

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.086.03 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ», ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ», ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АМУРСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_

решение диссертационного совета от 1 ноября 2016 г., протокол № 14

О присуждении Шрамко Сергею Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение энергетической эффективности электровозов переменного тока в режиме рекуперативного торможения за счет изменения параметров балластных резисторов» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 31 августа 2016 г., протокол № 8 диссертационным советом Д 999.086.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Амурский государственный университет», 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина,

д. 27, созданным в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №773/нк от 24 июня 2016 г.

Соискатель Шрамко Сергей Геннадьевич 1968 года рождения, в 1993 году окончил Новочеркасский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт имени Серго Орджоникидзе по специальности «Автоматика и управление в технических системах». В 2016 году был прикреплен к Федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «КнАГТУ» для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы». С 2009 года и по настоящее время работает в должности заведующего лабораторией «Электроподвижной состав» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения».

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Мельниченко Олег Валерьевич, заведующий кафедрой «Электроподвижной состав» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения».

#### **Официальные оппоненты:**

1. Савоськин Анатолий Николаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электропоезда и локомотивы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения императора Николая II» (МИИТ);
2. Скорик Виталий Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электротехника, электроника и электромеханика» Федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Евстафьевым Андреем Михайловичем – кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Электрическая тяга»; Никитиным Виктором Валерьевичем – доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры «Электрическая тяга», Якушевым Алексеем Яковлевичем – кандидатом технических наук, доцентом, профессором кафедры «Электрическая тяга» и утвержденный исполняющим обязанности проректора по научной работе, кандидатом технических наук, профессором Рыбиным П. К., указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, которая удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 10 работ; 5 статей опубликованных в ведущих научных рецензируемых журналах и изданиях перечня ВАК Минобрнауки России, автором получены 2 патента на изобретения.

Общий объём публикаций 9,0 п. л., в т. ч. авторских – 5,6 п. л.; в т. ч. опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК Минобрнауки России – 4,13 п. л., в т. ч. авторских – 2,89 п. л.; в сборниках научных трудов – 1,76 п. л., в т. ч. авторских – 1,14 п. л.; в материалах международных и всероссийских научных конференций – 3,28 п. л., в т. ч. авторских – 1,71 п. л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Шрамко С.Г. Повышение коэффициента мощности электровоза в режиме рекуперативного торможения / С.Г. Шрамко, А.О. Линьков, О. В. Мельниченко // Мир транспорта / Московский гос. ун-т путей сообщения. Москва, 2013. № 3(47). С. 64 – 69.
2. Шрамко С.Г. Математическое моделирование работы электровоза с новой выпрямительной установкой возбуждения на IGBT транзисторах / С.Г. Шрамко, А.О. Линьков, О.В. Мельниченко, А.Ю. Портной // Наука и техника транспорта, 2013 №2. - С. 21-28.
3. Шрамко С.Г. Экспериментальный стенд для исследования процессов работы тиристорного и транзисторного выпрямительно-инверторных преобразователей электровоза переменного тока в режиме тяги на высших зонах регулирования / С.Г. Шрамко, О.В. Мельниченко, А.Ю. Портной, Д.А. Яговкин // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2014 №11. - С. 251-259.
4. Шрамко С.Г. Экспериментальный стенд для исследования процессов работы тиристорного и транзисторного выпрямительно-инверторных преобразователей электровоза переменного тока в режиме тяги на первой зоне регулирования / С.Г. Шрамко, С.В. Власьевский, О.В. Мельниченко, А.Ю. Портной, Д.А. Яговкин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика/ – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2014. Т. 14. № 4. С. 52-59.
5. Шрамко С.Г. Повышение эффективности эксплуатации электровозов переменного тока в режиме рекуперативного торможения / С.Г. Шрамко // Вестник Иркутского государственного технического университета, Под ред. Р.В. Бель, Л.В. Герасимчук. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, вып. №4(111), 2016, – 201 с.: ил. С. 192-199.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы, все отзывы положительные.

**Отзывы на диссертацию:**

Отзыв ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург. Подписан Евстафьевым Андреем Михайловичем –

кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Электрическая тяга»; Никитиным Виктором Валерьевичем – доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры «Электрическая тяга», Якушевым Алексеем Яковлевичем – кандидатом технических наук, доцентом, профессором кафедры «Электрическая тяга».

Утвержден исполняющим обязанности проректора по научной работе, кандидатом технических наук, профессором Рыбиным П. К.

Замечания. 1) Указанный в выводах диссертации расчетный эффект повышения коэффициента мощности в среднем на 15% является сильно завышенным. В диссертации приведен расчет коэффициента мощности исходной и усовершенствованной систем, на основании которых повышение коэффициента мощности для 4-й зоны составляет только 4,4%, для 3-й зоны - 6,5%, для 2-й зоны - 12%. 2) Более эффективным результатом уменьшения сопротивления балластных резисторов следует считать повышение коэффициента полезного действия режима рекуперации, но об этом в диссертации не упоминается, хотя название диссертации начинается со слов: «повышение энергетической эффективности...». 3) Расхождение токовых нагрузок параллельно работающих электрических машин в режиме рекуперации на 4-й зоне регулирования для электровазов ВЛ80Р и ВЛ85 является проблемной ситуацией. При работе электроваза ВЛ80Р в режиме рекуперации необходимо постоянное выравнивание токовых нагрузок, поэтому при реализации предложенного способа следует ожидать только частичного эффекта повышения коэффициента мощности (не более половины от заявленного в диссертации). 4) В диссертации отсутствует сравнительный анализ предложенного способа выравнивания токовых нагрузок параллельно работающих электрических машин и известного способа интервального шунтирования обмоток возбуждения тиристорными блоками, примененного Новочеркасским электровазостроительным заводом на электровазах ВЛ65, ЭП1, 2ЭС5К. А это одно из положений диссертации, характеризующее научной новизной и выносимое на защиту. 5) Предложенное интервальное уменьшение сопротивления балластных резисторов сопровождается существенным

увеличением постоянной времени апериодического звена цепи якорей электрических машин, что в реальных условиях режима рекуперации электровоза отразится на работе системы автоматического регулирования угла запаса инвертирования и системы противокомпаундирования. В диссертации этот вопрос не нашел отражения. 6) Уменьшение сопротивления балластных резисторов до величины, близкой к критической в реальных условиях работы электровоза может привести к потере электрической устойчивости режима рекуперации. Для подтверждения обеспечения устойчивости систем рекуперации с предлагаемым усовершенствованием необходимо провести испытания на электровозе при вариациях токовых нагрузок, скорости движения и расположения электровоза относительно питающих фидеров тяговой сети. 7) Предложенный способ выравнивания токовых нагрузок электрических машин в режимах рекуперации исследован на компьютерной модели электровоза и физическом лабораторном стенде, что является недостаточным для сделанного в диссертации заключения о высокой эффективности этого способа, применительно к электровозам. 8) Эффект снижения пульсаций тока якорей тяговых электродвигателей на 28% при интервальном регулировании балластных резисторов в диссертационной работе научно не обоснован. Известно, что коэффициент пульсации тока зависит существенно только от величины напряжения ВИП (зоны регулирования) и индуктивности выпрямленной цепи. Некоторое интервальное увеличение тока якорей, показанное на осциллограммах не может создать столь ощутимый эффект. 9) Термин «эквивалентное сопротивление электромагнитного падения напряжения» является некорректным. Речь идет о эквивалентном сопротивлении, учитывающем потерю напряжения, обусловленную коротким замыканием тяговой обмотки трансформатора в процессе коммутации. 10) Используемый в автореферате и диссертации термин «угол опережения зажигания» употреблялся 50 лет назад применительно к управляемым ртутным выпрямителям - экситронам и давно выведен из употребления в технической терминологии.

Отзыв официального оппонента доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электропоезда и локомотивы» Федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения императора Николая II» (МИИТ) Савоськина Анатолия Николаевича.

Замечания. 1) Пакет MatLab достаточно широко известен, применяется во многих организациях и обоснование его преимуществ является излишним. 2) В схеме замещения тяговой подстанции следовало бы учесть наличие обмотки собственных нужд, которая является дополнительным потребителем тока рекуперации. 3) В модели тягового электродвигателя следовало учитывать вихревые токи, создаваемые обмоткой возбуждения, а также компенсационной обмоткой и обмоткой дополнительных полюсов.

Отзыв официального оппонента кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электротехника, электроника и электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» Скорика Виталия Геннадьевича.

Замечания. 1) Не ясно, учтены ли индуктивные и емкостные связи между контактными проводами, несущими тросами соседних путей и друг с другом. 2) В последних работах, связанных с исследованием переходных процессов в комплексе «система тягового электроснабжения - тяговый потребитель» обоснован учет наличия мощных нетяговых потребителей в виде RL-нагрузки, наличие которой существенно влияет на переходные процессы, а также модель системы электроснабжения железных дорог с силовым трехфазным трансформатором тяговой подстанции. В данной работе эта возможность не реализована. 3) Не учтено возможное влияние на протекающие электромагнитные процессы наличие еще одного электровоза на рассматриваемой фидерной зоне, работающего в режиме тяги/рекуперации. 4) На рисунке 3.12 диссертации данные о расчетном токе короткого замыкания, полученные для модели тягового трансформатора электровоза, не в полной мере соответствуют паспортным данным, приведенным в справочной литературе. 5) При оценке адекватности разработанной математической модели

производится сравнение по спектральному составу напряжения сети в точке расположения электровоза. Сравнение по фазовым составляющим спектра напряжения не проведено. 6) Разработанная физическая модель не учитывает распределенный характер участка тяговой сети. Не ясно, как подбирались элементы для физической реализации элементов стенда, в частности модели линии. 7) Не ясно, почему для модели выпрямительно-инверторного преобразователя стенда физического моделирования использованы те же самые тиристоры, что и для самого ВИП? Нагрузка ВИП, на несколько порядков меньшая номинальной для используемых приборов, оказывает существенное влияние на протекающие в системе переходные процессы. 8) В тексте автореферата необходимо было бы более детально изложить принцип управления системой изменения сопротивления ББР для лучшего понимания процессов при внесенной модернизации. 9) Не совсем корректно применение в тексте диссертации некоторых терминов, в частности вместо «контактная сеть» более уместно применить понятие «тяговая сеть», как объект, включающий не только контактную подвеску, но и рельсовые цепи. 10) Также в тексте диссертации и автореферата присутствуют ошибки редакционного характера.

### **Отзывы на автореферат.**

1. Отзыв Дементьева Юрия Николаевича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электропривод и электрооборудование» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», почетного работника высшего профессионального образования РФ, Ph.D, Замечания. 1) Какие значения угла запаса и длительности коммутации принимались при расчете минимальной величины сопротивления ББР равной 0,0698? 2) Почему при оценке адекватности математической модели в качестве параметров сравнения выбраны значения угла запаса и угла коммутации? Какие идентичные условия соблюдались? 3) Неясно, какими уравнениями описывается математическая модель электровоза в режиме рекуперативного торможения, представленная в третьей главе, если в автореферате не приведено ни одного

математического выражения? 4) К сожалению, из автореферата невозможно оценить личный вклад автора в работах, приведенных в списке публикаций по теме диссертации, написанных в соавторстве?

2. Отзыв Лакина Игоря Капитоновича, доктора технических наук, профессора, директора департамента развития систем мониторинга технического состояния локомотивов ООО «Локомотивные Технологии», профессора кафедры «Электропоезда и локомотивы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения императора Николая II» (МИИТ).

Замечания. 1) В автореферате не приведены алгоритмы работы системы изменения величины активного сопротивления ББР, в т.ч. формирования управляющих импульсов для силовых IGBT-ключей. 2) В автореферате в описании главы 3 приведены только результаты математического моделирования и эксплуатационных испытаний и отсутствует описание математической модели.

3. Отзыв Пляскина Артема Константиновича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Локомотивы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения».

Замечания. 1) На рисунке «коэффициент мощности ВИП при различных значениях дополнительного резистора» (рис.2) кривая коэффициента имеет разрывы в промежутках между зонами регулирования. Как известно, реальный ВИП осуществляет плавный переход между зонами без резких изменений величины тока. С чем связаны эти разрывы на рисунке? 2) Каким образом реализованы системы управления и измерения разработанного стенда для исследования работы электровоза в режиме рекуперативного торможения?

4. Отзыв Газизова Юрия Владимировича, кандидата технических наук, начальника отдела новой техники технической службы Дирекции тяги – филиала ОАО «РЖД». Замечаний нет.

5. Отзыв Жукова Евгения Александровича, доктор физико-математических наук, доцента, профессора кафедры «Электротехника и электроника»

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет».

Замечания. 1) На рисунке 1, в нет обозначения угла  $\phi$ , хотя он упоминается при описании электромагнитных процессов. 2) В автореферате в описании главы 4 приведены только результаты моделирования изменения величины активного сопротивления ББР, но при этом отсутствуют результаты моделирования выравнивания токов параллельно включенных ТЭД в режиме генераторов с независимым возбуждением.

6. Отзыв Гейфмана Евгения Моисеевича, доктора технических наук, профессора, заместителя генерального директора по инновациям ОАО «Электровыпрямитель».

Замечания. 1) Из автореферата не понятен алгоритм отключения части сопротивления ББР в полупериоде напряжения сети. Почему предлагается включать IGBT-транзисторы именно через 2 мс после перехода сетевого напряжения через ноль? 2) Какие допущения приняты автором при составлении обобщенной математической модели системы «тяговая подстанция - контактная сеть - электровоз» в режиме рекуперативного торможения? 3) Неясно, какими уравнениями описывается математическая модель электропривода электровоза в режимах тяги и рекуперативного торможения, если в автореферате не приведено ни одного математического выражения?

7. Отзыв Щербакова Виктора Гавриловича, доктора технических наук, профессора, академика Академии транспорта РФ и Академии электротехнических наук РФ, заслуженного деятеля науки РФ, профессора кафедры «Электромеханика и электрические аппараты», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова».

Замечания. 1) Не обоснован выбор силового IGBT-транзистора и не приведены его характеристики. 2) На странице 18 указано, что моделирование проводилось при токе двигателя 800А, который соответствует продолжительному режиму. Это не соответствует паспортным данным на

двигатель НВ4І8К6.

8. Отзыв Харламова Виктора Васильевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электрические машины и общая электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения».

Замечания. 1) В тексте автореферата практически отсутствует информация о разработанной автором математической модели системы «тяговая подстанция - контактная сеть - электровоз». 2) В работе используется понятие «угол сдвига фаз между током и напряжением», которое обычно применяется для основных гармоник тока и напряжения. Каким образом это понятие используется для несинусоидального тока и напряжения первичной обмотки тягового трансформатора электровоза? 3) На стр. 10 автореферата приведены выражения для определения эквивалентного сопротивления инвертора. Желательно уточнить, какие допущения приняты при их выводе?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью официальных оппонентов в соответствующей отрасли науки, наличием у них публикаций соответствующей теме диссертационной работы и сферы исследования, наличием их согласия; широкой известностью ведущей организации своими достижениями в соответствующей отрасли наук и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы, наличием её согласия.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработан** способ регулирования сопротивления ББР электровоза, заключающийся в изменении величины его активного сопротивления в момент перехода сетевого напряжения через ноль, в результате чего увеличивается активная составляющая тока первичной обмотки тягового трансформатора и тем самым увеличивается коэффициент мощности электровоза;

**предложена** математическая модель системы «тяговая подстанция –

контактная сеть – электровоз» для режима рекуперативного торможения включающая блок регулируемого активного сопротивления ББР, обеспечивающая выравнивание токов параллельно включенных ТЭД, работающих в режиме генераторов с независимым возбуждением;

**доказана** эффективность способа регулирования активного сопротивления на всех электровозах, оборудованных выпрямительно-инверторными преобразователями и коллекторным тяговым электроприводом;

**введено** понятие управляемости величины активного сопротивления ББР, обеспечивающего увеличение коэффициента мощности электровоза в режиме рекуперативного торможения.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано** положение о возможности повышения коэффициента мощности электровоза в режиме рекуперативного торможения за счет предложенного способа регулирования активного сопротивления ББР;

**использованы** методы математического моделирования, теории электрических цепей, преобразовательной техники, методы экспериментального исследования работы электровоза в режиме рекуперативного торможения;

**изложена** идея о взаимосвязи активного сопротивления ББР с коэффициентом мощности электровоза переменного тока в режиме рекуперативного торможения;

**раскрыты** закономерности влияния величины активного сопротивления на коэффициент мощности;

**изучены** электромагнитные процессы при работе тягового электропривода в режиме рекуперативного торможения с предлагаемым способом регулирования активного сопротивления;

**проведена модернизация** алгоритма выравнивания токов параллельно включенных ТЭД, работающих в режиме генераторов с независимым возбуждением, позволяющая применять его совместно со способом регулирования активного сопротивления ББР.

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

**разработан и внедрен** в учебный процесс и научно-исследовательскую деятельность федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» научно-экспериментальный лабораторный «Стенд для исследования работы электровоза в режимах тяги и рекуперативного торможения»;

**определена** перспективность использования и экономическая обоснованность разработанных технических решений для модернизации существующих электровозов переменного тока;

**создана** конструкторская и эксплуатационная документация на предложенные технические решения и реализованная при изготовлении научно-экспериментального лабораторного «Стенда для исследования работы электровоза в режимах тяги и рекуперативного торможения».

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** использовано аттестованное оборудование и поверенные средства измерения, показана воспроизводимость результатов исследования на математической модели, лабораторном стенде и реальном электровозе;

**теория** электромагнитных процессов в устройствах тяговых электроприводов электровоза построена на известных, проверяемых данных, которые согласуются с опубликованными материалами по теме диссертационной работы;

**идея базируется** на опыте использования современных полупроводниковых приборов в преобразовательной технике и реализации современных способов и алгоритмов управления;

**использовано** сравнение авторских данных и данных, полученных по разработанным ранее математическим моделям;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в публикациях в открытых источниках;

**использованы** современные методы и методики исследования, сбора и обработки данных, основанные на теории математической статистики.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

