательно изменены пользователем. Кроме того, могут быть заданы инициирующие события для диагностических исследований. Такие инициирующие события могут представлять собой изменение источника электропитания, прогнозируемое изменение условий или любое другое потенциальное инициирующее событие.

Предусмотрено, что представленная выше информация может находить применение в системе управления согласно аспекту настоящего изобретения в целях определения взвешенной продолжительности эксплуатации (WRT) для каждого электролитического элемента в блоке, причем для определения WRT принимаются во внимание такие факторы, но без ограничения, как продолжительность эксплуатации, входная мощность в процессе эксплуатации и продолжительность простоя.

Существуют разнообразные способы, согласно которым WRT может находить применение для управления эксплуатацией микросети в целом. Приоритет может быть отдан элементу, имеющему наименьшее значение WRT, однако может оказаться предпочтительной передача приоритета другому устройству в зависимости от состояния работоспособности, которое обсуждается ниже, если диагностика на месте установки представляет или показывает проблему с устройством, имеющим меньшее значение WRT, чем другие устройства. Это может быть дополнено с применением поляризационных кривых или других диагностических технологий. Устройство может иметь пониженный приоритет даже в случае меньшего значения WRT, если существует необходимость обслуживания, или обнаруживается потенциальная проблема.

Согласно следующему варианту осуществления дополнительное взвешивание также может быть применено к истекшему времени с того момента, когда электролизер или электролитический элемент последний раз находился в эксплуатации. Определенные электролитические элементы могут разрушаться при отсутствии регулярной эксплуатации, или в случае отсутствия очистки между периодами эксплуатации, или при неправильном хранении. Например, электролизеры могут подвергаться риску высушивания мембраны, коррозии или охрупчивания, если они находятся вне эксплуатации в течение чрезмерно продолжительного времени.

Предпочтительно электролизер, имеющий минимальное значение WRT, определенное на основании любого одного или нескольких из перечисленных выше факторов, будет пользоваться приоритетом в качестве первого модульного устройства для получения мощности. Как обсуждается выше, когда множество модульных устройств могут получать частичное питание, предусмотрено, что средство управления системы

выполнено с возможностью направлять мощность и изменять мощность, направляемую в каждое модульное устройство, на основании значения WRT и/или других показателей диагностики на месте установки, которые обсуждаются выше.

Предусмотрено, что мощность от одного или нескольких источников питания может представлять собой мощность переменного тока или постоянного тока. Кроме того, предусмотрено, что блок модульных устройств может работать с применением переменного тока или постоянного тока. Соответственно, если мощность не генерируется в требуемой форме, может находить применение любое из следующих устройств: инвертор, выпрямитель, трансформатор или другой требуемый компонент, который обеспечивает совместимость между нагрузками и источниками питания, а также промежуточными компонентами. По существу, такие компоненты могут потребоваться более чем в одном положении. Такие устройства могут иметь необязательные соединения с системой управления.

Предусмотрено, что пользователь, причем в качестве пользователя выступает лицо, которое не должно обязательно представлять собой управляющего системы, может по своему желанию наблюдать эксплуатационные характеристики системы посредством удаленного управления. Компьютер может находить применение для доступа к информационной панели или к прикладной программе, которая демонстрирует информацию, связанную с эксплуатационными характеристиками. Согласно некоторым вариантам осуществления предусмотрено, что также могут содержаться данные о прогнозируемых эксплуатационных характеристиках.

Согласно предпочтительному варианту осуществления, в котором модульные устройства представляют собой электролизеры, предусмотрено, что система будет дополнительно содержать любое из следующих устройств: средства для хранения водорода, средства для высушивания водорода, установки для питания водородом, топливные элементы или другие устройства/процессы, в которых требуется водород.

Предусмотрены средства для балансирования, предпочтительно быстродействующие средства для балансирования. В случае чрезмерной входной мощности для защиты компонентов может быть предусмотрен отвод мощности.

Средство для измерения производительности каждого электролизера и вычислительное устройство для прогнозирования указанной производительности на основании входящей мощности также могут находить применение в системе управления и нагрузках в пределах указанной системы. Например, если электролизер производит менее чем прогнозируемое количество водорода для данного источника электропитания, это создает проблему в соответствующем пакете. В таком случае может находить применение

дополнительное управляющее устройство, такое как пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор.

Необязательные признаки, которые описаны для системы согласно представленным выше вариантам осуществления, могут присутствовать и регулироваться способом эксплуатации такой микросети практически таким образом, как описано выше.

Доступная мощность от первичного источника может быть вычислена следующим образом:

доступная мощность = выходная мощность от первичного источника × коэффициент полезного действия передачи

Следует отметить, что в коэффициенте полезного действия передачи также учитывается коэффициент полезного действия преобразования, если оно требуется, такое как преобразование постоянного тока в переменный ток или обратное преобразование.

В целях улучшенного управления распределением мощности для множества электролитических элементов предусмотрено, что может быть осуществлено прогнозирование выходной мощности от одного или нескольких источников питания. Когда находят применение возобновляемые источники, при этом может осуществляться анализ прогнозов погоды с использованием машинного обучения для корреляции таких прогнозов и фактической доступной мощности. Кроме того, согласно варианту осуществления, в котором находят применение фотоэлектрические панели, если выходная мощность снижается в течение светового дня, это может быть обусловлено прохождением облаков. Для информирования системы может находить применение оптические датчики входные данные от пользователя. В таких случаях может оказаться предпочтительным временное сокращение в качестве альтернативы переходу в режим ожидания.

Предусмотрено, что альтернативные источники питания могут находить применение для осуществления эксплуатации блока первичных нагрузок, представляющих собой электролизеры, в целях обеспечения непрерывного производства водорода или эквивалентного выходящего продукта.

Предусмотрено, что альтернативная нагрузка может представлять собой аккумуляторный блок, который также может находить применение в качестве буфера для обеспечения непрерывного относительно устойчивого источника электропитания. В качестве альтернативы, электрическое оборудование или устройства в микросети, такие как устройства для кондиционирования воздуха, охлаждения, освещения и другие устройства могут представлять собой альтернативные нагрузки. Еще один вариант альтернативной нагрузки может представлять собой подключение к более крупной сети

или к другой микросети, которое обеспечивает доведение до максимума использования продукта.

Если в результате регулярного измерения доступной мощности оказывается, что доступная мощность является недостаточной для питания заданного числа электролизеров при заданной производительности, то значение WRT или его эквивалент может находить применение для перераспределения мощности и увеличения или уменьшения нагрузок соответствующим образом. Если прогноз показывает, что данное изменение будет краткосрочным, то могут находить применение вторичные нагрузки или отводы мощности. Такой подход обеспечивает сокращение до минимума циклических включений и отключений устройств, что способствует увеличению соответствующей продолжительности эксплуатации.

В других способах определения состояния работоспособности (SoH) пакета, в качестве дополнения или альтернативы по отношению к WRT, как правило, предусмотрена аппроксимация пакета к модели эквивалентной схемы. В простейших случаях в указанной модели присутствуют содержащий резисторные и конденсаторные компоненты, но обычно также существует возможность содержания компонентов массопереноса. Пример представляет собой схема Рэндлса, в которой содержится элемент Варбурга, который создает эффекты массопереноса. Кроме того, могут содержаться постояннофазовые элементы, которые представляют собой более общий тип конденсаторов и демонстрируют пористые электроды.

