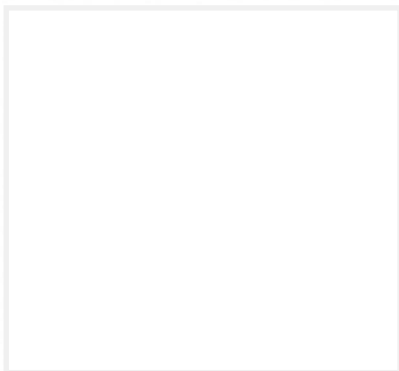


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО
«НИУ «МЭИ»)), доктор технических
наук, профессор



К. Драгунов

2022 г.

Заместителю председателя

диссертационного совета

Д 212.173.04

Харитонову С.А.

Новосибирский
государственный технический
университет

630073, г. Новосибирск,

пр. К. Маркса, 20

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертационную работу Дедова Сергея Игоревича «Повышение энергоэффективности силовой гибридной установки автономного транспортного средства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

1. Актуальность темы исследования

На современном этапе развития автомобильной индустрии установился тренд, направленный на увеличение числа производимых транспортных средств с гибридным и полностью электрическим тяговым приводом. В качестве бортового источника энергии в подавляющем большинстве случаев применяется литий-ионные аккумуляторы, обладающие сроком службы в 5 лет при эксплуатации в рекомендованных производителем режимах. Однако эксплуатация транспортного средства сопряжена с динамическим изменением величины и направления токовой нагрузки, негативно влияющей на срок службы литий-ионного аккумулятора.

Представленная диссертационная работа, посвященная исследованию эффективности использования энергоресурса литий-ионных аккумуляторных батарей и оптимизации режимов работы без ухудшения динамических свойств транспортного средства, является актуальной.

2. Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»:

1. Обоснование совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем»,

2. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления»,

3. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях.

3. Структура и объем диссертации

Диссертационная работа Дедова С.И. содержит введение, четыре главы, заключения, списка литературы из 109 наименований и три приложения. Диссертация имеет объем в 121 страницу, содержит 24 таблицы и 52 рисунка.

Объектом исследования является тяговый привод автономного электротранспортного средства с литий-ионным аккумулятором.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и задачи, новизна основных научных положений, представлена теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе рассмотрен тяговый привод электромобиля как сложная электротехническая система, в котором выделена система накопления энергии, как часть конструкции, требующей внесения оптимизационных решений. Проведен анализ применяемых типов литий-ионных аккумуляторов в качестве блока накопителей электромобиля, из которых выделены наиболее подходящие с позиции технологичности и экономичности. Рассмотрены основные факторы и механизмы деградации литий-ионных аккумуляторов. Показано, что существующих знаний недостаточно, чтобы с достаточной точностью прогнозировать срок службы аккумулятора в системах с динамическим изменением величины и направления потока мощности.

Во второй главе отражен стандартный тест аккумуляторных батарей на ресурс, а также стандартизированные ездовые циклы, используемые для имитации реального движения на дороге. Проведена обработка ездовых циклов с целью выявить наиболее тяжелый, и в то же время наиболее полно описывающий реальный процесс движения. В результате получено, что для исследования рационально использовать стандартизированный цикл WLTC (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle), т.к. его структура позволяет с достаточной точностью имитировать различные режимы движения ЭТС. Проведена статистическая обработка цикла WLTC с позиции

токов, возникающих в одиночной ячейке блока накопителей электромобиля различной энергоемкости. Получено, что существующий тренд, направленный на увеличение снаряжаемой энергоемкости блока накопителей электромобиля, приводит к уменьшению токовой перегрузки в режимах тяги и торможения с целью увеличения срока службы аккумулятора.

В третьей главе представлены разработанный исследовательский комплекс и программа для ЭВМ, позволяющие проводить ресурсные испытания аккумуляторов типоразмера 18650. Комплекс позволяет проводить одновременное тестирование до 10 различных режимов с параллельным проведением опытов на 3-х ячейках. Испытания проводятся по заданной программе без непосредственного участия оператора с записью регистрируемых токов, напряжений и температур ячеек на ПК. Составлен план и проведена серия опытов на основе разработанного полного факторного эксперимента. По результатам ресурсных испытания получено уравнение регрессии, связывающее величину токов в режиме тяги и рекуперации, длительность режима тяги и общую длительность нахождения в работе с уменьшением величины емкости LiFePO_4 аккумулятора.

В четвертой главе предложено схемотехническое решение, основанное на внедрении БНЭ в состав накопительной установки электромобиля для сглаживания токовой нагрузки на LiFePO_4 аккумулятор. Для оценки эффективности гибридного накопительного блока синтезирована модель, имитирующая токовую нагрузку на блок накопителей согласно циклу WLTC. По результатам моделирования получено, что гибридизация блока накопителей позволяет значительно увеличить срок службы LiFePO_4 аккумулятора.

