

ОТЗЫВ

официального оппонента Скорика Виталия Геннадьевича
на диссертационную работу Шрамко Сергея Геннадьевича
"Повышение энергетической эффективности электровозов переменного тока
в режиме рекуперативного торможения за счет изменения параметров
балластных резисторов", представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.03 – *Электротехнические комплексы и системы*

Актуальность темы диссертации.

Повышение эффективности работы оборудования электроподвижного состава железных дорог относится к числу основных задач, возникающих при проектировании новых и модернизации существующих моделей магистральных электровозов. Научные и прикладные разработки в области энерго- и ресурсосберегающих технологий относятся к сфере острой конкуренции как на отечественном, так и на мировом рынке новой техники для железнодорожного транспорта.

Учитывая политику энергосбережения на железных дорогах, в настоящее время большую часть отечественного локомотивного парка составляют электровозы переменного тока с тиристорными преобразователями. Такие преобразователи позволяют реализовать как плавное регулирование напряжения на ТЭД электровозов, так и рекуперативное торможение, при котором коллекторные тяговые двигатели последовательного возбуждения переводятся в генераторный режим и функционируют как генераторы постоянного тока независимого возбуждения. Это позволяет при торможении поезда механическую энергию преобразовывать через инвертор в электрическую энергию переменного тока и использовать ее для электровозов, находящихся на той же фидерной зоне, а также для питания других потребителей.

При этом важным параметром является коэффициент мощности работы инвертора. Несмотря на успешную работу электровозов с плавным регулированием напряжения, их выпрямительно-инверторные преобразователи далеки от совершенства, поэтому эффективность применения рекуперативного торможения ограничивается низким значением коэффициента мощности инвертора (в пределах 0,65÷0,7).

Указанные недостатки ставят задачу по повышению энергетической эффективности электровозов с тиристорными преобразователями в режиме рекуперации энергии. Наиболее перспективными направлениями решения данной задачи является изменение структуры преобразователя либо модернизация существующей конструкции электрического привода электровозов без внесения кардинальных изменений в его структуру.

В связи с этим представляет научный и практический интерес разработка, теоретическое и экспериментальное обоснование нового, более универсального и конкурентоспособного, способа повышения коэффициента мощности электровоза в режиме рекуперативного торможения. На основании

изложенного, можно сделать вывод о том, что тема диссертационной работы С.Г. Шрамко представляется актуальной, имеющей важное значение для науки и практики.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов.

Новизна диссертационной работы заключается в разработке, теоретическом и экспериментальном обосновании, нового способа повышения энергоэффективности инверторного режима электровоза за счет изменения активного сопротивления блока балластных резисторов (ББР) в цепи якоря тяговых электродвигателей (ТЭД) и выравнивания токов параллельно включенных ТЭД, работающих в режиме генераторов с независимым возбуждением. Приоритет разработок автора в данной области подтверждается двумя патентами РФ на изобретения.

К числу наиболее существенных результатов диссертации следует отнести следующие:

1. Предложен способ изменения сопротивления ББР электровоза, заключающийся в изменении величины его активного сопротивления в определенный момент времени относительно перехода сетевого напряжения через ноль, в результате чего увеличивается активная составляющая тока первичной обмотки тягового трансформатора и тем самым увеличивается коэффициент мощности электровоза.

2. Предложен способ выравнивания токов параллельно включенных ТЭД, работающих в режиме генераторов с независимым возбуждением, заключающийся в том, что при возникновении разности их токов формируется управляющий сигнал силовыми ключами для индивидуального изменения активного сопротивления ББР в цепи каждого ТЭД.

3. Разработана математическая модель системы «участок тяговой сети – электровоз в режиме рекуперативного торможения» с учетом изменения величины активного сопротивления ББР и выравнивания токов параллельно включенных ТЭД, работающих в режиме генераторов с независимым возбуждением.

Способ изменения сопротивления ББР электровоза заключается в том, что в период времени после окончания сетевой коммутации предыдущего полупериода и смены полярности напряжения сети блоком управления шунтировкой ББР подаются импульсы управления на IGBT-транзисторы. В результате снижения сопротивления ББР происходит увеличение активной составляющей тока тягового трансформатора электровоза. В работе способ представлен принципиальной схемой подключения устройства для регулирования сопротивления ББР при помощи устройств силовой электроники и описанным алгоритмом работы системы управления шунтировкой части ББР.

Новизна способа заключается в том, что он, в отличие от известных способов, осуществляет регулировку сопротивления ББР в автоматическом режиме с помощью блока управления и не требует кардинальной замены существующего оборудования электровоза.

Личный вклад Шрамко С.Г. состоит в разработке алгоритма управления и разработке принципиальных схем модернизированной силовой цепи и блока управления шунтировкой ББР.

Способ выравнивания токов параллельно включенных ТЭД заключается в том, что в случае работы двигателей с разными характеристиками, присоединенных к одному ВИП производится автоматическое смещение характеристики одного из генераторов за счет введения в цепь протекания тока якоря дополнительного активного сопротивления. В работе способ представлен функциональной схемой системы выравнивания токов ТЭД, работающих в режиме генераторов с независимым возбуждением, и алгоритмом ее работы, изложенных в главе 2 работы на стр. 49-54.

