

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

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»

### Актуальность темы

Диссертация Иванова В.С. посвящена вопросам совершенствования электрических схем выпрямительно-инверторного преобразователя (ВИП) и выпрямительной установки возбуждения (ВУВ) моторвагонного подвижного состава переменного тока, путем замены тиристоров на IGBT-транзисторы, позволяющим повысить его энергоэффективность в режимах тяги и рекуперативного торможения.

В настоящее время в условиях возрастающих потребностей в перевозках на электрифицированных железных дорогах переменного тока, необходимо совершенствовать эксплуатируемые и вновь создаваемые электропоезда переменного тока, снижать их расход электроэнергии, прежде всего, за счет повышения коэффициента мощности. Наиболее эффективным направлением снижения расхода электроэнергии на тягу поездов является применение режима рекуперативного торможения, который возможен только при применении в схемах преобразователей управляемых полупроводниковых приборов. Электропоезда переменного тока в режиме рекуперативного торможения имеют коэффициент мощности не более 0,71, ввиду использования тиристоров (полууправляемых) в ВИП и ВУВ и штатных способов их управления. Использование в схемах преобразователей полностью управляемой силовой элементной базы (IGBT-транзисторы), а также новые схемотехнические решения и способы их управления, позволяют значительно повысить коэффициент мощности, увеличить

средневыпрямленное напряжение, снизить коэффициент относительной пульсации тока ВИП и потребляемую реактивную мощность в первичной обмотке тягового трансформатора по сравнению со штатным моторвагонным подвижным составом.

Принимая это во внимание, тему диссертации Ианова В.С., посвященную разработке новых способов управления ВИП и ВУВ, выполненных на IGBT-транзисторах, с целью повышения энергетической эффективности электропоезда переменного тока в режиме рекуперативного торможения можно считать актуальной и соответствующей научной специальности 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

### **Новизна исследований и полученных результатов**

Научная новизна диссертации определена:

- способом управления ВИП моторного вагона на базе IGBT-транзисторов, обеспечивающим симметрию переменного тока относительно напряжения сети и повышающий коэффициент мощности электропоезда в режиме рекуперативного торможения;

- способом управления предлагаемой ВУВ моторного вагона на базе IGBT-транзисторов в режиме рекуперативного торможения значительно повышающий её коэффициент мощности за счет регулировки момента открытия и закрытия её плеч начиная от середины полупериода питающего напряжения, поддерживая симметрию переменного тока относительно напряжения сети;

- математической моделью тягового привода моторного вагона электропоезда серии ЭПЗД в среде имитационного моделирования «MatLab/Simulink», позволяющая проводить исследования электромагнитных процессов работы электропоезда в режиме рекуперативного торможения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены объект и предмет исследования, приведены основные результаты, выносимые на защиту, изложена их теоретическая и практическая значимость, их научная новизна, дана краткая характеристика диссертационной работы.

Первая глава посвящена анализу истории развития отечественных и зару-



бежных силовых схем моторвагонного подвижного состава переменного тока, а также способов их управления, при этом отмечены их достоинства и недостатки. Подробный анализ выполненных ранее исследований позволил автору сформулировать цель работы, которая заключается в повышение коэффициента мощности моторвагонного подвижного состава переменного тока в режиме рекуперативного торможения путем совершенствования выпрямительно-инверторных преобразователей, выпрямительных установок возбуждения и способов их управления, и задачи исследования.

Во второй главе приведены результаты аналитического исследования электромагнитных процессов в преобразователях электропоезда переменного тока в режиме рекуперативного торможения с использованием теории расчета энергетических параметров преобразователей. Показано, что штатные ВИП и ВУВ потребляют значительную реактивную мощность индуктивного характера, при этом увеличиваются пульсации выпрямленного тока возбуждения и якорей тяговых двигателей, существенно искажается форма кривой тока в первичной обмотке тягового трансформатора и уменьшается коэффициент мощности электропоезда в режиме рекуперативного торможения.

Третья глава посвящена описанию параметров математической модели системы «Тяговая подстанция – контактная сеть – моторный вагон» в среде имитационного моделирования «MatLab/Simulink», позволяющая проводить исследования электромагнитных процессов работы электропоезда в режиме рекуперативного торможения.

В четвертой главе приведены результаты исследования электромагнитных процессов в силовых цепях электропоезда со штатными и новыми техническими решениями по результатам расчета на предлагаемой математической модели. Получены зависимости коэффициента мощности электропоезда относительно зон регулирования питающего напряжения и коэффициента относительной пульсации тока возбуждения, подтверждающие результаты аналитического исследования электромагнитных процессов в преобразователях электропоезда.

Пятая глава посвящена экспериментальными исследованиями на физиче-

ской модели работы электропоезда переменного тока в режиме рекуперативного торможения с использованием новых ВИП и ВУВ на IGBT-транзисторах. Приведено сравнение расчетных и экспериментальных данных, которое показало удовлетворительную сходимость.

В заключении обобщаются результаты проведенного исследования, формулируются основные выводы, подтверждающие достижение поставленной цели диссертационной работы. В приложения вынесены документы и материалы, подтверждающие внедрение и практическое применение разработок автора диссертации.

### **Степень обоснованности и достоверности 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 силовой полупроводниковой технике и схемотехнике, теории преобразовательных устройств, математическом моделировании.

Достоверность научных положений и выводов обоснована теоретически и подтверждена результатами, полученными на разработанной в среде имитационного моделирования «MatLab/Simulink математической модели тягового привода электропоезда со штатными-тиристорными и предлагаемыми-транзисторными ВИП, ВУВ, а также при физическом моделировании на научно-экспериментальном стенде в лаборатории «Мини-депо» ИрГУПС.

При выполнении исследований автор поместил ссылки на работы других авторов и источники заимствования материалов, а также на научные работы, выполненные автором или в соавторстве.

### **Теоретическая и практическая значимость исследования и полученных результатов**

Разработанная в работе математическая модель системы «Тяговая подстанция – контактная сеть – моторный вагон» для режима рекуперативного торможения позволяет исследовать различные способы управления и схемотехниче-



ские решения преобразователей электропоезда переменного тока. Применение модернизированных ВИП и ВУВ обеспечивает значительное повышение коэффициента мощности в режиме рекуперативного торможения электропоезда переменного тока. Кроме того, за счет уменьшения продолжительности коммутаций плеч предлагаемого ВИП увеличено средневыпрямленное значение напряжения ВИП и уменьшен коэффициент относительной пульсации. Диссертация имеет прикладной характер, приведенные в приложении акты о внедрении подтверждают практическое использование полученных автором диссертации научных результатов.

Диссертация обладает внутренним единством и имеет четкую структуру, текст выдержан в соответствии с принятыми нормами научной стилистики, в работе правильно употребляются технические термины, рисунки выполнены с соблюдением стандартов. Написана автором самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. По материалам диссертации опубликовано в 18 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 1 патент на изобретение.

Анализ публикаций автора позволяет утверждать, что содержание диссертации отражено в них с требуемой Положением ВАК полнотой. Основные результаты отражены в изданиях, соответствующих рекомендуемому ВАК перечню изданий для опубликования результатов кандидатских диссертаций.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

**\* По диссертации имеются следующие замечания:**

1) Отсутствует информация о том, почему в работе рассматривается выпрямительно-инверторный преобразователь и выпрямительная установка возбуждения, но при этом внимание уделено только режиму рекуперативного тормо-

жения.

2) На стр. 54-55 не соответствуют обозначения сопротивлений постоянной шунтировки и балластных резисторов на рис.2.1 и по тексту диссертации, на стр. 118 и 128 в тексте при выводе формул приведена другая нумерация формул не соответствующая общей нумерации.

3) В п.3.4 не объяснено: соответствуют ли величины токов и напряжений обмоток тягового трансформатора в испытательных режимах при моделировании своим реальным значениям.

4) В п.4.1 не приведены выводы по полученным результатам исследования.

5) В главе 5 приведены результаты экспериментальных исследований на лабораторном стенде, питающемся от промышленной сети с синусоидальной формой напряжения. В реальных же условиях подведенное к электропоезду напряжение имеет несинусоидальную форму. Каким образом, и в какой степени это повлияет на полученные результаты исследования?

6) Не ясно, каким образом в диссертационной работе при проведении исследований на лабораторном стенде оценивалось увеличение средневзвешенного коэффициента мощности тягового привода электропоезда.

7) В основной части диссертации не показано влияние коэффициента мощности на возврат электроэнергии в сеть электропоездом и только в технико-экономическом обосновании стр. 179, отмечено что, при использовании предлагаемых технических решениях возврат электроэнергии в сети увеличивается на 29 %, что требует более доказательной базы.

### **Заключение**

Перечисленные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы и не влияют на научную значимость и полученные результаты исследования.

Представленная диссертационная работа Иванова В.С. «Повышение коэффициента мощности моторвагонного подвижного состава переменного тока в режиме рекуперативного торможения» является законченной квалификационной



работой, в которой содержатся научно обоснованные технические решения, направленные на повышение энергетической эффективности электропоездов переменного тока в режиме рекуперативного торможения.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, 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, доцент кафедры «Электротехника, электроника и электромеханика» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», к.т.н., доцент

Против включения персональных данных в документы, связанные с рассмотрением диссертации Иванова В.С., не возражаю.



Малышева Ольга Александровна

Подпись Малышевой О.А. заверяю:

Начальник Отдела кадров



Рудиченко С.В.

Ф.И.О., представившего отзыв: Малышева Ольга Александровна

Почтовый адрес организации: 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47, главный корпус ДВГУПС, ауд. 241.

Адрес электронной почты: [malyshevaoa@list.ru](mailto:malyshevaoa@list.ru)

Наименование организации: ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», кафедра «Электротехника, электроника и электромеханика».

Телефон: (4212) 407-382, +7(914)191-28-88

Дата составления отзыва: 01.12.2020 г.