

**ОТЗЫВ**  
официального оппонента на диссертацию  
Заторской Лады Павловны  
на тему «Защита смежных питающих линий тяговой сети постоянного тока  
на базе реле-дифференциальных шунтов»  
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы,  
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических  
наук

**Актуальность избранной темы**

Актуальность темы диссертационной работы Заторской Лады Павловны определяется предусмотренным в Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года, значительным ростом интенсивности движения и необходимостью сокращения на электрифицированных железнодорожных линиях постоянного тока и линиях метрополитенов аварийных ситуаций, усложняющих соблюдение графика движения поездов.

Работа посвящена решению проблемы ложных отключений быстродействующих выключателей, оборудованных реле-дифференциальными шунтами, на питающих линиях тяговой сети постоянного тока и является несомненно актуальной.

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

Степень обоснованности научных положений, выносимых на защиту Заторской Ладой Павловной, а также выводов и рекомендаций обеспечивается корректным использованием известных научных методов исследований и соответствием полученных результатов теоретическим положениям, что подтверждается их обсуждением на 7-ом Российском международном конгрессе по интеллектуальным транспортным системам, Москва, 2015 год, а также на IV и XVII научно-практических конференциях «Безопасность движения поездов». Кроме того, результаты диссертации опубликованы в четырех печатных работах в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК и получены два патента на изобретение.

**Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается корректностью применения апробированных научных методов электромагнитной динамики и базы данных исходной информации. Применительно к проблематике диссертации корректно и эффективно использован аппарат теории электрической тяги и методы аналитических электрических расчетов, численные методы расчетов электродуговых разрядов.

О достоверности результатов проведенных испытаний схемы блокировки с модернизированным реле-дифференциальным шунтом, подтверждающих её работоспособность свидетельствует корректно оформленный акт испытаний установленного образца.

Приведенными в работе доводами и положениями доказаны выдвинутые положения **научной новизны**, к основным из которых относятся:

- разработка электро-механического способа защиты смежных питающих линий тяговой сети постоянного тока от возникновения электрической дуги при проезде электровоза под током изолирующего воздушного промежутка, отличающихся использованием модернизированного реле-дифференциального шунта, позволяющим сократить массу и парусность контактной подвески по сравнению с известными;

- построение алгоритма функционирования устройства защиты основанного на установленной взаимосвязи работы смежных питающих линий при проезде электровоза под током путем одновременного считывания приращений тока на питающих линиях тяговой сети;

- предложенные новые понятия для их использования в теории релейной защиты на объектах питающие линии тяговой сети постоянного тока.

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

Теоретическая значимость исследования определяется доказательством формирования процесса возгорания электрической дуги при въезде электровоза под током на отключенную зону питания и оценкой степени разрушения элементов тяговой сети от её воздействия. Расчетным путем определено, что параметры длины дуги между ветвью изолирующего воздушного промежутка и токоприемником электровоза превышают габариты контактной подвески.

Установлено, что способ защиты ветвей изолирующего воздушного промежутка от воздействия электрической дуги, основанный на использовании механических приспособлений утяжеляет конструкцию контактной сети и увеличивает ее парусность.

Практическая значимость работы заключается в разработке устройства защиты на базе использования модернизированных реле-дифференциальных шунтов смежных питающих линий тяговых подстанций постоянного тока, позволяющего не увеличивать массу и парусность контактной подвески.

### **Оценка содержания диссертации, её завершенность**

Диссертация Заторской Лады Павловны состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения, списка используемой литературы. Общий объем диссертации составляет 146 страниц, в текст включены 20 таблиц и 35 рисунков. Список литературы включает 67 позиций.

**Во введении** приводится обоснование выбранной темы исследования – ее актуальность, сформулированы цель работы и методы исследований. Раскрыта научная новизна и практическая значимость работы, состоящие в получении научных и практических результатов. Указаны основные положения, выносимые на защиту. Описаны степень достоверности выносимых на защиту

результатов исследования и апробация работы. Представлена информация о имеющихся научных публикациях по данной работе, её структура и объем.