Новизна способа заключается в том, что он, в отличие от известных способов, осуществляет регулирование тока одного из параллельно работающих генераторов в автоматическом режиме с помощью IGBT-транзистора, управляемого блоком управления по новому алгоритму.

Личный вклад Шрамко С.Г. в создание способа заключается в разработке алгоритма и принципиальной схемы управления системой выравнивания токов тяговых машин, а также изготовлении стенда для проведения опытов на физической модели.

Математическая модель представлена уравнениями функциональной связи между коэффициентом мощности и параметрами блока балластных резисторов (2.46) – (2.55), стр. 39-42, и их реализация в виде модели системы «тяговая сеть – электровоз» в пакете для расчетов динамических систем Simulink среды математического моделирования MATLAB.

Новизна разработанной модели заключается в том, что она, в отличие от известных моделей, математически строго устанавливает связь параметров цепи возбуждения ТЭД в генераторном режиме, с энергетическими характеристиками электровоза для случаев с однозонным и n-зонным силовыми выпрямительно-инверторными преобразователями электровоза переменного тока.

Личный вклад Шрамко С.Г. заключается в выводе соответствующих аналитических соотношений, изложенных в главе 2 работы, разработке подпрограмм и имитационных схем для формирования модели системы тяговой сети, электрической части электровоза и проведении моделирования электромагнитных процессов в MATLAB.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического анализа, линейной алгебры, математического моделирования, методов теории подобия. Достоверность полученных результатов подтверждается также приведенными результатами математического моделирования и экспериментальных исследований на физической модели. Достоверность

также подтверждена апробацией основных результатов на конференциях, семинарах, научно-технических и других советах ОАО «РЖД» и его подразделений, опубликованных работах и патентах на изобретение.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики.

Научная значимость результатов работы заключается в разработанном способе изменения сопротивления балластных резисторов электровоза с коллекторными двигателями, которое производится при помощи силовых преобразовательных приборов в течение части периода рекуперации энергии, способствующий, в конечном итоге, повышению коэффициента мощности электровоза. Необходимо отметить значимость предложенного способа выравнивания токов параллельно работающих генераторов электровоза и алгоритм его реализации, позволяющий при возникновении разности их токов изменять активное сопротивление балластных резисторов в цепи каждой электрической машины, тем самым улучшая режим их работы.

Значимость для научных исследований имеет также разработанная математическая модель системы «участок тяговой сети – электровоз в режиме рекуперативного торможения» с учетом систем регулировки активного сопротивления ББР и выравнивания токов ТЭД, позволяющая проводить исследования электромагнитных процессов для электроподвижного состава различных модификаций с коллекторными тяговыми электрическими машинами.

Практическая значимость результатов заключается в разработанных схемных решениях для модернизации силовой схемы электровоза с изменением сопротивления ББР, обеспечивающие повышение коэффициента мощности электровоза в режиме рекуперативного торможения в среднем на 15 % и уменьшение на 28 % коэффициента относительной пульсации тока якоря ТЭД в сравнении с существующим режимом работы. Также практически важными являются разработанные принципиальные схемы блока управления для изменения сопротивления ББР и выравнивания токов параллельно включенных ТЭД, проведенная модернизация двух блоков ББР-162 для установки их на электровоз переменного тока.

Значимым для реализации как теоретических, так и практических задач по исследованию электромагнитных процессов является разработанный научно-экспериментальный лабораторный стенд для исследования работы электровоза в режимах тяги и рекуперативного торможения» на базе лаборатории «Системы управления ЭПС» ИрГУПС.

Замечания по диссертационной работе в целом.

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.

Также в тексте диссертации и автореферата присутствуют ошибки редакционного характера.

Общая характеристика диссертационной работы.

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с разработкой, теоретическим и экспериментальным обоснованием способа повышения энергетической эффективности работы электроподвижного состава с коллекторными тяговыми двигателями.

Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертации.

Диссертация прошла апробацию на всероссийских конференциях, в том числе с международным участием. Основные положения диссертации и ее результаты полно отражены в 10 печатных публикациях автора, включая 2

патента на изобретения и 5 публикациях в ведущих рецензируемых журналах, перечень которых утвержден ВАК РФ для публикации основных результатов диссертации.

Заключение.

Таким образом, диссертационная работа Шрамко Сергея Геннадьевича удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2014 года (ред. от 21.04.2016 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Принимая во внимание актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость ее результатов, считаю, что автор работы заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

доцент кафедры «Электротехника,
электроника и электромеханика»,
ученый секретарь Ученого совета
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»,
кандидат технических наук, доцент



Виталий Геннадьевич Скорик

13.10.2016 г.

Телефон: +7 (4212) 407-663
E-mail: uch_sec@festu.khv.ru
Адрес: 680021. Россия, г.Хабаровск,
ул.Серышева, д. 47