

## ОТЗЫВ

### официального оппонента на диссертационную работу

Глызина Ильи Игоревича

«Повышение энергоэффективности тяговых электроприводов  
со статическими преобразователями электроэнергии и  
асинхронными тяговыми двигателями»

на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

**Актуальность выбранной темы исследования.** В настоящее время электрифицированные железные дороги являются крупным потребителем электрической энергии, поэтому повышение энергоэффективности железнодорожного транспорта является актуальной проблемой.

Преобразование электрической энергии на серийно выпускаемых электровозах переменного тока, например, 2(4)ЭС5К, осуществляется тяговым выпрямительно-инверторным преобразователем. Недостатком такого преобразователя является работа с отстающим фазовым сдвигом тягового тока электровоза относительно напряжения на его токоприемнике. В последнее время на подвижном составе переменного тока нашел широкое применение четырехквadrантный преобразователь, особенностью которого является возможность работы, как с отстающим, так и с опережающим фазовым сдвигом тока. Иностраный электроподвижной состав переменного тока в основном оснащен четырехквadrантным преобразователем. На отечественном подвижном составе до настоящего времени применяется четырехквadrантный преобразователь, который был разработан компаниями Siemens (ФРГ) и Alstom (Франция). В связи с этим, тема диссертационной работы Глызина Ильи Игоревича актуальна, а предлагаемый способ поддержания напряжения контактной сети в заданном диапазоне целесообразно рекомендовать к внедрению на вновь проектируемом электроподвижном составе, предназначенном для работы на железных дорогах, электрифицированных переменным током.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационном исследовании Глызина И. И. подтверждена удовлетворительным совпадением полученных в работе результатов с данными экспериментальных исследований, полученных при испытаниях грузовых электровозов переменного тока на экспериментальном кольце ИЦ «ВНИИЖТ» (г. Щербинка), а также с результатами других исследователей, работающих в этом направлении.

**Достоверность и новизна полученных результатов.** Достоверность полученных результатов обоснована адекватностью используемых математических моделей, хорошей сходимостью расчетных, имитационных и экспериментальных данных, а также корректностью постановок задач исследования и обоснованностью принятых допущений.

**Научная новизна диссертационного исследования** Глызина И. И. заключается в следующем:

- предложена адаптированная к изменяющимся параметрам контактной сети система автоматизированного управления тяговым преобразователем;
- разработана комплексная математическая модель системы «контактная сеть – электровоз переменного тока с четырехквadrантным преобразователем»;
- выполнен анализ электромагнитных процессов в тяговом электроприводе с четырехквadrантным преобразователем с использованием разработанной математической модели.

**Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов.** На основании полученных результатов математического и компьютерного моделирования электромагнитных процессов в системе «контактная сеть – электровоз переменного тока с четырехквadrантным преобразователем» разработаны алгоритмы управления тяговым преобразователем и технические требования к электровозам переменного тока нового поколения.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебном процессе в ВУЗах при подготовке специалистов для железнодорожного транспорта.

**Оценка содержания диссертации, её завершенность.** Диссертационная работа Глызина И. И. включает введение, четыре главы основного текста, заключение, список использованных источников из 84 наименований, и содержит из 125 страниц машинописного текста, в том числе 8 таблиц, 51 рисунок и 4 приложения.

Во введении приводится общая характеристика диссертационной работы, обоснована актуальность ее темы, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость, описаны методы исследования, определены цель и задачи исследования.

Первая глава диссертации посвящена анализу показателей энергетической эффективности электроподвижного состава переменного тока и способам их повышения. Автор рассмотрел существующие способы и устройства компенсации реактивной мощности на подвижном составе переменного тока.

Во второй главе проведен анализ электромагнитных процессов в тяговой цепи электровоза переменного тока с четырехквadrантным преобразователем. Выполнен анализ существующих способов управления и формирования управляющих сигналов, по которым осуществляется коммутация транзисторов четырехквadrантного преобразователя. Проанализирован алгоритм работы существующих четырехквadrантных преобразователей и предложен способ компенсации реактивной мощности контактной сети.

