

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента
Сулова Константина Витальевича на диссертацию **Шандыбина Алексея
Викторовича** на тему «Повышение работоспособности компонентов системы
управления транспортным электротехническим комплексом при внешних
электромагнитных воздействиях», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2.

Электротехнические комплексы и системы

Актуальность избранной темы определяется необходимостью бесперебойного функционирования современных железнодорожных магистралей. При этом степень безопасности и эффективности их использования – существенный показатель уровня развития транспортного сообщения всей страны. Одним из важных направлений в данной области является создание, разработка и проектирование различных защитных средств, методик и методов и, в частности, в сфере электромагнитных воздействий.

Сети тягового электроснабжения являются основным источником негативных влияний, порождаемых железными дорогами. Их воздействию подвергаются абсолютно все металлические объекты, расположенные вдоль железных дорог, в том числе направляющие линии устройств управления. Подобные воздействия вызывают деструктивные процессы, которые могут повредить дорогостоящее оборудование и стать причиной железнодорожной аварии или даже повлечь за собой гибель людей.

Предотвращение подобных происшествий является главной целью для исследователей, занимающихся вопросами электромагнитной совместимости в сфере железнодорожного транспорта. Данный факт в свою очередь подчеркивает актуальность вопросов создания средств защиты компонентов транспортных электротехнических комплексов от наводимых перенапряжений.

Особая перспективность исследований электромагнитной совместимости просматривается на фоне современных разработок в области высокоскоростного транспорта будущего с применением технологий магнитного подвеса, а также повышенного интереса транспортных корпораций мира к развитию в данных направлениях.

Перечисленные факторы определяют актуальность темы и содержание диссертации в теоретическом и практическом направлениях.

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

Положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации А.В. Шандыбина, представляют собой ряд научно-аргументированных и логически непротиворечивых подходов, методов и предложений, направленных на повышение работоспособности компонентов системы

управления транспортным электротехническим комплексом при внешних электромагнитных воздействиях.

Достоверность и новизна, полученных результатов.

Новыми научными результатами являются:

1. Показан механизм воздействия системы тягового электроснабжения на кабельную линию управления с учетом сложных граничных условий и структуры железнодорожного пути на основе строгих методов математического моделирования электромагнитных полей.

2. Предложена система компенсации токов, индуктированных в кабельных линиях управления, и обоснованы способы ее применения.

3. Обоснована возможность использования явления самоорганизации для повышения работоспособности системы синхронизации цифровых средств управления компонентами электротехнических комплексов.

4. Выполнена статистическая обработка результатов измерений электромагнитных внешних воздействий на кабельную линию управления электротехническим комплексом, отличающаяся от известных одновременным оцениванием функции распределения и ее плотности, при учете естественных требований к соответствующим функциям.

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается:

- удовлетворительным совпадением теоретических положений, результатов моделирования и экспериментальной оценки между собой и с работами других исследователей;

- плотность вероятности и функция распределения согласованы между собой и удовлетворяют стандартным требованиям нормировки и положительности;

- эффект самоорганизации подтвержден натурным экспериментом взаимной синхронизации группы связанных генераторов гармонических колебаний с фазовой автоподстройкой частоты;

- принципиальная реализуемость предлагаемой системы компенсации токов, индуктированных в кабельных линиях управления транспортных электротехнических комплексов подтверждена модельным примером.

Апробация результатов. Основные положения и результаты научно-квалификационной работы докладывались и обсуждались на 23 конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано: 2 статьи в научных журналах из Перечня ВАК по специальности 2.4.2 - Электротехнические комплексы и системы; 4 статьи в научных журналах из Перечня ВАК по другим специальностям; 2 статьи в изданиях, входящих в наукометрическую базу SCOPUS, 35 в других научных изданиях и материалах конференций. Имеется 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

Стоит отметить, что результаты диссертационного исследования отражены в публикациях достаточно полно.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов заключается в следующем:

1. Выполнено математическое моделирование компонентов транспортного электротехнического комплекса, позволяющее исследовать закономерности передачи и использования электрической энергии в соответствии с фундаментальными законами и определять, как токораспределение во влияющих проводниках, так и уровни индуктированных в оболочке кабельной линии управления токов с учетом различных сред и граничных условий. Результаты использованы в учебном процессе.

