

ОТЗЫВ

официального оппонента Жусубалиева Жаныбая Турсунбаевича на диссертационную работу Козлова Романа Викторовича «Оптимизация энергомассовых характеристик системы электропитания геостационарного космического аппарата», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Актуальность темы диссертации

Одно из важных направлений совершенствования систем электроснабжения геостационарных космических аппаратов (КА) – это повышение удельной мощности источников питания. Поэтому тема диссертационной работы Р.В. Козлова является актуальной и практически важной. В современных системах электропитания геостационарных космических аппаратов применяется энергопреобразующая аппаратура, структура которой может быть параллельной или последовательно-параллельной. Такая структура системы энергоснабжения усложняет задачу повышения ее удельной мощности. В диссертации автор предлагает комплексный подход к решению этой задачи, который включает:

- разработку системы электропитания модульного типа (см. рис. 1.5, стр.19), силовая часть которой выполнена на базе регулируемых мостовых резонансных преобразователей;
- алгоритм параметрической оптимизации, обеспечивающий достижение требуемых энергомассовых характеристик системы энергоснабжения.

Новизна научных результатов диссертационной работы, на мой взгляд, состоит в следующем:

1. Предложена система электропитания модульной структуры, построенная на основе мостовых резонансных инверторов с гальванической развязкой источников и накопителей электрической энергии от нагрузки, позволяющая улучшить ее энергомассовые характеристики.

2. Предложен алгоритм расчета слагаемых целевой функции, необходимый для выполнения оптимизационных расчетов параметров системы электропитания КА.

3. Разработана методика параметрической оптимизации системы электроснабжения, обеспечивающая достижение требуемой удельной мощности в заданном диапазоне изменения количества последовательно соединенных фотопреобразователей солнечной батареи и аккумуляторов.

Практическая значимость результатов заключается в следующем:

а) создана вычислительная программа в пакете Matlab Simulink для расчета энергетического баланса КА и оптимизации энергомассовых характеристик системы электропитания модульной структуры;

б) получены расчетные значения количества последовательно соединенных аккумуляторов и фотопреобразователей, удовлетворяющие требованию положительного энергетического баланса геостационарного КА и обеспечивающие решение задачи повышения удельной мощности.

Результаты диссертационной работы использованы при разработке систем электропитания геостационарного КА в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ АО «Информационные спутниковые системы» (г. Железногорск) (см. акты о внедрении).

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации определяется применением апробированных методов расчета удельной мощности системы электропитания и энергетического баланса космического аппарата, а также достаточной для практики степенью близости теоретических результатов с экспериментальными данными, полученными при испытаниях реальных образцов составных частей систем электропитания на предприятиях АО «НПЦ «Полюс» (г. Томск) и АО «ИСС» (г. Железногорск).

Достоинством представленной работы, как отмечалось ранее, является целостный подход к решаемой задаче, включающий:

– разработку системы электропитания модульной структуры, новизна технических решений подтверждена патентами РФ;

– разработку методики и алгоритма параметрической оптимизации, что позволяет обеспечить требуемую удельную мощность системы энергоснабжения космического аппарата.

Теоретическая и экспериментальная части диссертации хорошо сбалансированы, материал изложен убедительно, интересно, что говорит о высокой квалификации автора. Результаты работы внедрены в промышленность (имеются акты о внедрении), а также опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, и патентах РФ на изобретения.

Замечания по диссертационной работе

У меня сложилось очень хорошее впечатление от представленной работы. Действительно автором решена актуальная практическая задача, однако есть следующие замечания по работе.

1. Глава 3. Рассмотрим описание подхода к решению задач оптимизации (стр.101-102). Переход от функции (3.24) к (3.27) сделан правильно. В результате этого автор получает скалярную функцию целочисленного аргумента (3.27). Обозначим ее через $F(n)$:

$$F(n) = a + \frac{b}{n} + c \cdot n.$$

Здесь n – количество проводов, например, с площадью поперечного сечения $0,2 \text{ мм}^2$ (см. стр.102); коэффициенты a, b, c определяются параметрами солнечной батареи и бортовой кабельной сети.

Задача заключается в нахождении такого целого n , для которого, например, функция $F(n)$ принимает минимальное/максимальное значение. Автор предлагает удивительное по оригинальности решение.

В частности, записывается необходимое условие экстремума функции целочисленного аргумента (см. далее (3.28) и (3.36)) следующим образом: автор берет производную по n и получает уравнение для стационарной точки, приравняв производную к нулю. Далее утверждается, что решение задачи экстремума - это корень полученного уравнения. Это неверно.

Условия (3.28) и (3.36) можно записывать только для функций непрерывного аргумента. Однако из описания алгоритма, видно, что автор делает именно это, т.е. в условиях (3.28) и (3.36) считается, что n - это непрерывная переменная.

Тогда функции, стоящие под знаком производной в (3.28) и (3.36), следовало первоначально переписать, заменив целочисленную переменную n на непрерывную x . Далее, на основе классического подхода, рассматривать производную полученной функции по x и определить стационарную точку x^* . Наконец, необходимо проверить выполнение достаточных условий того, что x^* - точка минимума/максимума.

Тогда, в качестве решения задачи можно выбрать наименьшее целое число, не превышающее x^* (целая часть x^*), или округлить x^* до ближайшего целого (см., например, (3.39)). Но правомерность такого подхода надо как-то доказывать. Видимо в качестве доказательства и приводятся графики целевых функций на рис.3.2-3.4, рис.3.6 и рис. 3.8 (см. также главу 4).

2. На мой взгляд, диссертация перегружена «терминологическим жаргоном», например, употребляется термин «конвертер», вместо преобразователя. «Конвертер» происходит от английского слова “converter”, что в переводе на русский означает «преобразователь». В теории оптимизации линии, изображенные на рис.3.4 и рис.3.16, называются линиями (поверхностями) уровня, а не «изолиниями» и т.д.

3. В работе слишком много специфических аббревиатур, которые запутывает читателя. Хотя в конце диссертации автор приводит список сокращений, но это несколько не облегчает чтение работы.

Заключение

Диссертационная работа Козлова Романа Викторовича является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и на высоком научном уровне. Результаты являются достоверными, имеют научную новизну и практическую ценность. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. Автореферат соответствует диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Козлова Романа Викторовича удовлетворяет требованиям «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете» (приказ Томского политехнического университета № 66/од от 28 августа 2019г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Соискатель Р.В. Козлов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры вычислительной техники
Юго-Западного государственного
университета.



Ж.Т. Жусубалиев

Почтовый адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94,
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный
университет» (ФГБОУ ВО ЮЗГУ, <https://swsu.ru>), кафедра вычислительной
техники, Жусубалиев Жаныбай Турсунбаевич. Тел.: 8 (4712) 22-26-65;
E-mail: zhanybai@gmail.com

Я, Жусубалиев Жаныбай Турсунбаевич, даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Ж.Т. Жусубалиев

Л.Н. Авертеев 5

28.10.2021₂