

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042778**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.03.24

(21) Номер заявки
202292430

(22) Дата подачи заявки
2021.03.10

(51) Int. Cl. **H02J 7/00** (2006.01)
H01M 8/18 (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)

(54) **ПРОТОЧНАЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ БАТАРЕЙНАЯ СИСТЕМА
И СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

(31) **10 2020 108 068.9**

(32) **2020.03.24**

(33) **DE**

(43) **2022.11.16**

(86) **PCT/EP2021/056031**

(87) **WO 2021/190928 2021.09.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФОЙТ ПАТЕНТ ГМБХ (DE)

(72) Изобретатель:
Лют Томас (DE)

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

(56) **JP-A-2006040648**

KR-A-20170035619

BYRNE R. ET AL.: "Energy performance of an operating 50 kWh zinc-bromide flow battery system", 2015 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY AND INNOVATION/INTERNATIONAL TECHNOLOGY MANAGEMENT CONFERENCE (ICE/ITMC), IEEE, 22 June 2015 (2015-06-22), p. 1-6, DOI: 10.1109/ICE.2015.7438688, XP032885898, fig. 1, 2

DE-A1-102015210922

WO-A2-2011154306

(57) Проточная окислительно-восстановительная батарейная система, включающая в себя по меньшей мере два батарейных модуля (1), двунаправленный вентильный преобразователь (7) и устройство (8) управления, причем батарейные модули (1) подключены последовательно и соединены с вентильным преобразователем (7), причем каждый батарейный модуль (1) включает в себя массив (2) ячеек с множеством проточных окислительно-восстановительных ячеек и резервуарное устройство (3) для хранения электролита и снабжения массива (2) ячеек электролитом, причем батарейная система включает в себя для каждого батарейного модуля (1) преобразователь (17) постоянного напряжения, причем в каждом случае один вывод каждого преобразователя (17) постоянного напряжения соединен в каждом случае с батарейным модулем (1), а второй вывод каждого преобразователя (17) постоянного напряжения соединен с общей шиной постоянного тока, причем батарейная система включает в себя дальнейший вентильный преобразователь (16), который соединен с шиной постоянного тока, причем устройство (8) управления соединено с дальнейшим вентильным преобразователем (16) и с преобразователями (17) постоянного напряжения таким образом, что устройство (8) управления может управлять дальнейшим вентильным преобразователем (16) и преобразователями (17) постоянного напряжения.

B1**042778****042778****B1**

Настоящее изобретение относится к проточной окислительно-восстановительной (редокс) батарейной системе и к способу эксплуатации такой системы. Изобретение относится, в частности, к проточным окислительно-восстановительным батарейным системам с высоким выходным напряжением. Соответствующий изобретению способ относится к способу уменьшения и, соответственно, устранения возникающих во время зарядки и разрядки батарейной системы дисбалансов между соединенными последовательно батарейными модулями.

Для того чтобы у проточных окислительно-восстановительных батарейных систем получать высокое выходное напряжение, обычно несколько ячеек подключают электрически последовательно. Это расположение называется стеком (модулем). Однако это нельзя продолжать бесконечно, так как в противном случае вызванный электролитом ответвленный ток стал бы недопустимо высоким. Тем не менее выходное напряжение может повышаться далее, если несколько стеков соединяются последовательно, причем каждый стек имеет отдельный резервуарный блок. Такой узел, состоящий из стека и согласованного отдельного резервуарного блока, называется батарейным модулем. Однако ввиду неоднородности используемых сырьевых материалов и производственных отклонений отдельные произведенные батарейные модули не идентичны, и потому такие батарейные системы страдают тем, что может доходить до дисбаланса между батарейными модулями, который отрицательно влияет на эффективную мощность такой батарейной системы.

Из уровня техники известны батарейные системы и соответствующие способы эксплуатации, которые могут уменьшать такой вредный дисбаланс. При этом, как правило, говорят об уравнивании.

WO 2020/030762 A1 занимается дисбалансом уровня зарядки батарейных модулей (англ.: state of charge - SoC). При этом измеряются и сравниваются уровни зарядки отдельных резервуаров с электролитом. Если разница уровней зарядки превышает пороговое значение, то количество соединенных последовательно ячеек в стеках адаптируется таким образом, что менее заряженные электролиты разряжаются посредством меньшего количества ячеек, чем более заряженные электролиты, или что менее заряженные электролиты заряжаются посредством большего количества ячеек, чем более заряженные электролиты.

Также WO 2018/107097 A1 занимается дисбалансом уровня зарядки батарейных модулей. Уменьшение дисбаланса достигается вследствие того, что, после того как SoC-значения были измерены, SoC-значение батарейного модуля уравнивается с целевым SoC-значением вследствие того, что по меньшей мере в одном модуле часть сохраненной энергии подается на электрическую нагрузку.

Исходя из этого изобретатель поставил перед собой задачу предоставить проточную окислительно-восстановительную батарейную систему и способ эксплуатации, причем дисбалансы могут уменьшаться альтернативным образом.

Согласно изобретению задача решается с помощью батарейной системы и способа эксплуатации согласно независимым пунктам формулы изобретения. Дальнейшие предпочтительные варианты осуществления можно найти в зависимых пунктах формулы изобретения.

Настоящая заявка раскрывает при этом два различных пути решения, которые могут реализовываться независимо друг от друга или наиболее предпочтительно в комбинации друг с другом.

Соответствующие изобретению решения разъясняются далее на основе чертежей, на которых в деталях показано следующее.

На фиг. 1 показан батарейный модуль.

На фиг. 2 показана батарейная система.

На фиг. 3 показан соответствующий изобретению вариант осуществления батарейной системы (фрагмент).

На фиг. 4 показана соответствующая изобретению батарейная система в дальнейшем варианте осуществления.

На фиг. 5 - соответствующая изобретению батарейная система в дальнейшем варианте осуществления.

На фиг. 6 - соответствующая изобретению батарейная система в дальнейшем варианте осуществления.

На фиг. 7 - соответствующая изобретению батарейная система в дальнейшем варианте осуществления.

Фиг. 1 показывает с левой стороны на схематичном изображении батарейный модуль. Батарейный модуль обозначен ссылочной позицией 1. Батарейный модуль включает в себя систему ячеек, которая обозначена ссылочной позицией 2, резервуарное устройство, которое обозначено ссылочной позицией 3, и измерительное устройство для регистрации регулируемой величины. Если говорить о системе 2 ячеек, то речь идет о системе из множества проточных окислительно-восстановительных ячеек (проточные редокс-ячейки), которые могут быть расположены любым образом. Например, речь могла бы идти об одном единственном стеке ячеек, о последовательном соединении нескольких стеков, параллельном соединении нескольких стеков или комбинации последовательного и параллельного соединения нескольких стеков. В любом случае все ячейки системы 2 ячеек способствуют тому, чтобы аккумулировать электрическую энергию при зарядке в батарейном модуле 1 или выдавать электрическую энергию при разрядке батарейного модуля 1. Резервуарное устройство 3 служит для хранения электролита и снабжения систе-

мы 2 ячеек электролитом. Для этого резервуарное устройство 3 включает в себя за некоторым исключением по меньшей мере два резервуара, систему труб для соединения резервуаров с системой 2 ячеек и насосы для подачи электролита. Фиг. 1 показывает при этом два отдельных насоса. С таким же успехом электролит мог бы подаваться двухголовчатым насосом, т.е. двумя насосами, которые приводятся в действие общим двигателем. Резервуарное устройство 3 выполнено при этом таким образом, что оно может снабжать электролитом все ячейки системы 2 ячеек. Таким образом, если насосы подают электролит, то он проходит через все ячейки системы 2 ячеек. Следовательно, всегда все ячейки системы 2 ячеек способствуют зарядке электролита резервуарного устройства 3, или всегда все ячейки системы 2 ячеек способствуют разрядке электролита резервуарного устройства 3, когда батарейный модуль 1 заряжается или разряжается.