Эквивалентная схема аппроксимация импедансных спектров оказывается возможной для электрохимических пакетов, но в целях получения более пригодных для использования данных предусмотрено, что для аппроксимации такого пакета с применением эквивалентных схем требуется электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS) или другая схема, в которой может осуществляться пассивный заряд/разряд пакета. После зарядки и разрядки получаемая в результате изменчивость напряжения может находить применение, при достаточной частоте выборки, причем указанная частота выборки является заданной, для аппроксимации пакета в соответствии с эквивалентной схемой. Во избежание сомнения, измеряемая изменчивость напряжения может быть объединена со средством использования указанной изменчивости в целях аппроксимации заданных параметров эквивалентной схемы. Характеристики изменчивости напряжения пакета могут находиться в прямой корреляции с эксплуатационными параметрами, которые должны быть определены, представляя собой характеристики омического сопротивления, кинетической активности и даже массопереноса/низкочастотного поведения. При этом небезосновательно увеличивается

сложность аппаратного обеспечения, но обеспечивается специфическое определение параметров, связанных с индивидуальными компонентами элементов. Для электрохимической импедансной спектроскопии, как правило, требуются потенциостаты, которые имеют высокую стоимость, однако один такой потенциостат может быть использован для множества электролизеров или множеств электролизеров. Смещение постоянным током (смещение +/- 1% постоянным током) применяется к пакету, содержащему компонент переменного тока, таким образом, что частота возмущения переменным током изменяется в диапазоне от килогерц до миллигерц – импеданс измеряется при каждой частоте, и эти данные могут находить применение для аппроксимации пакета согласно модели эквивалентной схемы. Если используется потенциостат, к нему присоединяется электрохимический элемент, пакет или множество пакетов с помощью известного средства, которое не описано в настоящем документе.

Согласно следующему варианту осуществления внешняя заданная пассивная разрядная схема может быть полностью исключена с использованием только изменчивости напряжения при разрядке электролизера в течение отключения посредством источника электропитания. На «холостой» профиль разрядки пакета влияют многочисленные наблюдаемые электрохимические показатели, которые указаны выше, наряду с дополнительной информацией о потенциальных утечках газа или электролита в сухой катод. Присутствие следовых количеств кислорода в водородном трубопроводе может проявляться в виде откликов характеристического напряжения, в частности, когда один газообразный компонент расходуется до завершения. Такой смешанный потенциал хорошо известен в области топливных элементов, но он может распространяться на любые каталитические слои, которые являются по меньшей мере частично активными по отношению к реакции окисления водорода (HOR) и реакции восстановления кислорода (ORR). Таким образом, качество водорода в линии обработки газообразного водорода может ухудшаться, хотя бы и косвенно, параллельно с электрохимическим и механическим герметизационным состоянием работоспособности указанного электролизера.

В идеальном случае при упрощении требований к аппаратному обеспечению и одновременном получении полезной информации предусмотрено простое наблюдение изменений данных поляризационной кривой, причем в приведенном ниже уравнении разделяются три преобладающих источника потерь: кинетические, омические и массообменные.

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

В следующем диагностическом способе предусмотрено измерение значения ΔV , представляющего собой изменение диагностической поляризационной кривой. Поляризационная кривая, которая представляет собой график зависимости силы напряжения от приложенной силы тока, предоставляет нам информацию о различных типах потерь коэффициента полезного действия в электролизерном элементе/пакете, включая кинетические, омические и массообменные потери. Номинально в электролизерах преобладают кинетические и омические потери, причем кинетические потери представляют собой логарифмическое соотношение между напряжением и силой тока, а омические потери представляют собой линейное соотношение между напряжением и силой тока. Хотя в наихудших случаях присутствуют массообменные потери, как правило, они могут рассматриваться как разность между необработанными данными поляризационной кривой и аппроксимационными данными, учитывающими сумму кинетических и омических потерь. Кинетическая часть, содержащая два аппроксимационных коэффициента, которые представляют собой угловой коэффициент в уравнении Тафеля и плотность обменного тока, и которые зависят от электрохимических реакций в элементе и отражают состояние работоспособности слоя катализатора каждого электрода. Омическая часть содержит один аппроксимационный коэффициент, который представляет собой сопротивление постоянному току, причем факторы, которые влияют на него, представляют собой состояние работоспособности мембраны и увеличение контактного сопротивления вследствие коррозии. Наконец, массообменная часть, как правило, содержит два аппроксимационных коэффициента, представляющих собой предшествующий логарифму коэффициент и предельную плотность тока, оба из которых демонстрируют идею степени «сопротивления» воды, поступающей в слой катализатора, и/или газов, выходящих из электродов: основные источники массообменных потерь представляют собой газодиффузионный слой (GDL), каталитический слой (CL) и/или мембрана.

Принимая во внимание, что нелинейная аппроксимация кривой с использованием пяти свободных параметров практически является достаточно затруднительный в данном случае, и существуют временные ограничения, если это осуществляется чрезмерно регулярно, а также соответствующие расходы, несмотря на то, что повышение вычислительных возможностей может в некоторой степени улучшить ситуацию. При этом игнорирование массообменной аппроксимации и сосредоточение на кинетических и

омических потерях допускают это упрощение. Для аппроксимационной процедуры и повышения точности и устойчивости омическая часть может быть измерена и фиксирована таким образом, что нелинейная аппроксимация кривой представляет собой лишь поправку для двух кинетических параметров в первом и единственном логарифмическом члене. Согласно вариантам осуществления, в которых является устойчивым один из аппроксимационных параметров, скажем, угловой коэффициент в уравнении Тафеля, он может быть установлен в фиксированной точке в управляющем программном обеспечении/способе уменьшения изменчивости. Однако оказывается предпочтительной фиксация некоторого значения, которое может быть быстро измерено, такое как сопротивление постоянному току или другой подходящий параметр. Отклонение от аппроксимированной поляризационной кривой суммарного вклада чисто омических и кинетических потерь по отношению к измеряемым значениям может быть обусловлено возникновением массообменных ограничений, что также может находить применение для надлежащего определения максимального значения производительности.

В некоторых способах измерения омической части, которые упомянуты выше, предусмотрены электрохимическая импедансная спектроскопия или прерывание тока, и при этом требуется потенциостат или измеритель импеданса для считывания импеданса при фиксированной высокой частоте, составляющей, например, 1 кГц. Как указано выше, единственный потенциостат может быть централизованным и использованным для множества пакетов. Следует отметить, что проведение различия между логарифмической и линейной частями кривой оказывается затруднительным, если отсутствуют достаточные данные, как правило, это различие оказывается более выраженным, в частности, при очень низкой плотности тока, и в результате этого требуется продолжительное время для устранения емкостного вклада. Предусмотрено, что средство может быть выполнено с возможностью проведения большего числа измерений при уменьшенных значениях плотности тока для обеспечения достаточных данных, при этом уменьшенные значения плотности тока составляют половину или меньшую часть от максимального эксплуатационного значения. Измерение сопротивления прямыми способами, представляющими, например, электрохимическую импедансную спектроскопию, прерывание тока, измеритель импеданса, устраняет эту числовую проблему, обеспечивая быструю регистрацию поляризационной кривой и требуя меньшее число точек для точной числовой аппроксимации, независимо от линейных или логарифмических тенденций.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения предусмотрено средство для построения поляризационной кривой с заданными

интервалами, составляющими, например, от 1 до 1000 часов, от 10 до 100 часов, от 100 до 500 часов или принимающими любые подходящие значения в пределах данного диапазона. Повторное построение поляризационных кривых обеспечивает временные коэффициенты для изменения, определяемого для каждого из аппроксимированных параметров потери напряжения для данного электролизерного модуля. При известности этой информации модули могут быть нагружены с соответствующим весовым коэффициентом в целях увеличения продолжительности эксплуатации системы в целом, в сочетании с решением проблем индивидуальных модулей перед катастрофическим повреждением, поскольку повышение напряжения в некоторых случаях начинается с обратимых потерь, которые, в конечном счете, превращаются в необратимые потери. Эти данные могут быть использованы вместе со значением WRT для определения состояния работоспособности.

Для вариантов осуществления, согласно которым электролитические элементы находят применение для производства продукта, который расходуется, предусмотрено, что средство управления может быть выполнено с возможностью направления требуемой мощности в один или несколько элементов в такой степени, чтобы производить только то, что будет израсходовано. Это может быть предварительно определено, введено пользователем или установлено с применением другого механизма. В качестве альтернативы, когда заполняется хранилище для продукта, средство управления может упрощать энергоснабжение, чтобы производить не более чем может быть сохранено безопасным образом.

