

**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**

Диссертационная работа Заторской Лады Павловны выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) и посвящена решению проблемы пережога проводов тяговой сети электрической дугой вследствие несанкционированного отключения быстродействующих выключателей при проезде электровоза под током изолирующего воздушного промежутка.

Актуальность темы исследования связана с участвовавшими случаями сбоя графика движения поездов, связанных с материальными потерями. Зачастую причиной сбоя является технический фактор – отказ оборудования системы тягового электроснабжения, отягощающийся пережогом контактного провода, что значительно увеличивает время восстановления работоспособности системы. В этом аспекте селективная работа быстродействующих выключателей тяговых подстанций и защиты от токов короткого замыкания приобретает особое значение, а значит поиск решения вопроса повышения качества электроснабжения подвижного состава неразрывно связан с разработкой технических решений повышения надежности работы ее элементов и возможной модернизации имеющегося оборудования, поэтому, вопросы, связанные с модернизацией существующих систем, с целью повышения надежности их работы, представляют большой практический интерес.

Представленное в диссертации исследование направлено на создание такого технического решения, применимого на практике и обеспечивающего безотказную работу оборудования системы электроснабжения.

Таким образом, тема диссертации Заторской Лады Павловны, является 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 непротиворечивостью исходных теоретических положений и корректным использованием известных научных методов исследований.

Результаты диссертационного исследования апробированы на 7-ом Российском международном конгрессе по интеллектуальным транспортным системам, Москва, 2015 год, на научно-практических конференциях «Безопасность движения поездов» в 2002 и 2017 годах. Автором получены два патента на изобретение. По результатам диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК, опубликованы четыре печатные работы.

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

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается сходимостью процессов в элементах реле-дифференциального шунта для условий исследуемого процесса движения электровоза, полученных на основании имитационного моделирования и в экспериментах. Степень достоверности предварительно обоснована теоретически. Достоверность результатов расчетов параметров элементов схемы блокировки несанкционированного срабатывания быстродействующего выключателя с использованием модернизированного реле-дифференциального шунта подтверждены результатами натурных испытаний на оборудовании действующей тяговой подстанции Московско-Курской дистанции электроснабжения.

Научная новизна результатов диссертационной работы состоит в получении следующих научных результатов:

- разработан новый научный подход к блокировке несанкционированного срабатывания быстродействующих выключателей смежных питающих линий тяговой сети при проезде электровоза по ветвям изолирующего воздушного промежутка, исключаяя пережог контактного провода;

- предложены способ модернизации РДШ смежных питающих линий дополнительными катушками и методика расчета их параметров;

- предложена методика расчета демпфирующего потока в магнито-проводе РДШ для разработки схем блокировки несанкционированного срабатывания быстродействующих выключателей смежных питающих линий;

- разработана имитационная модель работы РДШ(М) при проходе электровоза под током по изолирующему воздушному промежутку;

- обосновано применение схем блокировки для снижения числа пережогов контактных проводов электрической дугой.

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

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке способа борьбы с причиной появления электрической дуги при помощи электрических схем. В отличие от известных приспособлений защиты контактных проводов от пережога, электрические схемы не влияют на массу контактной подвески.

Получении и использовании огромного массива данных в результате имитационного моделирования процессов в тяговой сети на базе разработанной общей электрической схемы движения электровоза, имитации перехода электровоза на смежную зону питания.

Определении времени, при котором ток достигнет нулевого значения при въезде электровоза на отключенную зону питания, в течение которого будет гореть электрическая дуга.

Введении нового понятия в теории релейной защиты питающих линий тяговой сети постоянного тока, связанного с блокировкой действия защит по анализу работы смежных питающих линий.

Представлении методических рекомендаций по расчету магнитных проводимостей воздушных зазоров пакетов железа на шинах РДШ и между подвижной и неподвижной частями магнитопровода РДШ.

В технико-экономическом обосновании применения схемы блокировки несанкционированного срабатывания быстродействующего выключателя с РДШ(М).

