

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038925**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.11.10

(51) Int. Cl. **H01M 10/42** (2006.01)

(21) Номер заявки
202000333

(22) Дата подачи заявки
2020.11.17

(54) БАТАРЕЯ

(43) **2021.11.08**

(74) Представитель:
Голубев И.А. (RU)

(96) **2020000117 (RU) 2020.11.17**

(56) US-B2-9130405
JP-A-2008206288
JP-A-2284941
US-A1-2010109437

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

**ШИХОВ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ;
ГОЛУБЕВ ИЛЬЯ АНАТОЛЬЕВИЧ
(RU)**

(57) Заявленное изобретение относится к устройствам для обслуживания и поддержания в рабочем состоянии вторичных элементов и может быть использовано для подачи электрической энергии на различные электрические силовые установки. Техническим результатом, который получен в заявленном изобретении, является улучшение эксплуатационных характеристик батареи. Более конкретно, техническим результатом заявленной батареи является то, что при выходе из строя одного или нескольких модулей батарея продолжает функционировать в обычном режиме. Также техническим результатом, полученным в заявленной батарее, является увеличение количества циклов разрядки и зарядки батареи на 50% и, следовательно, увеличение жизненного цикла батареи до момента, когда ее электрическая емкость снижается до минимально допустимой величины. Кроме того, неожиданным техническим результатом, который был получен в заявленной батарее, является дополнительное увеличение циклов зарядки и разрядки батареи на 8-10% по сравнению с батареей, состоящей только из одного модуля, содержащего все ЭХЭ. Технический результат достигается тем, что в батарее, содержащей множество модулей, каждый из которых содержит блок элементов хранения энергии (ЭХЭ), блок измерителей, взаимодействующий с блоком ЭХЭ, схему управления модулем (СУМ), соединенную с блоком измерителей, схему управления батареей (СУБ), соединенную с СУМ, первый и второй силовые ключи, при этом ЭХЭ соединены между собой по последовательно-параллельной схеме, кроме того, первый силовой ключ соединяет положительный силовой вывод модуля и положительный вывод блока ЭХЭ, а второй силовой ключ соединяет положительный и отрицательный силовые выводы модуля, при этом отрицательный вывод блока ЭХЭ соединен с отрицательным силовым выводом модуля, кроме того, все модули соединены последовательно между собой посредством своих силовых выводов, также СУМ всех модулей объединены общим последовательным цифровым интерфейсом. А также тем, что количество модулей $N_{\text{мод}}$ прямо пропорционально средней термодинамической температуре одного модуля с аддитивной поправкой на соотношение электрической емкости одного ЭХЭ в составе батареи и самой батареи, $N_{\text{мод}}=(0,03-0,1) \times T + E_{\text{эхэ}}/E_{\text{бат}}$, T - средняя термодинамическая температура одного модуля в градусах Кельвина, $E_{\text{бат}}$ и $E_{\text{эхэ}}$ - электрические емкости батареи и одного ЭХЭ в составе батареи соответственно. А также тем, что номинальное напряжение одного модуля пропорционально максимальной допустимой температуре одного ЭХЭ в составе батареи, напряжению батареи и обратно пропорционально количеству модулей, $V_{\text{мод}}=(0,022-0,044) \times T_{\text{макс}} \times V_{\text{бат}}/N_{\text{мод}}$, где $T_{\text{макс}}$ - максимальная допустимая температура одного ЭХЭ в составе батареи, $V_{\text{бат}}$ - номинальное напряжение батареи, $N_{\text{мод}}$ - количество модулей в составе батареи.

038925 B1

038925 B1

Область техники изобретения

Заявленное изобретение относится к устройствам для обслуживания и поддержания в рабочем состоянии вторичных элементов и может быть использовано для подачи электрической энергии на различные электрические силовые установки.

Описание предшествующего уровня техники

Известна, выбранная в качестве ближайшего аналога батарея для хранения энергии, содержащая множество модулей, каждый из которых содержит блок элементов хранения энергии (ЭХЭ), блок измерителей, взаимодействующий с блоком ЭХЭ, первый и второй силовые ключи, при этом ЭХЭ соединены между собой по последовательно-параллельной схеме, кроме того, первый силовой ключ соединяет положительный силовой вывод модуля и положительный вывод блока ЭХЭ, а второй силовой ключ соединяет положительный и отрицательный силовые выводы модуля, при этом отрицательный вывод блока ЭХЭ соединен с отрицательным силовым выводом модуля, кроме того, все модули соединены последовательно между собой посредством своих силовых выводов, блоки измерителей всех модулей соединены с общей схемой управления батареей (СУБ), которая также соединена с первым и вторым силовыми ключами всех модулей для управления ими (ключами) на основании сигналов блоков измерителей (публикация FR2976737B1, кл. МПК H01M 10/42, опубл. 19.07.2012).

Основным недостатком известной батареи является то, что при выходе из строя СУБ работа батареи прекращается, а СУБ приходится менять. Это особенно опасно, если батарея питает электрической энергией силовые установки воздушных или водных транспортных средств. Так же недостатком известной батареи является то, что в ней ЭХЭ делятся на модули в зависимости от геометрических размеров мест размещения модулей, что часто приводит к снижению количества циклов повторной зарядки и разрядки ЭХЭ до 50%, жизненный цикл батареи существенно снижается, после чего ЭХЭ подлежат замене.

Краткое описание изобретения

Техническим результатом, который получен в заявленном изобретении, является улучшение эксплуатационных характеристик батареи. Более конкретно, техническим результатом заявленной батареи является то, что при выходе из строя одного или нескольких модулей, батарея продолжает функционировать в обычном режиме. Так же техническим результатом, полученным в заявленной батарее, является увеличение количества циклов разрядки и зарядки батареи на 50% и, следовательно, увеличение жизненного цикла батареи, до момента, когда ее электрическая емкость снижается до минимально допустимой величины. Кроме того, неожиданным техническим результатом, который был получен в заявленной батарее, является дополнительное увеличение циклов зарядки и разрядки батареи на 8- 0% по сравнению с батареей состоящей только из одного модуля, содержащего все ЭХЭ.