Предусмотрено, что управление спросом на электроэнергию (DSR) может находить применение в случае непрогнозируемых колебаний мощности. Такие ситуации могут возникать в результате повреждения компонентов, непрогнозируемых изменений погодных условий или изменения требований к эксплуатируемым электролитическим элементам. Альтернативы представляют собой использование отвода мощности или других ограничительных средств.

При этом в описанном выше способе присутствует необязательная дополнительная стадия, в течение которой собранные данные становятся видимыми для пользователя с помощью вычислительного устройства, подключенного к прикладной программе, работающего через Интернет или действующего иным образом.

Если спрос на производимый продукт превосходит возможный спрос на первичный источник питания, система управления может быть выполнена с возможностью направления мощности от альтернативного источника питания или аккумуляторного блока в требуемом количестве, таким образом, чтобы дополнить первичный источник

питания. Если отсутствует средство для хранения продукта, доступная мощность может быть направлена на альтернативные нагрузки, в том числе в аккумуляторный блок, в зависимости от потребности. В качестве альтернативы, если аккумулятор или соответствующий блок заряжен на низком уровне, то мощность может быть перенаправлена на него. Предусмотрено, что может быть реализовано заданное пороговое значение для обеспечения того, чтобы заряд аккумуляторов не становился ниже определенного процентного значения (в целях увеличения продолжительности их эксплуатации) или установленной величины мощности, которую определяет пользователь или разработчик системы.

В данном разделе представлена система в соответствии с конкретным примерным вариантом осуществления настоящего изобретения.

Примерное вычисление взвешенной продолжительности эксплуатации (WRT)

Как правило, значение WRT может быть вычислено с использованием следующей основной формулы:

$$\text{WRT} = \text{процентное значение мощности} \times \text{продолжительность эксплуатации при указанной мощности}$$

Поскольку электролизер можно эксплуатировать при переменном значении входной мощности, может потребоваться повтор данного вычисления для каждого стационарного состояния. Следующий вариант представляет собой интегрирование для учета эксплуатации в течение увеличения и уменьшения мощности электролизера.

EL₁ Эксплуатация при 100% в течение 100 часов – WRT = 100 часов

EL₂ Эксплуатация при 50% в течение 100 часов – WRT = 50 часов

EL₃ Эксплуатация при 30% в течение 200 часов – WRT = 60 часов

При использовании только значения WRT в приведенном выше примере приоритет может быть отдан электролизеру EL₂, имеющему наименьшее значение WRT, несмотря на его эксплуатацию в течение половины продолжительности эксплуатации электролизера EL₃ и в течение полной продолжительности эксплуатации электролизера EL₁. Поскольку электролизер можно эксплуатировать при различных значениях мощности нагрузки в течение различных периодов времени, может быть вычислена сумма соответствующих значений.

Значение WRT затем может быть дополнено средством прогнозирования и необязательно температурным датчиком. Электролизерам требуется время для повышения мощности до эксплуатационного уровня. Оказывается нежелательной потеря мощности в течение процесса этого повышения мощности, в то время как использование температурных датчиков обеспечивает более точное управление посредством обеспечения

нагрева в тех местах, где это требуется, и расположение в порядке приоритета устройств вблизи заданного эксплуатационного диапазона.

На фиг. 6А и 6В схематически проиллюстрированы два примерных элемента 60, которые могут находить применение в пакете 50. Элемент 60 каждого типа ограничивает биполярная пластина 61а и 61b. После первой биполярной пластины 61а располагаются анод 62, мембрана 64, катод 63 и следующая биполярная пластина 61b. На указанных фигурах штыри не проиллюстрированы для целей ясности. Конструкция элемента, проиллюстрированного на фиг. 6В, отличается от конструкции элемента, проиллюстрированного на фиг. 6А, тем, что между биполярной пластиной 61а и анодом 62, располагается газодиффузионный слой (GDL) 65а. Кроме того, здесь присутствует еще один газодиффузионный слой 65b между катодом 63 и второй биполярной пластиной 61b.

На фиг. 7 графически проиллюстрирована кривая нагрузки электролитического пакета, представленного в конфигурациях, которые проиллюстрированы на предшествующих фигурах. Нагрузка изменяется в диапазоне от 60% до 100%, поскольку здесь наблюдается линейная зависимость и небезосновательно наиболее высокая эффективность. Нагрузки, превышающие 100%, не используются в целях защиты пакета. Нагрузки ниже 60%, как правило, не допускаются вследствие снижения коэффициента полезного действия.

Далее рассмотрим фиг. 8, где проиллюстрирована альтернативная конфигурация источника электропитания для единственной или каждой нагрузки. Здесь следует отметить отличие, которое представляет собой присутствие отвода 81 мощности. Отвод мощности не является предпочтительным, поскольку направляемая в него мощность теряется, что, очевидно, не является идеальным. Нагрузки 82abc могут представлять собой электролизеры или альтернативные нагрузки. Здесь не представлено средство управления.

Далее рассмотрим фиг. 9А и 9В. На фиг. 9А проиллюстрирована простая схема, в которой содержатся два переключателя S1 и S2 для пассивной зарядки или разрядки пакета, соответственно. Хотя они могут быть различными для источника электропитания или других компонентов, предпочтительная конфигурация схемы проиллюстрирована на фиг. 9В. В предпочтительной схеме $V_{\text{заряд}}$ представляет собой просто источник электропитания, используемый для электролизерного пакета в течение нормальной эксплуатации, и поэтому требуется только переключатель S2. В этом случае только разрядка пакета является достаточной для осуществления диагностики работоспособности пакета. В случае диагностики электрохимических пакетов, таких как топливные элементы, пассивная зарядка осуществляется при напряжении порядка 10 мВ и отсутствии газового потока, таким образом, что не происходят никакие фарадеевские реакции –

эквивалентный электролиз воды с анионообменной мембраной при промежуточной температуре привел бы к поляризации пакета до приблизительно 1-1,2 В на элемент, таким образом, что электролиз не происходит, хотя это напряжение может быть снижено для сокращения времени обнаружения и нелинейных эффектов. Каждый вариант осуществления, представляющий собой схему на фиг. 9А или 9В, может находить применение, однако если профиль зарядки считается в равной степени важным для анализа данных, то будет использоваться схема, проиллюстрированная на фиг. 9А.

Не предусмотрено ограничение настоящего изобретения подробным описанием представленного выше варианта осуществления. Например, любым множеством модульных устройств можно управлять таким образом, как представлено выше в описании настоящего изобретения.

Не предусмотрено ограничение настоящего изобретения электролизерами с анионообменной мембраной, и в системе согласно настоящему изобретению могут находить применение электролизеры других типов.

Трансформаторы могут находить применение, когда это необходимо, без отклонения от идеи настоящего изобретения. По этой причине они не должны обязательно обсуждаться в полном объеме, поскольку способ их установки должен быть знаком обычному специалисту в данной области техники.

Согласно предпочтительному варианту осуществления, электролизеры представляют собой электролизеры с анионообменной мембраной. Однако этот признак не должен быть обязательно определен как ограничительный, поскольку управление или использование любого блока электролизеров может осуществляться таким образом, как описано в настоящем документе.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система управления для микросети, содержащей множество электролизеров и один или несколько первичных источников питания, причем система управления выполнена с возможностью осуществления следующих действий под управлением процессора:

- определение мощности, доступной от одного или нескольких первичных источников питания; и
- генерирование управляющих сигналов, выполненных с возможностью направления доступной мощности в один или несколько из указанного множества электролизеров;

причем система управления выполнена с возможностью коммуникационного соединения со средством диагностики на месте установки, связанным с каждым электролизером из указанного множества электролизеров, для измерения соответствующего эксплуатационного параметра, при этом система управления выполнена с возможностью осуществления следующих действий под управлением процессора: прием сигналов от указанного средства диагностики на месте установки и определение на этой основе по меньшей мере одного эксплуатационного параметра, связанного с указанным множеством электролизеров.

2. Система управления по п. 1, выполненная с возможностью получения данных любым одним или несколькими из следующих методов: поляризационные кривые, омическое сопротивление и электрохимическая импедансная спектроскопия, с использованием данных, полученных от указанного средства диагностики на месте установки.

