

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шухарева С. А. «Повышение энергетической эффективности электровозов переменного тока на основе применения экстремального компенсатора реактивной мощности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Представленная к защите диссертационная работа посвящена решению *актуальной* для Российских железных дорог задачи повышения их энергетической эффективности на основе применения более совершенного управляемого экстремального компенсатора реактивной мощности.

Ключевыми задачами, решаемыми в диссертационной работе, являются:

– разработка математической модели системы «тяговая подстанция – тяговая сеть – электровоз с управляемым компенсатором реактивной мощности»;

– разработка способа экстремального управления управляемым компенсатором реактивной мощности;

– компьютерное и физическое моделирование работы исследуемой системы «тяговая подстанция – тяговая сеть – электровоз с управляемым компенсатором реактивной мощности»;

– обоснование экономической эффективности применения на электровозах управляемого экстремального компенсатора реактивной мощности.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации, подтверждается корректным использованием методов математического моделирования электромагнитных процессов в электрической железной дороге с электровозом, оборудованным управляемым компенсатором реактивной мощности с экстремальным регулятором.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов расчётов, полученных на математических моделях с результатами физического моделирования электромагнитных процессов в электрической железной дороге переменного тока, состоящей из тяговой подстанции, контактной сети и электровоза, оборудованного управляемым компенсатором реактивной мощности.

Новизна научных результатов, полученных соискателем

К научной новизне представленных автором результатов можно отнести:

– математическую модель электромагнитных процессов в электрической железной дороге переменного тока, включающей тяговую подстанцию, тяговую сеть и электровоз, оборудованный управляемым компенсатором реактивной мощности;

– новый способ экстремального управления компенсатором реактивной мощности электровоза, позволяющий получать высокие значения коэффициента мощности во всех режимах работы электровоза;

– новую систему автоматического управления компенсатором реактивной мощности, реализующую экстремальный способ управления с адаптацией к режимам работы электровоза.

Практическая значимость диссертационной работы

1. Применение разработанного компенсатора реактивной мощности на электровозах переменного тока позволяет поддерживать экстремально высокое значение коэффициента мощности во всех режимах его работы.

2. Разработанная математическая модель позволяет исследовать электромагнитные процессы в системе «тяговая подстанция – контактная сеть – электровоз, оборудованный КРМ с экстремальным регулятором».

3. Экономическая эффективность от внедрения на электровозе предлагаемого типа компенсатора составляет 355,7 тыс. руб. в год.

Апробация работы и публикации с результатами, полученными в диссертации

Диссертация имеет высокую степень апробации. Основные её научные результаты и положения докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры «Локомотивы ДВГУПС» и на ряде международных, всероссийских и региональных научно-технических конференций

Основное содержание диссертации изложено в 10 опубликованных работах, из которых 3 статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня, установленного Министерством образования и науки Российской Федерации, в одном издании, входящем в систему международного цитирования Scopus, а также в одном патенте на изобретение.

Объем и содержание диссертационной работы

Общий объем диссертации составляет 188 страниц и состоит из введения, шести глав, включающих 101 иллюстрацию и 32 таблицы, заключения и списка литературы на 89 наименований, а также двух приложений.

Анализ выполненной диссертационной работы

Во введении изложена сущность проблемы, цель, дана краткая характеристика работы, а также изложены другие необходимые положения.

В первой главе рассмотрены устройства компенсации реактивной мощности (КРМ), применяемые на электроподвижном составе, обосновано их использование, сформулированы цели и задачи научного исследования. Рассмотрен принцип действия компенсатора и показана целесообразность применения управляемых компенсаторов. Однако, почему то управляемый компенсатор, разработанный в ДВГУПСе, назван пассивным, хотя в его состав входит автономный инвертор напряжения (АИН), который управляет

изменением напряжения на первичной обмотке вольтодобавочного трансформатора. По нашему мнению наличие АИН позволяет управлять КРМом и делает такой компенсатор активным.

Кроме того, отсутствует анализ способов управления таким компенсатором и утверждение о необходимости применения экстремального способа управления выглядит необоснованным. С формулировками цели и задач исследования можно согласиться.

Во второй главе представлена математическая модель системы «тяговая подстанция – контактная сеть – электровоз, оборудованный управляемым компенсатором реактивной мощности», которая реализована в пакете *Simulink* среды *MATLAB*.

При этом автор вопреки известным рекомендациям почему-то принял схему замещения тяговой сети в виде одного четырёхполюсника, хотя в работах ВНИИЖТа и МИИТа обоснована необходимость использования конечноэлементных моделей. Ссылка на значительное увеличение аппаратных и программных ресурсов выглядит неубедительной. Наш опыт показывает, что используя обычный персональный компьютер можно моделировать участок тягового электроснабжения длиной 150км с тремя тяговыми подстанциями и представлением тяговой сети конечными элементами длиной 200м.

С моделями остальных элементов электрической железной дороги можно согласиться.

При проверке адекватности полученной модели автор использовал экспериментальные данные ВНИИЖТа, полученные на испытательном кольце на станции Щербинка. Эти данные соответствуют положению электровоза вблизи тяговой подстанции, когда параметры тяговой сети не оказывают никакого влияния на электромагнитные процессы, поэтому адекватность принятой диссертантом модели тяговой сети осталась по нашему мнению не подтверждённой. Кроме того, параметры тяговой сети на испытательном кольце ВНИИЖТа соответствуют системе постоянного тока

и использование результатов, полученных на такой сети, для системы переменного тока на российских дорогах является некорректным.

В третьей главе описан принцип работы классического экстремального регулятора и выполнена его адаптация применительно к управляемому компенсатору реактивной мощности электровоза. С материалами этой главы можно полностью согласиться. Более того, экстремальный регулятор впервые применён диссертантом для управления подсистемами электровоза и этот опыт несомненно будет использован и в других работах.

В качестве замечаний отметим, что автор ориентируется на применение способа δ – модуляции и не рассмотрел другие возможные способы управления.

В четвёртой главе выполнено исследование устойчивости работы предложенной системы экстремального автоматического управления компенсатором реактивной мощности электровоза. Можно согласиться с диссертантом, что в связи со сложностью рассматриваемой нелинейной системы целесообразно использовать метод математического моделирования. При этом моделирование выполнено для всех зон ВИПа при нескольких углах открытия тиристоров в режимах тяги и электрического торможения. Во всех выполненных численных экспериментах система автоматического управления работала устойчиво, стабильно обеспечивая реализацию экстремальных значений коэффициента мощности.

В пятой главе приведена структура и результаты работы физической модели системы «тяговая подстанция – контактная сеть – электровоз с КРМ и системой экстремального управления». При этом система управления была выполнена на основе контроллера реального времени и программируемого логического контроллера фирмы National Instruments. При таком подходе автору удалось реализовать все подсистемы для управления физической моделью электровоза и подтвердить эффективность разработанной системы экстремального управления компенсатором реактивной мощности.

К недостаткам этой главы относятся следующие.

1. В физической модели использован одно зонный трансформатор.
2. Тяговая сеть, являющаяся системой с распределёнными параметрами, моделировалась блоками с сосредоточенными параметрами.

По нашему мнению более перспективным было бы применение программно-аппаратной модели, в которой все силовые элементы электрических систем моделируются программным способом на вычислительном комплексе, а в качестве системы управления используется реальная микропроцессорная система, соединённая с вычислительным комплексом с помощью «устройства связи с объектом (УСО)».

Шестая глава посвящена расчёту массогабаритных показателей компенсатора реактивной мощности, а также оценке экономического эффекта от его применения. Найденные габаритные размеры КРМ невелики и обеспечивают возможность его установки в высоковольтной камере электровоза. Экономический эффект определялся на основе снижения потерь активной мощности, которые возникают при уменьшении реактивных токов в контактной сети. При этом срок окупаемости составил почти 8 лет.

В качестве замечания отметим, что диссертант не учёл снижения цены на электроэнергию, которую представляют поставщики при уменьшении потребляемой реактивной мощности. Дополнительный учёт этого эффекта обеспечил бы уменьшение срока окупаемости до приемлемой величины в два года.

Обзор литературы, проведенный в диссертационной работе, достаточно подробный и качественный.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы, и содержит краткое описание основных материалов диссертации, результаты исследования и выводы по работе.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011

Диссертация и автореферат полностью соответствуют ГОСТ Р 7.0.11-2011, имеют регламентированную структуру и правильно оформленный список литературы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14

Диссертация Шухарева С. А. соответствует пункту 10 Положения, так как работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Диссертация имеет прикладной характер, полученные автором научные результаты могут быть применены для разработки устройств, повышающих энергетические показатели качества электровозов переменного тока.

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

Диссертация соответствует пунктам 11 и 14 Положения, так как её основные результаты опубликованы в 9 статьях в научных журналах, 3 из которых входят в перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ и 1 – в международную базу цитирования Scopus. Все заимствованные материалы имеют ссылки на источник заимствования, результаты научных работ, выполненных Шухаревым С. А. лично или в соавторстве, которые были использованы в диссертации, так же отмечены в тексте.

Заключение о соответствии диссертации п.9 «Положения о присуждении ученых степеней»

Представленная С. А. Шухаревым диссертация «Повышение энергетической эффективности электровозов переменного тока на основе применения экстремального компенсатора реактивной мощности» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные технические и технологические решения важной задачи повышения энергетической эффективности электрических железных дорог переменного тока на основе применения активного компенсатора реактивной мощности с экстремальной системой автоматического управления.

Диссертационная работа по степени научной новизны, объему выполненных исследований и их практической ценности соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор С. А. Шухарев заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,
Савоськин Анатолий Николаевич
доктор технических наук,
05.22.07 – Подвижной состав, тяга поездов и электрификация,
профессор кафедры «Электропоезда и локомотивы»
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Российский университет транспорта (МИИТ)»,
профессор

А.Н. Савоськин

Почтовый адрес: 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9
телефон: 8(495)6842441, 8(906)0594888
e-mail: elmechtrans@mail.ru

09.11.2017

Подпись руки	<u>А.Н. Савоськина</u>
Заверяю	_____
Начальник Отраслевого центра подготовки научно – педагогических кадров высшей квалификации	<u>С.Н. Коржин</u>

