

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2018г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«МЕТОДИКА РАСЧЁТА ЭНЕРГОБАЛАНСА СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА»

Тема

27.04.03 «Системный анализ и управление»

код и наименование направления

27.04.03.06 «Основы проектирования космических аппаратов»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	профессор МБК ПФиКТ д-р техн. наук	<u>В.Е. Чеботарев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Н. А. Кузьмина</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	инженер-конструктор АО «ИСС» канд. техн. наук	<u>В.Р. Боев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>Е.С. Сидорова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1 Анализ принципов построения и средств автоматики систем энергоснабжения космических аппаратов.....	7
1.1 Обзор принципов построения и особенности функционирования существующих систем энергоснабжения.....	7
1.2 Средства автоматики системы энергоснабжения.....	17
1.3 Требования к системе электропитания космического аппарата.....	25
1.4 Постановка задачи.....	27
2 Разработка математической модели системы энергоснабжения.....	29
2.1 Математическая модель солнечной батареи спутника.....	29
2.2 Математическая модель аккумуляторной батареи спутника.....	34
2.3 Математическая модель зарядно-разрядного устройства спутника.....	43
3 Моделирование энергобаланса космического аппарата.....	50
3.1 Состав моделей для оценки энергобаланса на борту космического аппарата.....	50
3.2 Исходные данные для расчета имитационного моделирования.....	51
3.3 Алгоритмы для оценки энергобаланса.....	55
3.4 Определение длительности витка и тени на расчетном витке.....	60
3.5 Расчет необходимой мощности и емкости фотоэлектрической и фотохимической батарей.....	63
3.5.1 Расчет необходимой мощности и емкости батарей на конец ресурса.....	63
3.5.2 Расчет необходимой мощности емкости батарей на начало ресурса.....	76
4 Разработка упрощенной модели расчета энергобаланса космического аппарата.....	76
Заключение.....	83
Список сокращений.....	85
Список использованных источников.....	86

[Изъято 1-4 главы]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система энергоснабжения КА является основным источником электропитания аппаратуры жизнеобеспечения КА и полезной нагрузки, а также основной частью при расчете энергобаланса КА.

Система электропитания космических аппаратов включает аккумуляторную батарею, размещенную внутри космического аппарата, солнечную батарею, размещенную на космическом аппарате, при этом электрическая связь солнечной батареи с аккумуляторной батареей осуществляется через микромеханические блокирующие модули, входящие в состав солнечной батареи космического аппарата и размещенные на космическом аппарате. Каждый микромеханический блокирующий модуль содержит подложку, расположенные на ней входную и выходную коммутируемые шины с контактными группами и расположенное на подложке коммутирующее устройство в виде подвижных термомеханических актюаторов, выполненных по крайней мере из двух слоев с различными коэффициентами термического расширения, при этом коэффициент термического расширения слоев указанных термомеханических актюаторов, обращенных к подложке, меньше коэффициента термического расширения внешних слоев данных актюаторов, а один из слоев подвижных термомеханических актюаторов обладает обратимой памятью формы, причем указанные актюаторы выполнены с возможностью при увеличении температуры за счет поглощения падающего ИК-излучения находиться в замкнутом состоянии, а при уменьшении температуры за счет потерь тепла ИК-излучением находиться в разомкнутом состоянии.

В магистерской диссертации были исследованы современные системы энергоснабжения космических аппаратов, проведен сравнительный анализ этих систем и сформулировано обоснование разработки имитационной модели системы энергоснабжения спутника.

Разработанная имитационная модель позволяет отследить изменение

основных параметров системы энергоснабжения при движении КА по орбите таких как, выходная мощность солнечных батарей, ёмкость, уровень заряда, напряжение аккумуляторных батарей и т.д.

В ходе исследования были решены следующие задачи:

- проанализированы принципы построения и средства автоматизации систем энергоснабжения космических аппаратов;

- разработана математическая модель системы энергоснабжения спутника и ее компонентов;

- разработаны алгоритмы работы компонентов системы энергоснабжения.

Тестирование полученных результатов было проведено путем расчет системы электропитания для спутника, предназначенного для наблюдения за Солнцем.

Разработана система электропитания спутника, рассчитаны параметры батареи, ее ВАХ и КПД.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АБ- аккумуляторная батарея;
- БСУ- бортовая система управления;
- БФ- батарея фотоэлектрическая;
- БХ- батарея химическая;
- ВАХ- вольт-амперная характеристика;
- ЗУ- зарядное устройство;
- КА- космический аппарат;
- КПД- коэффициент полезного действия;
- КЭУ- космические энергоустановки;
- НКУ- наземный комплекс управления;
- ОН- ограничения нагрузки;
- РН- регулятор напряжения;
- РУ- разрядное устройство;
- СБ- солнечная батарея;
- СН- стабилизатор напряжения;
- СЭС- система электроснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

