



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**РОССИЙСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА  
РУТ (МИИТ)**

ул. Образцова, д. 9, стр. 9, Москва, ГСП-4, 127994  
Тел./факс: (495) 681-13-40, e-mail: info@rut-miit.ru  
ИНН/КПП 7715027733/771501001  
ОГРН 1027739733922

УТВЕРЖДАЮ

Проректор,

доктор технических наук,

Савин Александр Владимирович

2021 г.



№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_

от \_\_\_\_\_

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования «Российский  
университет транспорта» (РУТ(МИИТ))

на диссертацию Муратовой-Милехиной Анны Сергеевны

«Разработка инновационной технологии определения места короткого  
замыкания тяговой сети переменного тока», представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 –  
«Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

### 1. Актуальность темы диссертационной работы и связь работы с планами железнодорожных отраслей науки и хозяйства

Планы развития железнодорожного транспорта России до 2030 года нацелены на достижение бесперебойности работы железнодорожного транспорта за счёт внедрения инновационных технологий в области эксплуатации объектов железнодорожного транспорта. Планируется разработка новых технических решений, использование высокоточных систем моделирования элементов инфраструктуры на базе широкого использования современных средств вычислительной техники и информационных технологий.

Автор диссертационной работы разработала и предлагает внедрение нового метода определения места устойчивого короткого замыкания в контактной сети переменного тока, которое сопровождается перерывом движения поездов. Предлагаемый метод определения места повреждения, основанный на базе современных компьютерных технологий, позволит ускорить возобновление движения поездов. Поставленные в диссертации задачи предложено решать за счёт детализированного компьютерного моделирования неоднородностей структуры тяговой сети. Таким образом, исследования, проведенные Муратовой-Милехиной А.С., подтверждают



актуальность темы диссертации.

## **2. Научная новизна результатов, полученных в диссертационной работе**

Полученные в диссертации результаты являются новыми и научно обоснованными решениями, внедрение которых значительно сократит время поиска мест устойчивых коротких замыканий. Научная новизна диссертационной работы направлена на разработку метода определения места короткого и состоит из следующих основных положений:

- разработан и теоретически обоснован способ определения удаленности места короткого замыкания в тяговой сети, позволяющий учитывать её неоднородности и переходное сопротивление дуги, на который получен патент;

- разработана компьютерная модель тяговой сети переменного тока, которая обладает высокой степенью детализации элементов контактной сети, рельсовой цепи, встречающихся неоднородностей и различных схем питания;

- разработан алгоритм реализации метода определения места короткого замыкания, содержащий структурную схему, новый способ определения удаленности места короткого замыкания и предложения по использованию существующих технических средств его реализации.

## **3. Обоснованность и достоверность результатов исследования**

определяется строгим логическим построением исследования, обоснованностью применяемого математического аппарата и подтверждается сходимостью результатов теоретических исследований с результатами экспериментальных данных.

## **4. Личный вклад соискателя в получении результатов исследования**

Личное участие Муратовой-Милехиной А.С. в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в следующем:

- проанализированы известные способы и технические средства определения места короткого замыкания в тяговой сети и неоднородности элементов структуры тяговой сети;

- выполнен анализ взаимного влияния параметров тяговой сети и дуги на параметры петли короткого замыкания;

- принято участие в разработке способа определения места короткого замыкания в тяговой сети переменного тока, на который получен патент;

- выполнено компьютерное моделирование тяговых сетей с различной степенью детализации структуры и проведена оценка влияния степени детализации моделей на параметры петли короткого замыкания;

- участие в проведении эксперимента короткого замыкания контактной сети на действующем участке с целью оценки погрешности предложенного метода определения места короткого замыкания;

- разработана структурная схема определения места короткого замыкания для практического применения нового метода на рабочем месте энергодиспетчера.



## **5. Значимость полученных результатов для науки и производства**

В основу работы положены теоретические и практические исследования. Теоретические исследования проведены с использованием комплекса Matlab, положений теории электроснабжения электрических железных дорог, математической теории распознавания образов и теоретических основ электротехники.

