

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию работу Брянцева Андрея Анатольевича «Разработка и исследование микропроцессорного имитатора литий-ионной аккумуляторной батареи космического аппарата», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Актуальность темы диссертации

В качестве источников электрической энергии для космических аппаратов применяются солнечные батареи. Для накопления электрической энергии в системах электроснабжения используют литий-ионные аккумуляторные батареи, которые составляют основу современных систем автономного электроснабжения космических аппаратов.

Проведение наземных проверок и испытаний аппаратуры бортового питания космических аппаратов требует создания специализированных имитаторов аккумуляторных батарей, из-за того, что выпускаемые промышленностью аккумуляторные батареи не снабжены средствами для их наземных испытаний, контроля и диагностики. Так, например, к числу важных характеристик имитаторов относятся мгновенное нарастание и спад зарядного и разрядного токов, скорость воспроизведения напряжения на зажимах аккумулятора в реверсивном режиме. Кроме того, обеспечение высокого быстродействия по току и точности воспроизведения напряжения имитаторов аккумуляторных батарей при переходе от режима заряда в режим разряда и наоборот является трудной задачей. Возникают сложности и при имитации датчиков температуры.

Успешность выполнения наземных испытаний во многом зависит от качества воспроизведения характеристик аккумуляторов и уровня автоматизации процесса тестирования. Поэтому тема диссертационной работы А.А. Брянцева является актуальной и практически значимой.

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

1. Создана математическая модель литий-ионного аккумулятора, учитывающая изменяемую во времени ЭДС, поляризационную составляющую внутреннего сопротивления и позволяющая выполнить анализ зависимости выходного напряжения от емкости конденсатора, как в статических, так и в динамических режимах.

2. Разработан алгоритм расчета характеристик литий-ионного аккумулятора, повышающий точность воспроизведения зависимости выходного напряжения от емкости за счет введения эмпирических коэффициентов, определенных экспериментально при приемо-сдаточных испытаниях.

3. Предложена имитационная модель аккумуляторной батареи, включающая модели аккумуляторов, байпасных переключателей коммутационного типа и датчика температуры, что позволяет достичь требуемого соответствия результатов моделирования с электрическими характеристиками реальной батареи.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

а) создан программный продукт в пакете Matlab Simulink, реализующий имитационную модель аккумуляторной батареи, что позволило исследовать динамические процессы в аккумуляторах с возможностью прогноза изменения их параметров для балансировки, дозаряда или исключения неисправного аккумулятора из состава батареи;

б) разработана программа для контроллера имитатора, позволяющая управлять и контролировать состояния силовой части имитатора аккумуляторных батарей с отображением информации на персональном компьютере в целях автоматизации наземных испытаний;

в) разработан и внедрен в промышленную эксплуатацию имитатор литий-ионной аккумуляторной батареи, обеспечивающий рекуперацию энергии при тестировании в режимах заряда и дозаряда.

Результаты диссертационной работы использованы при разработке имитаторов литий-ионных аккумуляторных батарей для тестирования систем электроснабжения космических аппаратов в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ АО «Научно-производственный центр «Полус» (г. Томск).

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

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы основываются на применении хорошо апробированных математических моделей, тщательном тестировании предложенных методов, а также результатами компьютерного моделирования, проведением экспериментов на макетных и опытно-промышленных образцах, сравнительным анализом полученных результатов и сопоставлением их с известными результатами ранее проводившихся исследований.

Пункты научной новизны, практической ценности работы хорошо аргументированы, подтверждаются апробацией результатов исследований на научных конференциях разного уровня, внедрением результатов диссертации в промышленность, а также публикациями в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, и патентами РФ на изобретения.

Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации и автореферате, на мой взгляд, автор злоупотребляет аббревиатурами. В одном предложении их пять, а то и более. Такое может позволить себе только гений. Правда, очень тяжело читать. Аббревиатуры не только портят язык, но и затрудняют восприятие материала, вносят много путаницы.

2. Видимо в формуле (2.11) опечатка. Автор забыл дописать в левую часть равенства $U_p(t_0)$, т.е. должно быть:

$$U_p(t) - U_p(t_0) = \int_{t_0}^t \left(\frac{i(s)}{C(s)} - \frac{U(s)}{\tau_{(it)}(s)} \right) ds.$$

А потом далее после (2.19) (стр. 35) пишет, что уравнения (2.19) «позволяют получить новую модифицированную модель ЛИА». Непонятно, в чем состоит новизна модели. Задача, как я понимаю, сводится к элементарному действию: найти решение задачи Коши для линейного дифференциального уравнения в (2.19) и подставить полученное решение в выражение для выходного напряжения $U_{вых}(t)$. Решение находится аналитически, поскольку $i(t)$ заданная кусочно-линейная функция (см. рис. 2.13(б) – 2.16(б)). Или автор имеет в виду нечто другое?

3. Было бы желательно разъяснить, каким образом имитируется датчик температуры, привести схему имитатора датчика и его точностные характеристики, указав, что это или известное техническое решение, или разработка автора.

4. Название параграфа 2.2 «Алгоритм определения параметров динамической модели литий-ионного аккумулятора...» не соответствует содержанию. Здесь мы видим только блок-схему (рис.2.3), перечисление того, в каком блоке что вычисляется и два-три предложения о том, что показано на этом рисунке. В изложении результатов главы какая-то путаница в понятиях «параметры» и «переменные» модели.

5. Не совсем ясно, как оценивалась адекватность (степень близости) результатов расчета выходного напряжения по формуле (2.19) экспериментальным данным. Я имею в виду, что есть же стандартные методики оценки адекватности.

6. Замечание по ссылкам на зарубежные публикации. Автор в основном цитирует работы в трудах конференций и в журналах открытого доступа, причем 5-10-летней давности. Очень мало ссылок на свежие работы, опубликованные в ведущих высокорейтинговых и специализированных журналах, например, издательств IEEE, Elsevier. Это создает трудности в оценке актуальности темы, новизны результатов работы.

Однако, отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Брянцева А. А.

Заключение

Диссертационная работа Брянцева Андрея Анатольевича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему и на высоком научном уровне. Работа содержит достаточно обоснованные положения и выводы, результаты являются достоверными, имеют научную новизну и практическую значимость. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы (пункты 1 и 3). Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Брянцева Андрея Анатольевича удовлетворяет требованиям пп. 8-9 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете» (в редакции приказа Томского политехнического университета № 66/од от 28 августа 2019 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а Брянцев А. А. заслуживает присуждение 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

30.09.2021

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
профессор
кафедры вычислительной техники

Жусубалиев
Жусубалиев