Технический результат достигается тем, что в батарее, содержащей множество модулей, каждый из которых содержит блок элементов хранения энергии (ЭХЭ), блок измерителей, взаимодействующий с блоком ЭХЭ, схему управления модулем (СУМ), соединенную с блоком измерителей, схему управления батареей (СУБ), соединенную с СУМ, первый и второй силовые ключи, при этом ЭХЭ соединены между собой по последовательно-параллельной схеме, кроме того, первый силовой ключ соединяет положительный силовой вывод модуля и положительный вывод блока ЭХЭ, а второй силовой ключ соединяет положительный и отрицательный силовые выводы модуля, при этом отрицательный вывод блока ЭХЭ соединен с отрицательным силовым выводом модуля, кроме того, все модули соединены последовательно между собой посредством своих силовых выводов, так же СУМ всех модулей объединены общим последовательным цифровым интерфейсом.

А также тем, что количество модулей $N_{\text{мод}}$ прямо пропорционально средней термодинамической температуре одного модуля с аддитивной поправкой на соотношение электрической емкости одного ЭХЭ в составе батареи и самой батареи, $N_{\text{мод}} = (0,03 - 0,1) \times T + E_{\text{эхэ}} / E_{\text{бат}}$, T - средняя термодинамическая температура одного модуля в градусах Кельвина, $E_{\text{бат}}$ и $E_{\text{эхэ}}$ - электрические емкости батареи и одного ЭХЭ в составе батареи соответственно.

А также тем, что номинальное напряжение одного модуля пропорционально максимальной допустимой температуре одного ЭХЭ в составе батареи, напряжению батареи и обратно пропорционально количеству модулей, $V_{\text{мод}} = (0,022 - 0,044) \times T_{\text{макс}} \times V_{\text{бат}} / N_{\text{мод}}$, где $T_{\text{макс}}$ - максимальная допустимая температура одного ЭХЭ в составе батареи, $V_{\text{бат}}$ - номинальное напряжение батареи, $N_{\text{мод}}$ - количество модулей в составе батареи.

Описание чертежей

Заявленное изобретение поясняется посредством схем, показанных на фиг. 1-12.

На фиг. 1 показана структурная схема батареи.

На фиг. 2 показан вариант соединения элементов хранения энергии в составе батареи.

На фиг. 3 показан другой вариант соединения элементов хранения энергии в составе батареи.

На фиг. 4 показаны две конфигурации батареи.

На фиг. 5 показаны элементы хранения энергии с различным уровнем заряда.

На фиг. 6 показано циклическое изменение во времени динамической конфигурации батареи.

На фиг. 7 показано циклическое изменение во времени динамической конфигурации батареи в про-

цессе зарядки.

На фиг. 8 показано циклическое изменение в процессе разрядки динамической конфигурации батареи.

На фиг. 9 показано циклическое изменение в процессе разрядки динамической конфигурации батареи.

На фиг. 10 показано циклическое изменение в процессе зарядки динамической конфигурации полностью разряженной батареи.

На фиг. 11. показана батарея с управляющими силовыми ключами.

На фиг. 12 показана более детализированная структура батареи.

При этом на фиг. 1-12 приняты следующие обозначения:

модуль 1;

элемент хранения энергии (ЭХЭ) 2;

датчик 3 тока;

датчик 4 напряжения;

датчик 5 температуры;

схема управления модулем (СУМ) 6;

схема управления батареями (СУБ) 7;

первый силовой ключ 8;

второй силовой ключ 9;

положительный силовой вывод 10 модуля;

отрицательный силовой вывод 11 модуля;

корпус 12 модуля;

последовательный цифровой интерфейс 13;

проводники 14, по которым протекает электрический ток;

проводники 15, по которым не протекает электрический ток;

последовательно-параллельная сборка 16 из ЭХЭ 2;

линии 17 связи;

полностью разряженный ЭХЭ 18;

полностью заряженный ЭХЭ 19;

частично заряженный ЭХЭ 20;

полностью разряженный ЭХЭ 21, ранее прошедший некоторое количество циклов зарядки и разрядки;

частично заряженный ЭХЭ 22, ранее прошедший некоторое количество циклов зарядки и разрядки;

неисправный или глубоко изношенный ЭХЭ 23;

ЭХЭ 24, имеющий пониженный начальный уровень заряда;

положительная клемма 25 батареи;

схема 26 внутренней балансировки;

отрицательная клемма 27 батареи.

Осуществление изобретения

Заявленная батарея содержит множество модулей 1, каждый из которых содержит блок ЭХЭ 2, блок измерителей, взаимодействующий с блоком ЭХЭ 2, СУМ 6, соединенную с блоком измерителей, СУБ 7, соединенную с СУМ 6, первый силовой ключ 8 и второй силовой ключ 9. Все соединения выполнены посредством токопроводящих элементов, например проводников 14,15 и линий 17 связи.

Каждый ЭХЭ 2 может быть выполнен как элементы 70Ah LFP prismatic cell производства компании Yinlong, или LTO66160F 35Ah того же производителя, или LTO66160F 45Ah того же производителя. Причем блок ЭХЭ 2 внутри модуля 1 включает множество ЭХЭ 2, соединенных между собой.

На фиг. 2 приведена общеизвестная и широко применяемая схема последовательного включения ЭХЭ 2 в составе батареи.

На фиг. 3. приведена схема последовательного включения ЭХЭ 2 в составе батареи, дополненная управляемыми силовыми ключами 8 и 9, с помощью которых можно изменять конфигурацию батареи.

