



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H01M 10/44 (2006.01); H02J 7/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017132376, 15.09.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.09.2017

Дата регистрации:
16.07.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.09.2017

(45) Опубликовано: 16.07.2018 Бюл. № 20

Адрес для переписки:

119160, Москва, Москворецкая наб., 9А,
Министерство обороны Российской Федерации,
Управление интеллектуальной собственности,
военно-технического сотрудничества и
экспертизы поставок вооружения и военной
техники

(72) Автор(ы):

Пушкин Валерий Иванович (RU),
Гуртов Александр Сергеевич (RU),
Фомакин Виктор Николаевич (RU),
Безбородова Людмила Владимировна (RU),
Данов Евгений Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Российская Федерация, от имени которой
выступает Министерство обороны
Российской Федерации (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2543487 C2, 27.10.2014. RU
2399122 C1, 10.09.2010. RU 2411618 C1,
10.02.2011. RU 2479894 C2, 20.04.2013. EP
2870671 A2, 13.05.2015. US2002146617 A1,
10.10.2002.

(54) СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ НИКЕЛЬ-ВОДОРОДНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

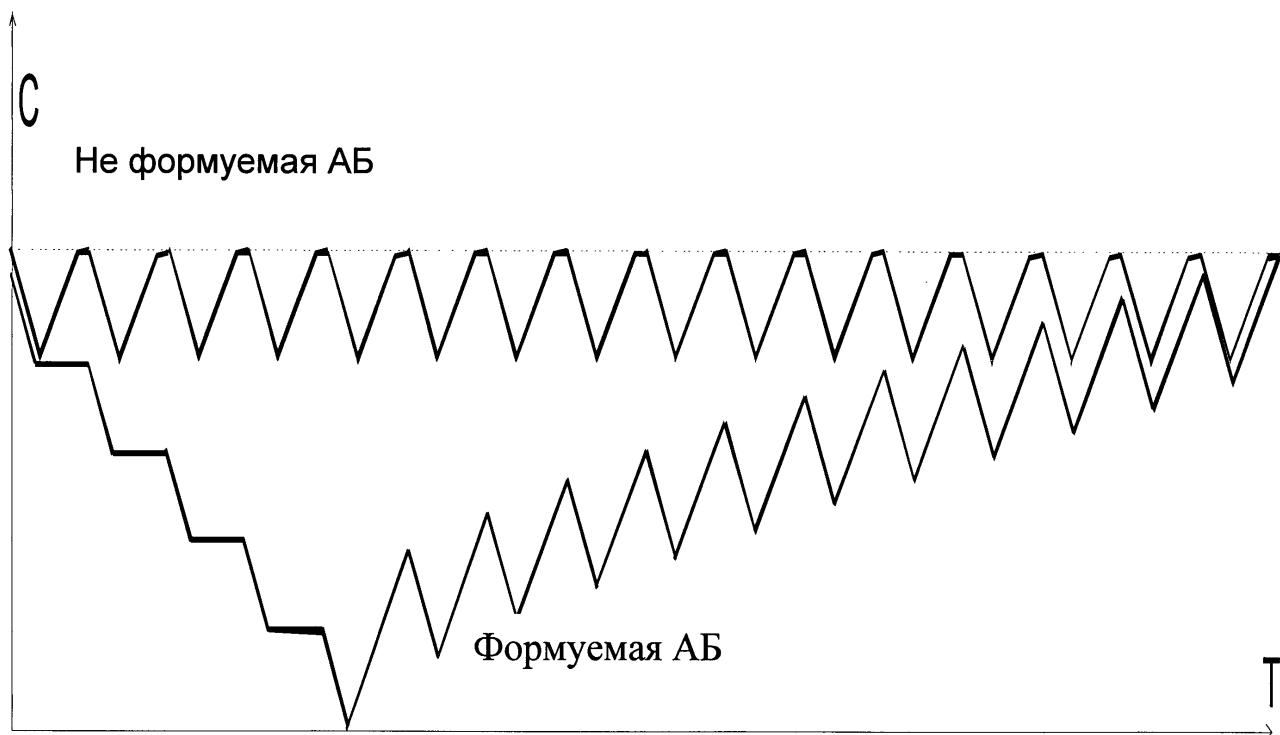
(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнической промышленности и может быть использовано при эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей (АБ) в автономных системах электропитания (СЭП) космических аппаратов (КА), функционирующих на низкой околоземной орбите. Повышение надежности работы никель-водородных АБ путем увеличения их ресурса и, как следствие, продолжительности их штатной эксплуатации является техническим результатом изобретения. В способе эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей системы электропитания космического аппарата проводят циклирование двух или более аккумуляторных батарей в режиме заряда-разряда, контроль параметров каждой аккумуляторной батареи (текущей электрической емкости, напряжения, температуры), введение периодически, один раз в 6-9 месяцев, запрета

заряда для одной из АБ для выполнения формовочного цикла. В предложенном способе также осуществляется контроль значения текущей емкости m аккумуляторов батареи на основании выходного напряжения m аналоговых датчиков давления, установленных внутри этих аккумуляторов, причем выбирают $m < n$, где n - число аккумуляторов в АБ, затем формируют для каждой АБ обновляемые с заданной частотой информационные подмассивы СЭП, содержащие в своем составе ее электрические характеристики, в том числе множества текущих значений напряжений аккумуляторов и выходных напряжений аналоговых датчиков давления; по запросу с наземного комплекса управления информационные подмассивы СЭП периодически отправляют в состав массива информации оперативного контроля (ИОК) для контроля параметров СЭП, при этом о разбалансе

аккумуляторов по напряжению судят по величине разности между максимальным и минимальным значениями напряжений аккумуляторов, а по емкости - по величине разности между

выходными напряжениями аналоговых датчиков давления, зафиксированными в массиве ИОК в один и тот же момент времени. 2 ил.