3. Система управления по п. 2, в которой поляризационные кривые генерируются в заданных интервалах.

4. Система управления по любому предшествующему пункту, в которой каждый электролизер получает данные уникального идентификатора.

5. Система управления по любому предшествующему пункту, выполненная с возможностью получения или определения любого одного или нескольких из следующих эксплуатационных параметров от средства диагностики на месте установки в отношении каждого из одного или нескольких из указанного множества электролизеров:

- совокупная продолжительность эксплуатации каждого модульного устройства,
- совокупная продолжительность простоя каждого модульного устройства,

производительность, с которой работало модульное устройство в процессе эксплуатации,

температура устройства,

давление устройства,

напряжение/потенциал устройства и

данные, относящиеся к неосновному оборудованию, такие как:

скорость потока электролита,

уровень электролита,

проводимость указанного электролита,

эксплуатационные характеристики насоса.

6. Система управления по любому из предшествующих пунктов, в которой любой один или несколько из эксплуатационных параметров измеряются с заданными интервалами и/или при наступлении заданного инициирующего события.

7. Система управления по п. 6, в которой инициирующее событие представляет собой одно или оба события из изменения источника электропитания и прогнозируемого изменения условий.

8. Система управления по любому предшествующему пункту, в которой каждый электролизер имеет соответствующую взвешенную продолжительность эксплуатации (WRT).

9. Система управления по любому из предшествующих пунктов, выполненная с дополнительной возможностью осуществления балансирования мощности под управлением процессора в отношении указанного множества электролизеров.

10. Система управления по любому предшествующему пункту, выполненная с возможностью приема выходных сигналов от каждого из указанного множества электролизеров, а также выполненная с возможностью, под управлением процессора, прогнозирования производительности каждого электролизера и вычисления прогнозируемой производительности на основании установленного распределения мощности для указанного множества электролизеров.

11. Микросеть, содержащая множество электролизеров, один или несколько первичных источников питания, средство диагностики на месте установки, связанное с каждым из электролизеров, для измерения соответствующего эксплуатационного параметра, и систему управления по любому из пп. 1-10, причем система управления выполнена с возможностью коммуникационного соединения со средством диагностики на месте установки.

12. Микросеть по п. 11, в которой по меньшей мере один из первичных источников питания представляет собой возобновляемый источник энергии или подключение к сети.

13. Микросеть по п. 11 или п. 12, дополнительно содержащая один или несколько вторичных источников питания.

14. Микросеть по п. 13, в которой по меньшей мере один из вторичных источников питания представляет собой возобновляемый источник энергии или подключение к сети.

15. Микросеть по любому из пп. 11-14, в которой каждый электролизер представляет собой электролизер с анионообменной мембраной, эксплуатируемый с сухим катодом.

16. Микросеть по любому из пп. 11-15, дополнительно содержащая одну или несколько альтернативных нагрузок.

17. Микросеть по п. 16, в которой альтернативная нагрузка представляет собой любую одну или несколько из следующих нагрузок:

- один или несколько аккумуляторов;
- электрохимические энергоаккумулирующие устройства;
- конденсаторы;
- электрическое оборудование или
- сеть.

18. Микросеть по любому из пп. 11-17, дополнительно содержащая средство, выполненное с возможностью коммуникационного соединения с системой управления, для измерения мощности, доступной от одного или нескольких первичных источников питания.

19. Микросеть по любому из пп. 11-18, в которой один или несколько первичных источников питания представляют собой возобновляемые источники энергии, причем микросеть дополнительно содержит средство прогнозирования, выполненное с возможностью коммуникационного соединения с системой управления, для прогнозирования мощности, предполагаемой в качестве доступной от одного или нескольких первичных источников питания.

20. Микросеть по п. 19, в которой средство прогнозирования представляет собой любое одно или несколько из следующих средств, которые обеспечивают:

- прогнозирование погоды;
- прогнозирование скорости ветра;
- прогнозирование облачности и
- прогнозирование приливов и отливов.

21. Микросеть по любому из пп. 11-20, в которой электролизеры выполнены с возможностью эксплуатации на различных уровнях производительности.

22. Микросеть по любому из пп. 11-21, в которой электролизеры имеют пассивную зарядно-разрядная схему для использования в средстве диагностики на месте установки в целях измерения соответствующей изменчивости напряжения и содержат средство для использования указанной изменчивости в целях аппроксимации заданных параметров эквивалентной схемы.

23. Микросеть по любому из пп. 11-22, в которой мощность от одного или нескольких первичных источников питания представляет собой мощность переменного тока или постоянного тока, и один или несколько электролизеров потребляют мощность переменного тока или постоянного тока.

24. Микросеть по любому из пп. 11-23, содержащая устройство для содержания и использования водорода, производимого указанными электролизерами, такое как сушильное устройство, водородоаккумулирующее устройство или топливный элемент.

25. Способ эксплуатации/регулирования блока электролитических элементов, причем электролитические элементы и другие компоненты образуют микросеть, и при этом в способе предусмотрены следующие стадии:

- определение уникального идентификатора для каждого из одного или нескольких электролитических элементов, причем указанные электролитические элементы представляют собой первичную нагрузку для микросети; и с интервалами повторяются следующие стадии:

- определение/оценка выходной мощности от одного или нескольких источники питания;

- определение типа и количества электролитических элементов, которые являются доступными для эксплуатации;

- определение установленного значения для единственного или каждого доступного электролитического элемента;

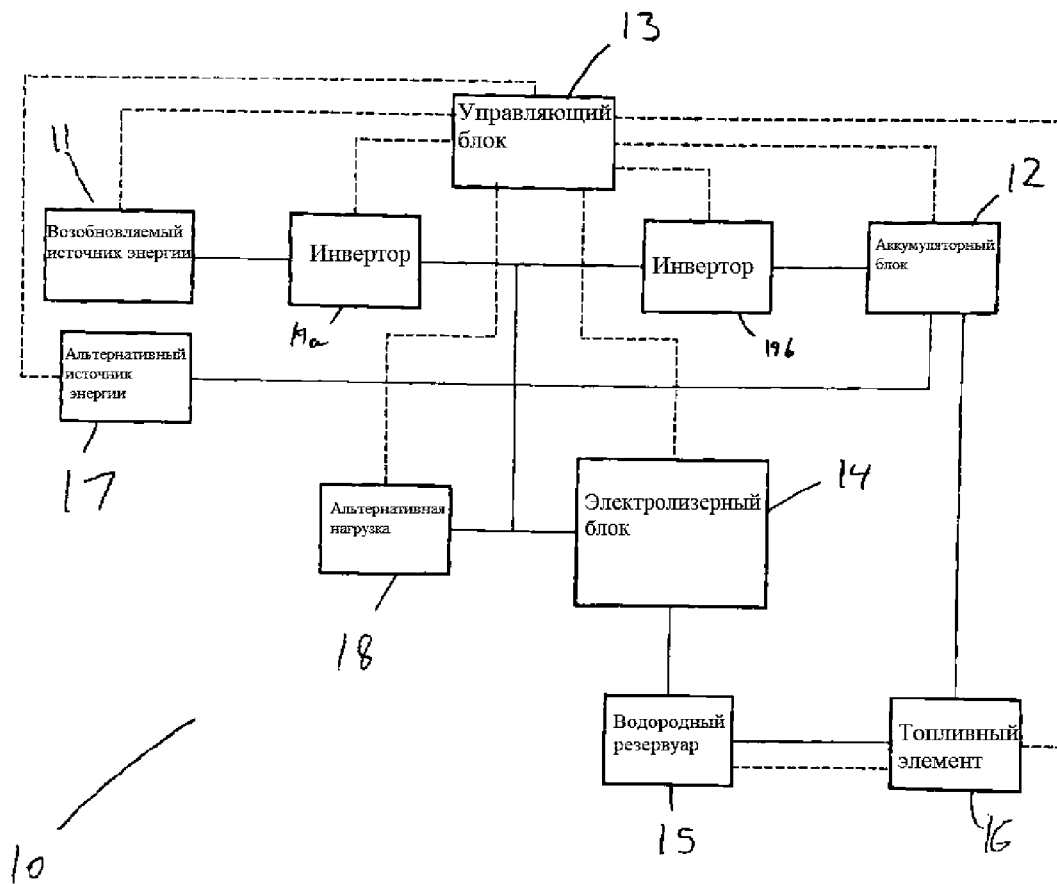
- направление указанной мощности в один или несколько электролитических элементов и наблюдение активности каждого из электролитических элементов;

