

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
Д218.010.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения» РОСЖЕЛДОР,  
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук  
аттестационное дело №  
решение диссертационного совета от 24.12.2021 № 7

О присуждении Муратовой–Милехиной Анне Сергеевне, Российская Федерация, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка инновационной технологии определения места короткого замыкания тяговой сети переменного тока» по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» принята к защите 13.10.2021 г., протокол № 3, диссертационным советом Д 218.010.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР, 344038, г.Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д.2. Приказ Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012), далее – ФГБОУ ВО РГУПС.

Соискатель Муратова-Милехина Анна Сергеевна, 05 июля 1987 года рождения, в 2009 году с отличием окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» по специальности «Электроснабжение железных дорог» с присуждением квалификации инженер путей сообщения. Является аспиранткой очной формы обучения с 01.09.2019 г. по настоящее время по направлению подготовки 23.06.01 – «Техника и технологии наземного транспорта» (направленность: «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»).

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизированные системы электроснабжения» в ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», РОСЖЕЛДОР.

Научный руководитель – доктор технических наук, Быкадоров Александр Леонович, профессор кафедры «Автоматизированные системы электроснабжения» ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения».

Официальные оппоненты:

– Косарев Александр Борисович, доктор технических наук, профессор, первый заместитель Генерального директора АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО ВНИИЖТ);

– Герман Леонид Абрамович, доктор технических наук, профессор кафедры «Техника и технологии железнодорожного транспорта», филиал ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» в г. Нижний Новгород – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ)), в своём положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой «Электроэнергетика транспорта» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ(МИИТ)), д.т.н., доцентом Шевлюгиным М.В., и утверждённом проректором ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ(МИИТ)) доктором технических наук Савиным А.В. указала, что работа Муратовой-Милехиной А.С. 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, имеющие существенное значения для развития страны. По уровню новизны и значимости для науки и практики диссертация соответствует требованиям, предъявляемым «Положением о порядке присуждения учёных степеней» к кандидатским диссертациям, а её автор, Муратова-Милехина Анна Сергеевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 — «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, получен 1 патент на изобретение. Объём опубликованных работ по теме диссертации 2,78 п.л. Авторский вклад 1,23 п.л. Все публикации достаточно полно отражают основные результаты исследований и посвящены проблеме повышения точности определения места короткого замыкания тяговой сети. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Быкадоров, А.Л. Анализ взаимного влияния параметров тяговой сети переменного тока на полное сопротивление петли короткого замыкания / А.Л. Быкадоров, Т.А. Заруцкая, А.С. Муратова-Милехина // Вестник транспорта Поволжья. – 2013. - №5(41). – С. 7-15.

2. Быкадоров, А.Л. Повышение эффективности определения места короткого замыкания в тяговых сетях переменного тока на основе информационных технологий / А.Л. Быкадоров, Т.А. Заруцкая, А.С. Муратова-Милехина // Вестник транспорта Поволжья. –2015. –№6(54). – С. 15-19.

3. Быкадоров, А.Л. Детализация структуры тяговых сетей переменного тока в задачах моделирования и расчёта параметров петли короткого замыкания / А.Л. Быкадоров, Т.А. Заруцкая, А.С. Муратова-Милехина, И.В.Гаврилов// Электроника и электрооборудование транспорта – 2015. – №4. – С. 7-12.

4. Быкадоров, А. Л. Применение теории распознавания образов при определении места короткого замыкания в тяговых сетях переменного тока / А.Л. Быкадоров, Т.А. Заруцкая, А.С. Муратова-Милехина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2021. № 2. – С. 119-128.

5. Способ определения места короткого замыкания контактной сети электрифицированного транспорта [текст]: пат. 2566458 РФ, МПК G01rB 60m

/А.С. Муратова-Милехина, А.Л. Быкадоров, Т.А. Заруцкая (RU) №2014106435/11; Заявл. 20.02.2014; Оpubл. 27.10.2015, Бюл. №30.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- **ведущей организации** – ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» РУТ(МИИТ)). Отзыв положительный. Замечания: **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, в п.п. 4.2.2 заголовок рис. 4.2 составлен неудачно. **4.** Какой смысл в отдельном построении матриц на рис.4.3 и рис.4.5? **5.** Глава 4, в п. 4.3. Не ясно, при каких условиях предложено использовать ИнТер-27,5-ФКС в структуре схемы рис. 4.4. **6.** Не ясно, при каких условиях произведено построение рис. 4.17?