Изображенный на фиг. 1 батарейный модуль 1 включает в себя два измерительных устройства для предоставления регулируемой величины. При этом, если говорить об измерительном устройстве, которое обозначено ссылкой позицией 4, то речь идет об измерительном устройстве для предоставления так называемого напряжения разомкнутой цепи (англ.: open circuit voltage - OCV). OCV-значение является мерой уровня зарядки батарейного модуля (SoC). Измерительное устройство, которое обозначено ссылкой позицией 5, является измерительным устройством для предоставления напряжения на клеммах системы 2 ячеек и тем самым также батарейного модуля 1. При зарядке или разрядке батарейного модуля 1 напряжение на клеммах отличается от напряжения разомкнутой цепи на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении системы 2 ячеек. Альтернативой определению OCV-значения является так называемый кулоновский счет, который также является мерой уровня зарядки батарейного модуля. Для этого требуется измерительное устройство для предоставления тока, который протекает через соединенные последовательно модули. Следовательно, такое измерительное устройство для кулоновского счета могло бы быть реализовано также за пределами батарейных модулей 1, так что батарейный модуль 1 включает в себя таким образом опционально измерительное устройство для предоставления регулируемой величины. В любом случае батарейная система включает в себя (см. ниже) по меньшей мере одно измерительное устройство для предоставления регулируемой величины для каждого батарейного модуля 1 батарейной системы.

Батарейный модуль 1 включает в себя далее вспомогательные системы, которые обозначаются прямоугольником со ссылкой позицией 6. Вспомогательные системы 6 снабжаются током через две клеммы снаружи батарейного модуля 1. Вспомогательные системы 6 служат, в частности, для питания насосов, имеющегося при случае вентиляционного устройства и т.п.

На правой стороне фиг. 1 показаны символические изображения батарейного модуля 1. При этом верхнее изображение показывает наряду с клеммами системы ячеек также еще клеммы вспомогательных систем. Последние отсутствуют на нижнем изображении. Подобные символические изображения используются в дальнейшем. Если при этом используется нижнее изображение, это означает не то, что изображенные батарейные модули не могли бы включать в себя вспомогательные системы, а только то, что в соответствующем контексте вспомогательные системы не имеют значения.

Фиг. 2 показывает на схематичном изображении батарейную систему в первом варианте осуществления. Батарейная система включает в себя по меньшей мере два батарейных модуля, из которых один обозначен ссылкой позицией 1, двунаправленный вентильный преобразователь (англ.: bidirectional power conversion system - PCS), который обозначен ссылкой позицией 7, и устройство управления, которое обозначено ссылкой позицией 8. Батарейные модули 1 подключены последовательно и соединены с вентильным преобразователем 7. На фиг. 2 изображены четыре батарейных модуля, причем пунктирные линии в последовательном соединении должны обозначать любое количество дальнейших модулей. Вентильный преобразователь 7 берет на себя присоединение батарейной системы к сети или к вышестоящей электрической системе. Батарейная система включает в себя далее для каждого батарейного модуля 1 первый переключатель, из которых один обозначен ссылкой позицией 9, и второй переключатель, из которых один обозначен ссылкой позицией 10. Первые переключатели 9 расположены в каждом случае последовательно относительно батарейных модулей 1, причем, само собой разумеется, не имеет значения, на какой стороне соответствующего батарейного модуля расположен соответствующий переключатель 9. Вторые переключатели 10 расположены в каждом случае на обходной линии (обводе) вокруг соответствующего батарейного модуля 1 и соответствующего первого переключателя 9. На фиг. 2 все переключатели 9 и 10 изображены в разомкнутом состоянии. В действительности переключатели почти во всех соответствующих изобретению способах эксплуатации, которые подробно описываются в следующих частях, управляются устройством 8 управления таким образом, что из каждой пары первого и второго переключателей ровно один переключатель замкнут, а один переключатель разомкнут (попеременно разомкнуты и замкнуты). Т.е. пара переключателей имеет при этом ровно два положения переключения, причем в первом положении переключения (первый переключатель 9 замкнут, а второй переключатель 10 разомкнут) соответствующий батарейный модуль 1 находится в последовательном соединении батарейной системы, а во втором положении переключения (первый переключатель 9 разомкнут, а второй переключатель 10 замкнут) соответствующий батарейный модуль 1 отсоединен обходной линией от последовательного соединения батарейной системы. Размыкание первого переключателя 9 при замк-

нотом переключателе 10 предотвращает при этом разрядку модуля благодаря обходной линии. Устройство 8 управления соединено с каждым батарейным модулем таким образом, что оно может регистрировать измеренные значения измерительных устройств 4 и 5. Если батарейная система включает в себя одно или несколько измерительных устройств, которые не являются частью батарейных модулей 1, то устройство управления соединено, само собой разумеется, также с ними, для того чтобы была возможность регистрировать их измеренные значения. Измерительное устройство для кулоновского счета могло бы быть, например, также частью устройства 8 управления. Кроме того, устройство 8 управления соединено с каждым из переключателей 9 и 10 таким образом, что оно может определять соответствующее положение переключения, для того чтобы включать батарейные модули 1 в последовательное соединение или отключать их из последовательного соединения. Эти соединения могут также осуществляться беспроводным путем.

В батарейной системе согласно фиг. 2 с полностью идентичными батарейными модулями 1 опасный дисбаланс мог бы не возникать. Однако реальные батарейные модули отличаются из-за производственных отклонений и процессов старения. Кроме того, различные условия эксплуатации, например перепады температуры, отдельных модулей могут вызывать их различное поведение. По этим причинам реальные батарейные модули имеют различные значения эффективности и различные внутренние сопротивления. Более высокая эффективность приводит при заданном токе зарядки или разрядки к более быстрому достижению конечного состояния соответствующего батарейного модуля. Так как в последовательном соединении согласно фиг. 2 один и тот же ток проходит через все батарейные модули 1, модули с высокой эффективностью достигают конечного состояния быстрее, чем модули с низкой эффективностью. Для предотвращения повреждений процесс зарядки или разрядки должен прерываться в каждом случае уже тогда, когда один модуль достигает соответствующего конечного состояния. Таким образом, без уравнивания этого эффекта полезная емкость такой батарейной системы уменьшается с каждым прошедшим циклом ("потеря емкости"). Нечто подобное вызывает различное внутреннее сопротивление модулей. Для напряжения на клеммах существуют верхнее и нижнее пороговые значения, причем напряжение на клеммах не должно находиться выше или ниже них. Даже при идентичной эффективности модуль с более высоким внутренним сопротивлением достигает при зарядке или разрядке быстрее соответствующего порогового значения напряжения на клеммах, чем модуль с более низким внутренним сопротивлением. Если первый модуль достигает порогового значения, соответствующий процесс должен прерываться, что таким образом также приводит к уменьшению полезной емкости батарейной системы. Альтернативно могла бы также уменьшаться мощность системы. В любом случае эти эффекты приводят к нарушению системы. Балансировка должна уменьшать или полностью устранять описанные эффекты, для того чтобы таким образом сохранять полезную емкость батарейной системы в течение длительного времени на высоком уровне или устранять описанное нарушение. С другой стороны, успешная балансировка позволяет использовать ячейки с относительно высоким разбросом в отношении эффективности и/или внутреннего сопротивления, что, само собой разумеется, отражается на уменьшении производственных затрат.

Далее указывается соответствующий изобретению способ уменьшения возникающих во время зарядки и разрядки батарейной системы дисбалансов изображенной на фиг. 2 батарейной системы, причем все указанные шаги выполняются, само собой разумеется, во время зарядки или разрядки батарейной системы, т.е. зарядка или разрядка не прерывается вследствие этого.

Соответствующий изобретению способ уменьшения возникающих во время зарядки и разрядки батарейной системы дисбалансов включает в себя в первом варианте осуществления при этом следующие шаги:

регистрация измеренных значений измерительного устройства для предоставления регулируемой величины для каждого батарейного модуля 1 устройством 8 управления;

если в первый момент времени по меньшей мере одно измеренное значение первого батарейного модуля 1 отличается от измеренного значения второго батарейного модуля 1, устройство 8 управления контролирует количество батарейных модулей 1, которые находятся в последовательном соединении, для того чтобы уменьшать разницу между измеренными значениями первого и второго батарейных модулей 1 к более позднему второму моменту времени, причем в течение промежутка времени между первым и вторым моментами времени во время зарядки или разрядки батарейной системы один из обоих батарейных модулей 1 находится в течение более короткого времени в последовательном соединении, чем другой батарейный модуль 1.

Если батарейная система с множеством батарейных модулей эксплуатируется в течение достаточно длительного промежутка времени без балансировки, т.е. заряжается или разряжается, то, как правило, устанавливается состояние, в котором измеренные значения регулируемой величины для каждого батарейного модуля представляют собой статистическое распределение. Как бы то ни было, в этом случае выполнено то условие, что по меньшей мере одно измеренное значение первого батарейного модуля 1 отличается от измеренного значения второго батарейного модуля 1. Само собой разумеется, целью балансировки у такой системы с множеством батарейных модулей является максимальное уменьшение ширины полосы распределения измеренных значений к более позднему моменту времени или в идеале

полное уравнивание всех измеренных значений друг с другом. Само собой разумеется, это приводит автоматически к тому, что также измеренные значения первого и второго батарейных модулей сближаются друг с другом в более поздний момент времени. Согласно изобретению это достигается вследствие того, что по меньшей мере часть батарейных модулей временно отключается из последовательного соединения батарейной системы, причем отключенные модули не участвуют в это время в зарядке или разрядке системы, в то время как остающиеся в последовательном соединении модули участвуют в зарядке или разрядке.

При этом следует следить за тем, чтобы не слишком много батарейных модулей отключались в один и тот же момент времени из последовательного соединения, что могло бы приводить, например, к понижению прилегающего к PCS 7 напряжения ниже критического порогового значения, так как это напряжение получается из суммы напряжений на клеммах всех находящихся в последовательном соединении батарейных модулей. Устройство 8 управления контролирует количество батарейных модулей 1, которые находятся в последовательном соединении, следовательно, и в этом отношении, т.е. для того чтобы обеспечивать бесперебойную работу батарейной системы в любой момент времени. Наряду с нижним предельным напряжением вентильного преобразователя 7 могут при этом, само собой разумеется, учитываться также и другие параметры и крайние условия, как например верхнее предельное напряжение вентильного преобразователя 7.

Для этого устройство 8 управления может, например, контролировать прилегающее к PCS 7 напряжение и обеспечивать соответствующий режим переключения. Альтернативно могло бы также непосредственно определяться максимальное количество модулей, которые могут одновременно отключаться из последовательного соединения. Также возможно, что такое максимальное количество может зависеть еще от дальнейших параметров, например, от уровня зарядки системы или произвольного модуля. Так, например, при первом уровне зарядки могло бы быть допустимо одновременное отключение максимально p модулей, а при втором уровне зарядки могло бы быть допустимо одновременное отключение максимально m модулей, причем p не равно m . Дальнейшими возможными параметрами являются ток зарядки или разрядки или мощность PCS 7.

Соответствующий изобретению способ можно дополнительно уточнять, если учитывать, что при зарядке или разрядке батарейной системы измеренные значения и тем самым значения соответствующей регулируемой величины батарейных модулей монотонно стремятся к конечному значению. Однако "скорость" этого стремления различна для батарейных модулей, так что некоторые модули "опережают", а другие "отстают". Таким образом, цель балансировки заключается в том, чтобы удерживать вместе "блуждающую группу" модулей, несмотря на то что каждый модуль продвигается с другой скоростью. Устройство управления достигает этой цели вследствие того, что более быстрые модули должны время от времени делать "принудительные паузы" (временное отключение из последовательного соединения), в то время как самый медленный модуль постоянно продвигается вперед. При этом устройство управления следит за тем, чтобы слишком много модулей никогда не вставали на паузу. При этом устройство управления имеет две управляющие величины: длительность пауз и частоту пауз.

Целесообразным может быть то, что для описанного соответствующего изобретения способа используются предельные значения для отклонения измеренных значений. Первое предельное значение могло бы определяться для запуска соответствующего изобретению способа, т.е. предельное значение, которое должно превышать разницу между измеренным значением первого батарейного модуля и измеренным значением второго батарейного модуля в первый момент времени, чтобы механизм балансировки запускался. Второе предельное значение могло бы определяться для прерывания механизма балансировки, т.е. предельное значение, ниже которого должна опускаться разница между измеренным значением первого батарейного модуля и измеренным значением второго батарейного модуля в более поздний второй момент времени, чтобы механизм балансировки прерывался в этот второй момент времени.

Понятно, что второе предельное значение должно выбираться меньшим, чем первое предельное значение. В частности, второе предельное значение нужно для того, чтобы исключить негативное воздействие погрешностей измерения. Альтернативно измеренные значения могли бы, само собой разумеется, также освободиться от помех подходящим фильтром.

Однако соответствующий изобретению способ может с таким же успехом выполняться без предельных значений. Например, используя то, что эмпирические значения можно определять для промежутка времени после того, как заданная батарейная система становится несбалансированной при заданном процессе зарядки или разрядки, так что становится необходимым уравнивающим вмешательство. То же самое относится к промежутку времени, в течение которого должен выполняться соответствующий изобретению механизм балансировки, для того чтобы заданную батарейную систему снова сделать сбалансированной при заданном процессе зарядки или разрядки. Предпочтительно блок управления заданной батарейной системы может при помощи подходящего алгоритма получать эти эмпирические значения самообучающимся образом при выполнении некоторого небольшого количества циклов зарядки/разрядки. Точно так же эмпирические значения могут адаптироваться, если батарейная система должна, например, в этом отношении изменяться из-за эффектов старения в течение более длительного периода эксплуатации. Точно так же могут определяться особенности отдельных батарейных модулей 1,

т.е. какие батарейные модули работают с высокой эффективностью или обладают высоким внутренним сопротивлением, для того чтобы таким образом устанавливать, какие батарейные модули должны согласно изобретению чаще и/или на большее время ставиться на паузу, для того чтобы удерживать вместе "блуждающую группу" (см. также ниже). Следовательно, при использовании таких эмпирических значений нет необходимости в постоянной регистрации или оценке измеренных значений регулируемых величин. То же самое относится к основанному на модели подходу, при котором поведение батарейных модулей может прогнозироваться при помощи модели. При этом модель может при помощи измеряемых величин и подходящих параметров адаптироваться к соответствующей батарейной системе.

Также возможно, что соответствующий изобретению механизм балансировки выполняется по меньшей мере в течение некоторого промежутка времени без дальнейшей регистрации или оценки измеренных значений благодаря тому, что более быстрые модули постоянно ставят соответствующим образом на длинные или частые паузы. Тем самым в некоторой степени постоянно возникающие дисбалансы немедленно исправляются, без того чтобы различия регулируемой величины постоянно регистрировались и оценивались. Само собой разумеется, ничто не мешает выполнять эту постоянную балансировку с постоянной регистрацией и оценкой измеренных значений.

Необходимая соответственно длительность паузы и частота пауз устанавливается в вариантах осуществления соответствующего изобретению способа, которые обходятся без постоянной регистрации или оценки измеренных значений регулируемых величин, для каждого батарейного модуля однократно или в более поздние моменты времени повторно. Также для этого может использоваться самообучающийся алгоритм или основанный на модели способ. Этот процесс, а также определение вышеописанных эмпирических значений для указанных промежутков времени можно было бы назвать калибровкой механизма балансировки. Такая калибровка могла бы осуществляться уже на заводе, т.е. еще перед поставкой заказчиком, или же при первой инициализации. По меньшей мере во время этой калибровки необходимо, чтобы соответствующий изобретению способ выполнялся в указанной выше форме (т.е. с регистрацией и оценкой измеренных значений). В тех случаях, когда механизм балансировки выполняется без регистрации или оценки измеренных значений, рекомендуется по меньшей мере время от времени проверять успех балансировки на основе измеренных значений. В случае неудовлетворительной балансировки калибровка может затем выполняться снова.

Таким образом, самый общий вид соответствующего изобретению способа (т.е. выполнение механизма балансировки - ВМ) может определяться следующим образом.

Способ уменьшения возникающих во время зарядки и разрядки батарейной системы дисбалансов включает в себя следующий шаг (ВМ):

устройство 8 управления контролирует количество батарейных модулей 1, которые находятся в последовательном соединении, для того чтобы уменьшать разницу между первым и вторым батарейными модулями 1 в отношении регулируемой величины, причем в течение промежутка времени зарядки и, соответственно, разрядки батарейной системы один из обоих батарейных модулей 1 находится в течение более короткого времени в последовательном соединении, чем другой батарейный модуль 1.

Тем не менее контроль измеренных значений регулируемых величин по меньшей мере время от времени необходим, для того чтобы получать критерий прерывания для процесса зарядки или разрядки батарейной системы. Однако, при успешной балансировке достаточно контролировать измеренные значения единственного произвольного модуля.

Здесь следует отметить, что WO 2020/030762 A1 раскрывает на фиг. 4 систему, аналогичную системе с фиг. 2 настоящей заявки, причем переключатели 1221 и 1222, которые отмечаются как переключатели внешней цепи тока (англ.: "outer circuit switches"), соответствуют первому и второму переключателям 9, 10 настоящей заявки. Тем не менее WO 2020/030762 A1 указывает в качестве цели применения переключателей 1221 и 1222 внешней цепи тока то, что они используются для редких возможных случаев, как, например, при протечке резервуаров с электролитом или при замене электролита (это по англ.: "The latter switching is likely to be infrequent and for eventualities such as electrolyte leakage or replacement" - см. последнее предложение описания). Таким образом, WO 2020/030762 A1 не раскрывает вышеописанный способ настоящего изобретения и не делает его очевидным.

Изобретатель обнаружил, что вышеописанный соответствующий изобретению способ можно наиболее предпочтительно выполнять, если первый и второй переключатели описанной выше в связи с фиг. 2 батарейной системы выполняются при помощи полупроводниковых транзисторов. Фиг. 3 показывает соответствующее изобретению исполнение переключателей с полупроводниковыми транзисторами в наиболее предпочтительном варианте осуществления, причем фиг. 3 показывает только один батарейный модуль и сопутствующие ему переключатели. Все остальные батарейные модули, включая сопутствующие им переключатели, соответствующей изобретению батарейной системы выполнены соответствующим образом в этом варианте осуществления.

Первый переключатель 9 включает в себя два нормально блокирующих МОП-транзистора ("металл-оксид-полупроводник", MOSFET), каналы которых соединены последовательно таким образом, что в обоих направлениях тока один из обратных диодов всегда блокирует, причем обратные диоды не обозначены для наглядности на фиг. 3. Второй переключатель 10 включает в себя один нормально блоки-

рующий МОП-транзистор. Батарейная система включает в себя по меньшей мере один блок переключения, который обозначен на фиг. 3 ссылкой позицией 11. Выводы затворов МОП-транзисторов соединены с блоком 11 переключения, причем выводы затворов обоих МОП-транзисторов первого переключателя 9 соединены также друг с другом, так что управление этими затворами происходит всегда одновременно. Указанное соединение затворов может также отпадать, если блок 11 переключения обеспечивает внутри одновременное управление соответствующими затворами. Для каждой пары 9, 10 переключателей может быть в каждом случае предусмотрен блок 11 переключения, или один блок 11 переключения обслуживает несколько пар 9, 10 переключателей или даже все пары переключателей. В обоих последних случаях блок 11 переключения должен, само собой разумеется, иметь соответствующее количество независимых выводов, так что соединенные с ним пары переключателей могут переключаться независимо друг от друга. Блок 11 переключения или блоки 11 переключения могут быть неотъемлемой частью устройства 8 управления.

Применение МОП-транзисторов позволяет быстро и без износа выполнять необходимые для вышеописанного соответствующего изобретению способы процессы переключения, что является, в частности, преимуществом, если для балансировки используются частые, но короткие паузы. При этом соответствующая изобретению компоновка МОП-транзисторов предотвращает самопроизвольную разрядку батарейного модуля в то время, когда он не находится в последовательном соединении и потому не участвует в зарядке или разрядке батарейной системы. Опционально каждый из переключателей 9 и 10 может дополнительно включать в себя реле, которое расположено параллельно МОП-транзисторам. Вследствие этого соответствующие переключатели могут приводиться в действие также без потерь при помощи реле, что является преимуществом в том случае, если соответствующий переключатель должен приводиться в действие лишь изредка.

Следует отметить, что на фиг. 3 МОП-транзисторы изображены в исполнении в виде n-канальных МОП-транзисторов. Однако соответствующая изобретению компоновка не ограничена такими МОП-транзисторами. С таким же успехом могут использоваться р-канальные МОП-транзисторы.

Фиг. 4 показывает соответствующую изобретению батарейную систему в дальнейшем варианте осуществления. Батарейная система включает в себя для каждого батарейного модуля дополнительно третий и четвертый переключатели, которые обозначены ссылочными позициями 12 и 13, и линии, причем дополнительные переключатели и линии соединены друг с другом и с батарейными модулями таким образом, что все батарейные модули подключены параллельно, если все дополнительные переключатели замкнуты. Для этого все первые и вторые переключатели должны, само собой разумеется, размыкаться. Параллельное соединение батарейных модулей приводит к выравниванию напряжений на клеммах модулей, причем между батарейными модулями протекают уравнивающие токи. Показанное параллельное соединение может таким образом использоваться для балансировки. При этом все модули или же лишь некоторые, т.е. по меньшей мере два модуля, например в каждом случае самый быстрый и самый медленный, могут подключаться параллельно в течение определенного промежутка времени. Также дополнительные переключатели приводятся в действие устройством управления, которое не изображено на фиг. 4 по причинам экономии места.

В принципе батарейные модули могли бы заряжаться или разряжаться посредством PCS 7 также в параллельном соединении. Однако у соответствующей типу высоковольтной батарейной системы PCS 7 для этого, как правило, не рассчитан, так что балансировка посредством параллельного соединения не может выполняться во время зарядки и, соответственно, разрядки.

Фиг. 4 показывает также еще два дополнительных переключателя, при помощи которых PCS 7 может отключаться от соединенных батарейных модулей. Это может быть преимуществом. При необходимости может также использоваться лишь один разъединительный переключатель (разъединитель). Такой переключатель и, соответственно, такие переключатели могут использоваться равным образом во всех других вариантах осуществления.

Фиг. 5 показывает соответствующую изобретению батарейную систему в дальнейшем варианте осуществления. Батарейная система включает в себя для каждого батарейного модуля 1 дополнительно пятый переключатель, из которых один обозначен ссылкой позицией 14. Следует отметить, что обозначение "пятый" переключатель служит лишь для ясности и не подразумевает, что, если батарейная система включает в себя пятый переключатель, то она тем самым также автоматически должна была бы включать в себя третий и четвертый переключатели. Далее батарейная система включает в себя для каждого батарейного модуля 1 сопротивление, из которых одно обозначено ссылкой позицией 15. Пятый переключатель 14 и сопротивление 15 расположены при этом в каждом случае на дальнейшей обходной линии вокруг соответствующего батарейного модуля 1 таким образом, что каждый батарейный модуль 1 замыкается накоротко через сопротивление 15, если соответствующий пятый переключатель 14 замыкается. Также пятый переключатель 14 приводится в действие устройством 8 управления. При помощи схемы с фиг. 5 каждый батарейный модуль может выборочно разряжаться через пятое сопротивление. Если один или несколько из пятых переключателей 14 замыкаются во время зарядки или разрядки батарейной системы, то часть тока зарядки и, соответственно, разрядки протекает мимо соответствующего батарейного модуля 1. Это может использоваться для балансировки. Однако

этот тип балансировки связан с потерей электрической мощности и потому используется лишь как дополнительный способ балансировки к другим способам, так что балансировка может становиться более гибкой и улучшаться благодаря этой дополнительной возможности. Так как таким образом в сопротивлениях высвобождается тепло, переключение пятых переключателей может предпочтительно выполняться в импульсном режиме, для того чтобы предотвращать чрезмерный нагрев.

Если первые и вторые переключатели 9, 10 выполнены согласно фиг. 3, возникает альтернативная возможность достижения только что описанного эффекта. Вследствие того что МОП-транзисторы обладают конечным сопротивлением канала, батарейный модуль может также просто благодаря одновременному замыканию первого и второго переключателей 9, 10 накоротко замыкаться выборочно через сопротивление канала этих переключателей. Следовательно, в этом варианте осуществления соответствующего изобретению способа указанные переключатели не в любом случае попеременно замкнуты и разомкнуты, как было описано выше. При этом оба переключателя 9 и 10 представляют собой вместе фактически пятый переключатель 14. Состояние, в котором оба переключателя 9 и 10 одновременно замкнуты, можно было бы также описать таким образом, что соответствующий батарейный модуль "частично" отключен из последовательного соединения, так как все еще одна часть тока зарядки или разрядки протекает через модуль, а другая часть вокруг модуля. Следовательно, фразу: "Устройство 8 управления контролирует количество батарейных модулей 1, которые находятся в последовательном соединении", - следует также понимать таким образом, что модуль может частично находиться в последовательном соединении. Также в этом случае справедливо то, что было сказано выше в отношении выделения тепла.

Следующие исполнения относятся ко второму пути решения. Как было упомянуто выше, оба пути решения и все соответствующие варианты осуществления могут предпочтительно комбинироваться друг с другом.

Фиг. 6 показывает соответствующую изобретению батарейную систему в дальнейшем варианте осуществления. Батарейная система включает в себя по меньшей мере два батарейных модуля, двунаправленный вентильный преобразователь 7, устройство 8 управления и для каждого батарейного модуля преобразователь постоянного напряжения, из которых один обозначен ссылкой позицией 17. Батарейные модули подключены последовательно и соединены с вентильным преобразователем 7. Один вывод преобразователей 17 постоянного напряжения соединен в каждом случае с батарейным модулем, а второй вывод преобразователей 17 постоянного напряжения соединен в каждом случае с общей шиной постоянного тока.

Преобразователи постоянного напряжения могут быть выполнены при этом двунаправленными или однонаправленными. В зависимости от типа исполнения и ориентации преобразователя 17 постоянного напряжения могут либо контролируемо отбирать электрическую энергию с шины постоянного тока, либо подавать электрическую энергию на нее, либо и то и другое.

Батарейная система включает в себя далее дальнейший вентильный преобразователь, который обозначен ссылкой позицией 16. Вентильный преобразователь 16 соединен с шиной постоянного тока. Устройство 8 управления соединено с вентильным преобразователем 16 и с преобразователями 17 постоянного напряжения таким образом, что устройство 8 управления может управлять вентильным преобразователем 16 и преобразователями 17 постоянного напряжения. Вентильный преобразователь 7 соединен с сетью или с другой вышестоящей электрической системой. Дальнейший вентильный преобразователь 16 может быть также соединен с сетью или с другой вышестоящей электрической системой, или он может быть опционально выполнен в виде регулятора постоянного напряжения (DC/DC) и соединен с вентильным преобразователем 7. В последнем случае вентильный преобразователь 16 принимает мощность от вентильного преобразователя 7 или отдает мощность на него. Дальнейший вентильный преобразователь 16 выполнен двунаправленным или однонаправленным.

Как было также описано выше, вентильный преобразователь 7 обеспечивает то, что ток зарядки или разрядки может протекать через последовательно соединенные батарейные модули, так что при этом они могут заряжаться и, соответственно, разряжаться. Параллельно соединенные с каждым батарейным модулем преобразователи 17 постоянного напряжения делают теперь возможным то, что при зарядке каждого батарейного модуля по меньшей мере часть поданного вентильным преобразователем 7 тока целенаправленно и контролируемо направляется вокруг батарейного модуля. В этом случае соответствующий преобразователь 17 постоянного напряжения передает электрическую энергию на шину постоянного тока. Вследствие этого соответствующий батарейный модуль заряжается медленнее или и вовсе не заряжается в промежутке времени, в течение которого соответствующий преобразователь 17 постоянного напряжения работает таким образом. При разрядке один или несколько преобразователей 17 постоянного напряжения могут управляться таким образом, что они передают электрическую энергию от шины постоянного тока на соответствующий батарейный модуль. При этом соответствующий преобразователь 17 постоянного напряжения управляется в каждом случае таким образом, что вследствие этого соответствующий батарейный модуль разряжается медленнее или и вовсе не разряжается в промежутке времени, в течение которого соответствующий преобразователь 17 постоянного напряжения работает таким образом.

При этом понятно, что однонаправленные преобразователи постоянного напряжения могут в зави-

симости от ориентации действовать либо только при зарядке, либо только при разрядке, как было только что описано. Двухнаправленные преобразователи постоянного напряжения могут, само собой разумеется, действовать и при зарядке, и при разрядке.

Дальнейший вентильный преобразователь 16 обеспечивает при этом шину постоянного тока электрической энергией и, соответственно, отводит избыточную энергию от нее. В случае если дальнейший вентильный преобразователь 16 выполнен однонаправленным, возможны, само собой разумеется, не все указанные потоки энергии.

Компоновка согласно фиг. 6 делает возможным следующий способ уменьшения возникающих во время зарядки и разрядки батарейной системы дисбалансов, включающий в себя по меньшей мере один из следующих шагов:

при зарядке батарейной системы устройство 8 управления управляет преобразователями 17 постоянного напряжения для уменьшения разницы между первым и вторым батарейными модулями в отношении регулируемой величины таким образом, что один преобразователь 17 постоянного напряжения передает столько электрической энергии на шину постоянного тока, что вследствие этого один из обоих батарейных модулей заряжается медленнее, чем другой батарейный модуль;

при разрядке батарейной системы устройство 8 управления управляет преобразователями 17 постоянного напряжения для уменьшения разницы между первым и вторым батарейными модулями 1 в отношении регулируемой величины таким образом, что один преобразователь 17 постоянного напряжения отводит столько электрической энергии от шины постоянного тока, что вследствие этого один из обоих батарейных модулей разряжается медленнее, чем другой батарейный модуль.

Компоновка согласно фиг. 6 делает, помимо этого, в любом случае, если вентильный преобразователь 16 имеет отдельное сетевое соединение, возможным то, что он поддерживает вентильный преобразователь 7 при зарядке и, соответственно, разрядке батарейных модулей. Это является предпочтительным, в частности, в том случае, если вентильный преобразователь 7 достигает своих пределов мощности. Так как эта поддержка преобразователями 17 постоянного напряжения может также иметь место выборочно для каждого батарейного модуля, это может, само собой разумеется, использоваться также для балансировки. В отличие от описанных до этого методов балансировки этот механизм приводит к ускоренной зарядке и, соответственно, разрядке "медленных" модулей.

В дальнейшем варианте осуществления соответствующий изобретению способ уменьшения возникающих во время зарядки и разрядки батарейной системы дисбалансов включает в себя дополнительно один из следующих шагов:

при зарядке батарейной системы устройство 8 управления управляет преобразователями 17 постоянного напряжения для уменьшения разницы между первым и вторым батарейными модулями в отношении регулируемой величины таким образом, что один преобразователь 17 постоянного напряжения отводит столько электрической энергии от шины постоянного тока, что вследствие этого один из обоих батарейных модулей заряжается быстрее, чем другой батарейный модуль;

при разрядке батарейной системы устройство 8 управления управляет преобразователями 17 постоянного напряжения для уменьшения разницы между первым и вторым батарейными модулями 1 в отношении регулируемой величины таким образом, что один преобразователь 17 постоянного напряжения передает столько электрической энергии на шину постоянного тока, что вследствие этого один из обоих батарейных модулей разряжается быстрее, чем другой батарейный модуль.

Если несколько соответствующих изобретению батарейных систем эксплуатируются близко друг от друга, то, само собой разумеется, несколько систем могут совместно использовать дальнейший вентильный преобразователь 16 и соединенную шину постоянного тока. Так как в каждом случае один преобразователь постоянного напряжения должен иметься для каждого батарейного модуля, отсутствует возможность экономии в отношении преобразователей постоянного напряжения при использовании нескольких работающих параллельно батарейных систем.

Фиг. 7 показывает соответствующую изобретению батарейную систему в дальнейшем варианте осуществления. Единственное отличие от батарейной системы согласно фиг. 6 заключается в том, что вспомогательные системы соединены с шиной постоянного тока и питаются от нее. Таким образом, для шины постоянного тока возникает дополнительная польза, которая экономит другие расходы. Совместное использование шины постоянного тока и дальнейшего вентильного преобразователя для питания вспомогательных систем нескольких работающих параллельно батарейных систем также является предпочтительным и возможно без проблем.

Также для вариантов осуществления второго пути решения шаг калибровки выполняется аналогично, как это было подробно описано выше для первого пути решения. Однако при втором пути решения все меры должны, само собой разумеется, соотноситься с отличающейся скоростью при зарядке и, соответственно, разрядке отдельных модулей и с промежутком времени, в течение которого используется отличающаяся скорость. То же самое справедливо также в отношении сделанных там суждений относительно выполнения способа с и без регистрации и оценки относящихся к регулируемым величинам измеренных значений.

Чтобы проточная окислительно-восстановительная батарейная система была приспособлена для ав-

томатизированного выполнения вышеописанных шагов способа, она включает в себя компьютерную систему. Понятие "компьютерная система" обозначает все устройства, которые подходят для того, чтобы автоматизированным образом выполнять описанные шаги способа, в частности также специально разработанные для этого интегральные микросхемы (IC) или микроконтроллеры, а также ASICs (ASIC: application specific integrated circuit - специализированные интегральные схемы). При этом само устройство 8 управления может включать в себя подходящую компьютерную систему. Альтернативно компьютерная система может также представлять собой отдельное устройство или быть частью отдельного устройства. Настоящая заявка направлена также на компьютерную программу, которая включает в себя команды, которые являются причиной того, что батарейная система выполняет вышеописанные шаги способа. Кроме того, настоящая заявка направлена на машиночитаемый носитель, на котором сохранена такая компьютерная программа.

Список ссылочных позиций.

- 1 - Батарейный модуль;
- 2 - массив ячеек;
- 3 - резервуарное устройство;
- 4 - измерительное устройство для определения ОСВ;
- 5 - измерительное устройство для определения напряжения на клеммах;
- 6 - вспомогательные системы;
- 7 - двунаправленный вентильный преобразователь (PCS);
- 8 - устройство управления;
- 9 - первый переключатель;
- 10 - второй переключатель;
- 11 - блок переключения;
- 12 - третий переключатель;
- 13 - четвертый переключатель;
- 14 - пятый переключатель;
- 15 - сопротивление;
- 16 - дальнейший двунаправленный вентильный преобразователь;
- 17 - преобразователь постоянного напряжения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ уменьшения возникающих во время зарядки и разрядки проточной окислительно-восстановительной батарейной системы дисбалансов,

причем батарейная система включает в себя по меньшей мере два батарейных модуля (1), двунаправленный вентильный преобразователь (7) и устройство (8) управления,

причем батарейные модули (1) подключены последовательно и соединены с вентильным преобразователем (7), и

причем каждый батарейный модуль (1) включает в себя систему (2) ячеек с проточными окислительно-восстановительными ячейками и резервуарное устройство (3) для хранения электролита и снабжения массива (2) ячеек электролитом,

отличающийся тем, что батарейная система включает в себя для каждого батарейного модуля (1) преобразователь (17) постоянного напряжения,

причем в каждом случае один вывод каждого преобразователя (17) постоянного напряжения соединен в каждом случае с одним батарейным модулем (1), а второй вывод каждого преобразователя (17) постоянного напряжения соединен с общей шиной постоянного тока,

причем батарейная система включает в себя дальнейший вентильный преобразователь (16), который соединен с шиной постоянного тока, и

причем устройство (8) управления соединено с упомянутым дальнейшим вентильным преобразователем (16) и с преобразователями (17) постоянного напряжения таким образом, что устройство (8) управления может управлять упомянутым дальнейшим вентильным преобразователем (16) и преобразователями (17) постоянного напряжения,

причем способ включает в себя по меньшей мере один из следующих шагов:

при зарядке батарейной системы устройство (8) управления управляет преобразователями (17) постоянного напряжения для уменьшения разницы между первым и вторым батарейными модулями (1) в отношении регулируемой величины таким образом, что один преобразователь (17) постоянного напряжения передает столько электрической энергии на шину постоянного тока, что вследствие этого один из обоих батарейных модулей (1) заряжается медленнее, чем другой батарейный модуль (1);

при разрядке батарейной системы устройство (8) управления управляет преобразователями (17) постоянного напряжения для уменьшения разницы между первым и вторым батарейными модулями (1) в отношении регулируемой величины таким образом, что один преобразователь (17) постоянного напряжения отводит столько электрической энергии от шины постоянного тока, что вследствие этого один из

обоих батарейных модулей (1) разряжается медленнее, чем другой батарейный модуль.

2. Способ по п.1, причем преобразователи (17) постоянного напряжения выполнены двунаправленными или однонаправленными.

3. Способ по п.1 или 2, включающий в себя один из следующих шагов:

при зарядке батарейной системы устройство (8) управления управляет преобразователями (17) постоянного напряжения для уменьшения разницы между первым и вторым батарейными модулями (1) в отношении регулируемой величины таким образом, что один преобразователь (17) постоянного напряжения отводит столько электрической энергии от шины постоянного тока, что вследствие этого один из обоих батарейных модулей (1) заряжается быстрее, чем другой батарейный модуль (1);

при разрядке батарейной системы устройство (8) управления управляет преобразователями (17) постоянного напряжения для уменьшения разницы между первым и вторым батарейными модулями (1) в отношении регулируемой величины таким образом, что один преобразователь (17) постоянного напряжения передает столько электрической энергии на шину постоянного тока, что вследствие этого один из обоих батарейных модулей (1) разряжается быстрее, чем другой батарейный модуль (1).

4. Способ по любому из пп.1-3,

причем каждый батарейный модуль (1) включает в себя вспомогательные системы (6), которые могут снабжаться током через клеммы снаружи соответствующего батарейного модуля (1),

причем клеммы вспомогательных систем (6) соединены с шиной постоянного тока и имеют возможность питаться от нее.

5. Способ по любому из пп.1-4, причем на шаге калибровки определяют особенности отдельных батарейных модулей (1), для того чтобы устанавливать различные скорости зарядки и, соответственно, разрядки для отдельных батарейных модулей (1) и промежутки времени, в течение которых эти различные скорости используются.

6. Способ по любому из пп.1-5,

причем батарейная система включает в себя по меньшей мере одно измерительное устройство (4, 5) для предоставления регулируемой величины для каждого батарейного модуля (1), и

причем устройство (8) управления соединено с измерительным устройством таким образом, что оно может регистрировать измеренные значения измерительного устройства (4, 5),

причем способ включает в себя следующие шаги:

регистрация измеренных значений измерительного устройства (4, 5) устройством (8) управления;

если в первый момент времени по меньшей мере одно измеренное значение первого батарейного модуля (1) отличается от измеренного значения второго батарейного модуля (1), выполнение по меньшей мере одного указанного в п.1 или 3 шага, для того чтобы уменьшать разницу между измеренными значениями первого и второго батарейных модулей (1) к более позднему второму моменту времени, причем шаг выполняют в промежутке времени между первым и вторым моментами времени.

7. Способ по любому из пп.1-6,

причем батарейная система включает в себя для каждого батарейного модуля (1) первый переключатель (9) и второй переключатель (10),

причем первый переключатель (9) расположен в каждом случае последовательно относительно согласованного батарейного модуля (1), а второй переключатель (10) расположен в каждом случае в обходной линии вокруг согласованного батарейного модуля (1) и согласованного первого переключателя (9), и

причем устройство (8) управления соединено с каждым из переключателей (9, 10) таким образом, что оно может определять соответствующее положение переключения, для того чтобы включать батарейные модули (1) в последовательное соединение или отключать их из последовательного соединения,

причем способ включает в себя следующий шаг:

устройство (8) управления контролирует количество батарейных модулей (1), которые находятся в последовательном соединении, для того чтобы уменьшать разницу между первым и вторым батарейными модулями (1) в отношении регулируемой величины, причем в течение промежутка времени зарядки и, соответственно, разрядки батарейной системы один из обоих батарейных модулей (1) находится в течение более короткого времени в последовательном соединении, чем другой батарейный модуль (1).

8. Проточная окислительно-восстановительная батарейная система, включающая в себя по меньшей мере два батарейных модуля (1), двунаправленный вентильный преобразователь (7) и устройство (8) управления,

причем батарейные модули (1) подключены последовательно и соединены с вентильным преобразователем (7), и

причем каждый батарейный модуль (1) включает в себя систему (2) ячеек с проточными окислительно-восстановительными ячейками и резервуарное устройство (3) для хранения электролита и снабжения массива (2) ячеек электролитом,

отличающаяся тем, что батарейная система включает в себя для каждого батарейного модуля (1) преобразователь (17) постоянного напряжения,

причем в каждом случае один вывод каждого преобразователя (17) постоянного напряжения соединен в каждом случае с одним батарейным модулем (1), а второй вывод каждого преобразователя (17)

постоянного напряжения соединен с общей шиной постоянного тока,

причем батарейная система включает в себя дальнейший вентиляльный преобразователь (16), который соединен с шиной постоянного тока, и

причем устройство (8) управления соединено с дальнейшим вентиляльным преобразователем (16) и с преобразователями (17) постоянного напряжения таким образом, что устройство (8) управления имеет возможность управления дальнейшим вентиляльным преобразователем (16) и преобразователями (17) постоянного напряжения.

9. Проточная окислительно-восстановительная батарейная система по п.8, причем преобразователи (17) постоянного напряжения выполнены двунаправленными или однонаправленными.

10. Проточная окислительно-восстановительная батарейная система по п.8 или 9,

причем каждый батарейный модуль (1) включает в себя вспомогательные системы (6), которые имеют возможность снабжения током через клеммы снаружи соответствующего батарейного модуля (1),

причем клеммы вспомогательных систем (6) соединены с шиной постоянного тока и имеют возможность питаться от нее.

11. Проточная окислительно-восстановительная батарейная система по п.10,

причем батарейная система включает в себя для каждого батарейного модуля (1) первый переключатель (9) и второй переключатель (10),

причем первый переключатель (9) расположен в каждом случае последовательно относительно согласованного батарейного модуля (1), а второй переключатель (10) расположен в каждом случае в обходной линии вокруг согласованного батарейного модуля (1) и согласованного первого переключателя (9), и

причем устройство (8) управления соединено с каждым из переключателей (9, 10) таким образом, что оно может определять соответствующее положение переключения, для того чтобы включать батарейные модули (1) в последовательное соединение или отключать их из последовательного соединения.

12. Проточная окислительно-восстановительная батарейная система по п.11,

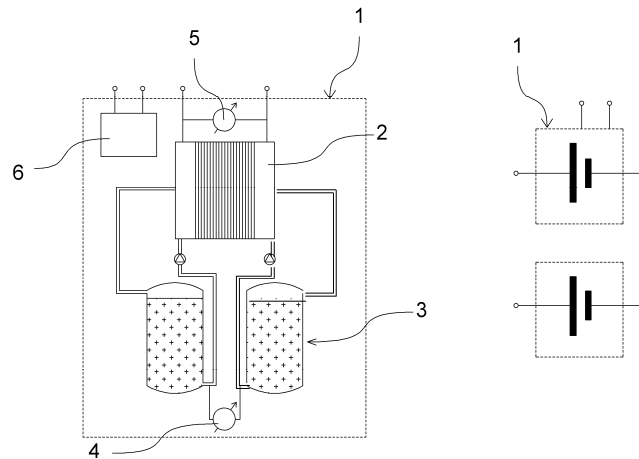
причем первые переключатели (9) включают в себя в каждом случае два нормально блокирующих МОП-транзистора, каналы которых соединены последовательно таким образом, что в обоих направлениях тока один из обратных диодов всегда блокирует, и

причем вторые переключатели (10) включают в себя в каждом случае один нормально блокирующий МОП-транзистор.

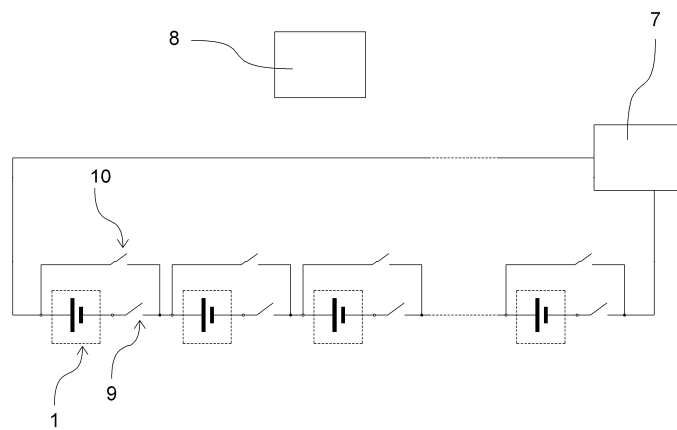
13. Проточная окислительно-восстановительная батарейная система по любому из пп.8-11, приспособленная для того, чтобы автоматически выполнять шаги способа по любому из пп.1-7.

14. Компьютерная программа, включающая в себя команды, которые позволяют батарейной системе по п.13 выполнять шаги способа по любому из пп.1-7.

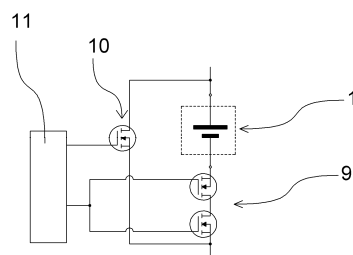
15. Машиночитаемый носитель, на котором сохранена компьютерная программа по п.14.



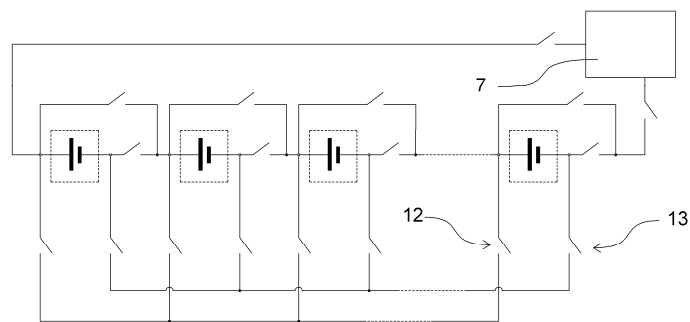
Фиг. 1



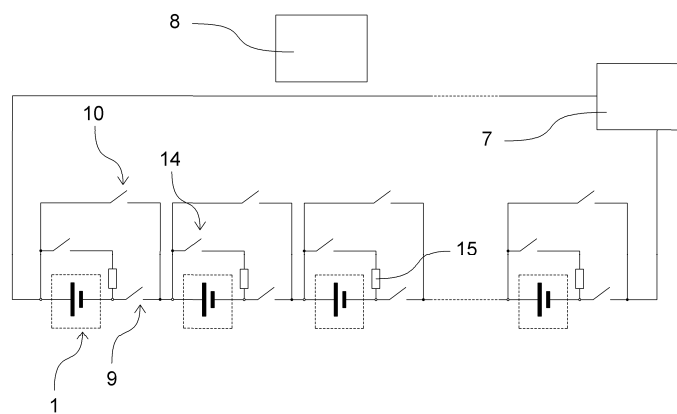
Фиг. 2



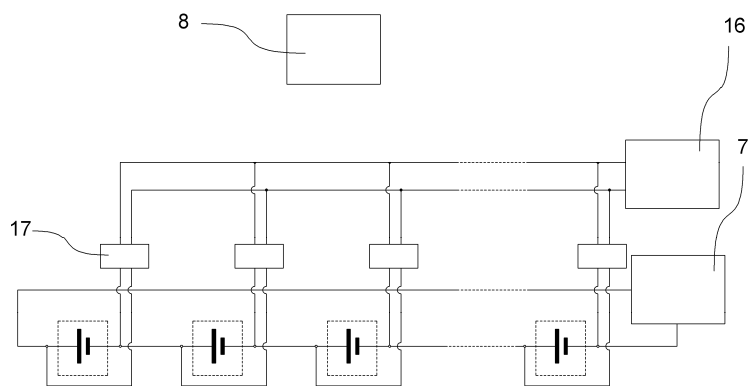
Фиг. 3



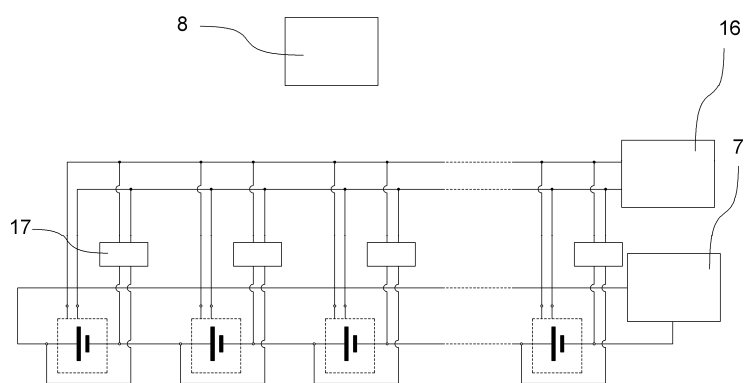
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