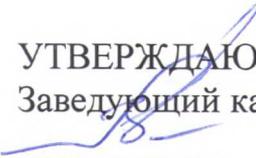
- 1 Аксенов, Е.П. Теория движения искусственных спутников земли: / Е.П. Аксенов. - Москва: «Наука». Гл. ред физ. - мат. лит., 1977. - 360 с.
- 2 Афанасьев, В.А. Экспериментальная отработка летательных космических аппаратов: / В.А. Афанасьев, В.С. Барсуков, М.Я. Гофин, Ю.В. Захаров, А.Н. Стрельченко, Н.П. Шалунов. // Под редакцией Н.В. Холодкова-Москва: Изд-во МАИ, 1994. - 412 с.
- 3 Белан, Н.В. Бортовые энергосистемы космических аппаратов на основе солнечных и химических батарей. Ч.1. :учеб.пособие. /Н.В. Белан, К.В. Безручко, В.Б. Елисеев, В.В. Ковалевский, В.А. Летин, А.Н. Федоровский.- Харьков: ХАИ, 1992. - 375 с.
- 4 Бровкин, А.Г. Бортовые системы управления космическими аппаратами: учеб.пособие / А.Г. Бровкин, Б.Г. Бурдыгов, С.В. Гордийко и др. // Под редакцией А.С. Сырова - Москва: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. – 304 с.: ил.
- 5 Гущин, В.Н. Системы энергопитания. Основы устройства космических аппаратов: Учебник для вузов / В.Н. Гущин. - Москва: Машиностроение, 2003. -272 с.
- 6 Гэтланд, К. Космическая техника / К. Гэтланд, М. Шарп, Д. Скиннер, Ч. Вик, Т Пирард, Д. Дулинг, А. Шнапф, Н. Джонсон, Д. Вудс, Р. Льюис, Б. Белицкий, Р. Паркинсон, А. Бонд А. - Москва: «Мир», 1986.- 295 с.
- 7 Козлов, Д.И. Конструирование автоматических космических аппаратов / Д.И. Козлов, Г.П. Аншаков, В.Ф. Агарков и др. Под ред. Д.И. Козлова. - Москва: Машиностроение, 1996. - 448 с.
- 8 Кузьмина Н.А. Система энергоснабжения космического аппарата / Н.А. Кузьмина // Решетневские чтения, 2017. – № 21-1. - с. 274-276.
- 9 Куренков, В. И. Основы устройства и моделирования целевого функционирования космических аппаратов наблюдения: учеб.пособие / В. И. Куренков, В. В. Салмин, Б. А. Абрамов. - Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2006. - 296 с.

- 10 Петровичев, М.А. Система энергоснабжения бортового комплекса космических аппаратов: учеб. пособие / М.А. Петровичев, А.С. Гуртов. - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. - 88 с.
- 11 Раушенбах, Г. Справочник по проектированию солнечных батарей: Пер. с англ. / Г. Раушенбах. - Москва: «Энергоатомиздат», 1983. - 360 с.
- 12 Соустин, Б.П. Системы электропитания космических аппаратов / Б.П. Соустин, В.И. Иванчура, А.И. Чернышев, Ш.Н. Исляев. - Новосибирск: Наука, 1994. - 318 с.
- 13 Феодосьев, В. В. Основы техники ракетного полета / В. В. Феодосьев. - Москва: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1979. - 496 с.
- 14 Хрусталева, Д.А. Аккумуляторы / Д.А. Хрусталева - Москва: Изумруд, 2003. - 224 с.
- 15 Чеботарев В.Е., Косенко В.Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения : учеб. пособие / В.Е. Чеботарев, В.Е. Косенко. — Красноярск: СибГАУ, 2011. — 488 с.
- 16 Чеботарев В.Е., Кузьмина Н.А. Математическая модель движения наноспутника на солнечно-синхронной круговой орбите / В.Е. Чеботарев, Н.А. Кузьмина // Инновации в науке: научный журнал. – № 3(64). – Новосибирск, Изд. АНС «СибАК», 2017. – с. 38-41.
- 17 Шаповалова К.И., Кузьмина Н.А. Формирование модели выбора метода управления космическим аппаратом / К.И. Шаповалова, Н.А. Кузьмина // Решетневские чтения, 2017. – № 21-1. - с. 284-285.
- 18 Шиняков, Ю.А. Эффективность использования солнечных батарей в автономных системах электроснабжения / Ю.А. Шиняков Проблемы комплексного проектирования и испытаний энергетических устройств космических аппаратов. – Куйбышев, 1986. – Вып. 3.4.1. – с. 58-59.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« 19 » « 06 » 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

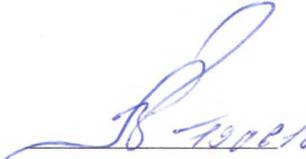
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭНЕРГОБАЛАНСА СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

тема

27.04.03 «Системный анализ и управление»
код и наименование направления

27.04.03.06 «Основы проектирования космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель


подпись, дата

профессор МБК
ПФикТ д-р техн. наук
должность, ученая
степень

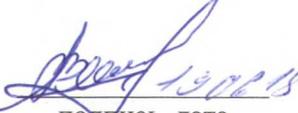
В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Н.А. Кузьмина
инициалы, фамилия

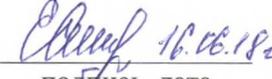
Рецензент


подпись, дата

инженер-
конструктор, канд.
техн. наук
должность, ученая
степень

В.Р. Боев
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

Е.С. Сидорова
инициалы, фамилия

Красноярск 2018