Фиг. 1

RU 2 6 6 1 3 4 0 C 1

RU 2 6 6 1 3 4 0 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01M 10/44 (2006.01)
H02J 7/04 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
H01M 10/44 (2006.01); *H02J 7/04* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017132376, 15.09.2017**

(24) Effective date for property rights:
15.09.2017

Registration date:
16.07.2018

Priority:
(22) Date of filing: **15.09.2017**

(45) Date of publication: **16.07.2018** Bull. № 20

Mail address:
**119160, Moskva, Moskvoretskaya nab., 9A,
Ministerstvo oborony Rossijskoj Federatsii,
Upravlenie intellektualnoj sobstvennosti, voenno-
tekhnicheskogo sotrudnichestva i ekspertizy
postavok vooruzheniya i voennoj tekhniki**

(72) Inventor(s):

**Pushkin Valerij Ivanovich (RU),
Gurtov Aleksandr Sergeevich (RU),
Fomakin Viktor Nikolaevich (RU),
Bezborodova Lyudmila Vladimirovna (RU),
Danov Evgenij Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Rossijskaya Federatsiya, ot imeni kotoroj
vystupaet Ministerstvo oborony Rossijskoj
Federatsii (RU)**

(54) METHOD OF OPERATION OF NICKEL-HYDROGEN ACCUMULATORY BATTERIES OF SPACECRAFT POWER SUPPLY SYSTEM

(57) Abstract:

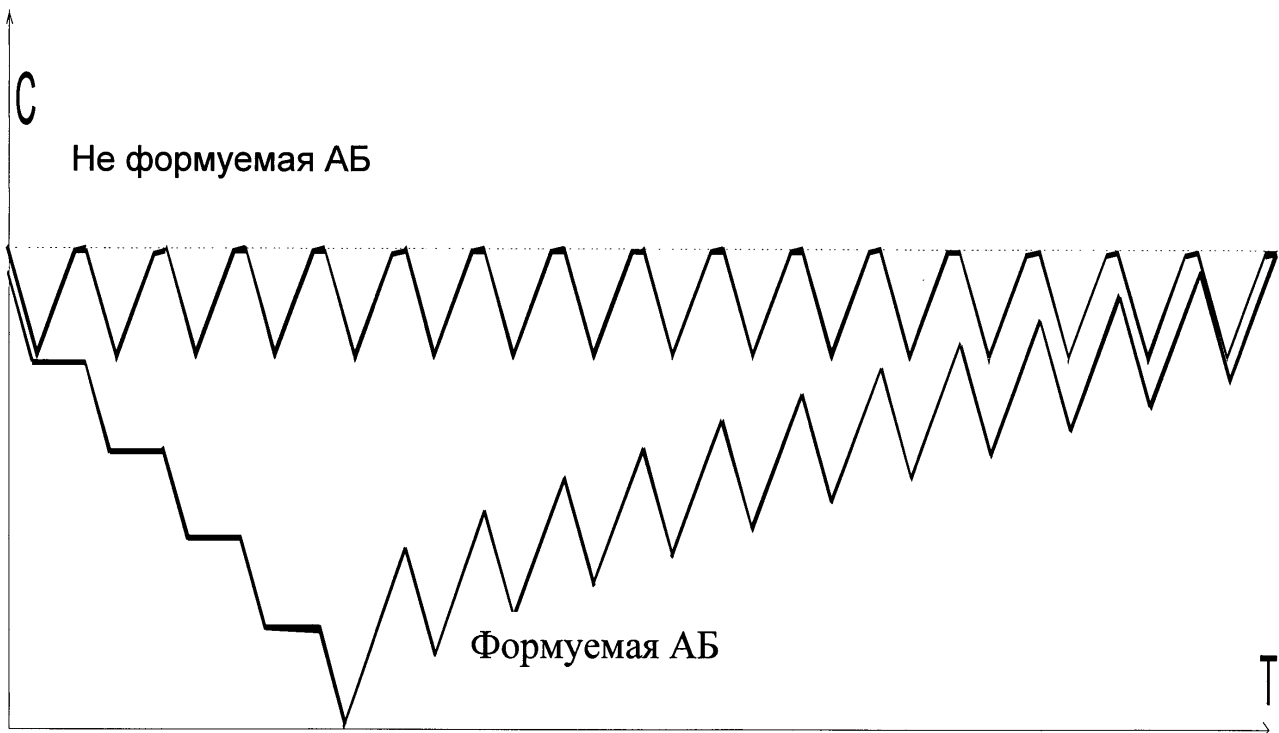
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering and can be used in operation of nickel-hydrogen accumulator batteries (AB) in autonomous power supply systems (SEP) of spacecraft (SC), operating at low Earth orbit. In method of operating nickel-hydrogen batteries of power supply system of spacecraft, two or more batteries are cycled in charge-discharge mode, monitoring parameters of each battery (current capacity, voltage, temperature), introduction periodically, once every 6–9 months, prohibit charge for one of batteries to perform molding cycle. In proposed method, value of current capacity m of battery cells is also monitored based on output voltage m of analog pressure sensors installed inside these batteries, $m < n$, where n is number of accumulators in battery, and then form, for each battery, information sub-masses