- измерение данных диагностики на месте установки и регистрация результатов в связи с данными уникального идентификатора для каждого электролитического элемента;

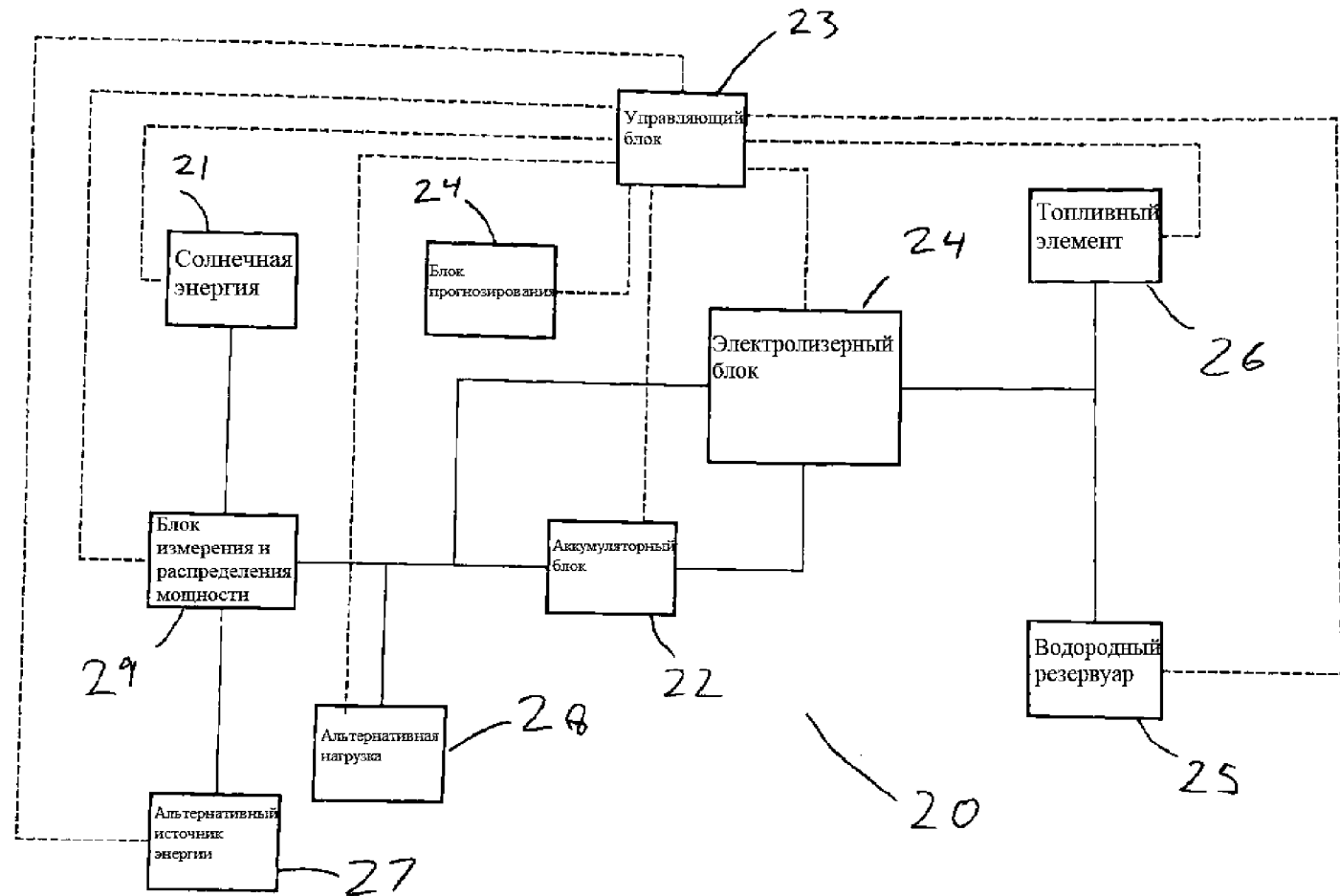
- измерение фактической выходной мощности и ее сопоставление с прогнозируемой выходной мощности; и

- повтор представленных выше стадий с регулярными заданными интервалами и уменьшение установленного значения одного или нескольких из указанных

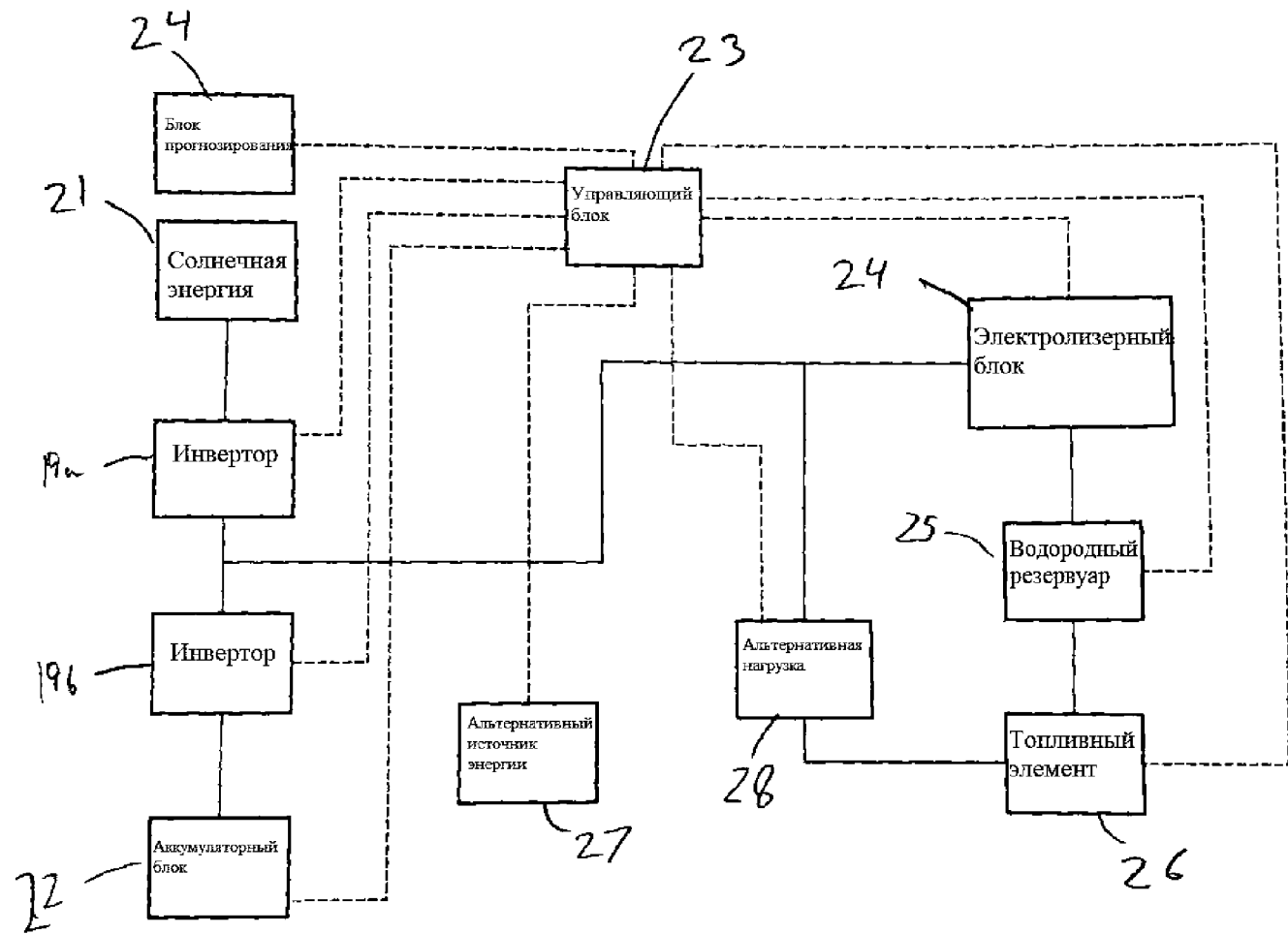
электролитических элементов в том случае, если выходная мощность является недостаточной, или не требуется эксплуатация одного или нескольких электролитических элементов.



