

Таким образом, разработанная методика, включающая в себя определение параболоида наилучшего соответствия и СКО поверхности рефлектора, позволяет определить основные геометрические характеристики данного рефлектора. Методика может быть использована при обработке результатов опытных и натурных исследований. В настоящее время ведется работа по созданию методики управления формой радиоотражающей поверхности рефлектора в процессе его эксплуатации на орбите.

Библиографические ссылки

1. *Marston A. J.* Geometric Optimization of Solar Concentrating Collectors using Quasi-Monte Carlo Simulation – Waterloo, Ontario, Canada, 2010.

2. *Min Dai, Timothy S. Newman, Chunguang Cao.* Least-squares-based fitting of paraboloids. / Department of Computer Science, University of Alabama in Huntsville, Huntsville, AL 35899, USA. Pattern Recognition, 2006.

3. *Sung Joon Ahn.* Geometric Fitting of Parametric Curves and Surfaces. Journal of Information Processing Systems. 2008. Vol. 4. № 4. December.

4. *Беклемишев Д. В.* Курс аналитической геометрии и линейной алгебры : учеб. для вузов. 10-е изд., испр. М. : Физматлит, 2005.

5. *Бронштейн И. Н., Семендяев К. А.* Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. М. : Наука, 1981.

6. *Голдобин Н. Н.* Применение теории кватернионов при обработке результатов расчета температурных деформаций рефлектора // Молодежь, техника, космос : сб. работ IV Общерос. молодеж. науч.-тех. конф. СПб. : Военмех, 2012. С. 45–48.

7. *Marquardt D.* An algorithm for Least-Squares Estimation of the Nonlinear Parameters. SIAM Journal on Applied Mathematics. 1963. 11 (2). С. 431–441.

8. Математический синтез оптических наноструктур : учеб. пособие / *К. П. Ловецкий, Л. А. Севастьянов, О. Н. Бикеев, М. В. Паукино.* М. : РУДН, 2008.

© Голдобин Н. Н., 2013

УДК 621.31:629.78

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНТРОЛЛЕРА СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

В. И. Иванчура, Ю. В. Краснобаев, А. В. Чубарь, С. С. Пост

Сибирский федеральный университет
Россия, 660074, Красноярск, ул. Киренского, 26. E-mail: ivan43ura@yandex.ru

Рассмотрена энергетическая модель контроллера солнечной батареи, методика моделирования и исследования энергетических процессов в системах электропитания, разработанная с помощью системы проектирования MatLab 7.9.

Ключевые слова: контроллер солнечной батареи, аккумуляторная батарея, система электропитания, энергетическая модель.

AN ENERGY MODEL OF A SOLAR CELL BATTERY CONTROLLER

V. I. Ivanchura, Yu. V. Krasnobaev, A. V. Chubar, S. S. Post

Siberian Federal University
26 Kirenskiy street, Krasnoyarsk, 660074, Russia. E-mail: ivan43ura@yandex.ru

An energy model of a solar cell battery controller is considered in the article. Procedures of simulation and researches of energy processes in the systems of power supply are developed with the help of MatLab 7.9.

Keywords: solar cell battery controller, storage battery, power system, energetic model.

Автономные системы электропитания на основе солнечных батарей (СБ) находят все более широкое применение. Это связано, во-первых, с тем, что в последние десятилетия значительно расширился спектр электротехнических устройств и приборов, применяемых в различных областях деятельности человека, использующих энергию СБ, и, во-вторых, со значительным снижением их стоимости. В состав таких систем, помимо СБ, входит аккумуляторная батарея (АБ), кабельная сеть, коммутатор нагрузки и кон-

троллер солнечной батареи. Несмотря на то, что перечисленные выше элементы применяются достаточно давно, изучение особенностей их функционирования и разработка математических моделей остаются актуальными и сегодня [1].

Постановка задачи. При проектировании и эксплуатации автономных систем электропитания (СЭП) на основе солнечных батарей необходимо:

–обеспечить энергобаланс в СЭП при известных энергетических характеристиках основных и буфер-

ных источников энергии и временной диаграмме энергопотребления со стороны нагрузки;

- оценить влияние деградационных изменений энергетических характеристик основных и буферных источников на работу СЭП;

- выбрать солнечные и аккумуляторные батареи исходя из условия обеспечения энергобаланса.

- разработать и реализовать алгоритмы управления и обеспечения заданных режимов элементов СЭП.

Для решения указанных проблем целесообразно использовать методы компьютерного имитационного моделирования.