of BOT that are updated with given frequency and which contain its electrical characteristics, including variety of current values of battery voltage and output voltage of analog pressure sensors; on request from ground control complex, information sub-masses of SES are periodically sent to array of operational control information (IOC) for monitoring parameters of SES, while voltage unbalance of batteries is judged by difference between maximum and minimum values of battery voltages, and by capacitance – by magnitude of difference between output voltages of analog pressure sensors fixed in IOC array at the same time.

EFFECT: increase in reliability of operation of nickel-hydrogen AB by increasing their resource and, as consequence, duration of their regular operation.

1 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 6 6 1 3 4 0 C 1

RU 2 6 6 1 3 4 0 C 1

Изобретение относится к электротехнической промышленности и может быть использовано при эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей (АБ) в автономных системах электропитания (СЭП) космических аппаратов (КА), функционирующих на низкой околоземной орбите.

5 В процессе всего срока активного существования современных КА на низкой околоземной орбите производится 10000 и более зарядно-разрядных циклов АБ, и подобный режим работы СЭП на сегодняшний день лучше всего обеспечивают никель-водородные аккумуляторные батареи (НВАБ).

Особенностью НВАБ является то, что все последовательно соединенные
10 аккумуляторы заряжаются и разряжаются одним и тем же количеством электрического заряда (А-ч). В идеальном случае, если начальное состояние аккумуляторов одинаково, не должно быть никаких изменений в их относительных степенях заряженности. Однако вследствие разницы в скорости саморазряда последовательно соединенные аккумуляторы приобретают различное состояние заряженности. Любое отклонение,
15 вызванное дисперсией начальных характеристик саморазряда, градиентом температур внутри НВАБ и процессом старения, может увеличить разброс в степенях заряженности аккумуляторов, что приводит к деградации характеристик НВАБ, и более того, при отсутствии систем балансировки состояния заряда может привести к снижению надежности работы НВАБ. Существует еще так называемый «эффект памяти»,
20 связанный с уменьшением емкости НВАБ при длительном цитировании на небольшую глубину - (10-20)%. Причиной уменьшения емкости НВАБ является кристаллизация некоторой части материала электродов аккумуляторов в силу отчуждения ее на длительное время от токообразующей химической реакции. Именно такая глубина циклирования выбирается при эксплуатации АБ на низких околоземных орбитах.
25 Поэтому для выравнивания аккумуляторов по емкости, устранения так называемого «эффекта памяти» и оценки состояния АБ необходимо периодически проводить восстановительные (формовочные) циклы, которые представляют собой практически полный разряд и заряд АБ. Формовочные циклы позволяют устранить разбаланс аккумуляторов по напряжению, повышая тем самым ресурсные характеристики АБ,
30 поскольку при этом снижается тепловыделение аккумуляторов.

Контроль параметров СЭП в процессе штатной эксплуатации КА осуществляется с помощью телеметрической информации (ТМИ) и информации оперативного контроля (ИОК). Необходимо отметить, что в ИОК фиксируются не только все изменения, происходящие в отдельных приборах и механизмах, но и формируются различные
35 подмассивы параметров отдельных бортовых систем, в том числе системы электропитания (Кирилин А.К., Ахметов Р.Н., Сторож А.Д., Аншаков Г.П. Космическое аппаратостроение, Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара, 2011 г.).

Известен способ эксплуатации никель-водородной аккумуляторной батареи системы
40 электропитания космического аппарата по патенту RU №2399122 (аналог), заключающийся в том, что две или более аккумуляторные батареи циклируют в режиме заряда-разряда, задаваемом бортовой автоматикой системы электропитания, степень заряда аккумуляторных батарей ограничивают по уровню срабатывания сигнальных датчиков давления, размещенных в отдельных аккумуляторах каждой аккумуляторной
45 батареи, контролируют параметры каждой аккумуляторной батареи, например текущую электрическую емкость, напряжение, температуру, периодически проводят формовочные циклы АБ путем глубокого их разряда, оценивают состояние АБ, периодически, например один раз в 6-9 месяцев, вводят запрет заряда для одной из АБ, в качестве

разрядной нагрузки используют бортовую аппаратуру космического аппарата, критерием ограничения глубины разряда выбирают величину напряжения АБ, причем значение граничного уровня напряжения устанавливают в вольтах, равным числу n либо $(n+1)$ аккумуляторов в аккумуляторной батарее, при достижении которого снимают запрет заряда АБ, включая тем самым ее в штатную работу, значения зарядной емкости срабатывания сигнального датчика давления и максимального напряжения АБ при заряде, определяемые в процессе завершения формовочного цикла, используют для оценки состояния аккумуляторной батареи и прогнозирования ее деградации, аналогичную последовательность операций повторяют для последующей АБ, при этом промежуток времени от завершения формовочного цикла одной АБ до начала формовочного цикла другой АБ выбирают исходя из температурного режима отформованной АБ.