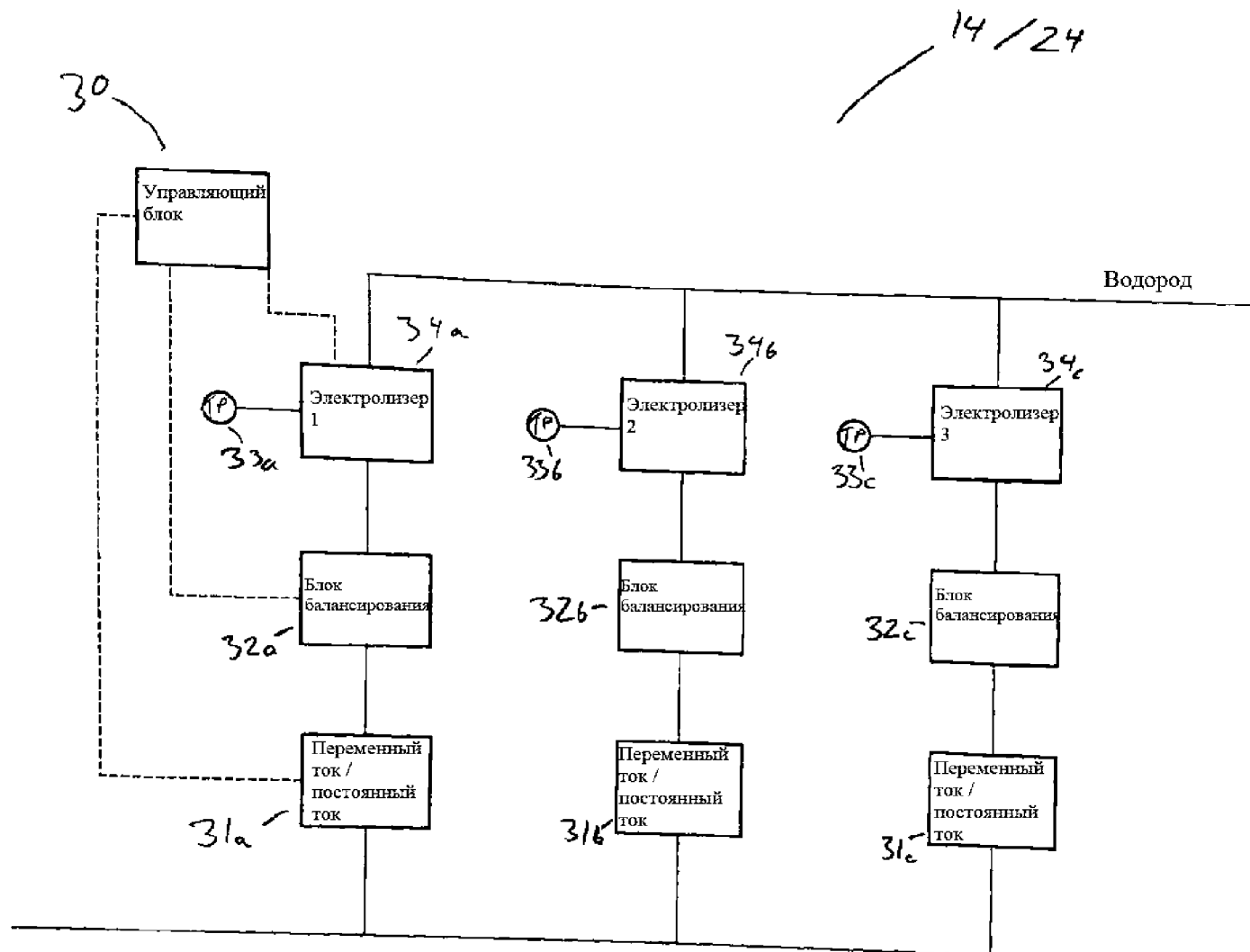
Фиг. 1



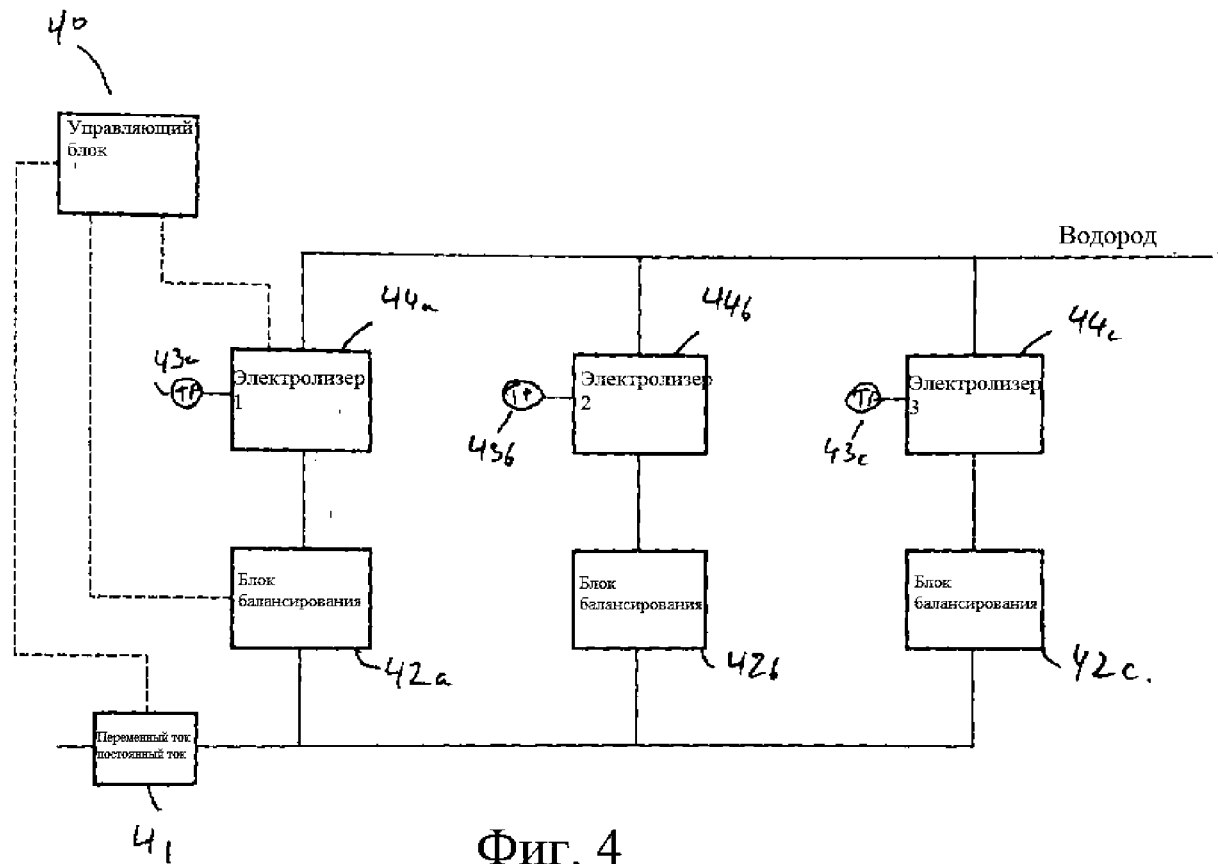
Фиг. 2А



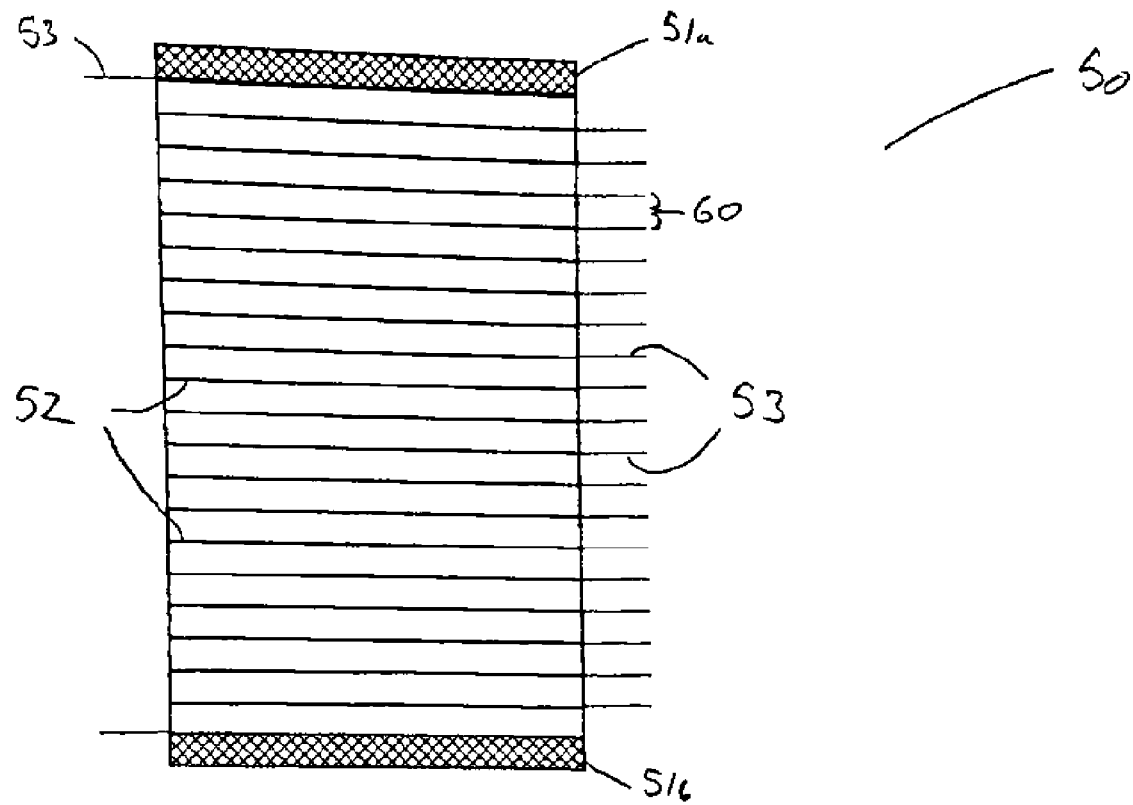
Фиг. 2В