На фиг. 4 приведены две различные конфигурации одной батареи. Конфигурации различаются положениями управляющих силовых ключей 8 и 9. Толстыми линиями показаны проводники 14 и ЭХЭ 2, по которым протекает ток батареи. Проводники 15 без тока показаны тонкими линиями.

Для достижения заявленного технического результата наиболее предпочтительной является блок ЭХЭ 2, соединенных между собой по последовательно-параллельной схеме. Схема соединения, включающая как параллельное соединение всех ЭХЭ 2, так и последовательное соединение позволяет задействовать каждый ЭХЭ 2 в процессе отдачи электроэнергии потребителю.

На фиг. 11 показана батарея с управляющими силовыми ключами 8 и 9, где вместо отдельных ЭХЭ 2 применены последовательно-параллельные сборки 16 из ЭХЭ 2. По сравнению с ранее рассмотренными и показанными на фиг. 2-4 такая батарея может иметь более высокое напряжения, так как в ней применено больше последовательных ЭХЭ 2, больший рабочий ток благодаря параллельному включению ЭХЭ 2 и большую емкость, доступную для потребителя. Способ управления такой батареей аналогичен

ранее рассмотренным способам управления батареей составленной из отдельных элементов.

СУМ 6 и СУБ 7 могут быть выполнены в виде процессора или микроконтроллера MSP430FR2111IRLLR производства компании Texas Instruments или MSP430FR2355TRHAR того же производителя.

Первый силовой ключ 8 и второй силовой ключ 9 являются транзисторами MOSFET с каналом n-типа, например NVMTS0D4N04C производства компании ON semiconductor, или DCTN550N055T2 производства компании DOS, которые приводятся в действие по сигналу от СУМ посредством драйвера верхнего и нижнего ключа типа NCP81151B производства компании ON semiconductor.

Первый силовой ключ 8 соединяет положительный силовой вывод 10 модуля и положительный вывод блока ЭХЭ 2, а второй силовой ключ 9 соединяет положительный силовой вывод 10 и отрицательный силовой вывод 11 модуля. При этом отрицательный вывод блока ЭХЭ 2 соединен с отрицательным силовым выводом 11 модуля. Силовые выводы 10 и 11 модуля выполнены в виде клемм. Под положительным и отрицательным выводами блока ЭХЭ 2 понимаются электрические проводники, с которыми соединены соответственно все положительные и отрицательные выводы каждого ЭХЭ 2, входящего в состав модуля 1.

Блок ЭХЭ 2, блок измерителей, СУМ 6, СУБ 7, первый силовой ключ 8 и второй силовой ключ 9 размещены в одном общем корпусе 12, выполненном, предпочтительно, из углепластика, а силовые выводы 10 и 11 модуля располагаются на его поверхности.

Для объединения всех модулей 1 в единую батарею все модули 1 соединены последовательно между собой посредством своих силовых выводов 10 и 11.

СУМ 6 всех модулей объединены общим последовательным цифровым интерфейсом 13.

Блок измерителей каждого модуля 1 может включать множество различных измерителей, характеризующих состояние, уровень заряда и степень работоспособности ЭХЭ 2. В качестве примера, не ограничивающего набор измерителей, можно использовать соединенные с СУМ 6 датчик 3 тока, датчик 4 напряжения и датчик 5 температуры. В блоке измерителей, как правило, достаточно одного датчика 3 тока, измеряющего силу тока всех ЭХЭ 2 блока ЭХЭ 2 и установленного в цепи между силовыми ключами 8 и 9. Датчики 4 напряжения могут быть установлены на выходах групп ЭХЭ 2. Датчики 5 температуры могут быть установлены на поверхности каждого ЭХЭ 2 или только на некоторых выбранных ЭХЭ 2. В состав блока измерителей так же могут быть включены индикаторы обрыва цепи, измерители сопротивления изоляции и другие измерители.

При создании и испытаниях батареи, созданной в соответствии с данным изобретением, было неожиданно обнаружено, что количество циклов повторной зарядки и разрядки ЭХЭ 2, при снижении их емкости до минимального допустимого уровня, зависит от средней термодинамической температуры T одного модуля 1 в составе батареи. При этом было определено, что значение средней термодинамической температуры T одного модуля 1 в процессе работы батареи, при которой количество циклов зарядки и разрядки ЭХЭ 2 будет иметь наибольшее значение, зависит от количества ЭХЭ 2 в одном модуле 1 и, следовательно, от количества модулей 1 в составе батареи.

Исходя из вышесказанного, было определено, что количество модулей 1N мод в батарее прямо пропорционально средней термодинамической температуре одного модуля 1 с аддитивной поправкой на соотношение электрической емкости одного ЭХЭ 2 в составе батареи и самой батареи, $N_{\text{мод}} = (0,03 - 0,1) \times T + E_{\text{эхэ}} / E_{\text{бат}}$, T - средняя термодинамическая температура одного модуля 1 в градусах Кельвина, $E_{\text{бат}}$ и $E_{\text{эхэ}}$ - электрические емкости батареи и элемента в составе батареи соответственно. При этом коэффициент пропорциональности $k_1 = 0,03 - 0,1$ был определен экспериментальным путем. Аддитивная поправка на соотношение электрической емкости одного ЭХЭ 2 в составе батареи и самой батареи введена для того, чтобы учесть изменение параметров при создании батареи с фиксированной емкостью из разного количества элементов разной емкости.

В данном описании под средней термодинамической температурой одного модуля 1 понимается средняя температура процесса теплообмена между всеми ЭХЭ 2 в составе одного модуля 1 и окружающей указанные ЭХЭ 2 средой, измеряемая посредством датчиков 5 температуры на всех ЭХЭ 2 одного модуля 1 в период работы данного модуля 1. Процесс считается стационарным. Параметры зарядки и разрядки соответствуют указанным производителем. В частности, для элемента LTO66160F 35 Ah ток зарядки и разрядки равен 35 А. Минимальное и максимальное напряжение составляют 1,5 и 2,8 В, соответственно.