**В первой главе** представлен обзор существующих способов защиты проводов контактной сети от воздействия электрической дуги. Описаны устройства для защиты Е.А. Борзенко; Р.В. Катина, А.А. Порцелан. А.А.Порцелан; С.Л. Буталова, Ю.Л. Довгалева, Ю.М. Телеченковой, С.В. Мормышева; В.А. Чернявского, Л.П. Крюкова; В.А. Савченко; устройство в виде реле-дифференциального шунта. Проведен анализ их работы и выявлены основные недостатки.

Представлены результаты испытаний влияния электрической дуги на провода контактной подвески при въезде электровоза на отключенную зону питания. Показано влияние повышения скорости движения поездов на характер и показатели электроснабжения. Приведены статистические данные отказа элементов системы тягового электроснабжения и динамика роста количества аварийных случаев на железных дорогах.

**Во второй главе** диссертации изложены причины пережогов проводов тяговой сети постоянного тока, как при аварийных ситуациях, так и при работе в штатном режиме при неселективной работе защиты от токов короткого замыкания. Обосновано применение определяющих уравнений для расчета параметров и времени горения возникающей электрической дуги между ветвью изолирующего воздушного промежутка и лыжей токоприемника электровоза.

Описаны причины несанкционированного срабатывания быстродействующих выключателей с реле-дифференциальным шунтом при движении электровоза под током по ветвям изолирующего воздушного промежутка. Представлены параметры и характеристики срабатывания реле-дифференциального шунта, приводящие к неселективной работе при быстром приращении тока в сети, и предпосылки для модернизации реле-дифференциального шунта. В качестве критерия модернизации выбрано свойство: обеспечение защиты по приращению тока при удаленных коротких замыканиях, и одновременное исключение несанкционированного срабатывания быстродействующего выключателя. Изображена схема РДШ(М) с дополнительной катушкой на магнитопроводе.

Выполнено имитационное моделирование переходных процессов в тяговой сети постоянного тока при проходе токоприемника электровоза под током по ветвям изолирующего воздушного промежутка. Показаны этапы моделирования и составлены соответствующие им электрические схемы.

Описана программа считывания и обработки полученного массива данных. Представлены полученные данные по изменению токов в шинах РДШ(М) и наводимое напряжение на зажимах дополнительной катушки.

**В третьей главе** диссертации приводятся схемы блокировки несанкционированного срабатывания быстродействующих выключателей смежных питающих линий тяговой сети постоянного тока на базе модернизированных реле-дифференциальных шунтов. Описаны принципы их работы, связанные с демпфированием основного магнитного потока в магнитопроводе РДШ(М) по двум первым вариантам. Рассмотрен режим распознавания одновременных равновеликих разнонаправленных приращений тока на смежных питающих линиях (вариант 3 и вариант 4). Проанализирован принцип работы и преимущество представленных вариантов схем блокировки несанкционированного срабатывания быстродействующих выключателей.

Для каждого из вариантов схемы блокировки определено количество витков дополнительной катушки, намотанной на магнитопроводе РДШ(М). Отмечены технические особенности построения каждого из вариантов схемы блокировки. В разделе представлены материалы по проведенным испытаниям экспериментального образца схемы, внешний вид его размещения на действующем оборудовании тяговой подстанции Московско-Курской дистанции электроснабжения, представлен протокол испытаний действующего образца.

**В четвертой главе** диссертации приводится оценка эффективности инвестиционного проекта по оснащению питающей линии тяговой сети постоянного тока схемой блокировки на базе РДШ(М). Рассчитан экономический эффект от использования схемы блокировки. Построены график зависимости рентабельности инвестиционного проекта от количества пережогов контактного провода в год и график зависимости экономической эффективности от количества пережогов контактного провода в год.

В заключении диссертации изложены выводы, включающие в себя результаты расчетов параметров электрической дуги, технические параметры представленных вариантов схем блокировки, обоснование выбора схемы для создания экспериментального образца и результаты натурных испытаний, доказательство преимущества способа борьбы с возгоранием электрической дуги при помощи электрических схем, не влияющих на конструкцию и массу контактной подвески.

