

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.04, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16 сентября 2022 протокол № 8

О присуждении Попову Никите Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение энергетической эффективности системы тягового электропривода безрельсового транспортного средства» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 4 июля 2022 г., протокол № 15, диссертационным советом Д 212.173.04, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Попов Никита Сергеевич, «07» апреля 1995 года рождения. В 2018 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, получив степень магистра техники и технологии по направлению «направлению 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника». В 2022 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению

13.06.01 «Электро- и теплотехника» (профиль: «Электротехнические комплексы и системы»). Работает ассистентом кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Электропривода и автоматизации промышленных установок» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Аносов Владимир Николаевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Электропривода и автоматизации промышленных установок», профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Букреев Виктор Григорьевич, доктор технических наук, профессор, профессор отделения электроэнергетики и электротехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ), г. Томск;

Татевосян Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры "Электрическая техника", декан Энергетического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет», г. Омск;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» («ФГБОУ ВО УрФУ»), г. Екатеринбург, в своем положительном заключении, подписанном Костылевым Алексеем Васильевичем кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Электропривод и автоматизации промышленных установок» и утвержденном

Германенко Александром Викторовичем доктором физико-математических наук, проректором по науке, **указала, что** «диссертация Попова Н.С. на соискание ученой степени кандидата технических наук является самостоятельной, законченной научно-квалифицированной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и внутреннего единства. Ее содержание соответствует паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» и отвечает требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. В соответствии с пунктом 9 «Положения...» работа может быть квалифицирована как решение задачи, имеющей существенное значение для развития методической базы повышения надежности и эффективности промышленных электротехнических систем с тяговым электроприводом. Автор диссертационной работы Попов Никита Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.».

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, в том числе 16 по теме диссертации, из которых 2 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 3 публикации, отмечены в наукометрических системах «Web of Science» и «Scopus», 10 публикаций в прочих изданиях (в том числе в материалах международных и всероссийских конференций). Так же автором получено 1 свидетельство на программу для ЭВМ. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 50%. Общим объемом – 6,38 п.л. Недостоверные сведения в диссертации и опубликованных работах отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Аносов В.Н., Орел Е.О., Попов Н.С. Способы обеспечения безопасности движения автономного электрического транспортного средства = Methods of ensuring safety of autonomous electric vehicles // Вопросы электротехнологии. – 2021. – № 4 (33). – С. 65–73;

2. Кучер Е.С., Блинов А.А., Сидоров Г.С., Попов Н.С. Сигнально-адаптивная система управления асинхронным электроприводом// Электротехника. 2022.– №5. – С. 24–29;

3. Popov N.S., Anibroev V.I., Mosin M.E. Study of processes that cause degradation of lithium-ion batteries // Proceedings of the 3 international youth conference on radio electronics, electrical and power engineering (REEPE), 11–13 March 2021. – Moscow : IEEE, 2021. – Art. 52 (4 p.). - DOI: 10.1109/REEPE51337.2021.9388037;

4. Popov N.S., Anosov V.N., Vilberger M.E., Domakhin E.A., Anibroev V.I., Singizin I.I. Development of autonomous traction system of electric vehicle with electronic differential and fuzzy control system // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. – Vol. 1661 : International Conference on Information Technology in Business and Industry (ITBI 2020), Novosibirsk, 6-8 Apr. 2020. - Art. 012108 (6 p.). - DOI: 10.1088/1742-6596/1661/1/012108;

5. Kucher E.S., Popov N.S., Gryzunova T.V. Synthesis of vector control systems by localization method // Journal of Physics: Conference Series. - 2019. - Vol. 1333 - Art. 042017 (6 p.). - DOI: 10.1088/1742-6596/1333/4/042017;

6. Вильбергер М.Е., Попов Н.С., Мосин М.Е., Аниброев В.И. Изучение процессов, вызывающих деградацию литий-ионных аккумуляторов // Проблемы электроэнергетики и телекоммуникаций севера России : сб. ст. 2 Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф., Сургут, 22–23 апр. 2021 г. – Москва : Знание-М, 2021. – С. 228-235;

7. Ляпин Н. Ю., Попов Н. С., Аниброев В. И. Г. М. Симаков. Обоснование применения мотор-колес в тяговой системе электромобиля // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. 15 Всерос. науч. конф. молодых ученых, посвящ. Году науки и технологий в России, Новосибирск, С. 161–163., 6–10 дек. 2021 г;

8. Красносельский А.А., Аниброев В.И., Попов Н.С., Аносов В.Н. Современные подходы к увеличению запаса хода автономного электрического транспортного средства // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. 15 Всерос. науч. конф. молодых ученых, посвящ. Году науки и технологий в России, Новосибирск, 6–10 дек. 2021 г. : в 10 ч. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2021. – Ч. 5. – С. 152–154;