Причем, если упомянутый коэффициент пропорциональности k_1 менее чем 0,03, то рабочее напряжение каждого модуля 1 оказывается настолько большим, что коммутационный процесс внутри батареи, в процессе ее разрядки, приводит к досрочному прерыванию процесса разрядки, и, следовательно, снижению эффективной электрической емкости батареи доступной потребителю.

Причем, если упомянутый коэффициент пропорциональности k_1 более чем 0,1, то количество модулей 1 в составе батареи становится настолько большим, что элементы управления, силовые ключи 8 и 9, СУМ 6, СУБ 7, установленные в каждом модуле, потребляют и рассеивают существенную мощность батареи, при этом эффективная емкость батареи, доступная пользователю, снижается.

Также, исходя из вышесказанного, экспериментальным путем было определено, что номинальное

напряжение одного модуля 1 пропорционально максимальной допустимой температуре T_{\max} одного ЭХЭ 2 в составе батареи, номинальному напряжению $V_{\text{бат}}$ батареи и обратно пропорционально количеству модулей $N_{\text{мод}}$, $V_{\text{мод}} = (0,022 - 0,044) \times T_{\max} \times V_{\text{бат}} / N_{\text{мод}}$. При этом коэффициент пропорциональности $k_2 = 0,22 - 0,44$ был определен экспериментальным путем.

Причем, если упомянутый коэффициент пропорциональности k_2 менее чем 0,22, то номинальное напряжение на модуле 1 оказывается настолько низким, что возникают энергетические потери на силовых ключах 8 и 9 в составе данного модуля 1.

Причем, если упомянутый коэффициент пропорциональности k_2 более чем 0,44, то номинальное напряжение в модуле 1 становится настолько высоким, что вызывает ступенчатый характер регулирования и стабилизации напряжения в батарее в процессе разрядки.

На фиг. 12 представлена более детализированная структура батареи, где вместо отдельных ЭХЭ 2 применены сборки ЭХЭ 2 и каждая сборка конструктивно размещена в отдельном модуле 1. Кроме собственно сборки ЭХЭ 2 в каждый модуль 1 входят силовые ключи 8 и 9 и схемы управления ключами. Дополнительно в модуль может входить схема 26 внутренней балансировки, которая обеспечивает балансировку ЭХЭ 2 в пределах модуля 1. В то время как балансировку энергии между модулями 1 обеспечивает СУБ 7 посредством управления силовыми ключами 8 и 9. В состав батареи входит два и более идентичных модулей 1, один из которых, после соединения, становится главным и управляет поведением батареи в целом. Модули 1 соединяются последовательно с помощью силовых выводов 10 и 11 и присоединяются к клеммам батареи 25 и 27. Кроме того соединяются последовательные цифровые интерфейсы 13 модулей 1, причем нисходящий интерфейс задействован только на модуле 1, который управляет всей батареей, остальные модули 1 соединены восходящими интерфейсами.

Заявленная батарея работает следующим образом.

В начале работы батареи СУБ 7 одного из модулей 1 принимает на себя управление всей батареей, то есть переходит в активный режим, причем СУБ 7 остальных модулей 1 находятся в пассивном режиме. Активация СУБ 7 может осуществляться любым известным способом, например, все СУБ 7 батареи сравнивают свои ID адреса и СУБ 7 с наименьшим ID адресом переводится в активный режим.

После чего СУМ 6 каждого модуля 1 получают от измерителей (например, датчика 3 тока, датчиков 4 напряжения и датчиков 5 температуры) блока измерителей того же модуля 1 сигналы, на основании которых указанные СУМ 6 вычисляют SOH (показатель степени работоспособности блока ЭХЭ 2) и SOC (уровень зарядки блока ЭХЭ 2). Полученные значения SOH и SOC каждая СУМ 6 передает по последовательному цифровому интерфейсу 13 на СУМ 6 того модуля 1, в котором расположена СУБ 7, находящаяся в активном режиме, а указанная СУМ 6 передает SOH и SOC на СУБ 7, находящуюся в активном режиме.

Причем значения SOH и SOC зависят от уровня заряда и изношенности каждого ЭХЭ 2. На фиг. 5 показаны ЭХЭ 2 с различным уровнем заряда. Полностью разряженный ЭХЭ 18, ему соответствуют параметры $\text{SOH} = 100\%$, $\text{SOC} = 0\%$. Полностью заряженный ЭХЭ 19, ему соответствуют параметры $\text{SOH} = 100\%$, $\text{SOC} = 100\%$. Частично заряженный ЭХЭ 20, ему соответствуют параметры $\text{SOH} = 100\%$, SOC около 50%. Полностью разряженный ЭХЭ 21, ранее прошедший некоторое количество циклов зарядки и разрядки, ему соответствуют параметры SOH менее 100%, $\text{SOC} = 0\%$. Частично заряженный ЭХЭ 22, ранее прошедший некоторое количество циклов зарядки и разрядки, ему соответствуют параметры SOH менее 100%, SOC около 50%. Неисправный или глубоко изношенный ЭХЭ 23, ему соответствует параметр $\text{SOH} = 0\%$, параметр SOC для него не определен.

На фиг. 6 показано изображение циклического изменения во времени динамической конфигурации батареи из четырех идентичных частично заряженных ЭХЭ 20 с целью выравнивания нагрузки на отдельные частично заряженные ЭХЭ 20 в составе батареи. Фигурной стрелкой показана последовательность изменения конфигурации.

На фиг. 7 показано циклическое изменение во времени динамической конфигурации батареи из пяти элементов 20 в процессе зарядки. С целью выравнивания уровней заряда, ЭХЭ 24, имеющий пониженный начальный уровень заряда, принимает заряд больше времени, чем другие ЭХЭ.

На фиг. 8 показано циклическое изменение в процессе разрядки динамической конфигурации батареи из пяти частично заряженных ЭХЭ 20. С целью выравнивания изначально разных уровней заряда полностью заряженный ЭХЭ 19, имеющий повышенный начальный уровень заряда, отдает заряд больше времени, чем другие ЭХЭ.

На фиг. 9 показано циклическое изменение в процессе разрядки динамической конфигурации батареи из шести частично заряженных ЭХЭ 22, среди которых один неисправный или глубоко изношенный ЭХЭ 23 и один новый полностью заряженный ЭХЭ 19.

Неисправный или глубоко изношенный ЭХЭ 23 не участвует в работе батареи. Полностью заряженный ЭХЭ 19 отдает заряд больше времени, чем другие элементы. Серым прямоугольником на рисунке выделены ЭХЭ, находящиеся в не активном состоянии.

На фиг. 10 показано циклическое изменение в процессе зарядки динамической конфигурации полностью разряженной батареи из шести не полностью разряженных ЭХЭ 21, ранее прошедший некоторое количество циклов зарядки и разрядки, среди которых один неисправный или глубоко изношенный ЭХЭ

23, и один полностью разряженный ЭХЭ 18. Неисправный или глубоко изношенный ЭХЭ 23 не участвует в работе батареи. Полностью разряженный ЭХЭ 18 принимает заряд больше времени, чем другие элементы.

На основании данных о том, какое электрическое напряжение должна выдавать батарея на выходных клеммах, СУБ 7, находящаяся в активном режиме, рассчитывает, какие из модулей 1 должны быть в активном режиме, а какие должны перейти в пассивный режим. После чего СУБ 7, находящаяся в активном режиме, через СУМ 6 того же модуля 1 по последовательному цифровому интерфейсу 13 направляет команды на отключение на СУМ 6 тех модулей 1, которые должны перейти в пассивный режим.

СУМ 6 тех модулей 1, которые должны перейти в пассивный режим формируют и передают команды первым силовым ключам 8 о переводе их в разомкнутое состояние, а вторым силовым ключам 9 о переводе их в замкнутое состояние. В остальных модулях 1, которые должны находиться в активном режиме, соответствующие СУМ 6 формируют и передают команды первым силовым ключам 8 о переводе их в разомкнутое состояние, а вторым силовым ключам 9 о переводе их в разомкнутое состояние.

Во время работы батареи СУМ 6 всех модулей 1 на основании сигналов измерителей блоков измерителей проводят вычисление SOH и SOC и передают их в СУБ 7, находящуюся в активном режиме, с заданной периодичностью, например, один раз в одну минуту. Если в процессе работы батареи СУБ 7, находящаяся в активном режиме, определяет, что значение SOH и SOC одного из модулей 1, имеет ниже или выше предельно допустимого, то СУБ 7, находящаяся в активном режиме, формирует и через СУМ 6 модуля 1, в котором она (СУБ 7) находится, передает по последовательному цифровому интерфейсу 13 на СУМ 6 соответствующего модуля 1 команду о переводе его в пассивный режим. Указанная СУМ 6, получив команду на отключение от СУБ 7, находящейся в активном режиме, формирует и передает команду первому силовому ключу 8 о переводе его в разомкнутое состояние, а второму силовому ключу 9 о переводе его в замкнутое состояние, тем самым переводя соответствующий модуль в пассивный режим.

При этом для того, что бы суммарное заданное электрическое напряжение батареи не изменилось, СУБ 7, находящаяся в активном режиме, переводит в активный режим один из модулей, находящихся в пассивном режиме. Для этого СУБ 7, находящаяся в активном режиме, формирует и через СУМ 6 модуля 1, в котором она (СУБ 7) находится, передает по последовательному цифровому интерфейсу 13 на СУМ 6 соответствующего модуля 1 команду о переводе его в активный режим. Указанная СУМ 6, получив команду на включение от СУБ 7, находящейся в активном режиме, формирует и передает команду первому силовому ключу 8 о переводе его в замкнутое состояние, а второму силовому ключу 9 о переводе его в разомкнутое состояние, тем самым переводя соответствующий модуль в активный режим.

В случае выхода из строя СУБ 7, находящейся в активном режиме, СУМ 6 всех модулей 1 получают сигнал об отказе приема данных о SOH и SOC. После чего все СУМ 6 направляют информацию на следующую СУБ 7 с наименьшим ID адресом, активируя ее. Как было отмечено выше, активация СУБ 7 может осуществляться любым известным способом, например, все СУБ 7 батареи, за исключением вышедшей из строя, сравнивают свои ID адреса и СУБ 7 с наименьшим ID адресом переводится в активный режим. При этом модуль 1, СУБ 7 которого вышла из строя, может продолжать функционировать при условии исправности его СУМ 6. Таким образом, заявленная батарея продолжает функционировать при выходе из строя одного или нескольких модулей 1.

После того, как электрическое напряжение модуля 1 станет ниже предельно допустимого значения, его извлекают из батареи, а его ЭХЭ 2 повторно заряжают. Для увеличения количества циклов разрядки и зарядки всех ЭХЭ 2 в составе батареи и, следовательно, самой батареи на 50% и, следовательно, увеличения жизненного цикла батареи, до момента, когда ее электрическая емкость снижается до минимально допустимой величины, а также для дополнительного увеличения циклов зарядки и разрядки батареи на 8-10% по сравнению с батареей, состоящей только из одного модуля, содержащего все ЭХЭ, количество модулей 1 в составе батареи должно составлять - $N_{\text{мод}} = (0,03-0,1) \times T + E_{\text{эхэ}} / E_{\text{бат}}$. При этом номинальное напряжение одного модуля 1 должно быть пропорционально максимальной допустимой температуре одного ЭХЭ 2 в составе батареи, напряжению батареи и обратно пропорционально количеству модулей 1 в составе батареи, $V_{\text{мод}} = (0,022-0,044) \times T_{\text{макс}} \times V_{\text{бат}} / N_{\text{мод}}$, где $T_{\text{макс}}$ - максимальная допустимая температура одного ЭХЭ 2 в составе батареи, $V_{\text{бат}}$ - номинальное напряжение батареи, $N_{\text{мод}}$ - количество модулей 1 в составе батареи.

Для подтверждения влияния данных признаков на достижение заявленного технического результата, а именно: увеличение количества циклов разрядки и зарядки батареи на 50% и, следовательно, увеличение жизненного цикла батареи, до момента, когда ее электрическая емкость снижается до минимально допустимой величины, а также дополнительное увеличение циклов зарядки и разрядки батареи на 8-10% по сравнению с батареей, состоящей только из одного модуля 1, содержащего все ЭХЭ 2, были созданы и испытаны батареи, описанные в приведенных ниже примерах.

Пример 1.

Была создана батарея с электрической емкостью $E_{\text{бат}} = 78 \text{ кВт} \times \text{ч}$, состоящая из ЭХЭ LF90 (производитель Roypow) емкостью $90 \text{ А} \times \text{ч}$, что соответствует $288 \text{ Вт} \times \text{ч}$, номинальным напряжением 3,2 В, с габаритными размерами $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$.

ритными размерами в мм 36×130×200, массой 1950 г в количестве 272 штук. Для нескольких ЭХЭ, в процессе одного цикла зарядки-разрядки, была определена средняя термодинамическая температура $T=300$ Кельвин, для чего на поверхность каждого ЭХЭ был установлен температурный датчик. Параметры зарядки и разрядки соответствуют указанным производителем. В частности, для элемента LF90, ток заряда и разряда равен 90 А. Минимальное и максимальное напряжение составляют 1,5 В и 2,8 В, соответственно.

В соответствии с зависимостью $N_{\text{мод}}=(0,03-0,1) \times T + E_{\text{эхэ}}/E_{\text{бат}}$, и используя меньшее значение эмпирического коэффициента, $N_{\text{мод}}=0,03 \times 300 + 288/78 \ 000=9$, все ЭХЭ были разделены на 9 модулей. При этом номинальное напряжение одного модуля соответствовало зависимости $V_{\text{мод}}=(0,022-0,044) \times T_{\text{макс}} \times V_{\text{бат}}/N_{\text{мод}}$, при использовании меньшего значения эмпирического коэффициента, напряжения батареи 600 В и максимальной допустимой температуры в градусах Цельсия 55°C , $V_{\text{мод}}=0,022 \times 55 \times 600/9=80$ В.

После чего модули были собраны в батарею, все ЭХЭ полностью заряжены. Затем батарею разряжали полностью, снова заряжали все ЭХЭ. Батарея функционировала 3820 циклов, до момента снижения емкости на 50% от начального значения. Те же ЭХЭ в количестве 272 штуки, в составе батареи, не разбитой на модули, выдержали 2510 циклов.

То есть батарея, изготовленная в соответствии с настоящим изобретением, перенесла на 52,2% больше циклов зарядки и разрядки чем батарея, состоящая из таких же ЭХЭ, в том же количестве, не разделенном на модули.

Пример 2.

Была создана батарея с электрической емкостью $E_{\text{бат}}=78$ кВт×ч, состоящая из ЭХЭ LF90 (производитель RoUPow) емкостью 90 А×ч, что соответствует 288 Вт×ч, номинальным напряжением 3,2 В, с габаритными размерами в мм 36×130×200, массой 1950 гр в количестве 272 штуки. Для нескольких ЭХЭ, в процессе одного цикла зарядки-разрядки, была определена средняя термодинамическая температура $T=300$ Кельвин, для чего на поверхность каждого ЭХЭ был установлен температурный датчик. Параметры зарядки и разрядки соответствуют указанным производителем. В частности, для элемента LF90, ток заряда и разряда равен 90 А. Минимальное и максимальное напряжение составляют 1,5 В и 2,8 В, соответственно.

В соответствии с зависимостью $N_{\text{мод}}=(0,03-0,1) \times T + E_{\text{эхэ}}/E_{\text{бат}}$ и используя большее значение эмпирического коэффициента, $N_{\text{мод}}=0,1 \times 300 + 288/78 \ 000=30$, все ЭХЭ были разделены на 30 модулей. При этом номинальное напряжение одного модуля соответствовало зависимости $V_{\text{мод}}=(0,022-0,044) \times T_{\text{макс}} \times V_{\text{бат}}/N_{\text{мод}}$, при использовании большего значения эмпирического коэффициента, напряжения батареи 600 В и максимальной допустимой температуры в градусах Цельсия 55°C , $V_{\text{мод}}=0,044 \times 55 \times 600/30=48$ В.

После чего модули были собраны в батарею, все ЭХЭ полностью заряжены. Затем батарею разряжали полностью, снова заряжали все ЭХЭ. Батарея функционировала 4030 циклов до момента снижения емкости на 50% от начального значения. Те же ЭХЭ в количестве 272 штуки в составе батареи, не разбитой на модули, выдержали 2510 циклов.

То есть батарея, изготовленная в соответствии с настоящим изобретением, перенесла на 60,5% больше циклов зарядки и разрядки чем батарея, состоящая из таких же ЭХЭ, в том же количестве, не разделенном на модули.

Пример 3.

Была создана батарея с электрической емкостью $E_{\text{бат}}=70$ кВт×ч, состоящая из ЭХЭ IFR32700 (производитель FBTech Electronics) емкостью 6 А×ч, что соответствует 19 Вт×ч, номинальным напряжением 3,2 В, с диаметром 32 мм и высотой 70 мм, массой 142 г в количестве 3686 штук. Для нескольких ЭХЭ, в процессе одного цикла зарядки-разрядки, была определена средняя термодинамическая температура $T=300$ Кельвин, для чего на поверхность каждого ЭХЭ был установлен температурный датчик. Параметры зарядки и разрядки соответствуют указанным производителем. В частности, для элемента IFR32700, ток заряда и разряда равен 6 А. Минимальное и максимальное напряжение составляют 2,0 В и 3,65 В соответственно.

