



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012111634/07, 26.03.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.03.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.10.2013 Бюл. № 28

(45) Опубликовано: 20.03.2014 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2289178 C2, 10.12.2006. RU 2321105 C1, 27.03.2008. RU 2269843 C2, 10.02.2006. JP 2009033675 A, 18.06.2009. JP 2009033843 A, 12.02.2009.

Адрес для переписки:

662972, Красноярский край, г. Железногорск,  
ул. Ленина, 52, ОАО "ИСС", Р.П. Туркеничу

(72) Автор(ы):

**Коротких Виктор Владимирович (RU),  
Нестеришин Михаил Владленович (RU),  
Опенько Сергей Иванович (RU)**

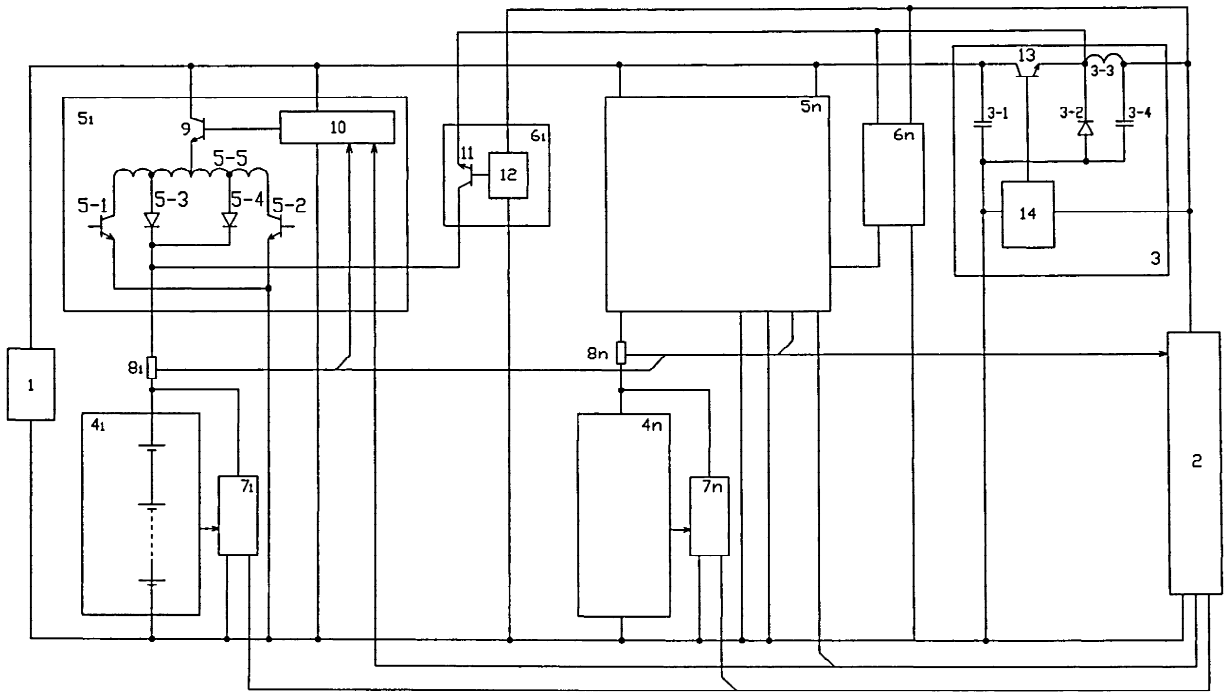
(73) Патентообладатель(и):

**Открытое акционерное общество  
"Информационные спутниковые системы"  
имени академика М.Ф. Решетнева" (RU)****(54) СПОСОБ ЗАРЯДА КОМПЛЕКТА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СОСТАВЕ  
АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к электротехнической промышленности и может быть использовано при эксплуатации комплекта аккумуляторных батарей (АБ), преимущественно никель-водородных или литий-ионных, в автономных системах электропитания космических аппаратов (КА) от общего источника ограниченной мощности через индивидуальные зарядные преобразователи с контролем текущего состояния заряженности и ограничением заряда бортовым комплексом управления. Повышение надежности и эффективности эксплуатации комплекта аккумуляторных батарей является техническим результатом изобретения, который достигается за счет того,