Разработан метод, содержащий способ и алгоритм его использования, который позволяет с повышенной точностью определять удаленность места устойчивого короткого замыкания, сократить время поиска повреждения и восстановления графика движения поездов.

Экспериментальная часть исследования проведена на действующем электрифицированном участке Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД).

Внесена рекомендация использования разработанного метода в составе технических средств устройств цифровой защиты и автоматики фидера контактной сети ИнТер-27,5-ФКС для повышения точности определения места короткого замыкания.

## **6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

1. Компьютерное моделирование позволяет получить в объёмном изображении модель сложной тяговой сети с детализацией элементов её структур (контактной сети, рельсовой цепи, балластной призмы и слоёв земли) со свойствами близкими реальному объекту.

2. Математический аппарат, применённый в модели, позволяет рассчитывать схемы электроснабжения разной степени сложности по единому алгоритму.

3. Результаты, полученные на моделях, соответствуют ранее известным теоретическим положениям и экспериментальным данным и открывают дополнительные возможности для дальнейших исследований в области электроснабжения.

## **7. Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати**

Основные положения диссертации и научные результаты опубликованы в 15 печатных работах, в том числе 4 – в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, получен 1 патент РФ на изобретение. Опубликованные по результатам исследований материалы достаточно полно отражают основное содержание диссертации, имеются ссылки на авторов и источники заимствования материалов. Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях различных уровней, на заседаниях кафедры «Автоматизированные системы электроснабжения» РГУПС.

8. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 05.22.07– «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки)», а именно пунктам: п.2 в части «Системы электроснабжения железных дорог и метрополитенов.», п.3 в части



«Техническая диагностика подвижного состава и систем электроснабжения. Критерии оценки состояния подвижного состава и систем электроснабжения железных дорог и метрополитенов. Системы автоматизации процессов технической диагностики этих объектов», п.4в части Улучшение эксплуатационных показателей подвижного состава и устройств электроснабжения.

## **9. Оценка структуры и содержание работы**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературных источников и приложений. Работа содержит 154 страницы основного текста, в том числе 81 рисунок, 7 таблиц, 110 литературных источников и 5 приложений на 31 странице.

*Введение* диссертации включает: актуальность темы исследования; область, объект и предмет исследования; степень разработанности; цель работы, задачи и методы исследования; научную новизну; теоретическую и практическую ценность работы; положения, выносимые на защиту; достоверность научных положений и выводов; апробацию результатов работы; публикации; структуру и объем диссертации.

*Первая глава* посвящена анализу известных способов и технических средств определения места короткого замыкания (КЗ) в тяговой сети в России и на зарубежных железных дорогах. Отмечены достоинства и недостатки существующих методов. Приведён анализ неоднородности элементов структуры тяговой сети, влияющих на точность определения места короткого замыкания. Отмечено, что подавляющее большинство неоднородностей тяговой сети, в том числе случайный характер параметров дуги при коротком замыкании, не учтены в существующих методах.

*Вторая глава* посвящена анализу взаимного влияния параметров тяговой сети и дуги на параметры петли короткого замыкания. Отмечено, что дуга является главным дестабилизирующим фактором при определении места повреждения в тяговой сети. Изложены результаты аналитических и компьютерных исследований условий влияния дуги на параметры петли короткого замыкания в широком диапазоне значений параметров дуги и расстояний до места КЗ. Отмечено, что при схеме двустороннего питания и уравнительном токе взаимная индукция и дуга изменяют не только индуктивную, но и активную составляющую петли КЗ. В выводах главы отмечено, что КЗ ни один из параметров петли короткого замыкания не может быть использован в качестве единственного критерия. По этой причине требуется разработка такого метода, который объединит все четыре параметра петли короткого замыкания и будет учитывать влияние случайного характера дуги на численные значения параметров петли короткого замыкания.