Недостатком аналога является относительно низкая надежность системы электропитания, связанная со снижением ресурса АБ при ее длительной эксплуатации в условиях повышенной температуры. Действительно проведение периодически формовочных циклов существенно повышает ресурс АБ и, как правило, надежность ее функционирования в составе СЭП КА. Однако при неправильной штатной эксплуатации, когда АБ отключается от заряда при достижении заданного уровня заряженности, соответствующего в области низких КПД, возможен ее перегрев, приводящий к существенному ограничению ресурса и, как следствие, к снижению надежности функционирования.

Известен способ эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей системы электропитания космического аппарата по патенту RU №2543487 (прототип), заключающийся в том, что две или более аккумуляторных батарей циклируют в режиме заряда-разряда, задаваемом бортовой автоматикой системы электропитания, степень заряда аккумуляторных батарей ограничивают по уровню срабатывания сигнальных датчиков давления, размещенных в отдельных аккумуляторах каждой аккумуляторной батареи, контролируют параметры каждой аккумуляторной батареи, например текущую электрическую емкость, напряжение, температуру, вводят периодически один раз в каждые 6-9 месяцев запрет заряда для одной из АБ для выполнения формовочного цикла, в качестве разрядной нагрузки при этом используют бортовую аппаратуру космического аппарата, критерием ограничения глубины разряда выбирают величину напряжения АБ, при достижении которой снимают запрет заряда АБ, максимальное напряжение АБ при заряде, определяемое в процессе завершения формовочного цикла, используют для оценки состояния аккумуляторной батареи и прогнозирования ее деградации, повторяют аналогичную последовательность операций для последующей АБ, степень заряда аккумуляторных батарей ограничивают аппаратно по «жесткой» логике или программно по «гибкой» логике, причем управление зарядом АБ по «гибкой» логике выбирают в качестве основного варианта, а по «жесткой» логике - в качестве резервного варианта, при этом отключение АБ от заряда по «жесткой» логике выполняют по признаку превышения давления газовой среды в АБ i -го порогового значения, выбранного в качестве рабочего из множества дискретных заранее заданных значений, причем перевод на другое рабочее пороговое значение из данного множества осуществляют по разовой команде исходя из величины температуры АБ, а отключением АБ от заряда по «гибкой» логике управляют дискретно при переходе из одного диапазона температур в другой и плавно внутри каждого диапазона.

Недостатком прототипа является то, что в ходе штатной эксплуатации СЭП из-за использования «гибкой» или «жесткой» логики управления зарядом АБ становится

невозможным определение разбаланса аккумуляторов по емкости, поскольку АБ отключается от заряда по заданной величине текущей емкости, следовательно, значение емкости, при котором АБ отключается от заряда, остается постоянным несмотря на изменение во времени значений и соотношений емкостей аккумуляторов, в которых
 5 установлены датчики давления. Допустим, что значение емкости АБ определяется как среднее значение емкостей четырех аккумуляторов. В силу разбаланса аккумуляторов возможен вариант, когда емкость одного из четырех аккумуляторов значительно возросла, при этом емкости трех аккумуляторов уменьшились без изменения среднего значения емкостей четырех аккумуляторов. В этом случае произойдет перегрев как
 10 минимум одного аккумулятора.

Таким образом, в случае возникновения существенного разбаланса аккумуляторов (особенно по емкости) до истечения срока проведения планового формовочного цикла (6-9 месяцев) возможен перегрев отдельных аккумуляторов, приводящий к резкому уменьшению их ресурса (вплоть до выхода данного аккумулятора из строя) и снижению
 15 надежности СЭП в целом.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение надежности функционирования НВАБ путем увеличения их ресурса и, как следствие, продолжительности их штатной эксплуатации.

Поставленная задача решается, а технический результат достигается тем, что в
 20 способе эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей системы электропитания космического аппарата, заключающемся в циклировании двух или более аккумуляторных батарей в режиме заряда-разряда, контроле параметров каждой аккумуляторной батареи, например текущей электрической емкости, напряжения, температуры, введении периодически один раз в 6-9 месяцев запрета заряда для одной
 25 из АБ для выполнения формовочного цикла, использовании в качестве разрядной нагрузки бортовой аппаратуры КА, ограничении при этом степени заряда аккумуляторных батарей или аппаратно по «жесткой» логике или программно по «гибкой» логике, выполнении отключения при этом АБ от заряда по «жесткой» логике по признаку превышения давления газовой среды в АБ i -го порогового значения,
 30 выбранного в качестве рабочего из множества дискретных, заранее заданных пороговых значений давления, управлении отключением АБ от заряда по «гибкой» логике дискретно при переходе из одного диапазона температур в другой и плавно внутри каждого диапазона, для каждой АБ дополнительно измеряют напряжения всех ее аккумуляторов; текущую емкость аккумуляторной батареи определяют путем математической обработки
 35 значений текущей емкости ее m аккумуляторов, при этом информацию о текущей емкости m аккумуляторов получают в виде выходного напряжения m аналоговых датчиков давления, установленных внутри этих аккумуляторов; причем выбирают $m < n$, где n - число аккумуляторов в АБ; формируют для каждой АБ обновляемые с заданной частотой информационные подмассивы СЭП, содержащие в своем составе
 40 ее электрические характеристики, в том числе множества текущих значений напряжений аккумуляторов и выходных напряжений аналоговых датчиков давления; по запросу с наземного комплекса управления информационные подмассивы СЭП периодически отправляют в состав массива информации оперативного контроля (ИОК) для контроля параметров СЭП, при этом о разбалансе аккумуляторов по напряжению судят по
 45 величине разности между максимальным и минимальным значениями напряжений аккумуляторов, а по емкости - по величине разности между выходными напряжениями аналоговых датчиков давления, зафиксированными в массиве ИОК в один и тот же момент времени.