2. Произведены измерения индуктированных токов на оболочках кабельных линий управления компонентами электротехнических комплексов и их обработка в соответствии с разработанной теорией согласованной оценки плотности и функции распределения, которые позволяют определить порог срабатывания системы компенсации индуктированных токов.

3. Материалы исследований в части технических предложений по защите устройств электротехнических систем на основе статистических исследований опасных и мешающих напряжений и индуктированных токов использованы в научных разработках ОАО «НИИАС».

4. Разработан алгоритм определения ядра линейной системы формирования противотоков на основе использования статистических данных о индуктированных токах и минимизации функционала среднеквадратического отклонения.

Оценка содержания диссертации, её завершенность.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего в себя 131 наименование, и 7 приложений. Работа изложена на 139 страницах основного текста, содержит 55 рисунков, 11 таблиц.

Во введении представлены актуальность и степень разработанности темы, определены цели и задачи, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, описаны методология и методы проведения исследований, приведены основные положения, достоверность и степень апробации результатов.

В первой главе проанализированы современные методы оценки внешних электромагнитных воздействий и методы защиты от них.

Во второй главе рассматривается применение уравнений Максвелла, Гельмгольца, Пуассона и Лапласа для исследования влияния электромагнитного воздействия на оболочку кабельной линии управления компонентами транспортного электротехнического комплекса. Приведены вычислительные алгоритмы решения уравнений электростатики и магнитостатики методом конечных элементов (МКЭ). Представлены результаты исследования точности разработанных программ, реализующих вычисления уравнений электростатики и магнитостатики на основе МКЭ.

В третьей главе рассматривается важность системы синхронизации для обеспечения работоспособности современных цифровых систем, входящих в

состав устройств управления электротехническими комплексами. Показаны причинно-следственные связи возникновения сбоев в системе синхронизации при увеличении уровней внешних электромагнитных воздействий.

В четвертой главе выполнен синтез устройства для повышения работоспособности компонентов системы управления электротехническим комплексом. Приведен возможный алгоритм выбора систем защиты на основе экономических критериев. Произведена статистическая обработка результатов измерений, описанных во второй главе. Разработан метод непараметрического определения законов распределения на основе минимума функционала невязки.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

В приложениях содержатся копии свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, актов о внедрении результатов диссертационной работы, программа и методика измерений, протоколы испытаний.

Таким образом, можно обоснованно сделать вывод о том, что поставленная цель диссертации соискателем достигнута.

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

Работа написана грамотным техническим языком, хорошо структурирована, изложена логично и последовательно.

Замечания по диссертационной работе:

1. Для удобства восприятия следовало бы предлагаемые автором алгоритмы представить в виде блок-схем.

2. В диссертационной работе имеется Таблица 2.3 – Параметры рассчитанного распределения токов в проводниках системы с ЭУП для двух величин питающего тока. Из текста диссертации не понятно, чем вариант №1 отличаются от № 2 За счет чего происходит снижение наводимых на смежную линию токов?

3. На рисунке 3.2 приведена вероятность появления ошибочного бита для бинарных систем нескольких типов. Нет пояснений к графическим результатам, представленных на рисунке. Каким образом данные результаты впоследствии используются в работе и на что влияют?

4. Нет обоснования, почему автор использует уравнения Стратоновича. И каковы ограничения области применимости данного метода.

5. В параграфе 3.4 Натурное моделирование совокупности агентов. Автором не приводится методология получения результатов. Не совсем понятно, каким образом получены данные результаты и насколько они адекватны.

6. В параграфе 4.2 Статистическая обработка результатов измерений описаны статистические методы. Не совсем понятно, почему автор использует метод весовых коэффициентов. (стр.93). Каким образом синтезируются весовые коэффициенты α , β , γ ?

7. Нет заголовка к параграфу 4.2.1.

8. Автором используется метод конечных элементов с использованием программной среды Mathcad. Возникает вопрос адекватности результатов численного моделирования электромагнитных процессов с учетом однородной дискретизации сетки конечных элементов (это особенность программной среды Mathcad). Дело в том, что результаты вычислений данным методом существенно зависят от плотности сетки конечных элементов, а возможности программной среды Mathcad несколько ограничены.