что дополнительно контролируют минимальные уровни токов заряда и при снижении тока заряда какой-либо аккумуляторной батареи ниже установленного значения прекращают заряд всего комплекта аккумуляторных батарей, при этом продолжение заряда комплекта аккумуляторных батарей проводят поочередно и с длительностью заряда каждой аккумуляторной батареи, исходя из соотношения:  $T_i = T / (\sum C_i / C_i)$ , мин, где  $T_i$  - время заряда  $i$ -ой аккумуляторной батареи, мин;  $T$  - выбранный период времени для поочередного заряда всего комплекта аккумуляторных батарей, мин;  $C_i$  - текущая емкость  $i$ -той аккумуляторной батареи, А·час. 4 з.п. ф-лы, 1 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012111634/07, 26.03.2012

(24) Effective date for property rights:  
26.03.2012

Priority:

(22) Date of filing: 26.03.2012

(43) Application published: 10.10.2013 Bull. 28

(45) Date of publication: 20.03.2014 Bull. 8

Mail address:

662972, Krasnojarskij kraj, g. Zheleznogorsk, ul.  
Lenina, 52, OAO "ISS", R.P. Turkenichu

(72) Inventor(s):

**Korotkikh Viktor Vladimirovich (RU),  
Nesterishin Mikhail Vladlenovich (RU),  
Open'ko Sergej Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo  
"Informatsionnye sputnikovyje sistemy" imeni  
akademika M.F. Reshetneva" (RU)**

(54) **METHOD TO CHARGE SET OF ACCUMULATOR BATTERIES WITHIN AUTONOMOUS SYSTEM OF SPACECRAFT POWER SUPPLY**

(57) Abstract:

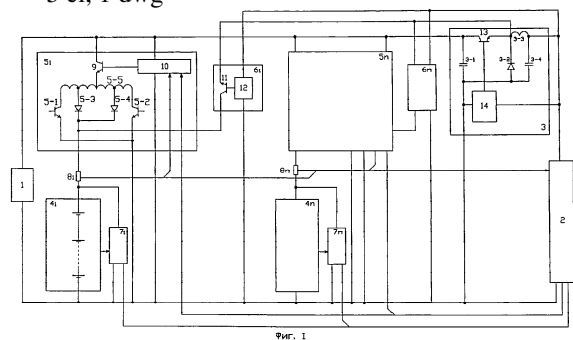
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to electrical industry and may be used to operate a set of accumulator batteries (AB), primarily nickel-hydrogen or lithium-ion, in autonomous power supply systems of spacecrafts (SC) from the common source of limited capacity via individual charge converters with monitoring of current condition of charge and limitation of charge by an onboard control complex. Additionally they monitor minimum levels of charge current, and whenever charge current of any accumulator battery drops below the established value, the charge of the entire set of accumulator batteries is stopped. Charging of the set of accumulator batteries continues in turns and with charge duration of each accumulator battery based on

the following ratio:  $T_i = T / (C_i \cdot \Sigma 1 / C_i)$ , min, where  $T_i$  - time to charge  $i$  accumulator battery, min;  $T$  - selected period of time for alternate charge of the entire set of accumulator batteries, min;  $C_i$  - current capacity of  $i$  accumulator battery, A-hr.

EFFECT: higher reliability and efficiency of operation of a set of accumulator batteries.

5 cl, 1 dwg



RU 2 5 1 0 1 0 5 C 2

RU 2 5 1 0 1 0 5 C 2

Изобретение относится к электротехнической промышленности и может быть использовано при эксплуатации комплекта аккумуляторных батарей (АБ), преимущественно никель-водородных или литий-ионных, в автономных системах электропитания космических аппаратов (КА).

5 При эксплуатации комплекта аккумуляторных батарей в системе электропитания космического аппарата необходимо учитывать специфику заряда АБ в условиях ограниченной величины избыточной мощности первичного источника электроэнергии (преимущественно, солнечной батареи). Она заключается в  
10 следующем: при полной загрузке целевой аппаратуры (бортового ретранслятора) и непрерывном режиме ее работы величина избыточной мощности первичного источника электроэнергии может быть недостаточна для обеспечения эффективного заряда всего комплекта АБ. Известно, что оптимальная величина тока заряда практически всех АБ находится в пределах от 0,1 до 0,3 номинальной емкости АБ.  
15 Малые зарядные токи (менее 0,1 номинальной емкости АБ) не позволяют проводить заряд с высоким коэффициентом полезного действия, а заряд током менее 0,03 номинальной емкости практически не приводит к повышению емкости АБ. В результате имеющаяся избыточная мощность первичного источника электроэнергии  
20 расходуется неэффективно или, более того, просто теряется.

Способ заряда комплекта аккумуляторных батарей в автономной системе электропитания КА должен обеспечивать оптимальное использование избыточной энергии первичного источника электроэнергии для эффективного заряда комплекта АБ.