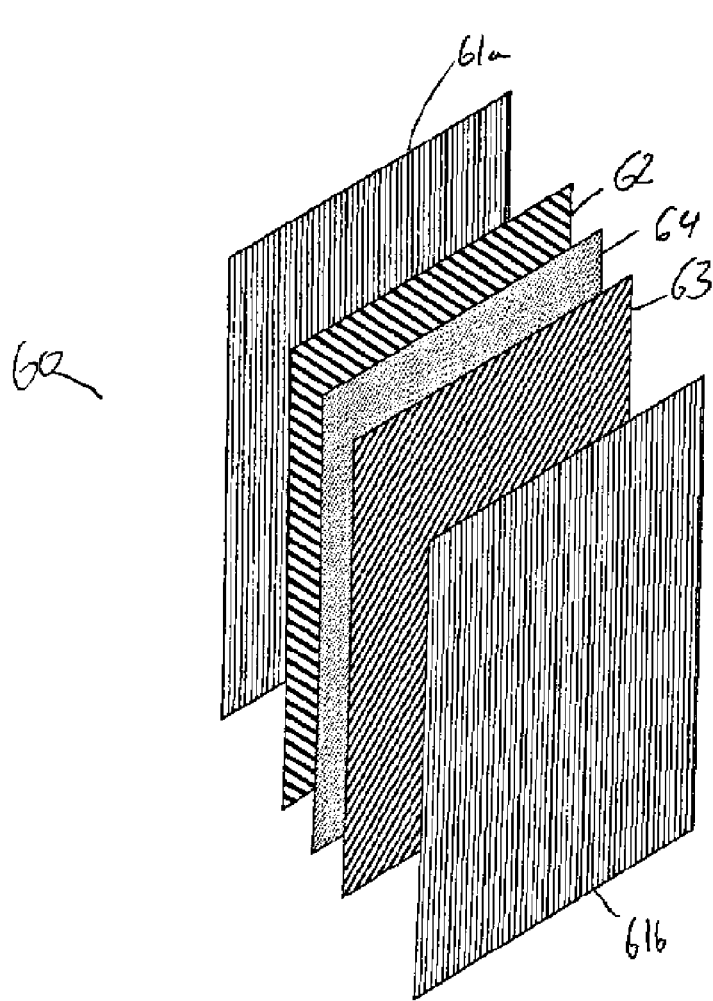
Фиг. 3



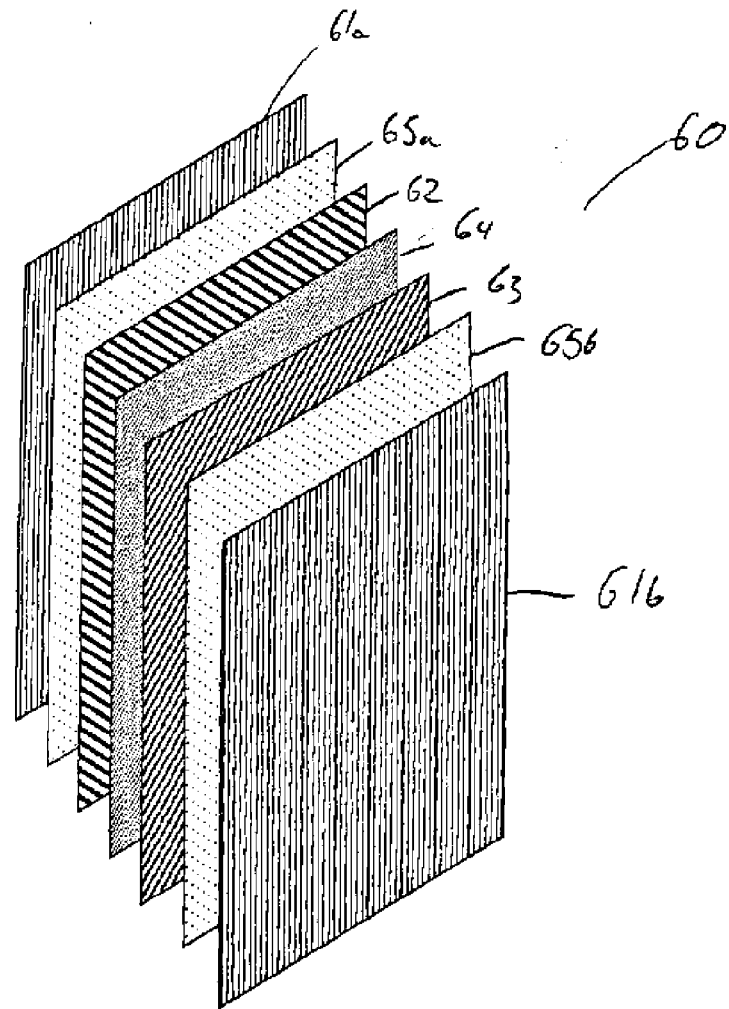
Фиг. 4



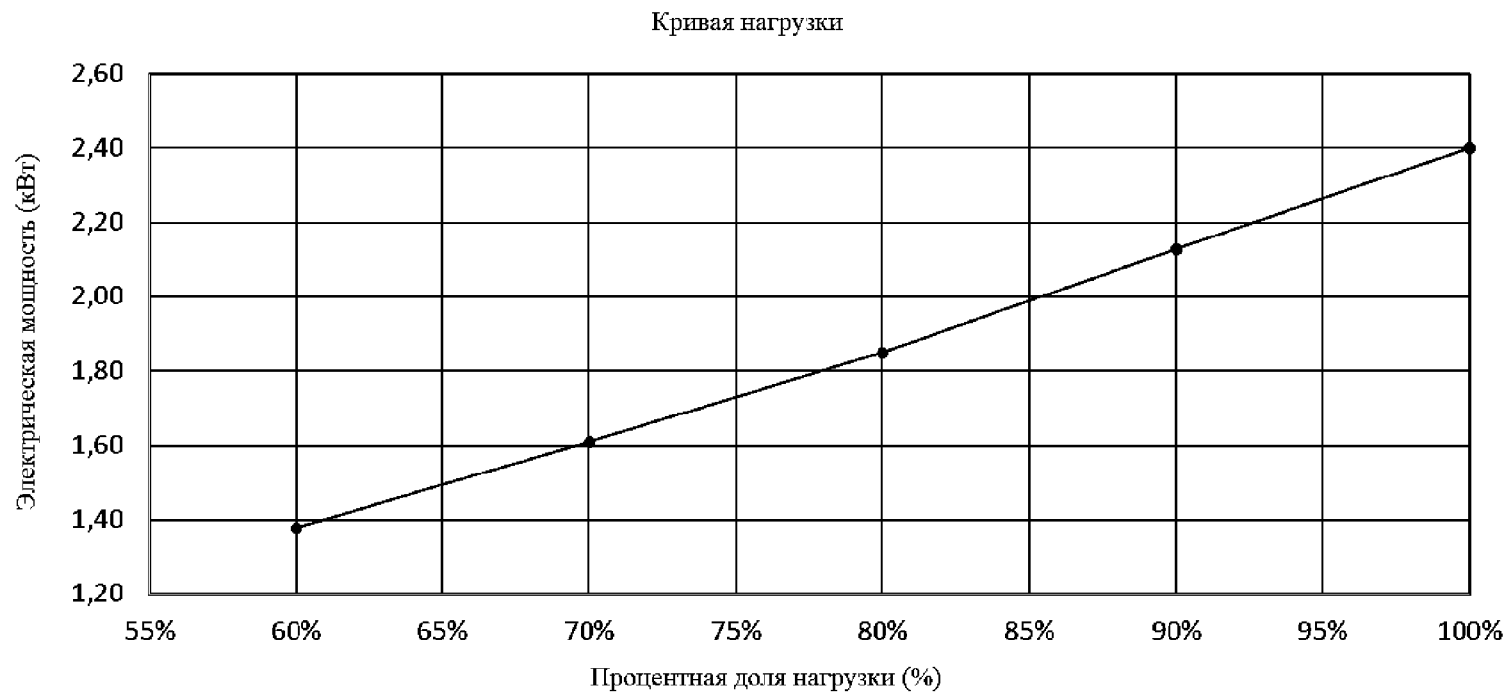
Фиг. 5



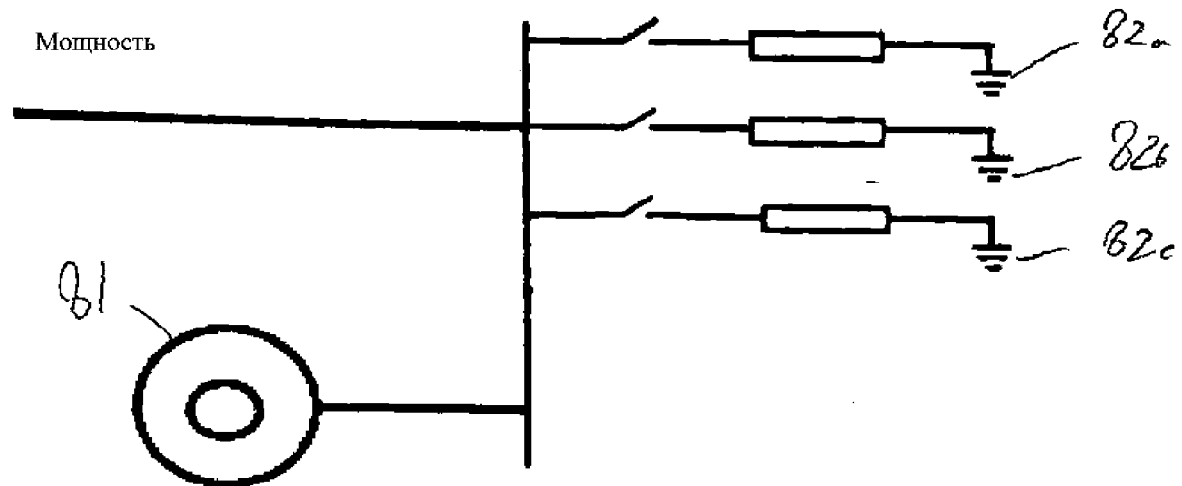