В заключении приведены научные и практические результаты проведенного исследования.

В приложениях приведены сводные результаты полного факторного эксперимента, акт внедрения, а также копия титульного листа свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию диссертации.

4. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научную новизну диссертации составляют следующие результаты:

1. По результатам статистической обработки определен стандартизированный ездовой цикл, наиболее полно учитывающий особенности реального процесса движения транспортного средства с позиций динамики и расхода энергии.

2. На основе обработки результатов многофакторного эксперимента по исследованию энергоресурса LiFePO_4 аккумулятора сформировано уравнение регрессии, связывающее величину изменения емкости с такими факторами, как: величина тока заряда и разряда, длительность режима разряда и общее время нахождения в работе.

3. Разработана имитационная математическая модель тягового привода электротранспортного средства с гибридной накопительной установкой, позволяющая увеличить срок службы LiFePO_4 аккумулятора по сравнению с типовой установкой без изменения нагрузочного профиля.

5. Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

1. Разработан физический исследовательский комплекс, позволяющий на практике провести масштабные многофакторные исследования по определению энергоресурса литий-ионных аккумуляторов при различных нагрузочных режимах.

2. Предложена методика, позволяющая по четырем критериям прогнозировать срок службы литий-ионного аккумулятора.

3. Разработаны рекомендации по повышению ресурса и регулированию режимов работы литий-ионных аккумуляторов в составе тягового привода электромобиля, позволяющие увеличить срок службы без снижения динамических свойств транспортного средства.

4. Синтезирована имитационная математическая модель тягового привода электромобиля с типовой и гибридной накопительной установкой, позволяющая выполнять гибкую настройку параметров исследуемого транспортного средства, нагрузочного профиля, типов применяемых аккумуляторов и их взаимодействия с окружающей средой.

5. Результаты диссертационной работы могут быть использованы для модернизации системы управления батареями, учитывающей данные, полученные в результате тестирования литиевых ячеек, с целью корректировки токовых нагрузок. Предложенное техническое решение позволит увеличить срок службы ЛИА без значительного удорожания и усложнения конструкции накопительной системы.

6. Основные замечания по работе и вопросы

6.1 В цели диссертации заявлено «повышение эффективности использования энергоресурса литий-ионных аккумуляторных», однако в задачах и положениях не сказано о том, какие показатели эффективности рассматривались в работе.

6.2 Выбор диапазона энергоемкостей блока накопителя электромобиля при исследовании токовых нагрузок в одиночной аккумуляторной ячейке принят без обоснования.

6.3 Не совсем понятно, почему для исследования принят LiFePO_4 аккумулятор, несмотря на относительно малую долю современных электромобилей с данным типом источников тока.

6.4 Проводилась ли валидация имитационной математической модели на соответствие с результатами, полученными при тестировании на исследовательском комплексе?

6.5 При имитационном моделировании тягового привода электромобиля с гибридной накопительной установкой не представлено обоснование выбора емкости буферного накопителя энергии.

7. Общее заключение по работе

В целом, диссертация Дедова Сергея Игоревича является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, содержит решения важной научно-технической задачи по эффективному управлению режимами заряда-разряда литий-ионных аккумуляторов в составе тягового привода электромобиля. Полученные результаты достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов и их практического значения.

Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, раскрывает ее научную и практическую значимость. Основные результаты представлены, приведены в 12-ти научных работах, 3 из которых в журналах, рекомендованных ВАК, 7 статей в научных журналах, входящих в систему цитирования «Scopus» и/или «Web of Science», и свидетельстве о госрегистрации программы для ЭВМ.

Диссертация Дедова Сергея Игоревича «Повышение энергоэффективности силовой гибридной установки автономного транспортного средства» соответствует критериям, изложенным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, п. 9, а ее автор, Дедов Сергей Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв обсужден и принят на заседании кафедры электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского университета «МЭИ», протокол № 8/22 от 06.07.2022 г.

Заведующий кафедрой электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Румянцев Михаил Юрьевич

Учёный секретарь кафедры электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
кандидат технических наук,
доцент

Останин Сергей Юрьевич

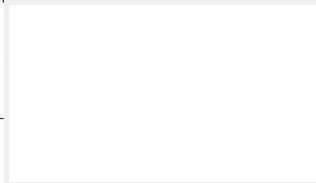
Отзыв получен 25.07.2022
Маз / Дедов М.И.
С отзывом ознакомлен 22.08.2022
Б / Дедов С.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Почтовый адрес: 111250, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1.

Тел. +7 495 362-70-01, E-mail: universe@mpei.ac.ru

Я, Драгунов Виктор Карпович, утвердивший отзыв ведущей организации, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Плотникова Юрия Викторовича, и их дальнейшую обработку.

—  —

В. К. Драгунов