

ОТЗЫВ

официального оппонента Татевосяна Андрея Александровича на диссертацию Попова Никиты Сергеевича на тему «Повышение энергетической эффективности системы тягового электропривода безрельсового транспортного средства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы. Увеличение интереса к разработке эффективных систем тягового электропривода связано с возрастающими требованиями к повышению запаса хода транспортного средства. К вариантам достижения высоких показателей тягового электропривода транспортного средства в полной мере можно отнести совершенствование бортовых источников питания и разработку новых алгоритмов систем управления электромеханическими преобразователями. При этом учет взаимосвязи между подсистемами различной физической природы в составе электротехнического комплекса делает задачу повышения энергоэффективности сложной, во многом исследовательской, определяющей условия компоновки тягового электропривода.

Предложенная к рассмотрению диссертация Попова Н.С. посвящена разработке алгоритма управления тяговым электроприводом безрельсового транспортного средства с целью повышения его энергетической эффективности.

Соответствие паспорту специальности. Исследования, выполненные Поповым Н.С., направлены на совершенствование систем управления и повышение эффективности работы тягового электропривода, поэтому диссертация соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. Области исследований: 3. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления. 4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах при разнообразных внешних воздействиях.

Структура диссертации и основные результаты разделов. Основной текст диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 102 наименований, изложенных на 148 страницах. Диссертация содержит 83 рисунка и 20 таблиц, а также приложения на 2 страницах. Общий объем работы составляет 150 страниц.

Во введении обоснована актуальность проблемы, определены объект и направление исследований, оценивается уровень разработанности темы. Сформулированы цель и задачи исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, их научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы.

В первой главе представлено описание существующих вариантов тяговой системы с централизованным приводом, а также тяговой системы на основе мотор-колес. Приведены качественные выходные характеристики двигателя (крутящего момента и скорости), соответствующие различным режимам работы двигателя. Таким образом, определены режимы, которые должны реализовываться

разрабатываемой диссертантом системы управления тяговым электроприводом. Приведен расчет уравнения движения безрельсового транспортного средства с целью предварительного обоснования выбора двигателя. На основе результатов расчета выбран бесколлекторный двигатель постоянного тока с водяным охлаждением.

Решение общей задачи создания тягового электропривода транспортного средства неразрывно связано с выбором бортового источника питания. Представлен сравнительный анализ известных и применяемых в настоящее время накопителей электрической энергии и на его основе сделан вывод о целесообразности применения литий-ионных аккумуляторных батарей.

На основании выводов первой главы диссертантом предложена функциональная схема тяговой системы безрельсового транспортного средства на базе четырех мотор-колес.

Во второй главе приведено описание структурной схемы электронного дифференциала для четырех мотор-колес, определены ее параметры и проведено имитационное моделирование. Выполнен сравнительный анализ КПД двигателя при использовании механического и электронного дифференциалов.

Третья глава посвящена системе стабилизации линейной скорости транспортного средства. Предложена функциональная схема алгоритма стабилизации линейной скорости движения безрельсового транспортного средства с применением ПИД регулятора. Также в диссертации уделено внимание разработке системы для стабилизации линейной скорости транспортного средства на базе алгоритма нечеткой логики. Определена база правил для экспертной системы в блоке нечеткой логики, который выполняет функцию управления режимом работы.

В четвертой главе приведено экспериментальное исследование системы тягового электропривода на испытательном стенде с использованием бесколлекторного двигателя постоянного тока компании Golden Motor НРМ 10-20кW(M). Определены временные зависимости линейной скорости транспортного средства, а также изменения заряда аккумуляторной батареи для различных режимов работы.

В заключении изложены основные выводы по результатам работы.

Новизна исследований и полученных научных результатов заключается в разработке новых и совершенствовании известных способов управления тяговым электроприводом безрельсового транспортного средства. Новые технические решения обусловили необходимость разработки новых математических моделей на стадии предпроектных исследований и экспериментальных испытаний. Новизной обладают алгоритм систем управления с нечетким регулятором и методики экспериментальных исследований рассматриваемого тягового электропривода.