9. Исследованиями электромагнитной совместимости, в том числе электрифицированных железных дорог со смежными системами занимаются в Иркутском государственном университете путей сообщения и Иркутском национальном исследовательском университете. К сожалению, в диссертации имеется всего 2 ссылки на данные исследования.

Приведенные замечания не снижают научную ценность и практическую значимость представленной к защите диссертации.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации.

Автореферат диссертации достаточно полно и точно отражает ее содержание.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, содержат все необходимые атрибуты и верно оформленный список литературы.

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

Диссертация написана автором самостоятельно, является целостным исследованием, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, содержит рекомендации по использованию научных выводов, имеет практическое применение, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку, что соответствует требованиям п.10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (ред. от 18.03.2023).

В соответствии с п.11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

В рассматриваемой диссертации имеются ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, что соответствует требованиям п.14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

В целом, диссертация «Повышение работоспособности компонентов системы управления транспортным электротехническим комплексом при внешних электромагнитных воздействиях» соискателя **Шандыбина Алексея Викторовича** на соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена на достаточно высоком уровне и является завершённой научно-квалификационной работой. Проведенные автором исследования содержат

решение актуальной задачи повышения работоспособности компонентов системы управления транспортным электротехническим комплексом при внешних электромагнитных воздействиях, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, а именно системы управления электротехническими комплексами, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, (05.14.02 –
Электрические станции и электроэнергетические
системы), доцент, профессор кафедры
гидроэнергетики и возобновляемых источников
энергии федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»



Суслов
Константин
Витальевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Адрес: 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14. Тел: (495) 362-72-51. E-mail: dr.souslov@yandex.ru.

Я, Суслов Константин Витальевич, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Шандыбина Алексея Викторовича, и их дальнейшую обработку.

24.11.2023 г.



К.В. Суслов

Подпись Сусллова К.В. удостоверяю



Заместитель начальника
Управления по работе с персоналом
Л.Н. Полевая

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Шандыбина Алексея Викторовича

на тему «Повышение работоспособности компонентов системы управления транспортным электротехническим комплексом при внешних электромагнитных воздействиях»
по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность избранной темы

Представленное в диссертации исследование направлено на поиск решений в области повышения уровня работоспособности, надежности и эффективности функционирования компонентов электротехнических комплексов. В работе большое внимание уделяется оценке электромагнитных воздействий и разработке мер защиты от них. Важность данных вопросов для электрифицированных железных дорог не снижается на протяжении длительного времени, что является прямым следствием интенсивной деятельности транспортной отрасли.

Таким образом, тема диссертации посвящена актуальной теме, связанной с работоспособностью систем управления, а также безопасностью и надежностью функционирования транспортного электротехнического комплекса.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

При выполнении диссертационной работы получен ряд новых научных положений, выводов и рекомендаций, направленных на повышение работоспособности компонентов системы управления, что позволит улучшить безопасность и надежность функционирования железнодорожного транспорта страны.

Выводы, сформулированные в работе, основаны на результатах численного моделирования электромагнитных полей на базе метода конечных элементов и выполнения условий Дирихле-Неймана с применением специализированного программного продукта COMSOL. Кроме этого, в работе произведены экспериментальные исследования, которые выполнены с применением сертифицированного оборудования.

Таким образом, выводы, сформулированные в диссертации, полученные научные результаты и разработанные рекомендации являются научно обоснованными.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Достоверность научных положений и результатов, полученных в работе обеспечивается строгим математическим подходом, при моделировании электромагнитных полей расчетной области влияния на элементы инфраструктуры, основанного на методе конечных элементов, соблюдением граничных условий и физических ограничений, а также высокой корреляцией с экспериментальными данными.

Основные результаты обсуждались на международных научно-практических конференциях и в значительной степени освещены печатных изданиях. По теме диссертации опубликовано 34 работы, в том числе 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по заявленной специальности и 2 статьи входящих в перечень Scopus. Основные научные результаты опубликованы в статьях без соавторов.

Научная новизна, полученных в диссертационной работе научно обоснованных результатов, определяется следующими положениями:

1. Предложена математическая модель, ядром которой являются уравнения Максвелла, дополненные сложными граничными условиями и параметрами среды, близкими к реальным моделируемым структурам кабельных линий управления.

2. Выполнена статистическая обработка результатов измерений электромагнитных внешних воздействий на кабельную линию управления электротехническим комплексом, отличающаяся от известных одновременным оцениванием функции распределения и ее плотности, при учете естественных требований к соответствующим функциям.