На фиг. 1 показаны идеализированные циклограммы изменения текущей емкости для формуемой АБ и АБ, функционирующей штатно. Формуемая АБ циклично разряжается, достигая в конечном итоге состояния глубокого разряда (режим разряда формуемой АБ); затем она заряжается в зависимости от освещенности солнечной батареи и потребляемой бортовой аппаратурой мощности (режим восполнения формуемой АБ). Функционирующая штатно АБ имеет периодически изменяющуюся циклограмму.

На фиг. 2 показана упрощенная блок-схема работы СЭП. Система электропитания состоит из аккумуляторных батарей АБ (АБ1, АБ2, АБ3) 1, батареи фотоэлектрической (БФ) 2, комплекса автоматики и регулирования напряжения (КАС), включающего в себя разрядные устройства РУ (РУ1, РУ2, РУ3) 3, зарядные устройства ЗУ (ЗУ1, ЗУ2, ЗУ3) 4, стабилизатора напряжения и автоматики (СНА) 5. Бортовая аппаратура (БА) 6 может быть запитана от РУ (РУ1, РУ2, РУ3) 3 или СНА 5, а также в процессе испытаний от наземного источника питания $E_{\text{наз}}$ через дистанционный переключатель 7. Аккумуляторные батареи АБ (АБ1, АБ2, АБ3) 1 перед стартом КА заряжаются вспомогательным зарядным устройством $E_{\text{зар}}$.

В отдельных режимах функционирования системы электропитания РУ (РУ1, РУ2, РУ3) 3 и СНА 5 могут питать электрической энергией совместно нагрузку, каковой является БА 6. При аномальной работе РУ (РУ1, РУ2, РУ3) 3 или ЗУ (ЗУ1, ЗУ2, ЗУ3) 4 для изменения конфигурации СЭП может быть использована аварийная шина с коммутационной аппаратурой 8, например при выходе из строя ЗРУ1 аккумуляторная батарея АБ1 подключается параллельно АБ2 к ЗРУ2 и т.д.

Из бортового комплекса управления (БКУ) 9 можно при необходимости выдавать разовые команды (РК) для изменения режимов работы СЭП, в том числе такие РК, как «Запрет заряда АБ_і», «Восстановление КАС», «Отключение АБ_і», «Выключение ЗРУ_і от аварийной шины». При штатной работе СЭП аккумуляторные батареи АБ (АБ1, АБ2, АБ3) 1 заряжаются на световом участке орбиты КА, а на теневом участке АБ (АБ1, АБ2, АБ3) 1 питают БА 6 стабилизированным РУ (РУ1, РУ2, РУ3) 3 напряжением. Батарея фотоэлектрическая 2 на световом участке обеспечивает стабилизированным СНА 5 напряжением БА 6 и одновременно заряжает АБ (АБ1, АБ2, АБ3) 1.

Из фиг. 2 видно, что «минусовые» шины АБ не коммутируются и гальванически связаны между собой, поэтому коммутационная аппаратура 8 аварийной шины обеспечивает изменение конфигурации СЭП только по «плюсовой» шине.

Так как существенная разбежка параметров аккумуляторов АБ (АБ1, АБ2, АБ3) 1, как правило, происходит через 6-9 месяцев, то периодичность проведения формовочных циклов выбирается один раз в 6-9 месяцев. При этом конкретный срок их проведения в пределах 6-9 месяцев может быть установлен исходя из других требований, например в период минимальной длительности теневых участков орбиты КА и т.д. Формовочные циклы проводят по очереди на одной из АБ (АБ1, АБ2, АБ3) 1 в произвольном порядке, используя зарядно-разрядное устройство (ЗРУ) 10, состоящее из РУ (РУ1, РУ2, РУ3) 3 и ЗУ (ЗУ1, ЗУ2, ЗУ3) 4, и аварийную шину с коммутационной аппаратурой 8 при необходимости. За сутки до проведения формовочного цикла при штатной работе системы электропитания осуществляют съем информации (на фиг. 2 система телеметрического контроля КА не показана) о работе формуемой АБ (максимальное напряжение на заряде, минимальное напряжение при разряде, максимальную текущую емкость, максимальную температуру).

Запрет заряда формуемой АБ вводят путем выдачи из наземного комплекса управления (НКУ) через БКУ 8 РК «Запрет заряда АБ». В этом случае происходит

разряд формуемой АБ на нагрузку (на бортовую аппаратуру б) на теневых участках орбиты. Таким образом, запасенную в АБ энергию используют по прямому назначению. После выполнения необходимого глубокого разряда запрет заряда АБ снимают путем выдачи РК «Восстановление КАС» и формуемую АБ заряжают на фоне штатного функционирования СЭП на солнечных участках орбиты. Формовочный цикл считают завершенным, если формуемая АБ будет восполнена до заданного значения текущей емкости.

Управление отключением АБ от заряда осуществляют, используя или «гибкую» логику (основной вариант), или «жесткую» логику (резервный вариант), не применяя сигнальных датчиков давления. Отключение АБ от заряда как по «гибкой» логике, так и по «жесткой» логике выполняют по расчетному или заданному пороговому значению давления газовой среды в НВАБ (далее по тексту порогового значения давления) соответственно, в качестве которой является водород, являющийся активным материалом аккумуляторов. В зависимости от степени заряженности давление газовой среды в НВАБ изменяется, причем при заряде давление увеличивается, а при разряде уменьшается. (В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. Химические источники тока, М.: Энергоиздат, 1981).

«Гибкая» логика управления отключением АБ от заряда, основанная на автоматическом выборе порогового значения давления в зависимости от температуры, построена на следующих принципах:

- выбор массива диапазонов изменения температуры АБ;
- выбор порогового значения давления при температуре $t=0^{\circ}\text{C}$;
- выбор массива постоянных коэффициентов для дискретного программного уменьшения порогового значения давления в случае повышения температуры АБ и выхода ее за заданный i -й диапазон;
- выбор аналитической линейной зависимости порогового значения давления от температуры внутри каждого i -го диапазона;
- выбор критической температуры, при которой АБ отключается от заряда независимо от величины ее текущей емкости.

«Жесткая» логика управления отключением АБ от заряда предусматривает наличие нескольких заранее заданных пороговых значений давления. При достижении порогового значения давления, выбранного в качестве рабочего, вводится запрет заряда АБ. При необходимости перехода на другое рабочее пороговое значение давления из НКУ выдают соответствующую РК (на фиг. 2 НКУ не показан). Выбор того или иного порогового значения давления, как правило, зависит от температурного режима АБ, при этом чем выше температура, тем ниже пороговое значение давления.

В системе электропитания КА предусматривают защиту от высокой температуры, критичной для функционирования АБ. Резкое повышение температуры, как правило, возникает при заряде АБ, когда происходит выделение кислорода, поэтому наиболее эффективным мероприятием по защите АБ от перегрева является отключение от заряда на время, достаточное для снижения ее температуры до безопасной величины.

Повышение ресурса, следовательно, и надежности функционирования АБ, достигается путем использования «гибкой» логики в качестве основного варианта и «жесткой» логики - в качестве резервного варианта.

Алгоритм отключения АБ от заряда по «гибкой» логике позволяет отключать АБ от заряда: при этом в случае повышения температуры на некоторую величину уменьшается пропорционально пороговое значение давления и заряд АБ завершается в области высоких КПД и происходит уменьшение тепловыделения АБ, а затем, как

следствие, снижение ее температуры. Дискретное изменение порогового значения давления при переходе из одного диапазона температур в другой существенно уменьшает вероятность отключения АБ от заряда в области низких КПД с большим тепловыделением.

В случае отказа «гибкой» логики отключение АБ от заряда обеспечивается по «жесткой» логике. «Жесткая» логика практически не уступает по эффективности «гибкой» логике, а в некоторых случаях, когда температура АБ выходит за пределы штатных условий эксплуатации, она расширяет возможности управления режимом функционирования АБ.

На практике, особенно после нескольких лет штатной эксплуатации, значительный разбаланс аккумуляторов АБ по емкости и напряжению может возникнуть ранее чем 6-9 месяцев. Для своевременного определения критического разбаланса параметров АБ, при котором с целью сохранения ресурса АБ требуется проведение непланового формовочного цикла, выполняют определенную последовательность дополнительных технологических операций. Содержание дополнительных технологических операций, составляющее предмет предполагаемого изобретения, приведено ниже.

Напряжение АБ является суммой напряжений отдельных ее аккумуляторов, соединенных между собой последовательно. В ходе штатной эксплуатации АБ величины напряжений аккумуляторов, измеренных в один и тот же момент времени, начинают отличаться друг от друга, т.е. возникает разбаланс аккумуляторов по напряжению. Для количественной оценки разбаланса аккумуляторов данной АБ по напряжению измеряют значение напряжения каждого аккумулятора в один и тот же момент времени.

Следует отметить, что текущая емкость АБ не является суммой текущих емкостей ее аккумуляторов, поэтому в качестве емкости АБ может быть принята, например, среднее значение емкостей m аккумуляторов, где $m < n$, n - число аккумуляторов. В идеальном случае значения текущей емкости аккумуляторов и АБ в целом должны быть равны между собой. Для определения текущей емкости m аккумуляторов используют датчики давления (например, пьезодатчики), реагирующие на изменение давления газообразного водорода в герметичном аккумуляторе. При этом на выходе датчика давления формируется выходное напряжение, достигающее в зависимости от давления газа в аккумуляторе нескольких десятков мВ. Зависимость между текущей емкостью аккумулятора от выходного напряжения датчика давления задают, как правило, аналитической формулой (здесь не приводится). Текущую емкость каждой аккумуляторной батареи определяют путем математической обработки значений текущей емкости m аккумуляторов (выходных напряжений m аналоговых датчиков давления). Для достижения минимальной погрешности определения текущей емкости АБ на практике используют всего 3-4 датчика.