Для разработки математической модели системы необходимы модели составляющих её элементов. С разработанной моделью солнечной батареи можно ознакомиться в [2], а в качестве моделей аккумуляторных батарей используются модели батарей, входящих в состав библиотеки SimPowerSystems пакета MatLab 7.9 [3]. Модель контроллера солнечной батареи рассматривается в настоящей статье. Логика функционирования модели контроллера должна учитывать:

- работу контроллера в режиме экстремального регулирования мощности СБ при дефиците мощности СБ;

- заряд АБ постоянным током ограничения задаваемой величины (I_3) при избытке мощности СБ;

- заряд АБ снижающимся током при достижении напряжения АБ задаваемого уровня

($U_{аб_max}$) в условиях избытка мощности СБ;

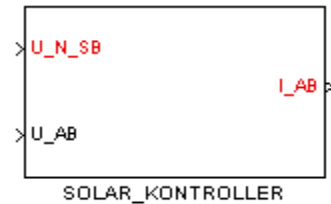
- прерывание процесса заряда АБ при снижении напряжения СБ ниже уровня напряжения АБ;

- учёт изменения КПД силовой цепи контроллера в зависимости от напряжений на СБ и АБ, а также мощности, потребляемой от СБ.

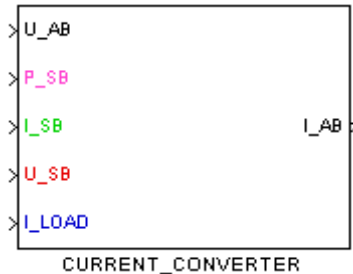
Решение задачи. Для решения поставленной задачи используется среда визуального моделирования Simulink, входящая в состав пакета MATLAB 7.9. Одним из главных его достоинств является возможность моделирования, сочетающего методы структурного и имитационного моделирования. Такой подход, в отличие от пакетов схемотехнического моделирования, позволяет существенно упростить модель, а, следовательно, повысить её устойчивость и скорость работы.

Модель контроллера солнечной батареи. Блок SOLAR_CONTROLLER представлен на рис. 1, а. На его входы поступают сигналы U_{N_SB} – напряжение с выхода модели солнечной батареи, используемое экстремальным регулятором мощности, и U_{AB} – напряжение аккумуляторной батареи, используемое преобразователем тока АБ.

Основными элементами блока SOLAR_CONTROLLER являются экстремальный регулятор мощности СБ и конвертер тока заряда АБ. Модель экстремального регулятора мощности СБ описана в [2]. Модель конвертера тока АБ [4], которая выполняет описанные выше функции, за исключением функции экстремального регулирования мощности представлена на рис. 1, б.



а



б

Рис. 1. Структура модели контроллера СБ
а – блок SOLAR_CONTROLLER; б – блок CURRENT_CONVERTER

На величину тока заряда АБ влияют следующие параметры: напряжение на выходе АБ ($U_{аб}$), мощность солнечной батареи ($P_{сб}$), ток солнечной батареи ($I_{сб}$), напряжение солнечной батареи ($U_{сб}$) и ток нагрузки модели контроллера (I_n).

Важнейшей составляющей подсистемы CURRENT_CONVERTER является блок PR_L, реализованный с помощью блока S-Function Builder2 на языке C++ [5; 6].

Рассмотрим принцип работы Блока S-FunctionBuilder2 (рис. 2). На входы блока поступают 8 сигналов.

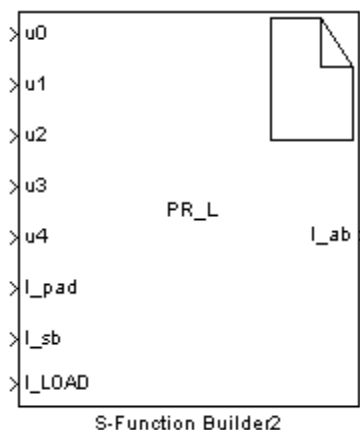


Рис. 2. Блок S-FunctionBuilder2

Логика функционирования модели определяется сигналами $u0 \div u4$. На эти входы поступают сигналы, являющиеся результатами сравнения величин $U_{аб}$, $P_{сб}$, $I_{сб}$, $U_{сб}$, I_n с соответствующими уставками, и,

в зависимости от результатов сравнения, модель функционирует в одном из следующих пяти режимов:

- если напряжение на выходе АБ меньше максимально возможного напряжения АБ и мощность, генерируемая солнечной батареей, меньше суммарной мощности аккумуляторной батареи и нагрузки, на вход u_0 подается сигнал «1» (на входы u_1 , u_2 , u_3 и u_4 подается «0»), и система работает в режиме экстремального регулирования;