Практическая значимость работы заключается в создании модели схемы блокировки, разработке экспериментальных образцов устройств несанкционированного срабатывания быстродействующего выключателя с РДШ(М) и проведении натурных испытаний на действующей тяговой подстанции.

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

Диссертация Заторской Лады Павловны содержит введение, четыре главы, заключение, приложение, список литературы, состоящий из 67 позиций. Общий объем диссертации составляет 146 страниц, в тексте приводятся 20 таблиц и 35 рисунков.

Во введении отражены актуальность темы исследования, степень ее разработанности, цель и задачи исследования, объект исследования, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, представлены степень достоверности и апробация результатов исследования, публикации и структура работы.

В первой главе содержится информация о результатах испытаний по качеству токосъема, проведенных на высокоскоростной линии Санкт-

Петербург – Москва и результатах испытаний на воздействие электрической дуги на элементы контактной подвески, при заезде электровоза под током на отключенную зону питания, проведенных на экспериментальном кольце ВНИИЖТ.

Описано влияние повышения скорости движения поездов на качество электроснабжения. Показано процентное соотношение аварийных случаев в следствие отказа элементов тяговой сети, в том числе пережогов контактных проводов, к общему количеству транспортных событий.

Содержится информационный обзор работ других авторов, посвященных разработке устройств для защиты контактного провода от пережогов электрической дугой на изолирующих сопряжениях. Описан принцип работы устройств и выявлены недостатки, присущие механическому способу защиты контактной подвески от пережога.

Во второй главе описаны причины пережогов проводов тяговой сети постоянного тока, в частности при въезде электровоза под током на изолирующий воздушный промежуток. Представлена характеристика срабатывания быстродействующего выключателя с РДШ, используемого на подстанциях постоянного тока. Описаны причины его неселективной работы и последствия несанкционированного отключения при быстром приращении тока в сети.

Представлен расчет длины и времени горения электрической дуги, возникающей при несанкционированном отключении быстродействующего выключателя при проезде электровоза под током по ветвям изолирующего воздушного промежутка. Приведены эмпирические формулы и схемы к ним.

Изложены предпосылки к проведению модернизации устройства защиты смежных питающих линий тяговой сети постоянного тока. Представлена принципиальная схема модернизированного устройства – РДШ(М) с дополнительной катушкой.

Рассчитаны основные индуктивности магнитопровода РДШ(М), приходящиеся на воздушные зазоры. В соответствии с размерами выполнен расчет магнитной проводимости воздушного зазора между якорем и неподвижной частью магнитопровода. И расчет магнитной проводимости воздушного зазора пакетов железа на тонкой шине РДШ(М).

Составлена общая электрическая схема для моделирования работы смежных питающих линий тяговой сети и рассчитаны величины ее элементов. Выполнено имитационное моделирование переходных процессов в тяговой сети постоянного тока при проходе токоприемника электровоза под током по ветвям изолирующего воздушного промежутка.

Получен огромный массив данных, создана программа для его обработки. Получены результаты моделирования в графическом виде. Определено наводящееся напряжение на зажимах дополнительной катушки РДШ(М).

В третьей главе вводится новое понятие блокировки несанкционированного срабатывания быстродействующих выключателей с РДШ(М) в теории релейной защиты, при этом сохраняя защиту по

приращению тока, и, в то же время, исключая срабатывание быстродействующего выключателя при переходе электровоза под током на смежную зону питания. Описан принцип ее работы на смежных питающих линиях тяговой сети постоянного тока. Представлены варианты схем блокировки.

Принцип работы схемы блокировки (вариант 1) основан на демпфировании основного магнитного потока в магнитопроводе РДШ(М) при приращении тока в питающей линии, на которую въезжает электровоз. Принцип работы схемы блокировки (вариант 2) также основан на демпфировании основного магнитного потока в магнитопроводе РДШ(М) при приращении тока в питающей линии, на которую въезжает электровоз. Принцип работы схемы блокировки (вариант 3) основан на считывании одновременных приращений тока в питающих линиях, которые равны по значению, но разнонаправлены. Принцип работы схемы блокировки (вариант 4) также основан на считывании одновременных приращений тока в питающих линиях, которые равны по значению, но разнонаправлены. Следует отметить, что в описании работы схем блокировки приводятся примеры срабатывания устройства защиты при коротких замыканиях и функционирования схемы блокировки в этом случае.