Содержание диссертации дает полное представление о работе диссертанта, позволяет полностью составить мнение о её новизне, практической и теоретической значимости. Диссертация Заторской Лады Павловны является целостной работой, поставленные задачи находят свое решение и завершаются конкретным результатом.

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

Достоинствами данной диссертации можно считать следующее:

- работа направлена на решение конкретной задачи – борьбы с возгоранием электрической дуги, весьма сложным явлением, являющимся причиной повреждения или пережога проводов контактной сети.
- в диссертации методически последовательно раскрыта тема исследования, предложены оригинальные теоретические подходы к решению проблемы, разработано устройство защиты, создан его экспериментальный образец и произведено его испытание на действующем оборудовании.
- выполнена оценка экономического эффекта от использования разработанного устройства.

По диссертации имеются следующие замечания:

- в начале второй главы (страница 43, 44) автором рассмотрено влияние электрической дуги на провода при отключении тока в сети быстродействующими выключателями, для полной картины хотелось бы увидеть анализ причин и факторы её возникновения;
- при расчете длины дуги (страница 50) в приведенной формуле  $e_d = k_d t$  присутствует параметр напряжения на дуге  $e_d$ , зависящий от времени. Однако

следовало бы показать как изменяется  $e_d$  во времени в виде графика или таблицы.

- в диссертации расчетная модель электровоза на рисунке 37 представлена как источник тока  $I_{lok}$ , расположенная совместно с индуктивностями без распределенной емкости тяговой сети, что в представленной схеме может привести к некорректным расчетам коммутационных режимов.

- напряжение на дуге учитывается с помощью введенного коэффициента  $K_d$ , корректнее было бы вести учет напряжения на дуге в виде ЭДС дуги.

- имеются неоднозначности обозначений на схемах и по тексту диссертации, что затрудняет восприятие результатов работы.

Данные замечания не влияют на положительную оценку представленной диссертационной работы, а представляются как предложения для проведения дискуссии.

### **Соответствие автореферата основному содержанию работы**

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы, раскрывает цель и задачи исследования, содержит описание положений, выносимых на защиту.

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

Диссертация Заторской Лады Павловны на тему «Защита смежных питающих линий тяговой сети постоянного тока на базе реле-дифференциальных шунтов» и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. М.:Стандартинформ. – 2012.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»**

В соответствии с п.10 «Положения о присуждении ученых степеней» диссертация Заторской Лады Павловны 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. Полученные автором диссертации научные результаты могут быть использованы при модернизации действующих тяговых подстанций постоянного тока для повышения селективности работы устройства защиты от токов короткого замыкания, сохраняя характеристики токовой защиты и исключая ложное срабатывание быстродействующих выключателей при быстром приращении тока в сети и устраняя пережог контактного провода. Все предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными в настоящее время решениями.

В соответствии с п.11 «Положения о присуждении ученых степеней» основные научные результаты диссертации опубликованы в четырех рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК.

В соответствии с п.14 «Положения о присуждении ученых степеней» в диссертации соискатель ученой степени ссылается на авторов и (или) источники заимствования материалов или отдельных результатов.

Диссертация Заторской Лады Павловны на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

**Официальный оппонент,**

Митрофанов Александр Николаевич  
1957 г.р., гражданин Российской Федерации,  
Профессор кафедры «Электроснабжение  
железнодорожного транспорта»  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования «Самарский  
государственный университет путей сообщения»,  
доктор технических наук, профессор

Почтовый адрес:

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования «Самарский  
государственный университет путей сообщения»  
443066, г. Самара, ул. Свободы, 2 В, СамГУПС.  
Телефон: +7 (846) 255-69-52  
e-mail: [rektorat@samgups.ru](mailto:rektorat@samgups.ru).  
e-mail официального оппонента: [almit77@mail.ru](mailto:almit77@mail.ru)

  
30.08.2019

Подпись официального оппонента А. Н. Митрофанова заверяю:

