

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.217.04, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук,

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 7 июня 2022 г., № 7

О присуждении Грищенко Александру Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Тяговый инвертор с интегрированным зарядным устройством для электромобильного транспорта» по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 29 марта 2022 года (протокол № 5) диссертационным советом Д 212.217.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», Минобрнауки России, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, приказ №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Грищенко Александр Геннадьевич 10 июля 1993 года рождения.

В 2015 году окончил федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» по специальности «Электрооборудование автомобилей и тракторов». С 2015 г. по 2019 г. обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника» (профиль «Электротехнические комплексы и системы») и окончил ее в 2019 году. С 2019 г. по настоящее время работает в ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» (г. Москва) в должности старшего преподавателя.

Диссертация выполнена на кафедре «Электротехника и электрооборудование» ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – д.т.н., доц., проф. кафедры «Электротехника и электрооборудование» Сидоров Борис Николаевич, ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», г. Москва.

Официальные оппоненты:

1. Гречишников Виктор Александрович, д.т.н., доц., первый зам. директора института - начальник учебного отдела института транспортной техники и систем управления, проф. кафедры «Электроэнергетика транспорта», ФГАОУ ВО "Российский университет транспорта" РУТ (МИИТ), г. Москва;

2. Скрипко Леонид Александрович, к.т.н., зав. сектором гибридизации и электрификации АТС, государственный научный центр Российской Федерации ФГУП

«НАМИ», г. Москва,

– дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном д.т.н., проф., зав. кафедрой «Электротехника» Гайтовой Тamarой Борисовной и утвержденном и.о. проректора по исследованиям и разработкам Наливайко Антоном Юрьевичем, указали, что диссертационная работа Грищенко Александра Геннадьевича является законченной научно-квалификационной работой. Автором решена актуальная научно-техническая задача улучшения эксплуатационных показателей электромобильного транспорта путем совмещения в едином комплексе и на одной элементной базе двух различных функций в системе тягового электропривода: функции управляющего инвертора для электрической машины и устройства ускоренного заряда для тяговой батареи. Предложенные автором методика расчета и схемное решение силовой части тягового инвертора с интегрированным зарядным устройством (ТИЗУ), комплексная математическая модель системы тягового электрооборудования, а также алгоритм работы зарядного устройства внедрены и апробированы в изготовленном экспериментальном образце ТИЗУ, что подтверждает обоснованность и достоверность научных и практических результатов диссертации. Грищенко Александр Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 15 печатных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 4 статьи в журналах, входящих в международную систему цитирования Scopus, 1 статья, входящая в международную систему цитирования Web of Science, 3 статьи в журналах из Перечня ВАК, один патент на полезную модель и один патент на изобретение. Объем научных изданий – 27,275 п.л., авторский вклад – 7,76 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ютт, В.Е., Сидоров К.М., Расчетные исследования температурных режимов тяговых аккумуляторных батарей электромобилей / В.Е. Ютт, К.М. Сидоров, А.Г. Грищенко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2019. №2. – с.10-14.
2. Грищенко, А.Г., Математическое моделирование и расчетные исследования процесса заряда тяговой литий-ионной аккумуляторной батареи легкового электромобиля / А.Г. Грищенко // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. Вып. 9 – с. 549-555.
3. Грищенко А.Г., Математическое моделирование и экспериментальная апробация устройства ускоренного заряда в составе тягового инвертора для электромобиля / А.Г. Грищенко, К.М. Сидоров // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. – 2021. Т. 11. № 3. – с. 82-84.
4. Sidorov, K.M. Traction inverter with integrated charger: practical realisation and experimental study/ K.M. Sidorov, A.G. Grishchenko, B.N. Sidorov //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.- Vol.643, No. 1 – Vol. 272
5. Sidorov, K.M. Electric Propulsion System Simulation as Basis for the Electric Vehicle Digital

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ведущей организации – ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва. Замечание: «Рассматриваемая в работе система управления тяговым электродвигателем реализует пропорциональный закон управления, который имеет ряд известных недостатков при работе с изменяющейся нагрузкой на валу силовой установки электромобиля»
2. официального оппонента д.т.н., доц., Гречишников В.А. Замечание - в результатах имитационного моделирования не отражены значения коэффициента полезного действия тягового инвертора и тягового электродвигателя.
3. официального оппонента к.т.н., Скрипко Л.А. Наиболее существенное замечание: «В диссертационной работе одним из критериев эффективности зарядного режима указывается ресурс тяговой аккумуляторной батареи, однако в явном виде степень влияния рассмотренных алгоритмов заряда на ресурс не определена»;
4. д.т.н., проф. кафедры «Управление подразделениями в мирное время», Дальневосточного высшего общевойскового командного училища Евдокимова В.Г., г. Благовещенск. Замечание: «Не раскрыты вопросы электромагнитной совместимости компонентов тягового инвертора и зарядного устройства, включенного в силовую цепь инвертора»;
5. к.т.н., доцента кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство», ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Ракова В.А., г. Вологда. Замечание: «Для предотвращения аварийных ситуаций алгоритмы зарядных режимов рекомендуется предусматривать защитные меры, такие как ограничение тока заряда при резком росте напряжения или температуры (во времени)»;
6. к.т.н., доцента кафедры 3 кафедры (тактики) ФГКОУ ВО «Военный университет имени князя Александра Невского», Сергеева А.Ю. г. Москва. Замечание: «Результаты математического моделирования не отражают динамического изменения коэффициента полезного действия тягового инвертора и интегрированного зарядного устройства»;
7. к.т.н., руководителя службы электрифицированных автомобилей, ООО «Инновационный центр КАМАЗ», Климова А.В., г. Москва. Замечание: «В предлагаемой топологии отсутствует гальваническая развязка между сетью и тяговым инвертором, что требует дополнительной проработки вопросов безопасности эксплуатации ТИЗУ на борту электромобиля»;
8. д.т.н., проф. кафедры «Автоматизация, мехатроника и робототехника», Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), Кобзева А.А, г. Владимир. Замечание: «В автореферате приведены структурные схемы ТИЗУ, но не дано описание как системы автоматического управления»;
9. д.т.н., проф. кафедры «Автоматизированный Электропривод и мехатроника», ФГБОУ

ВО МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Омельченко Е.Я. Замечаний нет.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, новизна исследований и практическая значимость работы, а также то, что Грищенко Александр Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью и опытом работы в области электрического транспорта и электротехнических комплексов, а также публикациями по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

– схема силовой электрической части комплекса преобразовательного электрооборудования, совмещающей функции тягового инвертора и устройства ускоренного заряда аккумуляторной батареи, получившая правовую охрану в виде патента на полезную модель;

– методика расчета силовой части тягового инвертора с интегрированным зарядным устройством, отличающаяся от известных учетом взаимного влияния компонентов силовой части в условиях объединения функций тягового инвертора и устройства ускоренного заряда;

предложены:

– алгоритм ускоренного заряда тяговой аккумуляторной батареи, обеспечивающий снижение средней токовой нагрузки и температуры тяговой аккумуляторной батареи при относительной простоте практической реализации;

– математическая модель системы тягового электрооборудования электромобиля на основе тягового инвертора напряжения с интегрированным зарядным устройством, отличающаяся возможностью исследования процессов преобразования электрической энергии в режиме реального времени при движении легкового электромобиля как в стандартизированных циклах, так и при интенсивном ускорении, а также ускоренного заряда тяговой аккумуляторной батареи от внешнего источника;

доказана: приемлемая точность разработанной комплексной математической модели системы тягово-энергетического оборудования электромобиля при экспериментальных исследованиях режима заряда тяговой аккумуляторной батареи действующего образца электромобиля;

новых понятий не вводилось.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказана: адекватность разработанной математической модели процессов в системе тягово-энергетического оборудования электромобиля при различных алгоритмах заряда тяговой аккумуляторной батареи;

разработана математическая модель процессов в системе тягового электрооборудования электромобиля;

предложен коэффициент степени интеграции зарядного устройства в силовую

цепь тягового электропривода, который позволяет произвести объективную оценку и сравнение схемно-технических решений интегрированных схем зарядных устройств электромобилей;

изучены вопросы совместной работы и взаимного влияния тягового инвертора и зарядного устройства при взаимодействии в единой системе тягово-энергетического оборудования электромобиля;

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

разработаны и внедрены:

– методика расчета параметров компонентной базы тягового инвертора с интегрированным зарядным устройством для электромобилей и автомобилей с комбинированными энергоустановками;

– конструкция силовой части и системы управления тягового инвертора напряжения с интегрированным зарядным устройством для электромобиля, обеспечивающая снижение активного сопротивления и индуктивности рассеяния силовых шин за счет применения компланарной конструкции; возможность охлаждения конденсаторов звена постоянного тока; помехозащитное исполнение системы управления с минимальной длиной цепей управления; жидкостное охлаждение полупроводниковых элементов;

предложен, реализован и апробирован алгоритм ускоренного заряда тяговой аккумуляторной батареи электромобиля, который отличается меньшим значением средней токовой нагрузки в сравнении с типовым алгоритмом заряда ТАБ «постоянный ток - постоянное напряжение» и обеспечивающий снижение температуры и повышение ресурса тяговой аккумуляторной батареи;

доказана корректность результатов расчета и выбора основных компонентов тягового инвертора с интегрированным зарядным устройством согласно предложенной методике расчета силовой части блока электромобиля;

изложена методика расчета процессов в тяговом инверторе с интегрированным зарядным устройством, учитывающая особенности многофункциональной схемы и позволяющая осуществить выбор основных компонентов силовой части тягового инвертора напряжения с интегрированным зарядным устройством;

определены перспективы практического использования тягового инвертора напряжения с интегрированным зарядным устройством в легковом автомобиле, что позволяет выделить целевой сегмент реализации результатов работы и провести оценку экономической составляющей конечной продукции.

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы анализа схем преобразователей напряжения (инверторов и зарядных устройств) транспортного назначения, в том числе схемных решений по интеграции и созданию многофункциональных систем; методы твердотельного и поверхностно-параметрического моделирования при поиске рационального решения в части

конструкции тягового инвертора напряжения с интегрированным зарядным устройством;

создан экспериментальный образец тягового инвертора с интегрированным зарядным устройством с применением разработанных технических решений и использующийся в учебном процессе МАДИ;

представлены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие соответствие функциональных и характеристик изготовленного экспериментального образца ТИЗУ требованиям к эксплуатационным показателям силовой установки легкового автомобиля.

предложены рекомендации в части схемно-технического и конструктивного исполнения ТИЗУ, которые обеспечивают требования к эксплуатационным показателям и параметрам силовой установки легкового автомобиля с полной массой до 3,5т.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены с применением поверенного и сертифицированного оборудования кафедры «Электротехника и электрооборудование» ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» и отдела преобразователей электроэнергии АО «Научно-производственное предприятие «КВАНТ». Обработка данных осуществлялась с использованием специализированного программного комплекса;

теория построена с использованием корректного математического аппарата и обоснованных допущений. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и полученных результатов базируется на доказанных и корректно использованных выводах математического анализа, сравнении результатов расчетных исследований и математического моделирования с данными, полученными экспериментальным путем;

идея базируется на обобщении и дальнейшем развитии передового опыта зарубежных и российских ученых, работающих в области электрооборудования для автомобилей и автомобилей с комбинированными энергетическими установками;

использовано сравнение авторских экспериментальных и расчетных данных, а также данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике из независимых источников;

установлено, что полученные результаты не противоречат результатам, представленным в независимых источниках;

доказаны обоснованность теоретических выводов и положений, результаты расчетов и математического моделирования, которые подтверждены экспериментально и согласуются с данными, опубликованными в научной литературе;

использованы современные методы обработки теоретических и экспериментальных данных, полученных в результате математических расчетов и натурных экспериментов.

применительно к проблематике диссертации результативно использованы численные методы решения уравнений, моделирования и симуляции на системном

уровне в реальном времени показали совпадение результатов с экспериментальными данными по средним значениям откликов модели и системы с достаточной для практического использования степенью точности.

Личный вклад соискателя состоит в разработке принципиальной электрической схемы силовой части и конструкции тягового инвертора с интегрированным зарядным устройством с использованием единой элементной базы; создании методических рекомендаций для проектирования системы тягового электрооборудования электромобилей на основе интегрированных решений; разработке математической модели, учитывающей тепловые режимы работы тяговых литий-ионных аккумуляторных батарей электромобилей; предложении рационального состава, технического исполнения и характеристик основных компонентов системы тягово-энергетического оборудования электромобилей.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: формула определения требуемой мощности на валу ТЭД слишком упрощена и не отражает реальной требуемой мощности, как правило мощность определяется экспериментальным путем (Макаричев Ю.А.).

Соискатель Грищенко А.Г. ответил и частично согласился с замечаниями на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 7 июня 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Грищенко Александру Геннадьевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы за решение научной задачи по улучшению эксплуатационных свойств электромобилей и автомобилей с комбинированными энергетическими установками посредством совершенствования системы тягового электрооборудования и зарядной инфраструктуры, имеющей важное значение для развития электротехники и транспортной отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за присуждение степени - 16, против - 0.

Председатель диссертационного
совета Д.212.217.

Стариков Александр Владимирович

Ученый секретарь диссертационного
совета Д.212.217.04

Стрижакова Елена Владимировна

07 июня 2022 г.