При штатной эксплуатации КА формируют для каждой АБ обновляемые с заданной частотой информационные подмассивы СЭП, содержащие в своем составе ее электрические характеристики, в том числе множества текущих значений напряжений аккумуляторов и выходных напряжений аналоговых датчиков давления. Для контроля степени разбаланса указанных параметров аккумуляторов периодически (например, один раз в месяц) в составе массива информации оперативного контроля (ИОК) получают подмассивы СЭП, при этом о разбалансе аккумуляторов по напряжению (или по емкости) судят по величине разности между максимальным и минимальным значениями напряжений аккумуляторов (или выходных напряжений аналоговых датчиков давления), зафиксированными в массиве ИОК в один и тот же момент времени.

Для оценки изменения степени разбаланса параметров аккумуляторов в ходе

проведения формовочного цикла частоту съема подмассивов СЭП в составе ИОК существенно увеличивают (например, съем этих подмассивов осуществляют один раз за виток).

По результатам анализа подмассивов СЭП принимают решение о необходимости проведения дополнительных неплановых ФЦ конкретных АБ, причем неплановый ФЦ данной АБ может быть выполнен как в ходе ее штатной эксплуатации в промежутке между двумя очередными плановыми ФЦ, так и непосредственно после завершения планового ФЦ. Проведение своевременного дополнительного непланового ФЦ позволяет устранить или значительно снизить разбаланс аккумуляторов по емкости и напряжению.

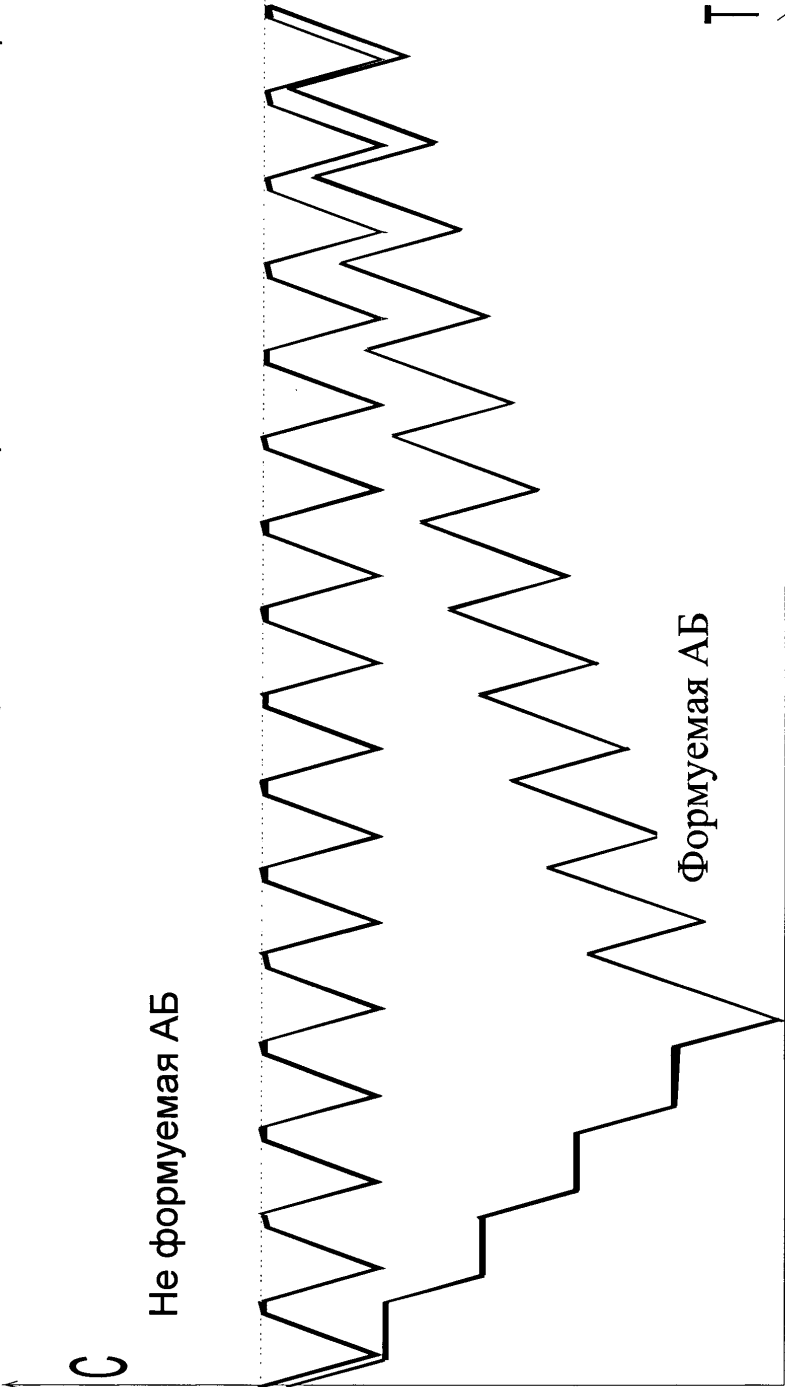
Таким образом, применение предлагаемого способа эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей системы электропитания космического аппарата позволит повысить ресурс АБ и, как следствие, надежность эксплуатации СЭП в целом.