25 Известен способ заряда аккумуляторных батарей по патенту РФ №2289178, заключающийся в том, что заряд АБ проводят постоянным током до величины (0,6-0,8) номинальной емкости. Перед началом теневых участков геостационарной орбиты выполняют восстановительный разрядно-зарядный цикл АБ, при этом заряд проводят  
30 током, величиной не менее 0,15 номинальной емкости.

Недостатком известного способа является то, что он не учитывает наличие достаточной величины избыточной мощности первичного источника электроэнергии, что может привести к неоптимальному его использованию для эффективного заряда аккумуляторных батарей.

35 Это снижает надежность и эффективность эксплуатации комплекта АБ в составе автономной системы электропитания КА.

Известен способ заряда аккумуляторных батарей по патенту РФ №2399122 (выбранный в качестве прототипа), заключающийся в том, что периодически,  
40 например один раз в 6-9 месяцев, вводят запрет заряда для одной из АБ, в качестве разрядной нагрузки используют бортовую аппаратуру космического аппарата, при достижении полного разряда 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  
45 завершения формовочного цикла, используют для оценки состояния аккумуляторной батареи. Известный способ принят за прототип заявляемому изобретению.

Недостатком известного способа является то, что он также не учитывает наличие достаточной величины избыточной мощности первичного источника электроэнергии,  
50 что может привести к неоптимальному использованию избыточной мощности и неэффективному заряду аккумуляторных батарей.

Это также снижает надежность и эффективность эксплуатации комплекта АБ в составе автономной системы электропитания КА.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение надежности и эффективности эксплуатации комплекта аккумуляторных батарей в составе автономной системы электропитания КА.

Поставленная задача решается тем, что при проведении заряда каждой аккумуляторной батареи от общего источника ограниченной мощности через индивидуальные зарядные преобразователи с контролем текущего состояния заряженности и ограничением заряда бортовым комплексом управления, дополнительно контролируют минимальные уровни токов заряда и при снижении тока заряда какой-либо аккумуляторной батареи ниже установленного значения прекращают заряд всего комплекта аккумуляторных батарей, при этом продолжение заряда комплекта аккумуляторных батарей проводят поочередно. При этом продолжение заряда комплекта аккумуляторных батарей проводят поочередно с длительностью заряда каждой аккумуляторной батареи, исходя из соотношения:

$$T_i = T / (C_i \cdot \sum 1/C_i), \text{ мин, где}$$

$T_i$  - время заряда  $i$ -ой аккумуляторной батареи, мин;

$T$  - выбранный период времени для поочередного заряда всего комплекта аккумуляторных батарей, мин;

$C_i$  - текущая емкость  $i$ -ой аккумуляторной батареи, А·час,

А в случае достижения в процессе заряда какой-либо аккумуляторной батареей максимальной емкости, ее исключают из алгоритма заряда, при этом длительности заряда остальных аккумуляторных батарей пересчитывают, исходя из оставшегося количества недостаточно заряженных аккумуляторных батарей. Другой вариант - продолжение заряда комплекта аккумуляторных батарей проводят поочередно с длительностью заряда каждой аккумуляторной батареи, исходя из соотношения:

$$T_i = T \cdot (C_{\max} - C_i) / \sum (C_{\max} - C_i), \text{ мин, где}$$

$C_{\max}$  - максимальная зарядная емкость АБ.

Кроме того, при работе с комплектом никель-водородных аккумуляторных батарей вместо параметра текущей емкости используют параметр текущего давления управляющих аккумуляторов, а при работе с комплектом литий-ионных аккумуляторных батарей вместо параметра текущей емкости используют параметр текущего напряжения аккумуляторов.

Действительно, при снижении зарядного тока ниже установленного нижнего уровня, продолжение заряда в таком режиме ведет к неоправданной потере мощности первичного источника электроэнергии. В то же время, имеющегося избытка мощности вполне достаточно для обеспечения эффективного заряда одной АБ комплекта АБ.

Поэтому целесообразно перейти на режим поочередного заряда АБ комплекта, при этом следует распределить время заряда каждой АБ в пределах заданного цикла с учетом их текущих емкостей. Это позволит одновременно нивелировать разницу текущих емкостей АБ в комплекте, что также повысит эффективность эксплуатации комплекта АБ.

На фиг. 1, приведена функциональная схема автономной системы электропитания КА для реализации заявляемого способа.

Автономная система электропитания КА содержит: солнечную батарею 1, подключенную к нагрузке 2 через преобразователь напряжения 3, аккумуляторные батареи  $4_1-4_n$ , подключенные через зарядные преобразователи  $5_1-5_n$  к солнечной батарее 1, а через разрядные преобразователи  $6_1-6_n$  - к входу выходного фильтра преобразователя напряжения 3. Кроме того, аккумуляторные батареи  $4_1-4_n$  содержат в своем составе байпасные разрядные цепи, состоящие из диодов, подключенных

параллельно каждому аккумулятору в разрядном направлении.