Третья глава посвящена обзору средств реализации математических моделей в различных компьютерных программах и разработке математической модели для исследования электромагнитных процессов в электротехнической системе «контактная сеть – электровоз переменного тока с четырехквadrантным преобразователем». Модель рассматриваемой системы разработана в программном пакете MatLab Simulink, состоящая из тяговой подстанции электрифицированной железной дороги переменного тока, контактной сети, тягового трансформатора и тягового электропривода электровоза. Выполнен анализ полученных результатов моделирования электромагнитных процессов в контактной сети при реализации опережающего фазового сдвига тока электровоза с четырехквadrантным преобразователем относительно напряжения на его токоприемнике. Предложен алгоритм формирования управляющего сигнала для поддержания требуемого опережающего фазового сдвига тока. Результаты моделирования электромагнитных процессов в программном пакете MatLab Simulink представлены в виде графиков. Сделан вывод о зависимости между опережающим фазовым сдвигом тока на электровозе и повышением напряжения на его токоприемнике.

В четвертой главе выполнено технико-экономическое обоснование внедрения перспективной системы управления тяговым преобразователем электровоза переменного тока. Выполнено обоснование экономического эффекта от внедрения разработанной в диссертации усовершенствованной системы управления четырехквadrантным преобразователем электровоза переменного тока.

В заключении диссертации изложены итоги проведенного научного исследования и перспективы дальнейшей работы.

По структуре и качеству ее оформления диссертационной работы Глызина И. И. замечаний нет. Материал изложен ясно, грамотным техническим языком, а главы логически взаимосвязаны.

**Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования.**

Несмотря на общую положительную оценку выполненной работы имеются отдельные замечания и пожелания:

1) Во введении записано понятие «тяговой обмотки» трансформатора. В технической литературе определены первичная и вторичные обмотки трансформатора. Необходимо пояснить записанное понятие.

2) В первой главе, введены сокращения ТТ и ТП. В технической литературе таким сокращениям соответствуют «трансформатор тока» и «трансформаторная подстанция». Необходимо пояснить приведенные сокращения.

3) В главе 1 на стр. 23 встречается термин «мешающее влияние». Ранее этот термин в диссертации не встречался. Необходимо пояснить этот термин.

4) В диссертации упоминается понятие коэффициента полезного действия, которому соответствует аббревиатура «КПД». В главе 1 на стр. 25 аббревиатура «к.п.д.» записана маленькими буквами.

5) В главе 1 повторно введено сокращение ЭПС, ТТ и АД.

6) В главе 3 подробно рассмотрены средства моделирования электромагнитных процессов в электротехнических системах. Наиболее точные результаты моделирования рассматриваемых процессов обеспечивает программный пакет Matlab Simulink. Целесообразно минимизировать описание средств моделирования, не позволяющих с необходимой точностью выполнить моделирование электромагнитных процессов в рассматриваемой электротехнической системе.

Отмеченные замечания не снижают научной ценности, теоретической и практической значимости полученных результатов исследования.

**Соответствие автореферата основному содержанию диссертации.**

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы и достаточно полно отражает её основные положения.

### **Соответствие диссертационной работы и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.**

Диссертационная работа написана технически грамотным языком, качество её оформления соответствует принятым требованиям к оформлению научных работ в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011. Изложенный в диссертации и автореферате материал логично структурирован.

### **Заключение по диссертации о соответствии ее требованиям Положения о присуждении ученых степеней.**

Представленная диссертационная работа Глызина Ильи Игоревича выполнена самостоятельно, обладает внутренним единством и методологической ценностью. В диссертации приведены сведения о применении предложенных алгоритмов управления четырехквadrантным преобразователем, подтвержденные результатами математического моделирования, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Это позволяет сделать заключение о соответствии диссертации требованиям п. 10 Положения о присуждении ученых степеней. Количество публикаций Глызина И. И., в которых изложены основные результаты диссертации полностью соответствуют установленным требованиям. Автором по теме диссертационной работы опубликовано 4 печатные работы, в том числе в изданиях из перечня, определенного ВАК России для опубликования основных научных результатов кандидатской диссертации (п.11 Положения о присуждении ученых степеней). В диссертации авторов ссылается на источники заимствования материалов и результатов (п. 14 Положения о присуждении ученых степеней).

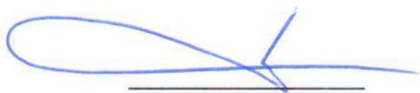
### **Заключение**

Диссертационная работа Глызина Ильи Игоревича «Повышение энергоэффективности тяговых электроприводов со статическими преобразователями электроэнергии и асинхронными тяговыми двигателями», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, носит завершённый научный характер и является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача по повышению энергетической эффективности системы электрической тяги подвижного состава переменного тока, имеющая важное народнохозяйственное значение в области железнодорожного транспорта.

По содержанию, научной новизне, ценности и практической значимости, полученных новых научных и практических результатов, обоснованности сформулированных научных положений диссертационная работа Глызина И. И. полностью соответствует требованиям п. 9, 10, 11 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

### Официальный оппонент

Вольский Сергей Иосифович, доктор технических наук  
по специальности 05.09.03 - Электротехнические комплексы и системы,  
профессор кафедры «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,  
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4.  
тел. +7(499) 158-29-77; email: mai@mai.ru



/ С.И. Вольский

Дата написания отзыва: 12.05.2022 г.

Подпись Вольского С.И. заверяю:  
Директор дирекции института №3



Следков Ю. Г.

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента на диссертацию**

Глызина Ильи Игоревича

на тему «Повышение энергоэффективности тяговых электроприводов со статическими преобразователями электроэнергии и асинхронными тяговыми двигателями»

по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Актуальность выбранной темы исследования.** Электрифицированные железные дороги являются одним из основных потребителей электрической энергии, железнодорожный транспорт является основным видом транспорта в нашей стране, поэтому повышение энергоэффективности этого вида транспорта является актуальной проблемой. Преобразовательная система серийно выпускаемых электровозов переменного тока состоит из тягового трансформатора, выпрямительно-инверторного преобразователя. Недостатком работы выпрямительно-инверторного преобразователя является работа с отстающим фазовым сдвигом тока электровоза относительно напряжения на его токоприемнике. В преобразовательной системе иностранного подвижного состава нашел широкое применение четырехквadrантный преобразователь, особенностью работы которого является возможность работы, как с отстающим, так и с опережающим фазовым сдвигом тока. Иностраный электроподвижной состав в основном оснащен четырехквadrантным преобразователем. На отечественном тяговом подвижном составе четырехквadrантный преобразователь до настоящего времени применялся только на опытных электровозах переменного тока. В этой связи, тема диссертации Глызина Ильи Игоревича актуальна, а предлагаемый способ регулирования напряжения контактной сети целесообразно рекомендовать к внедрению на электроподвижном составе переменного тока.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной

работе, подтверждена удовлетворительным совпадением результатов, полученных при моделировании электромагнитных процессов электротехнической системы, с результатами испытаний грузовых электровозов на экспериментальном кольце ИЦ «ВНИИЖТ» (г. Щербинка), а также с результатами других исследователей, работающих в этом направлении.

**Достоверность и новизна полученных результатов.** Достоверность полученных результатов обоснована адекватностью используемых математических моделей, а также корректностью постановок задач исследования и обоснованностью принятых допущений.

Научная новизна диссертационной работы Глызина И.И. заключается в следующем:

- предложена адаптированная к изменяющимся параметрам тяговой сети система автоматизированного управления тяговым преобразователем;
- разработана комплексная математическая модель системы «тяговая сеть – электровоз переменного тока с четырехквadrантным 4qS-преобразователем»;
- на основе результатов анализа электромагнитных процессов в тяговом электроприводе и полученных на их основании рекомендаций по управлению тяговым преобразователем разработаны технические требования к электровозам переменного тока новых поколений.

**Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов.** На основании полученных результатов математического и компьютерного моделирования электромагнитных процессов в системе «тяговая сеть – электровоз переменного тока» разработаны алгоритмы управления тяговым преобразователем электровоза нового поколения. Результаты диссертации применяются в учебном процессе в ВУЗах при подготовке специалистов для железнодорожного транспорта.

**Оценка содержания диссертации, её завершенность.** Диссертация Глызина И.И. состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения, списка использованных источников и приложений и содержит 125 страниц машинописного текста, 8 таблиц и 51 рисунок.

Во введении приводится общая характеристика диссертационной работы, обоснована актуальность выбранной темы, раскрыты научная новизна,



теоретическая и практическая значимость, описаны методы исследования, определены цель и задачи исследования.

В первой главе диссертации выполнен анализ показателей энергетической эффективности электроподвижного состава переменного тока, а также способы повышения энергоэффективности. Автор рассмотрел существующие способы и устройства компенсации реактивной мощности, применяемые в настоящее время на электровозах переменного тока, а также возможность реализации компенсации реактивной мощности на перспективном электроподвижном составе.

Во второй главе проанализированы электромагнитные процессы в силовой цепи электровоза переменного тока с четырехквadrантным преобразователем. Выполнен анализ существующих способов управления и формирования управляющих сигналов по которым осуществляется коммутация транзисторов четырехквadrантного преобразователя. Проанализирован алгоритм работы существующих четырехквadrантных преобразователей и предложен способ компенсации реактивной мощности контактной сети. Выполнен анализ электромагнитных процессов в тяговом трансформаторе электровоза переменного тока.