Фиг. 6А



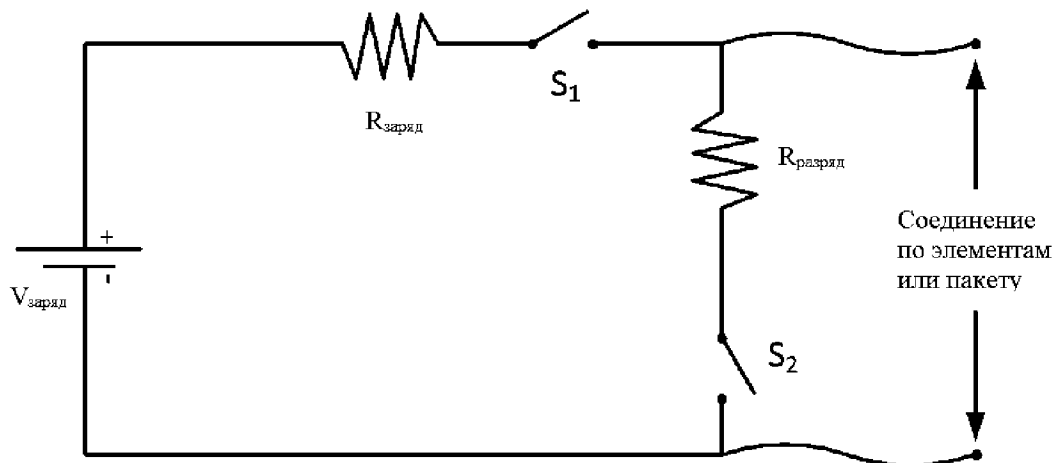
Фиг. 6В



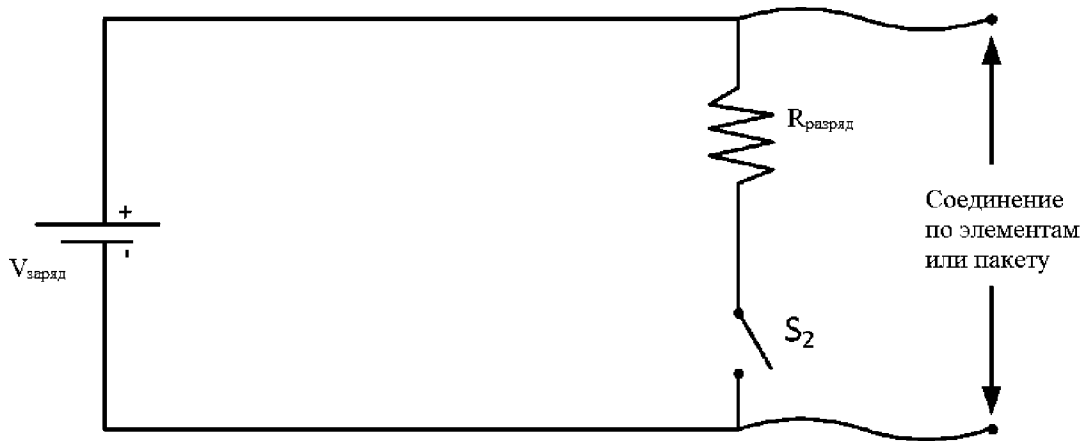
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9А



Фиг. 9В