При этом нагрузка 2 в своем составе содержит бортовой комплекс управления с бортовой вычислительной машиной (ЭВМ).

К аккумуляторным батареям  $4_1-4_n$  подключены устройства контроля аккумуляторных батарей  $7_1-7_n$ , связанные входом с аккумуляторными батареями  $4_1-4_n$  для контроля напряжения (давления) и температуры аккумуляторов, а выходом - с нагрузкой 2.

В цепи заряда-разряда аккумуляторных батарей установлены измерительные шунты  $8_1-8_n$ .

Зарядные преобразователи  $5_1-5_n$  состоят из регулирующего ключа 9, управляемого схемой управления 10, вольтодобавочного узла, выполненного на трансформаторе 5-5, транзисторах 5-1 и 5-2, и выпрямителя на диодах 5-3 и 5-4.

Разрядные преобразователи  $6_1-6_n$  состоят из регулирующего ключа 11, управляемого схемой управления 12.

Преобразователь напряжения 3 состоит из регулирующего ключа 13, управляемого схемой управления 14, входного фильтра на конденсаторе 3-1 и выходного фильтра на диоде 3-2, дросселе 3-3 и конденсаторе 3-4.

Схемы управления: 10 зарядных преобразователей  $5_1-5_n$ , 12 разрядных преобразователей  $6_1-6_n$ , 14 - преобразователь напряжения 3, выполнены в виде широтно-импульсных модуляторов, входом подключенных к шинам стабилизируемого напряжения. Схемы управления 10 зарядных преобразователей  $5_1-5_n$  дополнительно связаны с измерительными шунтами  $8_1-8_n$  и нагрузкой 2.

Устройство работает следующим образом. В процессе эксплуатации аккумуляторные батареи  $4_1-4_n$  работают, в основном, в режиме хранения и периодических дозарядов от солнечной батареи 1 через зарядные преобразователи  $5_1-5_n$ . Такой режим работы позволяет содержать их в постоянной готовности для прохождения теневых участков орбиты.

Питание нагрузки 2 осуществляется при этом от солнечной батареи 1 через преобразователь напряжения 3.

При прохождении теневых участков орбиты нагрузка 2 питается от аккумуляторных батарей  $4_1-4_n$  через разрядные преобразователи  $6_1-6_n$ .

Устройства контроля  $7_1-7_n$  контролируют напряжение (давление - для никель-водородных аккумуляторных батарей) и температуру аккумуляторов аккумуляторных батарей  $4_1-4_n$  и передают информацию об их состоянии в нагрузку 2.

В процессе эксплуатации комплекта АБ контролируются токи заряда каждой АБ с измерительных шунтов  $8_1-8_n$ . В случае если величина тока заряда какой-либо АБ снизится ниже установленного нижнего значения, прекращают заряд всего комплекта аккумуляторных батарей, при этом продолжение заряда комплекта аккумуляторных батарей проводят поочередно с длительностью заряда каждой аккумуляторной батареи, исходя из соотношения:  $T_i = T / (C_i \cdot \Sigma 1 / C_i)$ , мин, (Вариант 1), где  $T_i$  - время заряда  $i$ -ой аккумуляторной батареи, мин;

$T$  - выбранный период времени для поочередного заряда всего комплекта аккумуляторных батарей, мин;

$C_i$  - текущая емкость  $i$ -ой аккумуляторной батареи, А·час.

или  $T_i = T \cdot (C_{max} - C_i) / \Sigma (C_{max} - C_i)$ , мин, (Вариант 2), где  $C_{max}$  - максимальная зарядная емкость АБ.

В случае достижения в процессе заряда какой-либо аккумуляторной батареей максимальной емкости (первый вариант расчета длительности заряда каждой АБ), ее

исключают из алгоритма заряда, при этом длительности заряда остальных аккумуляторных батарей пересчитывают, исходя из оставшегося количества недостаточно заряженных аккумуляторных батарей. Во втором варианте расчета длительности заряда каждой АБ длительность заряда АБ, достигшей максимальной емкости, автоматически становится равной нулю. Выбор конкретного варианта расчета длительности заряда каждой аккумуляторной батареи осуществляется, исходя из текущей степени заряженности АБ комплекта, при этом при малой степени заряженности АБ комплекта предпочтителен первый вариант, а при большой - второй.