Представлен расчет количества витков дополнительной катушки для создания демпфирующего магнитного потока в магнитопроводе РДШ(М) для вариантов схем 1 и 2 и для подключения реле напряжения вариантов схем 3 и 4. Составлена схема подключения дополнительной катушки к реле напряжения схемы блокировки и рассчитаны ее параметры.

Представлена информация и фотоматериалы об экспериментальном образце схемы блокировки и проведении натурных испытаний на действующем оборудовании тяговой подстанции.

В четвертой главе проведена оценка эффективности инвестиционного проекта по оснащению питающих линий тяговой сети постоянного тока схемой блокировки на базе РДШ(М). Определены капитальные вложения на создание схемы блокировки, затраты на её обслуживание, амортизационные отчисления. Рассчитан экономический эффект от использования схемы блокировки. Рассчитан срок окупаемости устройства защиты на базе РДШ(М). выполнены расчеты по определению коэффициента экономической эффективности и рентабельности инвестиционного проекта. Представлены натуральные показатели нововведения.

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 выводах диссертации приведены результаты исследования, подведены итоги, представлены перспективы применения разработанной схемы блокировки.

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 отметить:

- в диссертации приведен ряд фотоматериалов, который по достоинству обогащает общее восприятие работы.

- в работе поставлена цель решения конкретной задачи – создание устройства защиты от несанкционированного отключения быстродействующих выключателей смежных питающих линий тяговой сети постоянного тока, сопровождающееся возникновением электрической дуги и, как следствие, пережогом проводов.

- в диссертации методично раскрывается тема исследования, предложены оригинальные подходы к реализации концепции, завершающим этапом чего является создание экспериментального образца разработанного устройства и его испытание на действующем оборудовании.

- в диссертации применена методика оценки экономической пользы, основанная на необходимости наличия устройства, по сравнению с затратами, необходимыми на восстановление работоспособности контактной сети после аварии. И доказан экономический эффект

По диссертации имеются следующие замечания:

- следует отметить, что изучение работы затруднено в следствие неоднозначной системы обозначений понятий и элементов.

- во второй главе диссертации много внимания уделено расчету времени горения дуги, однако автором не приводится время срабатывания быстродействующего выключателя.

- в тексте диссертации указывается, что автором получены патенты на изобретение разработанных схем, считаю не лишним сделать разъяснение на какие аналоги схем сделана ссылка в патентах.

- при описании причин неселективной работы быстродействующих выключателей смежных питающих линий, текст следовало бы дополнить графиками и схемами приращения и перераспределения тока в смежных питающих линиях.

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 в диссертации результаты, могут быть использованы на практике в целях повышения надежности работы тяговой сети постоянного тока. Так как разработанное устройство исключает несанкционированное отключение питающей линии тяговой сети при быстром приращении тока, въезд электровоза под током на отключенную зону питания, возгорание электрической дуги, и, как следствие, пережог проводов, тем самым обеспечивая селективную работу устройства защиты от токов короткого замыкания, безаварийное движение поездов в рамках графика. 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 «Мир транспорта», «Наука и техника транспорта».

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 завершённой научно-

квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует требованиями 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,**

Заруцкая Татьяна Алексеевна  
1975 г.р., гражданин Российской Федерации,  
доцент кафедры «Автоматизированные  
системы электроснабжения» федерального  
государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Ростовский государственный университет  
путей сообщения»,  
кандидат технических наук, доцент

Т.А.Заруцкая

Почтовый адрес:

344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского  
Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2  
Телефон: +7 (863) 255-32-83.  
e-mail: up\_del@dep.rgups.ru  
e-mail официального оппонента: zarutskaya\_t@mail.ru

Подпись официального оппонента Т.А. Заруцкой заверяю:

Подпись Заруцкой Т.А.

УДОСТОВЕРЯЮ

Начальник управления делами  
ФГБОУ ВО РГУПС

« 30 » 08 20 19



Т.М. Канина