(57) Формула изобретения

Способ эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей (АБ) системы электропитания (СЭП) космического аппарата (КА), заключающийся в том, что две или более аккумуляторные батареи циклируют в режиме заряда-разряда, контролируют параметры каждой аккумуляторной батареи, например текущую электрическую емкость, напряжение, температуру, периодически один раз в 6-9 месяцев вводят запрет заряда для одной из АБ для выполнения формовочного цикла, в качестве разрядной нагрузки используют бортовую аппаратуру КА, при этом степень заряда аккумуляторных батарей ограничивают или аппаратно по «жесткой» логике, или программно по «гибкой» логике, при этом отключение АБ от заряда по «жесткой» логике выполняют по признаку превышения давления газовой среды в АБ i -го порогового значения, выбранного в качестве рабочего из множества дискретных, заранее заданных пороговых значений давления, а отключением АБ от заряда по «гибкой» логике управляют дискретно при переходе из одного диапазона температур в другой и плавно внутри каждого диапазона, отличающийся тем, что для каждой АБ дополнительно измеряют напряжения всех ее аккумуляторов; текущую емкость аккумуляторной батареи определяют путем математической обработки значений текущей емкости ее m аккумуляторов, при этом информацию о текущей емкости m аккумуляторов получают в виде выходного напряжения m аналоговых датчиков давления, установленных внутри этих аккумуляторов; причем выбирают $m < n$, где n - число аккумуляторов в АБ; формируют для каждой АБ обновляемые с заданной частотой информационные подмассивы СЭП, содержащие в своем составе ее электрические характеристики, в том числе множества текущих значений напряжений аккумуляторов и выходных напряжений аналоговых датчиков давления; по запросу с наземного комплекса управления информационные подмассивы СЭП периодически отправляют в состав массива информации оперативного контроля (ИОК) для контроля параметров СЭП, при этом о разбалансе аккумуляторов по напряжению судят по величине разности между максимальным и минимальным значениями напряжений аккумуляторов, а по емкости - по величине разности между выходными напряжениями аналоговых датчиков давления, зафиксированными в массиве ИОК в один и тот же момент времени.

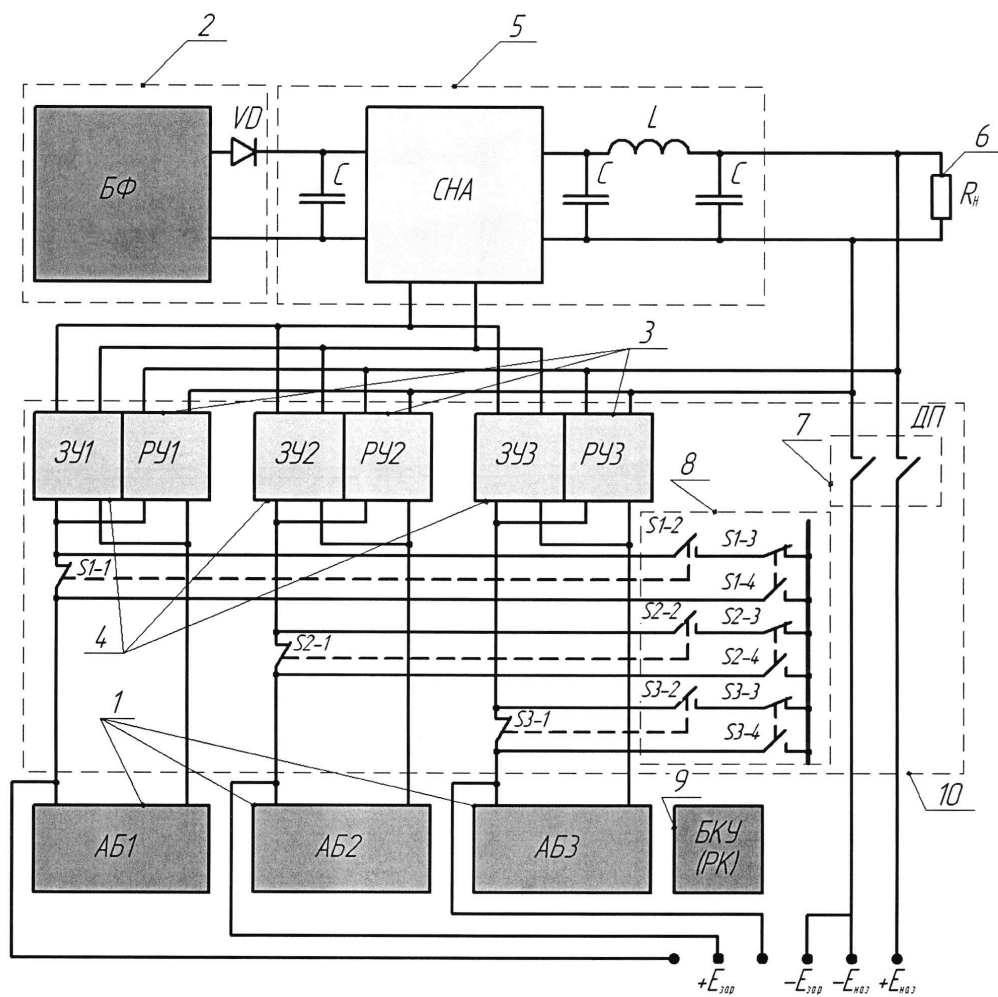
17

Способ эксплуатации никель-водородных аккумуляторных
батарей системы электропитания космического аппарата



Фиг. 1

Способ эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей
системы электропитания космического аппарата



Фиг. 2