Ценность полученных результатов для науки и практики. Научная ценность работы состоит в разработке алгоритма управления тяговым электроприводом и методики синтеза системы стабилизации линейной скорости транспортного средства; в получении на основании теоретических и экспериментальных исследований рекомендаций по выбору варианта компоновки тяговой системы безрельсового транспортного средства для повышения ее

энергоэффективности. Практическая значимость работы определяется актуальной тематикой в целях повышения эффективности электротранспорта, результаты исследований обладают грантовой поддержкой РФФИ и внедрены в учебный процесс на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФГБОУ ВО НГТУ.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов обеспечены использованием известных в электроприводе подходов к проектированию систем управления, применением методов моделирования, результаты которых подтверждаются соответствием адекватности физическим процессам, протекающим в различных подсистемах привода, и проверены при сопоставлении с данными экспериментальных исследований.

Полнота отражения результатов диссертации в опубликованных работах. Основные результаты опубликованы в 16 научных работах, из них статей, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК РФ – 2, работ в научных изданиях, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science – 3; свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ – 1.

Автореферат отражает содержание диссертации.

По диссертационной работе Н.С. Попова имеются следующие вопросы и замечания:

1. В тексте диссертации на рис. 3.5 представлена схема понижающего преобразователя напряжения, однако не понятно, как данная схема может работать в режиме повышения напряжения (стр. 71). Что понимается под мягкой и жесткой коммутацией?
2. Функциональная схема на рис. 3.2 содержит большое количество регулирующих коэффициентов, однако неясно, каким образом подобраны коэффициенты ПИД регулятора K_p , K_d , K_i .
3. На рис. 3.2 и 3.21 не указаны датчики тока, в связи с этим неясно, каким образом реализуется защита от перегрузки и от коротких замыканий.
4. В функциональной схеме (рис. 3.1) присутствует DC/DC преобразователь, какова его необходимость? Возможно, средств АИН для достижения поставленных целей будет достаточно? Если нет, то почему?
5. В работе используются готовые решения для управления двигателем, однако не представлены результаты экспериментальных испытаний разработанных функциональных схем.
6. В диссертации не приведены параметры нагрузочной машины, выполняющей роль гистерезисного тормоза в составе экспериментального стенда.
7. Имеются замечания по оформлению диссертации, например:
 - на стр. 111 и 113 в ссылке на формулу, по которой рассчитывается значение экономии, отсутствует номер;
 - на рис. 3.6 обозначение индуктивности $L_{DC/DC}$ не соответствует общепринятым правилам;

- на рис. 4.3 представлен внешний вид бесколлекторного двигателя постоянного тока, в то время как ссылка в тексте на указанный рисунок, содержит название «Внешний вид данной установки»;
- на стр. 100 в названии рис. 3.23 приведен некорректный термин «Блок-схема программы алгоритма».

Заключение.

Высказанные замечания не снижают общей значимости диссертационной работы, связанной с разработкой новых алгоритмов управления бесколлекторным двигателем постоянного тока в составе тягового электропривода, а также рекомендаций к компоновке тяговой системы, представляющих собой научно-обоснованные технические и технологические решения, направленные на повышение энергетической эффективности электромеханических преобразователей, работающих в составе электротехнического комплекса. Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» и требованиям пунктов 9-11 и 13 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам соискатель Попов Никита Сергеевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент,
доцент кафедры «Электрическая техника»
ФГАОУ ВО «Омский государственный
технический университет»
кандидат технических наук, доцент

А.А. Татевосян

22.07.2022.

Сведения об оппоненте и организации:

Татевосян Андрей Александрович – доцент кафедры «Электрическая техника» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», кандидат технических наук (05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы), доцент.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет»

644050, г. Омск, проспект Мира, 11

Тел. +7 (381) 265-31-65; Email: aatatevosyan@omgtu.ru

Подпись Татевосяна А.А.
Ученый секретарь учено-

А.Ф. Немцова

Отзыв получен 22.08.2022

М/Д

с отзывом ознакомлен 22.08.22

М/Д