- если напряжение на выходе АБ меньше максимально возможного напряжения АБ, и мощность, генерируемая солнечной батареей, больше суммарной мощности аккумуляторной батареи и нагрузки, на вход u_1 подается сигнал «1» (на входы u_0 , u_2 , u_3 и u_4 подается «0»), и контроллер заряжает АБ постоянным задаваемым током;

- если напряжение на выходе АБ равняется максимально возможному напряжению АБ и мощность, генерируемая солнечной батареей, больше суммарной мощности аккумуляторной батареи и нагрузки, на вход u_2 подается сигнал «1» (на входы u_1 , u_2 , u_3 , u_4 подается «0»), и контроллер заряжает АБ снижающимся током;

- если мощность, потребляемая нагрузкой, превышает мощность СБ, то на вход u_4 подается сигнал «1» (на входы u_0 , u_1 , u_2 и u_3 подается «0»), и модель работает в режиме разряда АБ;

- во всех остальных случаях системы сигнал «1» подается на вход u_3 (на входы u_0 , u_1 , u_2 и u_4 подается «0»), и заряда АБ не происходит.

Исходный код программы блока S-FunctionBuilder2 с комментариями:

```

if (u0[0] == 1) // если выполняется условие u0 -> контроллер
работает в режиме экстремального регулирования
I_ab[0] = I_sb[0]-I_nagruzki_modeli[0]; // и ток заряда АБ
равен разнице тока солнечной батареи и тока нагрузки
else
if (u1[0] == 1) // если выполняется условие u1 -> контроллер
заряжает АБ постоянным током
I_ab[0] = 4; // величина постоянного задаваемого тока = 4 А
else
if (u2[0] == 1) // если выполняется условие u2 -> напряжение
АБ достигло своего максимального значения
I_ab[0] = I_pad[0]; // и контроллер заряжает АБ падающим
током
else
if (u3[0] == 1) // если выполняется условие u3 -> система не
заряжает АБ
I_ab[0] = 0; // ток АБ = 0
if (u4[0] == 1) // если выполняется условие u4 -> АБ работа-
ет в режиме разряда
I_ab[0] = I_sb[0]-I_nagruzki_modeli[0]; // величина тока раз-
ряда определяется мощностью нагрузки.
    
```

Тестирование модели контроллера тока заряда АБ. Для проверки правильности функционирования модели контроллера солнечной батареи в соответствии с оговоренными в постановке задач алгоритмами проведено тестирование модели контроллера СБ. Логика функционирования модели описана выше.

На рис. 3 приведены временные диаграммы, поясняющие работу модели контроллера солнечной батареи при максимальной мощности СБ 120 Вт, максимально допустимом напряжении АБ 14 В и ограничением на зарядный ток 4 А.

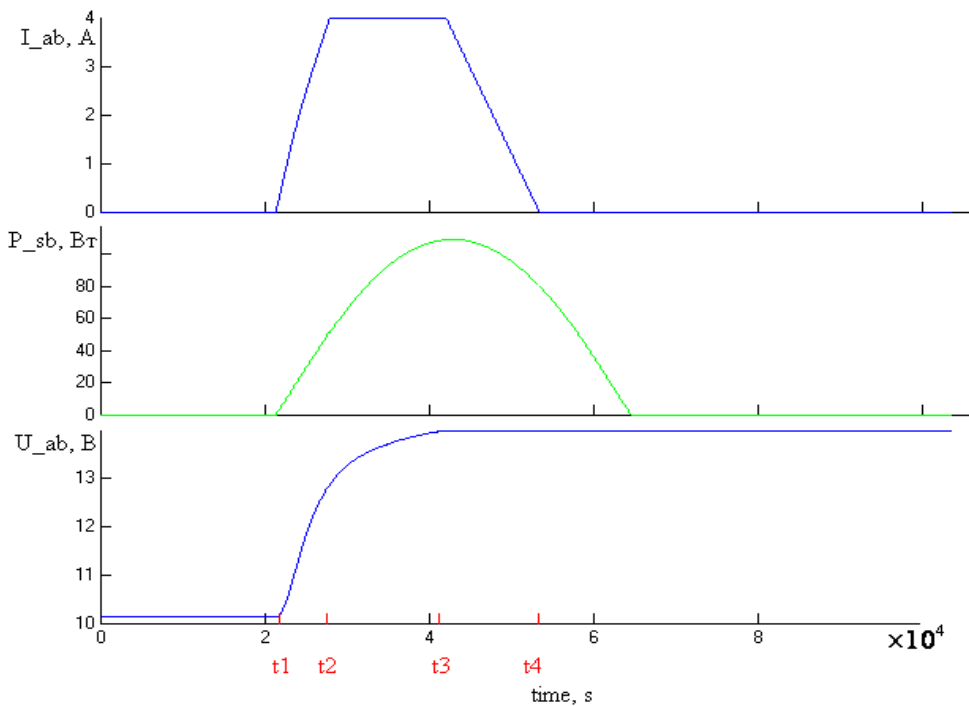


Рис. 3. Временные диаграммы, поясняющие работу модели

На временных диаграммах I_{ab} , P_{sb} и U_{ab} показаны ток АБ, мощность СБ и напряжение на выходе