3. Соискателем предложена система компенсации и способы ее применения, основанные на использовании оценок функции распределения для определения моментов срабатывания.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Результаты диссертационного исследования носят как теоретический, так и практический характер, которые можно использовать при статистической оценке электромагнитных воздействий и разработке систем защиты от них, особенно компенсационного типа.

Теоретическая значимость состоит в создании ряда математических моделей для исследования уровней индуктированных в оболочке кабельной линии токов, в

разработке теории согласованной оценки плотности и функции распределения и алгоритма определения импульсной функции системы компенсации.

Практическая значимость результатов работы заключается в проведенных натурных экспериментах по измерению индуктированных токов в оболочке кабельной линии и подтверждению явления самоорганизации в системе связанных генераторов.

Значимость результатов подтверждается свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ и актами от ОАО «НИИАС», РГУПС и ФБУ «Ростовский ЦСМ».

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация хорошо структурирована, носит завершенный характер, содержит: введение, в котором изложена постановка задачи и значимость исследований; в четырех главах изложены основные материалы, составляющие научную новизну и практическую значимость, а также приведены аргументы, свидетельствующие о достоверности исследований; в заключении подведены итоги, намечены перспективы дальнейших исследований и даны рекомендации для внедрения. Объем диссертации имеет оптимальный характер.

Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

К достоинствам диссертационного исследования следует отнести высокий научно-технический уровень представленной работы. Материал исследования изложен логично, грамотно и последовательно. Представленные выводы имеют высокую аргументированность и научно обоснованы. К достоинствам работы необходимо отнести большой объем теоретических и экспериментальных исследований и публикаций в рецензируемых изданиях.

К недостаткам работы можно отнести следующие замечания:

1. В диссертации работа компенсационного устройства по алгоритму должна выполняться пока наводимые влияния не снизятся до приемлемых величин. Однако, численно данные величины не определены.
2. Предлагаемая система защиты фактически является сложной интеллектуальной системой. По материалам работы не ясно какие вычислительные мощности требуются для её нормального функционирования.
3. В автореферате (глава 2) описаны рассчитанные модели для определения электромагнитного воздействия и приведены графические результаты. Однако

количественные результаты этого моделирования, в отличии от диссертации, не приведены.

4. По автореферату не ясно какую роль выполняет регуляризирующее воздействие $u(x)$ в (3) и каким образом она связана с искомыми функциями.

5. Материалы диссертации частично дублируются в приложениях.

Однако стоит отметить, что отмеченные недостатки лишь незначительно снижают качество исследований и не влияют на научную значимость работы. Кроме того, следует рекомендовать соискателю оформить новые технические предложения по системе компенсации в виде изобретения.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат диссертации полностью отражает её основное содержание в кратком изложении.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям

ГОСТ Р 7.0.11-2011

Структура и оформление диссертации и автореферата диссертации соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным

«Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» в том числе:

- в соответствии с п.10 диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В работе приводятся сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов и рекомендаций по использованию научных выводов;
- в соответствии с п.11 основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в 9 рецензируемых изданиях, в том числе 2 из них в изданиях ВАК по специальности;
- в соответствии с п.14 в диссертации содержатся ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов, а также на результаты научных работ, выполненных лично соискателем ученой степени и в соавторстве.

Заключение

Диссертация Шандыбина Алексея Викторовича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые технические решения и разработки по повышению работоспособности компонентов системы управления транспортным электротехническим комплексом при внешних электромагнитных воздействиях, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,
Терёхин Илья Александрович,
кандидат технических наук, (05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы), доцент, проректор по воспитательной работе и связям с производством, доцент кафедры «Электроснабжение железных дорог» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

И.А. Терёхин

30.11.2023 г.

Адрес: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9,
Телефон: +7 (812) 310-33-20,
E-mail: Terekhin@pgups.ru.

Я, Терёхин Илья Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Шандыбина Алексея Викторовича, и их дальнейшую обработку.

30.11.2023 г.

И.А. Терёхин



Подпись руки	<i>Терехина И.А.</i>
удостоверяю.	
Начальник Службы управления персоналом университета	<i>Г.Е. Егорев</i>
№	<i>30</i>
Дата	<i>30 11 2023</i>