

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Попова Никиты Сергеевича «Повышение энергетической эффективности системы тягового электропривода безрельсового транспортного средства», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

На отзыв предоставлена рукопись диссертационной работы объёмом 148 страниц основного текста, состоящая из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы из 102 наименований, 83 рисунка, 20 таблиц и 1 приложения, а также ее автореферат. Объем и структура диссертации и автореферата соответствуют рекомендациям ВАК РФ и ГОСТ Р 7.011-2011.

Актуальность темы исследования.

Одним из основных факторов, сдерживающих развитие электрического транспорта являются относительно низкие показатели запаса хода таких транспортных средств по сравнению с транспортными средствами, оснащенными двигателями внутреннего сгорания. Рациональным вариантом увеличения запаса хода является повышение энергетической эффективности системы тягового электропривода, что может ускорить темпы внедрения электрического транспорта в различных сферах применения.

Создание современного автономного электротранспорта предполагает использование электромеханических систем, обеспечивающих соответствующие функциональные свойства и характеристики тягового электропривода. В настоящее время интенсивно развиваются технологии производства автомобилей с электрическим приводом и литий-ионными аккумуляторными батареями. Несмотря на большое количество публикаций в этой области и промышленный выпуск электромобилей, имеется ряд нерешенных задач, требующих более внимательного и профессионального решения. В частности, это касается компоновки тяговой системы транспортного средства и алгоритмов оптимального управления его исполнительными электроприводами.

Необходимость улучшения характеристик электропривода «мотор-колесо» с целью повышения ресурса источника энергии и длительности автономного движения транспортного средства обуславливает актуальность темы исследований.

Оценка структуры и содержания работы.

Диссертационная работа имеет логическую и взаимосвязанную структуру. Она хорошо проиллюстрирована и демонстрирует достаточные знания автором вопросов, относящихся к теоретической стороне выполненных исследований и практической реализации технических решений.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель, поставлены задачи исследования, показана научная новизна и практическая ценность выполненных исследований, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе приведен анализ вариантов компоновок тяговой системы колесного транспортного средства и расчет параметров выбранного варианта тяговой системы. Выполнен анализ свойств и характеристик различных типов аккумуляторов, определена методика оценки емкости литий-ионной аккумуляторной батареи. Разработана обобщенная функциональная схема тяговой системы безрельсового транспортного средства.

Второй раздел отражает особенности математического и имитационного моделирования электронного дифференциала полноприводного электромобиля.

Приведены соответствующие математические модели с обоснованием допущений на качественном уровне. Выполнено, на количественном уровне, сравнение эффективности механического и электронного дифференциалов.

В третьем разделе представлена методика синтеза регуляторов для системы стабилизации линейной скорости транспортного средства. Рассматриваются регуляторы на базе классической структуры ПИД – закона регулирования и нечеткой логики. Выполнен анализ режимов работы транспортного средства на основе стандартизированных циклов его движения. Работоспособность предложенных алгоритмов работы регуляторов подтверждена на моделях электропривода «мотор-колесо» и имитаторе транспортного средства. Осуществлена разработка программного обеспечения в программной среде Matlab Simulink для расчета линейной скорости транспортного средства и энергоэффективности тягового электропривода.

В четвертом разделе приводятся результаты экспериментальных исследований предложенных алгоритмов системы управления на разработанном испытательном стенде, имитирующем тяговую систему транспортного средства с бесконтактным двигателем постоянного тока. Показана достаточная сходимость теоретических и экспериментальных данных.

В заключении приведены основные результаты и выводы, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Основные научные выводы и положения подтверждаются аналитическими доказательствами, данными моделирования, полученными в программной среде для математических расчетов Matlab, а также экспериментальными исследованиями на испытательном стенде. Все теоретические достижения аргументированы, результаты исследований логически непротиворечивы и не идут вразрез с базовыми положениями электромеханики.

Научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Научная новизна отражена в имитационных моделях силовой части электропривода колесного транспортного средства, рекомендациях для синтеза регуляторов системы управления электроприводами данного класса средств передвижения, рациональном обосновании схмотехнических решений экспериментального стенда. К научной новизне можно отнести:

- методику синтеза ПИД и нечеткого регулятора системы стабилизации линейной скорости безрельсового транспортного средства с электроприводом постоянного тока с оптимизацией энергопотребления при движении по разработанному испытательному циклу и циклу движения WLTC;
- алгоритм функционирования электронного дифференциала для варианта компоновки транспортного средства с четырьмя «мотор-колесами» на основе бесконтактных двигателей постоянного тока;

Практическую значимость имеют программные модули вычислительной среды моделирования электротехнической системы комплексов и конкретные рекомендации по их проектированию. Ценностью для практического использования является следующее:

- вычислительные программы, реализующие математические модели силовой части электропривода колесного транспортного средства;
- схмотехнические решения и вычислительные программы, обеспечивающие работоспособность автоматизированного испытательного стенда и алгоритмов управления его электрооборудованием.

