ОТЗЫВ

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.12 д.т.н., профессора **Гарганеева Александра Георгиевича** на диссертационную 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.

Диссертационная работа **Брянцева Андрея Анатольевича** посвящена рассмотрению **актуальных вопросов** – поиску новых технических решений и алгоритмов в области создания имитаторов литий-ионного аккумулятора (ИЛИА) и батареи (ИЛИАБ) для тестирования энергопреобразующей аппаратуры (ЭПА) систем электропитания (СЭП) космического аппарата (КА). Работа изложена на 159 страницах машинописного текста и содержит 9 таблиц, 63 рисунка и 5 приложений.

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе: 2 публикации в изданиях, входящих в перечень ВАК для диссертаций, 4 патента РФ, 9 публикаций в сборниках материалов научно-технических конференций.

Введение содержит: обоснование актуальности, цель, задачи работы, научную новизну, практическую значимость и апробацию результатов исследования.

В первой главе автором проведен обзор существующих ИЛИАБ отечественных и зарубежных производителей, приведены их основные характеристики, недостатки и достоинства. Рассмотрены методы определения параметров модели ЛИА. Определены требования к алгоритмам определения параметров моделей ЛИА, ЛИАБ к микропроцессорным ИЛИА, ИЛИАБ, которые могут быть использованы при тестировании ЭПА СЭП КА.

Во второй главе рассмотрено построение математической и имитационной моделей ЛИА и ЛИАБ на базе эквивалентных электрических схем замещения, показано введение в модель переменных параметров для повышения адекватности представления процессов, происходящих при различных режимах работы. Приведен способ непосредственного вычисления параметров полученной модели в ходе циклов заряда-разряда ЛИА и ЛИАБ. Выполнено количественное

сравнение характеристик построенной модели ЛИАБ и реальной батареи с алгоритмом определения ее параметров в тестовом режиме.

В третьей главе приведены структурно-функциональная схема ИЛИА и его схемотехническое решение с программной реализацией алгоритма определения параметров модели ЛИА. Выполнена оценка точности представленных методов и алгоритмов путем компьютерного моделирования в среде Matlab. Определена степень влияния погрешностей измерительных устройств на точность работы алгоритмов.

В четвертой главе рассмотрена реализация ИЛИА в режиме заряда, приведена методика определения параметров модели ЛИА в режиме заряда, а также необходимое стендовое оборудование. Кроме того, представлены модифицированные варианты микропроцессорных ИЛИА и ИЛИАБ, раскрывающие потенциал алгоритма определения параметров модели ЛИА.

В заключении приводятся результаты диссертационного исследования.

Наиболее значимые научные результаты диссертации.

1. Разработана математическая модель ЛИА, учитывающая изменяемый характер ЭДС и поляризационной составляющей внутреннего сопротивления аккумулятора, и обеспечивающая исследование зависимости выходного напряжения от емкости в статических и динамических режимах работы.

2. Предложен алгоритм определения параметров модели ЛИА, повышающий точность воспроизведения зависимости выходного напряжения от емкости за счет введения эмпирических коэффициентов, определенных при приемо-сдаточных испытаниях.

3. Разработана имитационная модель ЛИАБ, включающая модели аккумуляторов, байпасных переключателей коммутационного типа, датчика температуры и позволяющая обеспечить максимальное соответствие электрических характеристик реальной батареи.

4. Предложена структура ИЛИАБ, обеспечивающая высокую функциональную эффективность тестирования ЭПА СЭП путем агрегирования требуемого количества ИЛИА.

Практическая значимость диссертации.

1. Создан программный продукт в пакете MatLab Simulink, реализующий имитационную модель ЛИАБ и позволяющий исследовать динамические процессы в аккумуляторах с возможностью прогноза изменения параметров

ЛИАБ при решении задач балансировки, дозаряда или исключения неисправного аккумулятора из состава батареи.

2. Разработана программа работы контроллера ИЛИА, позволяющая осуществить управление, контроль состояния силовой части имитатора с отображением информации на персональном компьютере для решения задач автоматизации процессов при наземных испытаниях ЭПА СЭП КА.

3. Разработан и внедрен в промышленную эксплуатацию имитатор ЛИАБ, обеспечивающий рекуперацию энергии при тестировании ЭПА СЭП в режиме заряда и дозаряда батареи.

Достоверность полученных результатов основана на классических положениях электротехники, силовой электроники, а также подтверждается успешной апробацией моделей и алгоритмов на экспериментальном стенде, подтверждается актами внедрения и испытаний ИЛИАБ.

Замечания по диссертации.

1.Следует пояснить содержание п.1 «Научная новизна»: что автор подразумевает под изменяемым характером ЭДС и поляризационной составляющей ? Не ясно, как меняется «характер» этих физических величин?

2.Что автор подразумевает в п.3 «Научная новизна», заявляя что «АПК и его алгоритмическое обеспечение позволяют с требуемой точностью обеспечить испытания ЭПА СЭП КА»? А, если требуемая точность должна быть весьма высока?

3. Из схемы рис. 3.2 не ясно, как и куда происходит сброс реактивной энергии при коммутации импульсного трансформатора транзисторным ключом в импульсном регуляторе ИР?

4.Как соотносятся между собой функциональная схема ИЛИА (рис. 3.1) и структурно-функциональная схема ИЛИА (рис.3.2)? Также, схема преобразователя напряжения (рис. 3.3)?

Приведенные замечания не снижают научную и практическую ценности диссертационных исследований.

Заключение.

Диссертация Брянцева Андрея Анатольевича соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, является

завершенной научной квалификационной работой, выполнена самостоятельно и на высоком научном уровне.

Диссертационная работа «Разработка и исследование микропроцессорного имитатора литий-ионной аккумуляторной батареи космического аппарата» соответствует требованиям п.п. 8 – 10 нормативного документа «Порядок присуждения ученых степеней Национального исследовательского Томского политехнического университета, (приказ № 66/од от 28 августа 2019 г.)», предъявляемым к защищаемым диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Дополнительный член диссертационного
ДС.ТПУ.12, ФГАОУ ВО НИ ТПУ,
д.т.н., профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ

Гарганеев Александр Георгиевич

«22» октября 2021 г.
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ИШЭ, ОЭЭ
тел. +7
E-mail: tpbalex13@tpu.ru
Подпись Гарганеева А.Г
заверяю:
Ученый секретарь НИ ТПУ
Кулинич Екатерина Александровна