Рассмотрим конкретный пример. Комплект АБ состоит из трех АБ с текущей емкостью:  $C_1=80$  А·ч,  $C_2=40$  А·ч и  $C_3=20$  А·ч. Выбранный период времени для поочередного заряда всего комплекта аккумуляторных батарей  $T=7$  мин.

Тогда время заряда каждой АБ составит (по варианту 1) соответственно:

$$T_1=7/(80 \cdot (1/80+1/40+1/20))=7/(80 \cdot (7/80))=1 \text{ мин};$$

$$T_2=2 \text{ мин}; T_3=4 \text{ мин},$$

а время заряда каждой АБ составит (по варианту 2, при  $C_{\max}=100$  А·ч) соответственно:  $(C_{\max}-C_i)=20, 60, 80$  А·ч.

$$T_1=T \cdot (C_{\max}-C_i) / \sum (C_{\max}-C_i)=7 \cdot 20/160=0,875 \text{ мин},$$

$$T_2=2,625 \text{ мин}; T_3=3,5 \text{ мин}.$$

При работе с комплектом никель-водородных аккумуляторных батарей вместо параметра текущей емкости используют параметр текущего давления управляющих аккумуляторов, а при работе с комплектом литий-ионных аккумуляторных батарей вместо параметра текущей емкости используют параметр текущего напряжения аккумуляторов.

Необходимые действия по блокировке (запрет заряда), оценке текущей емкости каждой аккумуляторной батареи, проведению вычислений времени заряда каждой аккумуляторной батареи в рамках заранее заданного периода времени для поочередного заряда всего комплекта аккумуляторных батарей и последующей разблокировке работы соответствующих зарядных преобразователей в соответствии с расчетными данными реализуются с помощью бортовой ЭВМ бортового комплекса управления.

Таким образом, применение предлагаемого способа позволяет повысить надежность и эффективность эксплуатации комплекта аккумуляторных батарей в составе автономной системы электропитания КА.

#### Формула изобретения

1. Способ заряда комплекта аккумуляторных батарей в составе автономной системы электропитания космического аппарата, заключающийся в проведении заряда каждой аккумуляторной батареи от общего источника ограниченной мощности через индивидуальные зарядные преобразователи с контролем текущего состояния заряженности и ограничением заряда бортовым комплексом управления, отличающийся тем, что дополнительно контролируют минимальные уровни токов заряда и при снижении тока заряда какой-либо аккумуляторной батареи ниже установленного значения прекращают заряд всего комплекта аккумуляторных батарей, при этом продолжение заряда комплекта аккумуляторных батарей проводят поочередно.

2. Способ заряда комплекта аккумуляторных батарей в составе автономной системы электропитания космического аппарата по п.1, отличающийся тем, что продолжение заряда комплекта аккумуляторных батарей проводят поочередно с

длительностью заряда каждой аккумуляторной батареи исходя из соотношения:

$$T_i = T / (C_i \cdot \Sigma 1 / C_i), \text{ мин,}$$

где  $T_i$  - время заряда  $i$ -й аккумуляторной батареи, мин;

$T$  - выбранный период времени для поочередного заряда всего комплекта аккумуляторных батарей, мин;

$C_i$  - текущая емкость  $i$ -й аккумуляторной батареи, А·ч.

при этом, в случае достижения в процессе заряда какой-либо аккумуляторной батареей максимальной емкости, ее исключают из алгоритма заряда, а длительности заряда остальных аккумуляторных батарей пересчитывают исходя из оставшегося количества недостаточно заряженных аккумуляторных батарей.

3. Способ заряда комплекта аккумуляторных батарей в составе автономной системы электропитания космического аппарата по п.1, отличающийся тем, что продолжение заряда комплекта аккумуляторных батарей проводят поочередно с длительностью заряда каждой аккумуляторной батареи исходя из соотношения:

$$T_i = T \cdot (C_{\text{max}} - C_i) / \Sigma (C_{\text{max}} - C_i), \text{ мин,}$$

где  $C_{\text{max}}$  - максимальная зарядная емкость АБ.

4. Способ заряда комплекта аккумуляторных батарей в составе автономной системы электропитания космического аппарата по п.1, отличающийся тем, что при работе с комплектом никель-водородных аккумуляторных батарей в качестве параметра текущего состояния заряженности используют параметр текущего давления управляющих аккумуляторов.

5. Способ заряда комплекта аккумуляторных батарей в составе автономной системы электропитания космического аппарата по п.1, отличающийся тем, что при работе с комплектом литий-ионных аккумуляторных батарей в качестве параметра текущего состояния заряженности используют параметр текущего напряжения аккумуляторов.