Значение выводов и рекомендаций для науки и практики.

На основе анализа существующих решений разработан научно обоснованный подход к выбору регуляторов системы управления электропривода колес транспортного средства, обеспечивающих стабилизацию его линейной скорости движения.

На основе исследования моделей разработано алгоритмическое обеспечение для реализации энергоэффективного управления электроприводом с учетом изменения разрядной емкости аккумуляторной батареи.

Предложенные схмотехнические решения для испытательного стенда позволяют получить статистически устойчивые информационные данные при обработке сигналов измерительных датчиков электропривода.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации.

Содержание автореферата полностью отражает текстовый материал диссертационной работы, полученные в ней научные результаты, основные выводы и приведенные рекомендации.

Соответствие содержания диссертации содержанию опубликованных работ.

Работа апробирована на международных и всероссийских научно-практических конференциях. Основные результаты настоящего исследования опубликованы в 16 научных изданиях, 2 из которых в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 3 статьи - в базах международного цитирования Scopus, Web of Science. Защищаемые положения, выводы и рекомендации достаточно полно отражены в публикациях автора.

Соответствие темы диссертации заявленной научной специальности.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы по следующим пунктам:

- структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления, учитывающих особенности эксплуатации электроприводов колесного транспортного средства;
- исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, поскольку в результате теоретических исследований созданы оригинальные технические решения, позволяющие обеспечить энергоэффективность электропривода с источником энергии ограниченной мощности.

По диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. При анализе линейной скорости движения транспортного средства с рассматриваемым электроприводом возникает вопрос об адекватности модели сложного электромеханического объекта с источником энергии ограниченной мощности экспериментальным данным. Неясно – проводились ли какие-либо натурные испытания промышленно выпускаемого автомобиля с электрическим приводом? Кроме того, в работе не отмечены допущения, принятые при разработке имитационной модели транспортного средства.
2. Ресурсные характеристики и работоспособность транспортного средства с автономным источником электропитания во многом определяются емкостью используемой литий-ионной батареи. Оценка остаточной емкости батареи на основе счетчика ампер-часов является неточной и обладает определенными

недостатками. Существуют более точные методы определения емкости и технической годности батареи данного типа, апробированные, например, разработчиками ведущих предприятий в этой области исследований.

3. Из текста диссертации на стр. 61, 62 неясно, как физически на транспортном средстве будет реализована работа датчика линейной скорости (рис. 3.2) и чем способ измерения линейной скорости будет принципиально отличаться от способа измерения датчика угловой скорости.

Заключение.

Диссертационная работа Попова Никиты Сергеевича по теме «Повышение энергетической эффективности системы тягового электропривода безрельсового транспортного средства» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. В этой работе решена важная научно-техническая задача теоретического обоснования эксплуатационной энергоэффективности электропривода колесных пар легкового автомобиля на основе использования бесконтактного электродвигателя постоянного тока, конструктивных решений и цифрового управления импульсным преобразователем с химическим источником тока.

Полученная в ходе диссертационных исследований совокупность оригинальных теоретических и прикладных результатов свидетельствует о достойном вкладе автора в практику моделирования и исследования алгоритмов управления электроприводами с бесконтактными двигателями постоянного тока, эксплуатируемыми в колесных транспортных средствах гражданского назначения.

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, представленная работа соответствует критериям, приведенным в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Попов Никита Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент:

д.т.н., профессор

Букреев Виктор Григорьевич,

профессор отделения электроэнергетики и

электротехники Инженерной школы

энергетики ФГАУ ВО «Национальный

исследовательский Томский

политехнический университет».

Докторская диссертация защищена

по специальности 05.13.06 – Автоматизация

и управление технологическими

процессами и производствами (по

отраслям).

Адрес места основной работы:

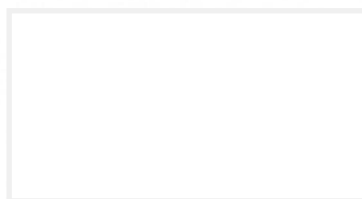
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГАУ ВО

«Национальный исследовательский

Томский политехнический университет»,

рабочий тел.: +7 (3822) 606106, вн. т. 1991

сот. тел.: 9138542196



web-сайт: www.tpu.ru
адрес эл. почты: bukreev@tpu.ru

Подпись В.Г. Букреева заверяю:
Ученый секретарь Ученого совета
Национального исследовательского
Томского политехнического университета.

21 июля 2022 года

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Попова Н.С., исходя из нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК, в том числе на размещение их в сети Интернет на сайте НГТУ, на сайте ВАК в единой информационной системе.

Букреев Виктор Григорьевич

отзыв получен 22.08.2022. *MP / Дубинин МА*
с отзывом ознакомлен 22.08.22 *MP / Попов НС*