В соответствии с зависимостью $N_{\text{мод}}=(0,03-0,1) \times T + E_{\text{эхэ}}/E_{\text{бат}}$ и, используя меньшее значение эмпирического коэффициента, $N_{\text{мод}}=0,03 \times 300 + 19/70 \ 000=9$, все ЭХЭ были разделены на 9 модулей. При этом номинальное напряжение одного модуля соответствовало зависимости $V_{\text{мод}}=(0,022-0,044) \times T_{\text{макс}} \times V_{\text{бат}}/N_{\text{мод}}$, при использовании меньшего значения эмпирического коэффициента, напряжения батареи 600 В и максимальной допустимой температуры в градусах Цельсия 55°C , $V_{\text{мод}}=0,022 \times 55 \times 600/9=80$ В.

После чего модули были собраны в батарею, все ЭХЭ полностью заряжены. Затем батарею разряжали полностью, снова заряжали все ЭХЭ. Батарея функционировала 4123 циклов, до момента снижения емкости на 50% от начального значения. Те же ЭХЭ в количестве 3686 штук, в составе батареи, не разбитой на модули, выдержали 2660 циклов.

То есть батарея, изготовленная в соответствии с настоящим изобретением, перенесла на 55,1% больше циклов зарядки и разрядки, чем батарея, состоящая из таких же ЭХЭ, в том же количестве, не разделенном на модули.

Пример 4.

Была создана батарея с электрической емкостью $E_{\text{бат}}=70 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, состоящая из ЭХЭ IFR32700 (производитель FBTech Electronics) емкостью $6 \text{ А}\cdot\text{ч}$, что соответствует $19 \text{ Вт}\cdot\text{ч}$, номинальным напряжением $3,2 \text{ В}$, с диаметром 32 мм и высотой 70 мм , массой 142 г в количестве 3686 штук. Для нескольких ЭХЭ, в процессе одного цикла зарядки-разрядки, была определена средняя термодинамическая температура $T=300$ Кельвин, для чего на поверхность каждого ЭХЭ был установлен температурный датчик. Параметры зарядки и разрядки соответствуют указанным производителем. В частности, для элемента IFR32700, ток заряда и разряда равен 6 А . Минимальное и максимальное напряжение составляют $2,0 \text{ В}$ и $3,65 \text{ В}$, соответственно.

В соответствии с зависимостью $N_{\text{мод}}=(0,03-0,1)\times T+E_{\text{эхэ}}/E_{\text{бат}}$ и используя большее значение эмпирического коэффициента, $N_{\text{мо}}=0,1\times 300+19/70 \ 000=30$, все ЭХЭ были разделены на 30 модулей. При этом номинальное напряжение одного модуля соответствовало зависимости $V_{\text{мод}}=(0,022-0,044)\times T_{\text{макс}}\times V_{\text{бат}}/N_{\text{мод}}$, при использовании большего значения эмпирического коэффициента, напряжения батареи 600 В и максимальной допустимой температуры в градусах Цельсия 55°C , $V_{\text{мод}}=0,044\times 55\times 600/30=48 \text{ В}$.

После чего модули были собраны в батарею, все ЭХЭ полностью заряжены. Затем батарею разряжали полностью, снова заряжали все ЭХЭ. Батарея функционировала 4255 циклов, до момента снижения емкости на 50% от начального значения. Те же ЭХЭ в количестве 3686 штук в составе батареи, не разбитой на модули, выдержали 2660 циклов.

То есть батарея, изготовленная в соответствии с настоящим изобретением, перенесла на $59,8\%$ больше циклов зарядки и разрядки, чем батарея, состоящая из таких же ЭХЭ, в том же количестве, не разделенном на модули.

Так же техническим результатом, полученным в заявленной батарее, является увеличение количества циклов разрядки и зарядки батареи на 50% и, следовательно, увеличение жизненного цикла батареи, до момента, когда ее электрическая емкость снижается до минимально допустимой величины, по сравнению с батареей состоящей только из одного модуля, содержащего все ЭХЭ. Кроме того, неожиданным техническим результатом, который был получен в заявленной батарее, является дополнительное увеличение циклов зарядки и разрядки батареи на $8-10\%$, если количество модулей в батарее и напряжение на каждом модуле соответствует приведенным зависимостям.

Таким образом, за счет того, что количество модулей в батарее прямо пропорционально средней термодинамической температуре одного модуля с аддитивной поправкой на соотношение электрической емкости одного ЭХЭ в составе батареи и самой батареи, а так же за счет того, что номинальное напряжение одного модуля пропорционально максимальной допустимой температуре одного ЭХЭ в составе батареи, напряжению батареи и обратно пропорционально количеству модулей, дополнительно увеличивается количества циклов разрядки и зарядки батареи на $8-10\%$ и, следовательно, увеличивается жизненный цикл батареи до момента, когда ее электрическая емкость снижается до минимально допустимой величины.