В третьей главе выполнен обзор различных компьютерных программ, позволяющих выполнить математическое моделирование исследуемых электромагнитных процессов в электротехнической систем «тяговая сеть – электровоз». Модель рассматриваемой системы выполнена в программном пакете MatLab Simulink и состоит из тяговой подстанции электрифицированной железной дороги переменного тока, тяговой сети, тягового трансформатора и тягового электропривода электровоза. Сделан вывод о зависимости между опережающим фазовым сдвигом тока на электровозе и повышением напряжения на токоприемнике электровоза с четырехквadrантным преобразователем.

В четвёртой главе выполнено технико-экономическое обоснование внедрения перспективной системы управления тяговым преобразователем электровоза переменного тока. Выполнено обоснование экономического эффекта от внедрения разработанной в диссертации усовершенствованной системы

управления четырехквadrантного преобразователя электровоза переменного тока.

**Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования.**

Несмотря на общую положительную оценку выполненной работы имеются отдельные замечания и пожелания:

1) В первой главе на многих рисунках с эпюрами тока и напряжения присутствует множество параметров, о которых нет никакого упоминания в тексте, что затрудняет чтение и понимание электромагнитных процессов в тяговой сети. Для правильного понимания и наилучшего изложения сути явлений целесообразно либо убрать лишние обозначения на иллюстрациях, либо расшифровать их в тексте.

2) В эквивалентной схеме трансформатора участвуют две индуктивности – индуктивность намагничивания и индуктивность рассеяния, приведенные к одной из обмоток. В тексте диссертации говорится о том, что обмотки тягового трансформатора обладают значительной индуктивностью, не мешало бы уточнить, что речь идет об индуктивности рассеяния, поскольку по умолчанию под индуктивностью обмотки подразумевается индуктивность намагничивания.

3) Некоторые сокращения не расшифрованы в тексте. Список использованных сокращений в диссертации позволил бы упростить понимание заложенного в тексте смысла.

Отмеченные недостатки не снижают ценности и теоретической и практической значимости выполненного исследования.

**Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации.** Объект и область исследований не противоречат паспорту специальности 05.09.03 - Электротехнические комплексы и системы.

Содержание диссертации соответствует теме диссертации (п.1 Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем; п.2 Обоснование совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области

проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем; п.3 Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления; п.4 Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях.).

**Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.** Диссертация написана технически грамотным языком, качество её оформления соответствует принятым требованиям к оформлению научных работ в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011. Изложенный в диссертации и автореферате материал логично структурирован.

**Соответствие автореферата основному содержанию диссертации.**

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает её основные положения.

**Заключение по диссертации о соответствии ее требованиям Положения о присуждении ученых степеней.**

Представленная диссертация Глызина Ильи Игоревича выполнена самостоятельно, обладает внутренним единством и методологической ценностью. В диссертации предложен способ управления четырехквadrантным преобразователем электровоза, работоспособность при новом алгоритме управления подтверждена результатами математического моделирования, что говорит о личном вкладе автора диссертации в науку. Это позволяет сделать вывод о соответствии диссертации требованиям п. 10 Положения о присуждении ученых степеней.

Количество публикаций Глызина И.И., в которых изложены основные результаты диссертации полностью соответствуют установленным требованиям. Автор диссертации опубликовал 4 печатные работы по теме диссертации, в том числе в изданиях из перечня, определенного ВАК России для опубликования основных научных результатов кандидатской диссертации (п.11 Положения о присуждении ученых степеней).

В диссертации авторов ссылаются на источники заимствования материалов и результатов (п. 14 Положения о присуждении ученых степеней).

### Заключение

Диссертация Глызина Ильи Игоревича на тему «Повышение энергоэффективности тяговых электроприводов со статическими преобразователями электроэнергии и асинхронными тяговыми двигателями», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные новые технические решения, внедрение которых на подвижном составе позволит повысить энергетическую эффективность системы электрической тяги переменного тока. Диссертация Глызина И.И. соответствует требованиям п. 9,10, 11, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,

**Коротков Сергей Михайлович,**

кандидат технических наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника; начальник отдела разработки AC/DC источников питания общего назначения ООО «ММП-Ирбис»



Коротков Сергей Михайлович

Контактная информация:

Адрес: 109202, г. Москва, а/я 55,

Общество с ограниченной ответственностью «ММП-Ирбис»

Телефон: +7(495) 927-10-16

E-mail: kor@mmp-irbis.ru

Подпись Короткова С.М. заверяю

Генеральный директор ООО «ММП-Ирбис», доктор технических наук, профессор




Лукин Анатолий Владимирович