

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Осипова Александра Владимировича на диссертацию Севостьянова Никиты Алексеевича
«Модульная система электроснабжения космического аппарата с распределённым управлением»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Развитие телекоммуникационных систем, систем связи и интернета вынуждает космическую отрасль к переходу от индивидуального проектирования космических аппаратов (КА) к их массовому конвейерному производству. Для этого все компоненты КА, включая систему электроснабжения (СЭС), должны проектироваться с учетом унификации и возможности масштабирования, что требует пересмотра подходов к построению системы управления силовыми преобразователями. В частности возникает задача разработки системы управления с распределённой архитектурой, позволяющей существенно повысить гибкость проектирования без потери качества выходного напряжения. Поэтому актуальность диссертационной работы Н.А. Севостьянова, посвященной исследованию динамических показателей качества выходного напряжения СЭС КА с иерархической распределённой системой управления не вызывает сомнений и является важной научной задачей.

2. Научная новизна диссертационной работы

В процессе выполнения диссертационной работы автором получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

- установлена причина низкого качества выходного напряжения СЭС КА с распределённой системой управления, заключающаяся в том, что из-за мягкой внешней характеристики, необходимой для равномерного токораспределения, импеданс общей шины превышает общий коэффициент статизма;
- выполнен параметрический синтез регулятора выходного напряжения СЭС КА с тремя степенями свободы, что позволило получить разное быстродействие системы управления при регулировании выходного напряжения и контроле статизма и таким образом снизить импеданс общей шины ниже общего коэффициента статизма;
- разработана структура многовходового обобщённого интегратора, которая отличается возможностью задания индивидуального фазового сдвига для каждого входного воздействия на собственной частоте, что позволяет снизить уровень пульсаций напряжения на общей шине при сохранении устойчивости системы;

- предложен метод частотно-избирательного распределения токов силовых модулей СЭС КА, основанный на регулировании модуля выходного импеданса модулей на собственной частоте многовходового обобщённого интегратора с использованием дополнительной цепи отрицательной обратной связи с током нагрузки, что позволяет распределять гармоники тока между силовыми модулями в заданной пропорции.

3. Практическая ценность диссертационной работы

Практическая ценность диссертационной работы заключается в разработке:

- методики параметрического синтеза иерархической распределённой системы управления СЭС КА на основе регулятора с тремя степенями свободы, позволяющей определить параметры системы управления исходя из требований к импедансу общей шины и запасам устойчивости;
- программной реализации регулятора с тремя степенями свободы и многовходового обобщённого интегратора с использованием метода дискретизации по трапециям и алгоритма компенсационного суммирования Кэхэна, которая может быть использована в программном обеспечении микропроцессорных систем управления СЭС КА;
- лабораторного образца СЭС 100 В/250 Вт, реализованного на основе двух параллельно соединённых по выходной общей шине неизолированных двухтактных преобразователей, который был использован для экспериментальной верификации положений диссертации.

4. Степень обоснованности и достоверность научных результатов

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается корректным применением математических методов, адекватность моделей подтверждена экспериментальными испытаниями, сходимостью результатов теоретических расчётов с результатами физических экспериментов.

5. Объем и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключение, списка терминов, списка литературы и 4 приложений. Полный объём диссертации составляет 123 страницы, 39 рисунков и 2 таблицы. Список литературы содержит 131 наименование.

Во введении обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна и практическая ценность, приведены сведения об апробации, публикациях, личном вкладе автора.

В первой главе приведена аналитическая часть диссертационной работы, обосновывающая выбор цели, объекта, предмета и методов исследования. В главе содержатся литературные обзоры, посвященные архитектурам систем управления модульными СЭС КА и требованиям к качеству напряжения выходной шины.

Во второй главе проведен синтез распределённой системы управления СЭС КА. Разработаны математические модели силовых модулей системы электроснабжения, произведен синтез контуров регулирования выходных токов силовых модулей, выходных напряжений и синтез контура стабилизации напряжения общей шины.

В третьей главе проведена серия экспериментов, целью которых является верификация научных положений диссертационной работы и оценка повышения качества напряжения СЭС КА.

В заключении приводятся основные выводы и результаты, полученные в диссертационной работе.

Автореферат достаточно полно отражает основные положения диссертационного исследования.

6. Публикации и апробация результатов работы

Основные результаты по теме диссертации изложены в 15 печатных работах, из которых 3 опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК, 2 в периодических научных журналах, индексируемых в базах WoS и Scopus, 10 в тезисах докладов конференций различного уровня.

7. Замечания по диссертационной работе

По диссертации необходимо отметить несколько замечаний:

1. В заключении диссертационной работы следовало обобщить количественные оценки достигнутых результатов, возможно сравнить их результатами других авторов
2. Непонятно насколько выдвинутый в работе тезис ограничения импеданса общим коэффициентом статизма актуален для канала преобразования энергии солнечных батарей. Стабилизация напряжения в этом случае осуществляется дискретно-непрерывным регулированием, и в этом случае нет проблемы равномерного токораспределения, соответственно отсутствует необходимость поиска компромисса между качеством напряжения и равномерностью токораспределения.
3. «...а $(N+1)$ -й шунтовой регулятор модулируется частотно-широтным методом в пределах соседних пороговых уровней...» (стр. 33), для чего применяется более сложный частотно-широтный метод, если достаточно широтно-импульсного регулирования на постоянной частоте?
4. Была бы интересна оценка влияния предложенных подходов на массогабаритные параметры сглаживающего фильтра выходной шины.
5. В определении предмета исследования присутствует фраза: «...форма модуля импеданса...» не понятно, что имеется в виду.

Заключение

Диссертация Севостьянова Никиты Алексеевича «Модульная система электроснабжения космического аппарата с распределённым управлением» является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи повышения технических характеристик систем электроснабжения космических аппаратов. Считаю, что по актуальности, научной новизне, практической и теоретической значимости диссертационная работа Севостьянова Н.А. соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024 года), а её автор Севостьянов Никита Алексеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент,

Доцент кафедры промышленной электроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», доктор технических наук (специальность: 05.09.12 - Силовая электроника)

Осипов Александр Владимирович

09 2024 г.

Подпись Осипова А.В. зав
Ученый секретарь ТУСУР

/ Е.В. Прокопчук /

09 2024 г.

Почтовый адрес: 634050, Рос
область, г. Томск, пр. Ленина
ФГАОУ ВО «Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники»

телефон: +7 (3822) 51-05-30

эл. адрес: oav@ie.tusur.ru

Отзыв получен 01.10.2024 / Рыбко МА /
с отзывом ознакомлен 07.10.2024 / Севостьянов Н.А.