9. Попов Н.С., Аносов В.Н., М. Е. Вильбергер, Е.А. Домахин Увеличение запаса хода автономного транспортного средства за счет применения алгоритмов нечеткой логики // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем (ДНДС–2021) : материалы 14 Всерос. науч.-техн. конф., Чебоксары, 2021. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. – С. 93–95;

10. Аниброев В.И., Мосин М.Е., Попов Н.С. Исследование процессов, вызывающих деградацию аккумуляторных батарей // Научная платформа: дискуссия и полемика : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 30 окт. 2020 г. – Кемерово : ЗапСибНЦ, 2020. – С. 39–41;

11. Аниброев В.И., Сингизин И.И., Попов Н. С. Обоснование компоновки тяговой системы автономного электрического транспортного средства // Научный форум: тенденции развития науки и общества : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 29 фев. 2020 г. – Кемерово : ЗапСибНЦ, 2020. – С. 82–83;

12. Аниброев В.И., Сингизин И.И., Ляпин Н.Ю., Попов Н.С. Управление батареями в системе накопления энергии автономного электрического транспортного средства // Дни науки НГТУ-2020, посвященные 70-летию НГТУ : материалы науч. студен. конф. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - С. 7-9;

13. Попов Н.С., Аниброев В.И., Аносов В.Н. Обоснование компоновки тяговой системы автономного электрического транспортного средства // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. : в 9 ч., Новосибирск, 2–6 дек. 2019 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. – Ч. 5. – С. 206-208;

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022617250 Российская Федерация. Программа расчета параметров регулирования задающего воздействия для оптимального разряда аккумуляторных батарей электромобиля. / В.Н. Аносов, Н.С. Попов; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». - № 2022616754; заявл. 19.04.2022; опубл. 19.04.2022. – 1 с.

На диссертацию и автореферат поступили 6 отзывов, все положительные:

1. Отзыв доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» **Грачевой Е. И.** – замечания связаны с измерением погрешностей проводимых испытаний и параметрами испытательных режимов.

2. Отзыв научного сотрудника Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт систем

орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» **Муравьёва А.В.**, кандидата технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» **Савушкина С.С.** – замечания связаны с наличием сокращений в автореферате, затрудняющих понимание повествования.

3. Отзыв кандидата технических наук, доцента, декана электротехнического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» **Хулукшинова Р. Г.** – вопросы связаны с методиками синтеза регуляторов и выбором методик синтеза, применяемых в работе.

4. Отзыв кандидата технических наук, доцента кафедры радиотехники и электроэнергетики Бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» **Владимирова Л.В.** – вопросы затрагивают проблему взаимодействия разработанной системы управления с системами безопасности транспортных средств, а также касаются обоснованности выбора конкретного типа транспортного средства для исследования.

5. Отзыв доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электротехнических систем и электротехники» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта» **Горелова С.В.** – вопросы касаются выбора электрической машины для тяговой системы транспортного средства, а также системы аварийного торможения.

6. Отзыв доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Измерительно вычислительные комплексы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» **Киселева С.К.** – вопросы касаются систем накопления, применяемых в транспортном средстве, а также универсальности разработанной системы управления.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью, наличием достижений в области силовой электроники, высокой

компетентностью в сфере, связанной с исследованиями систем преобразования электрической энергии в транспортно-технологическом комплексе, наличием публикаций в указанной области, а также возможностью дать научную оценку диссертационной работе. **Букреев Виктор Григорьевич** – доктор технических наук, крупный специалист в области математического моделирования процессов и синтеза высококачественных электротехнических и электромеханических систем переменного тока, включая алгоритмы наблюдения за неизмеряемыми координатами, идентификации параметров и диагностики состояния объекта. Имеет большое количество публикаций по темам близким к диссертационной работе. Научные интересы **Татевосяна Андрея Александровича** непосредственно связаны с оптимизацией параметров электрических машин, а также с синтезом систем автоматического управления для повышения энергоэффективности электротехнических комплексов. **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»** является одним из ведущих учебных заведений Российской Федерации по тематике диссертационного исследования Н. С. Попова, в котором на кафедре «Электропривода и автоматизации промышленных установок» активно занимаются научно-прикладными задачами управления тяговым электроприводом, а также подготовкой специалистов по данному направлению.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритмы управления тяговым электроприводом и предложена структура системы стабилизации линейной скорости, которые в соответствии с условиями движения позволяют увеличить пробег безрельсового транспортного средства;