АБ соответственно. На временных диаграммах видно, что на интервале времени $[0; t_1]$ мощность СБ равна

нулю. Ток АБ также равен нулю, и заряда АБ не происходит. Начиная с момента времени t_1 СБ начинает генерировать мощность. С ростом мощности СБ растет ток заряда АБ. На интервале времени $[t_1 \div t_2]$ система работает в режиме экстремального регулирования. В момент времени t_2 ток заряда АБ достигает задаваемого уровня ограничения, поэтому на интервале $[t_2 \div t_3]$ контроллер заряжает АБ постоянным током. В момент времени t_3 напряжение АБ достигает максимально допустимой величины, поэтому на интервале $[t_3 \div t_4]$ контроллер заряжает АБ падающим током. К моменту времени t_4 ток АБ становится равным нулю, следовательно, заряд АБ прекращается.

Поскольку в данной модели нагрузка отсутствует, и, следовательно, ток нагрузки равен нулю, в тестировании не рассмотрен режим разряда АБ.

Таким образом, убеждаемся, что модель функционирует в соответствии с алгоритмами, оговоренными в постановке задачи.

Разработана модель контроллера солнечной батареи с использованием функциональных блоков в программном пакете автоматизированного проектирования MATLAB 7.9. Она обеспечивает возможность задавать ток заряда аккумуляторной батареи в трех режимах работы: экстремального регулирования, заряда аккумуляторной батареи постоянным током и заряда аккумуляторной батареи падающим током, что подтверждают результаты тестирования.

Эта модель контроллера может быть использована в составе моделей систем электропитания для решения задач, связанных с обеспечением энергобаланса и отработки алгоритмов управления в таких системах.

Библиографические ссылки

1. Источники энергии систем электроснабжения космических аппаратов / М. В. Лукьяненко и др. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008.
2. Иванчура В. И., Чубарь А. В., Пост С. С. Энергетические модели элементов автономных систем электропитания // Научный журнал СФУ. Секция «Техника и технология». 2012. Т. 5. № 2. С. 179–190.
3. Implementgenericbatterymodel [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mathworks.com/help/physmod/powersys/ref/battery.html>.
4. Пост С. С., Краснобаев Ю. В., Чубарь А. В. Разработка и исследование энергетических моделей импульсных стабилизаторов напряжения // Вестник СибГАУ. 2012. № 1 (41). С. 48–52.
5. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, Simulink и SimPower Systems. М. : ДМК Пресс ; СПб. : Питер, 2008.
6. Культин Н. Б. С++ в задачах и примерах. СПб. : БХВ-Петербург, 2006.

© Иванчура В. И., Краснобаев Ю. В., Чубарь А. В., Пост С. С., 2013

УДК 669.713.7

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ» КОНСТРУКЦИЙ ФОРМО- И РАЗМЕРОСТАБИЛЬНЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Н. Лихачев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
190005, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1. E-mail: alikhachev@yandex.ru

Представлены методологические аспекты, лежащие в основе создания «интеллектуальных» конструкций (ИК) на основе диэлектрических полимерных материалов, применяемых в системах космических аппаратов для обеспечения их формо- и размеростабильности. Рассматриваются вопросы математического моделирования таких систем, а также подходы, связанные с экспериментальными исследованиями таких систем. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований таких материалов и систем, позволяющих осуществлять проектировочный анализ таких систем

Ключевые слова: «интеллектуальная» конструкция, эластичные диэлектрические материалы.

FEATURE OF DEVELOPMENT OF “INTELLIGENT” CONSTRUCTIONS OF SHAPE- AND DIMENSION-STABLE STRUCTURES OF SPACE VEHICLES FROM DIELECTRIC POLYMER MATERIALS

A. N. Likhachev

Baltic State Technical University “VOENMEKh” named after D. F. Ustinov
1 1-ya Krasnoarmeyskaya street, Saint-Petersburg, Russia, 190005. E-mail: alikhachev@yandex.ru

The paper presents methodology aspects which are the basis for development and design of “intelligent” shape- and dimension- stable structures of space vehicles, made from dielectric polymer materials. Problems of mathematical simulation