*Третья глава* посвящена компьютерному моделированию тяговой сети переменного тока для решения задач определения места короткого замыкания по параметрам петли КЗ. В диссертации приведено обоснование необходимости перехода от аналитического моделирования тяговой сети с эквивалентированием её структуры, к компьютерному моделированию с повышенной детализацией элементов. Исследовано влияние токов близкого



короткого замыкания на удельное сопротивление рельсовой цепи. Показано, что напряжённость магнитного поля может значительно превышать порог насыщения рельсовой стали при близких КЗ и этим вызывать погрешность при определении места КЗ. Приведены рекомендации для уменьшения этой погрешности. Исследовано также влияние степени детализации моделей на параметры петли короткого замыкания.

Математический аппарат модели позволяет рассчитывать схемы электроснабжения разной степени сложности по единому алгоритму.

*Четвёртая глава* посвящена теоретическим основам предлагаемого метода. Математическая основа метода построена на теории распознавания образов. В диссертационной работе представлено убедительное обоснование возможности использования этого математического аппарата. Показан алгоритм его применения в данной задаче. Метод определения места повреждения контактной сети предложено называть метод «С» потому, что он основан на сравнении рассчитанных и измеренных параметрах петли КЗ. Предложена структурная схема реализации метода «С» на энергодиспетчерском пункте и технология определения места короткого замыкания. На действующем участке СКЖД проведено три коротких замыкания с дугой, которые показали, что погрешность предложенного метода составляет 200-400 м.

Предлагаемый метод, основанный на современных компьютерных технологиях и матричном анализе, позволяет определять место КЗ в тяговых сетях любой сложности конфигурации, не изменяя алгоритма программы.

*В заключении* сформулированы выводы, подтверждающие достижение поставленной цели, рекомендации по практическому применению предлагаемого метода с техническими средствами ИнТер-27,5-ФКС с целью их совместной практической реализации. Результаты эксперимента на действующем участке железной дороги показали, что предлагаемый метод позволяет с погрешностью 200- 400м, определять место короткого замыкания в контактной сети. На способ определения места короткого замыкания получен патент.

*В приложениях* представлены порядок проведения эксперимента на участке Старая Станица – Погорелово, акт о проведении эксперимента и результаты диагностики СДПП, патентные документы, акт внедрения.

## **10. Замечания по диссертационной работе**

1. Глава 1, п.1.3 - нельзя согласиться с тем, что технические средства позволяют определять лишь повреждённую секцию
2. Не ясно, как материалы главы 2 были использованы при разработке нового метода
3. В главе 4, в п.п. 4.2.2 заголовок рис.4.2 составлен неудачно
4. Какой смысл в отдельном построении матриц на рис.4.3 рис.4.5?
5. Глава 4, в п. 4.3. Не ясно, при каких условия предложено использовать ИнТер-27,5-ФКС в структуре схемы рис.4.4.
6. Не ясно, при каких условиях произведено построение рис. 4.17?



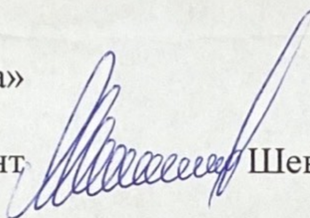
## 11. Заключение

Диссертация Муратовой-Милехиной Анны Сергеевны «Разработка инновационной технологии определения места короткого замыкания тяговой сети переменного тока» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки для снижения времени на поиск повреждения в тяговой сети при устойчивых коротких замыканиях, имеющее существенное значение для развития страны.

По уровню новизны и значимости для науки и практики диссертация соответствует требованиям, предъявляемым «Положением о порядке присуждения ученых степеней, в том числе п. 9-14, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Муратова-Милехина Анна Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07–Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

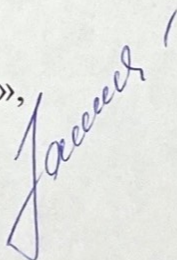
Отзыв на диссертацию Муратовой-Милехиной А.С. обсужден и одобрен на заседании кафедры «Электроэнергетика транспорта» ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ) от «24» ноября 2021 г. протокол № 4.

Заведующий кафедрой  
«Электроэнергетика транспорта»  
ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)  
доктор технических наук, доцент



Шевлюгин Максим Валерьевич

Секретарь заседания кафедры  
«Электроэнергетика транспорта»,  
кандидат технических наук



Заторская Лада Павловна

