

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Иванова Владислава Сергеевича

«ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В РЕЖИМЕ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС)».

1. Актуальность темы диссертации

Несмотря на значительные системные преимущества железных дорог перед другими видами транспорта в отношении энергопотребления, снижение энергозатрат остается основной целью большинства инноваций. Одним из основных нормообразующих факторов экономии энергоресурсов в компании ОАО «РЖД» является применение рекуперативного торможения электропоездами.

В настоящее время эксплуатация современных отечественных электропоездов переменного тока с коллекторным тяговым электроприводом в режиме рекуперативного торможения осуществляется с низким коэффициентом мощности, который в эксплуатации не превышает значения 0,71. Это говорит о нерациональной работе тяговых преобразователей электропоезда, их значительном потреблении реактивной энергии, снижении пропускной способности питающей сети в связи с загрузкой ее потоками реактивной мощности и ряд других отрицательных факторов.

Тема диссертации соответствует первому и четвертому пункту области исследования – «Эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава, повышение их эксплуатационной надежности и работоспособности. Системы электроснабжения железных дорог и метрополитенов. Методы и средства снижения потерь электроэнергии» и «Совершенствование подвижного состава, тяговых подстанций, тяговых сетей, включая преобразователи, аппараты, устройства защиты, схемы электроснабжения. Улучшение эксплуатационных показателей подвижного состава и устройств электроснабжения» специальности

05.22.07 Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

На основании изложенного, диссертационная работа Иванов В.С., посвященная повышению коэффициента мощности моторвагонного подвижного состава переменного тока в режиме рекуперативного торможения за счет совершенствования выпрямительно-инверторных преобразователей, выпрямительных установок возбуждения и способов их управления является, безусловно, актуальной и представляет научную и практическую значимость.

2. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается использованием теоретических и экспериментальных методов исследования, основанных на достижениях в теории электрических цепей и преобразовательных устройств.

Автором разработана математическая модель тягового привода моторного вагона электропоезда серии ЭПЗД в среде имитационного моделирования «MatLab/Simulink» со штатными-тиристорными и предлагаемыми-транзисторными ВИП и ВУВ в режиме рекуперативного торможения, проведено их исследование схмотехнических решений. Адекватность математической модели подтверждена сравнением результатов моделирования с осциллограммами, полученными на лабораторном стенде. Расхождение расчётных и экспериментальных данных составило не более 10 %.

3. Оценка научной новизны и достоверности полученных результатов

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в том, что:

1) Предложен способ управления ВИП моторного вагона на базе IGBT-транзисторов, заключающийся в открытии его плеч в начале каждого полупериода питающего напряжения с некоторым углом от перехода переменного напряжения сети через ноль и регулированием момента их закрытия, обеспечивая симметрию переменного тока относительно напряжения сети, повышающий коэффициент мощности электропоезда в режиме рекуперативного торможения;

2) Предложен способ управления предлагаемой ВУВ моторного вагона на базе IGBT-транзисторов в режиме рекуперативного торможения значительно повышающий её коэффициент мощности за счет регулировки момента откры-

тия и закрытия её плеч начиная от середины полупериода питающего напряжения, поддерживая симметрию переменного тока относительно напряжения сети;

3) Разработана математическая модель тягового привода моторного вагона электропоезда серии ЭПЗД в среде имитационного моделирования «MatLab/Simulink», позволяющая проводить исследования электромагнитных процессов работы электропоезда со штатными-тиристорными и предлагаемыми-транзисторными ВИП и ВУВ в режиме рекуперативного торможения.

Достоверность аналитических исследований электромагнитных процессов, протекающих в штатных и предлагаемых ВИП, ВУВ подтверждаются результатами, полученными в ходе математического моделирования в среде имитационного моделирования «MatLab/Simulink» с дальнейшим их сопоставлением с данными полученными при физическом моделировании.

4. Теоретическая и практическая значимость исследования и полученных результатов

Разработанная в диссертационном исследовании математическая модель системы «Тяговая подстанция – контактная сеть – моторный вагон» для режима рекуперативного торможения позволяет с большей точностью исследовать электромагнитные процессы штатных-тиристорных и предлагаемых-транзисторных ВИП, ВУВ электропоезда и способы их управления.

Предложенные ВИП и ВУВ с их новыми способами управления позволят повысить коэффициент мощности электропоезда в режиме рекуперативного торможения в среднем на 49% относительно электропоезда со штатными преобразователями и значительно снизить пульсацию тока якоря и возбуждения. Кроме того, определены параметры элементов цепей защиты предлагаемых преобразователей от коммутационных перенапряжений, позволяющие снизить выбросы напряжения до безопасного значения.

Практическая значимость работы подтверждается тем, что разработанный научно-экспериментальный стенд в лаборатории «Мини – депо», ИрГУПС, позволяет проводить физическое моделирование работы ВИП и ВУВ электропоезда на базе IGBT-транзисторов, а также учебные занятия по дисциплине «Системы управления электроподвижным составом» со студентами специальности «Электрический транспорт железных дорог».

5. Апробация работы и публикации

Автором выполнена апробация материалов диссертационной работы на всероссийских международных конференциях, где широко обсуждались все полученные результаты.

По материалам диссертации опубликовано 17 печатных трудов, из них 1 статья опубликована в издании, входящая в международную систему цитирования Scopus, 3 статьи в ведущих научных рецензируемых журналах и изданиях перечня ВАК РФ, 13 статей в сборниках трудов и материалах конференций регионального, всероссийского и международного уровня, а также получен патент на изобретение №2700594.

6. Оценка содержания диссертации и ее завершенности

Диссертация Иванова В.С. состоит из введения, пяти глав, выводов, двух приложений, библиографического списка из 146 наименований и содержит 192 страницы основного текста, 12 таблиц и 104 рисунка.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель исследования, приведена научная новизна, степень достоверности, практическая значимость полученных результатов.

В первой главе произведен анализ истории развития отечественных и зарубежных силовых схем моторвагонного подвижного состава переменного тока, а также способов их управления, при этом исследованы их достоинства и недостатки.

Анализ тенденции развития силовых преобразователей МВПС переменного тока показал, что электрическая принципиальная силовая схема электропоездов остаётся неизменной уже более 50 лет. Основные изменения силовой схемы моторного вагона были связаны с использованием более мощных диодов высокого класса по напряжению в выпрямительных установках, что позволило лишь снизить количество параллельных и последовательных цепей диодов в плечах преобразователя и повысить надежность их работы. А схемотехническое решение силовой цепи современных электропоездов переменного тока ЭПЗД на основе тиристорных преобразователей было принято аналогично опытной моторвагонной секции электропоезда ЭР7, переоборудование которой было проведено ещё в 1967 г.

На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе автором подробно исследованы электромагнитные процессы при работе штатных-тиристорных и предлагаемых-транзисторных ВИП и

ВУВ электропоезда. Доказано, что при работе штатных преобразователей потребляется моторным вагоном электропоезда реактивная мощность индуктивного характера, а наличие положительного и отрицательного выпрямленного напряжения в ВИП и ВУВ, соответственно, значительно влияют на величину пульсацию тока якоря и возбуждения.

Особую научную значимость имеют предложенные способы управления выпрямленного напряжения ВИП и ВУВ.

Способ управления предлагаемым ВИП заключается в открытии его плеч в начале каждого полупериода питающего напряжения с некоторым углом от перехода переменного напряжения сети через ноль и регулированием момента их закрытия, обеспечивая симметрию переменного тока относительно напряжения сети. А способа управления предлагаемой ВУВ заключается в регулировке момента открытия и закрытия её плеч начиная от середины полупериода питающего напряжения, поддерживая симметрию переменного тока относительно напряжения сети.

В результате предложенных способов управления ВИП и ВУВ снижается потребление моторным вагоном электропоезда реактивной мощности и возрастает его коэффициент мощности. Благодаря модернизации силовой схемы ВИП и ВУВ исключается возникновение положительного и отрицательного участков выпрямленного напряжения преобразователей, соответственно. Накопленная электромагнитная энергия в обмотках ТЭД, которая ранее отдавалась в сеть, выполняет теперь полезную работу, разряжаясь через разрядные плечи преобразователей, поддерживая тем самым ток якоря и возбуждения. Доказано, что при работе предлагаемых ВИП и ВУВ значительно снижается пульсация тока возбуждения и тока якоря ТЭД электропоезда на 25 % и 66 %, соответственно.

В третьей главе приводится разработка и описание составляющих математической модели системы «Тяговая подстанция - контактная сеть – моторный вагон» для режима рекуперативного торможения. За основу приняты разработки ученых занимающихся данным вопросом. Следует отметить, что разработанная автором математическая модель силовых цепей моторного вагона электропоезда в среде MatLab позволяет с большей точностью проводить исследования сложных электромагнитных процессов, протекающих в штатных-тиристорных и предлагаемых-транзисторных преобразователях электропоезда переменного тока во время рекуперативного торможения.

В четвертой главе проведен сравнительный анализ электромагнитных процессов при работе моторного вагона электропоезда со штатными и предлагаемыми ВИП и ВУВ. Достаточно информативно представлены результаты мо-

делирования и преимущества предлагаемого схемотехнического решения. По результатам математического моделирования коэффициент мощности электропоезда с предлагаемыми преобразователями в режиме рекуперативного торможения повысился в среднем на 49 % относительно электропоезда со штатными ВИП и ВУВ.

В пятой главе приведены результаты экспериментальных исследований работы моторного вагона электропоезда с предлагаемыми ВИП и ВУВ полученные на научно-экспериментальном стенде. Сравнивая результаты расчетных и экспериментальных исследований получена высокая сходимость, погрешность составила не более 10%.

В выводах сформулированы основные результаты по диссертационной работе.

7. Замечания по диссертационной работе

1. Неочевидна необходимость столь подробного описания работы штатных схем ВИП и ВУВ.

2. Не ясно, учтены ли индуктивные и емкостные связи между контактными, несущими, усиливающими проводами соседних путей и друг другом.

3. В последних работах, связанных с исследованием переходных процессов в комплексе «Система энергоснабжения – контактная сеть – тяговый потребитель» учтено наличие мощных нетяговых потребителей в виде RL нагрузки, наличие которой существенно влияет на переходные процессы, а также модель системы электроснабжения железной дороги с трёхфазным трансформатором подстанции. В данной работе эта возможность не рассмотрена.

4. В диссертации не рассмотрены вопросы изменения гармонического состава тока электропоезда при реализации предлагаемого схемотехнического решения и способов его управления, по отношению к штатной силовой схеме. Между тем, эти изменения могут быть весьма важны для обеспечения электромагнитной совместимости подвижного состава и инфраструктуры.

5. Разработанная физическая модель не учитывает распределенный характер линии контактной сети. Не ясно, как подбирались элементы для физической реализации элементов стенда (а именно модели контактной сети).

6. По тексту диссертации и автореферата имеются некоторые неточности изложения стилистического характера.

Следует отметить, что указанные замечания не снижают общего достоинства работы и имеют рекомендательный характер.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842

Соответствие п. 9: диссертационная работа Иванова В.С. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по повышению энергетических показателей электропоездов переменного тока в режиме рекуперативного торможения, внедрение которого вносит значительный вклад в развитие постройки отечественного МВПС.

Соответствие п. 10: диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Диссертация имеет прикладной характер, приведенный в приложении акт о внедрении подтверждает практическое использование полученных автором диссертации научных результатов.

Предложенные автором решения достаточно аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Соответствие п. 11, 12 и 13: основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, при этом количество публикаций соответствует установленным требованиям.

Соответствие п. 14: в диссертации имеются ссылки на работы других авторов и источники заимствования материалов, а также на научные работы, выполненные автором или в соавторстве, что удовлетворяет требованиям.

9. Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации.

10. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11. – 2011 «Система стандартов по информатизации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» М.: Стандартинформ. – 2012.

Диссертация и автореферат по структуре и оформлению соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11 – 2011. Оформление списка литературы в виде библиографических ссылок соответствует п. 5.6 ГОСТ Р 7.0.11 – 2011. Оформление в автореферате списка работ, опубликованных по теме диссертации соответствует п. 9.3 ГОСТ Р 7.0.11 – 2011 и ГОСТ 7.1 – 2003.

11. Заключение

Представленная диссертационная работа Иванова В.С. «Повышение коэффициента мощности моторвагонного подвижного состава переменного тока в режиме рекуперативного торможения» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся научно обоснованные технические разработки, направленные на повышение энергетических показателей электропоездов переменного тока в режиме рекуперативного торможения, что имеет существенное значение для развития отечественного МВПС.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и рекомендации научно обоснованы. Диссертационная работа соответствует критериям п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Иванов Владислав Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Официальный оппонент,
гражданин Российской Федерации,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Электрическая тяга»
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Петербургский государственный университет путей
сообщения императора Александра I»


А.М. Евстафьев

19.11.2020

Евстафьев Андрей Михайлович
190031, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9.
тел. 8 (812) 457-85-36
e-mail: elt@pgups.ru

Подпись _____	<i>Евстафьева А.М.</i>
удостоверяю.	
Начальник Службы управления персоналом университета _____	<i>Е.Е. Егоров</i>
« 20 » _____	11 _____ 2020 г.