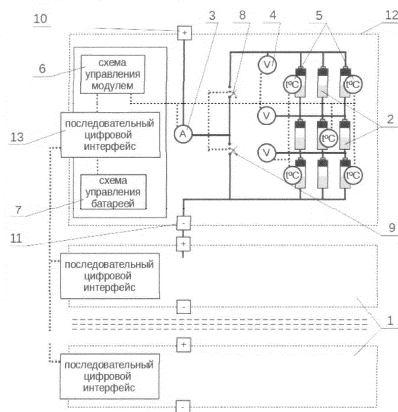
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Батарея, содержащая множество модулей, каждый из которых содержит блок элементов хранения энергии (ЭХЭ), блок измерителей, взаимодействующий с блоком ЭХЭ, схему управления модулем (СУМ), соединенную с блоком измерителей, схему управления батареей (СУБ), соединенную с СУМ, первый и второй силовые ключи, при этом

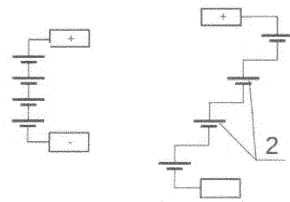
ЭХЭ соединены между собой по последовательно-параллельной схеме, кроме того, первый силовой ключ соединяет положительный силовой вывод модуля и положительный вывод блока ЭХЭ, а второй силовой ключ соединяет положительный и отрицательный силовые выводы модуля, при этом отрицательный вывод блока ЭХЭ соединен с отрицательным силовым выводом модуля, кроме того, все модули соединены последовательно между собой посредством своих силовых выводов, так же СУМ всех модулей объединены общим последовательным цифровым интерфейсом, при этом

количество модулей $N_{\text{мод}}$ прямо пропорционально средней термодинамической температуре одного модуля с аддитивной поправкой на соотношение электрической емкости одного ЭХЭ в составе батареи и самой батареи, $N_{\text{мод}}=(0,03-0,1)\times T+E_{\text{эхэ}}/E_{\text{бат}}$, T - средняя термодинамическая температура одного модуля в градусах Кельвина, $E_{\text{бат}}$ и $E_{\text{эхэ}}$ - электрические емкости батареи и одного ЭХЭ в составе батареи, соответственно.

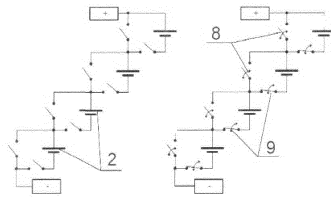
2. Батарея по п.1, отличающаяся тем, что номинальное напряжение одного модуля пропорционально максимальной допустимой температуре одного ЭХЭ в составе батареи, напряжению батареи и обратно пропорционально количеству модулей, $V_{\text{мод}}=(0,022-0,044)\times T_{\text{макс}}\times V_{\text{бат}}/N_{\text{мод}}$, где $T_{\text{макс}}$ - максимальная допустимая температура одного ЭХЭ в составе батареи, $V_{\text{бат}}$ - номинальное напряжение батареи, $N_{\text{мод}}$ - количество модулей в составе батареи.



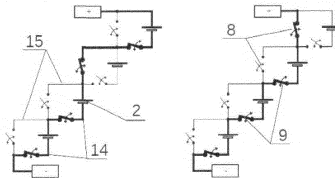
Фиг. 1



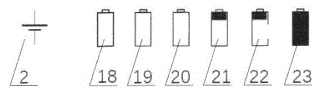
Фиг. 2



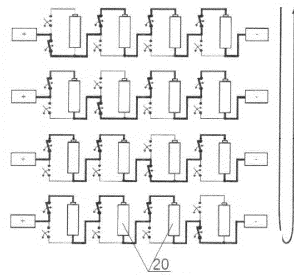
Фиг. 3



Фиг. 4

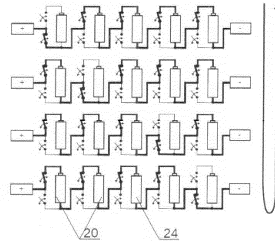


Фиг. 5

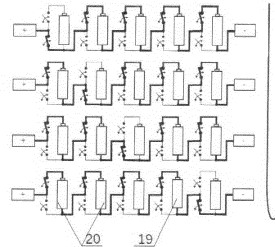


Фиг. 6

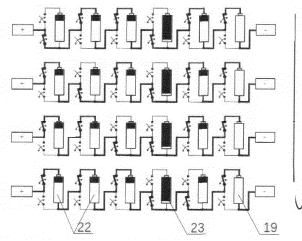
038925



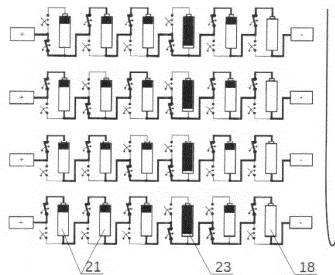
Фиг. 7



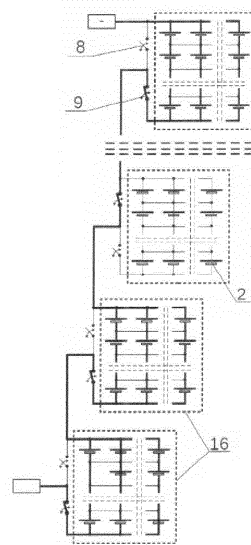
Фиг. 8



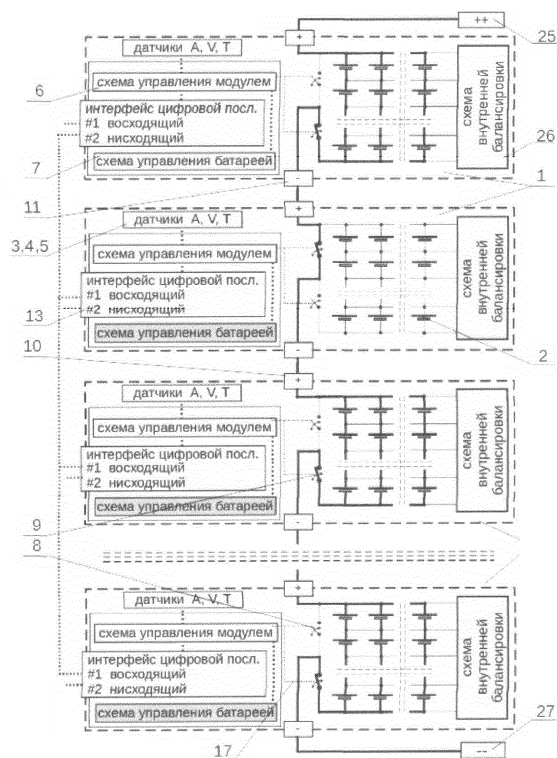
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