создана имитационная модель тяговой системы безрельсового транспортного средства, которая позволила исследовать различные режимы движения и использовать их для оценки расхода электроэнергии. В дальнейшем может быть использована для количественных оценок расходования энергии на электрических транспортных средствах;

реализован алгоритм расчета параметров регулирования задающего воздействия для оптимального разряда аккумуляторных батарей электромобиля в виде программного кода для электронно-вычислительной машины;

разработана физическая модель тяговой системы безрельсового транспортного средства, которая позволяет оценить энергоэффективность по предложенной методике, а также корректность различных алгоритмов управления при проектировании тяговых систем.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана связь между постоянной времени задатчика интенсивности, формирующего управляющее воздействие контура стабилизации линейной скорости транспортного средства и динамикой разряда аккумуляторных батарей в системе тягового электропривода безрельсового транспортного средства;

применительно к проблематике диссертации эффективно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** стратегия системного анализа, методы математической статистики, законы электротехники, теории электрической тяги, математическое и имитационное моделирование, методы полного факторного эксперимента;

изложены положения, направленные на модернизацию тяговой установки электромобиля, базирующейся на применении современных алгоритмов управления параметрами динамики движения;

раскрыты способы оптимизации энергопотребления в зависимости от остаточного заряда аккумуляторной батареи;

изучено влияние динамики и режимов движения безрельсового транспортного средства на интенсивность разряда аккумуляторной батареи в зависимости от остаточного заряда аккумуляторной батареи;

проведена модернизация классического подхода к реализации системы стабилизации линейной скорости транспортного средства за счет применения алгоритмов нечеткой логики.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены: методики оценки энергоэффективности системы тягового электропривода на базе испытательного полигона НАМИ и различных циклов

движения на лабораторно-испытательном стенде, применяющемся в учебном процессе НГТУ;

определены перспективы дальнейшего практического использования результатов диссертационного исследования для разработки системы тягового электропривода в виде рекомендаций, методик, математических и имитационных моделей, алгоритмов повышения энергоэффективности безрельсового транспортного средства;

создана система практических рекомендаций по настройке регуляторов с применением алгоритмов нечеткой логики для стабилизации линейной скорости транспортного средства, а также регуляторов, применяемых в подсистеме электронного дифференциала для варианта компоновки тяговой системы на базе четырех мотор-колес;

представлены рекомендации по выбору оптимального варианта компоновки системы тягового электропривода безрельсового транспортного средства.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с применением сертифицированного измерительного оборудования, характеризуются удовлетворительной воспроизводимостью и согласуются с результатами расчетов;

теория построена на известных, проверяемых данных, и согласуется с авторскими и опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, а также на известных положениях математического анализа и основ электротехники;

идея базируется на анализе и обобщении результатов применения алгоритмов нечеткой логики для различных топологий электрических и гибридных транспортных средств;

использованы методы математической статистики, математического и имитационного моделирования, а также методики сбора и обработки результатов физического эксперимента;

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором с использованием разработанных математических моделей и имитационных моделей с результатами, полученными при проведении физического эксперимента, что дает основание полагать разработанные математические модели эффективными;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, полученной в результате математического и имитационного моделирования, и физического эксперимента.

Личный вклад соискателя состоит в проведении всех этапов исследования, разработке и создании исследовательского комплекса, планировании и проведении физического эксперимента, синтезе имитационной модели и проведении имитационного моделирования, подготовке публикаций, научных докладов и рукописи диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: приведенные графические зависимости не позволяют в полной мере оценить количественные показатели энергетического эффекта от применения алгоритма нечеткой логики; в работе не представлена структурная схема математической модели бесколлекторного двигателя постоянного тока; в работе, для настройки ПИД-регулятора классической системы применялся метод Циглера-Никольса в отличие от прямого расчета коэффициентов по уравнениям математической модели.

Соискатель Попов Н.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: в работе, в дополнение к графическим данным, приводятся численные результаты имитационного моделирования, которые позволяют в полной мере оценить количественные показатели энергетического эффекта от применения алгоритма нечеткой логики; в работе не приведена структурная схема математической модели, однако в работе приводятся уравнения, на основании которых функционирует соответствующий блок имитационной модели тяговой системы, исследуемый в работе; метод Циглера-Никольса применялся как зарекомендовавший себя на практике метод настройки регуляторов в системе тягового электропривода.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для электротехнической отрасли, и соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

На заседании 16 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения по повышению энергоэффективности систем тягового электропривода безрельсового транспортного

средства присудить Попову Никите Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 18, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного

Анатолий Сергеевич Востриков

Ученый секретарь
диссертационного

Максим Александрович Дыбко

16 сентября 2022