- **официального оппонента** – д.т.н., профессора Косарева Александра Борисовича (первый заместитель Генерального директора АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО ВНИИЖТ)). Отзыв положительный. Замечания: **1.** Глава 1. В п.п.1.1 не ясно, какие известные методы наиболее близко подошли к решению проблемы определения места короткого замыкания. **2.** В главе 2 избыточно представлено исследование взаимного влияние параметров петли короткого замыкания. **3.** В главе 3 рассмотрено моделирование только одной многопроводной системы (ЭУП). **4.** Глава 4, п.4.3. Следовало подробнее рассмотреть возможность использования метода «С» в программном комплексе терминала ИнТер-27,5-ФКС с целью повышения точности определения места КЗ.

- **официального оппонента** – д.т.н., профессора Германа Леонида Абрамовича (профессор кафедры «Техника и технологии железнодорожного транспорта» филиала ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» в г. Нижний Новгород). Замечания: **1.** Глава 1. п.1.1. Не ясно, по каким показателям метод «Х» уступает методу «С». **2.** Глава 4, рис. 4.3. Какими численными значениями следует заполнять столбец  $R_d$ ? **3.** Глава 4, п.4.5. Чем можно обосновать целесообразность применения метода «С» в составе технических средств ИнТер-27,5. **4.** Глава 4, п. 4.6 Не ясно, влияет ли токовая нагрузка на метод «С». **5.** Глава 2. Сомнительно исследование влияния уравнивающего тока на электромагнитные процессы в активном переходном резисторе ( $R_{пер}$ ) в точке короткого замыкания, так как по закону Кирхгофа уравнивающий ток в  $R_{пер}$  равен нулю. **6.** Глава 1. Анализируя все способы ОМП, автор, к сожалению, не рассматривает мощный критерий по балансу реактивной мощности, применяемый в энергосистемах, который позволяет изъять из расчетов ОМП переходное сопротивление, дающее наибольшую погрешность в расчетах ОМП – а именно, «реактивная мощность в точке КЗ равна нулю».

**На автореферат поступило 6 отзывов. Все отзывы положительные.**

**1. Отзыв** профессора кафедры «Электроснабжение и электропривод» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» д.т.н., профессора **Надтоки Ивана Ивановича**. Замечания: **1.** В тексте автореферата и в заключении говорится о точности

определения места короткого замыкания (300-400 метров), но нет сравнения с применяемыми а настоящее время другими методами. **2.** На рис. 1,3 и 4 некоторые символы и пояснения практически не читаются из-за малых размеров шрифтов.

**2. Отзыв** профессора кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» д.т.н., профессора **Митрофанова Александра Николаевича**. Замечания: **1.** Из автореферата не ясно, в чём недостаток методики определения места повреждения, применённой в терминале Ин-Тер-27,5. **2.** Из автореферата не ясно, как влияет учёт неоднородности тяговой сети на параметры петли короткого замыкания?

**3. Отзыв** заведующего кафедрой «Электроснабжение транспорта» ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), к.т.н., доцента **Ковалева Алексея Анатольевича**. Замечания: **1.** Не ясно, какие недостатки имеет метод ОМП- X2. **2.** Не ясно, при каких условиях дуга может создавать дополнительную индуктивную составляющую петли короткого замыкания.

**4. Отзыв** заведующего кафедрой «Системы электроснабжения» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» к.т.н., доцента **Игнатенко Ивана Владимировича** и старшего преподавателя кафедры к.т.н. **Власенко Сергея Анатольевича**. Замечания: **1.** Из текста реферата не ясно, чем подтверждается соответствие модели реальным условиям? **2.** В чём отличие новой детализированной модели распределения тока в рельсовой цепи при коротком замыкании от ранее существующих?

**5. Отзыв** профессора кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», д.т.н., профессора **Сидорова Олега Алексеевича** и к.т.н., доцента **Кондратьева Юрия Владимировича**. Замечания: **1.** Не пронумерована формула на стр. 9. **2.** Невозможно рассмотреть содержимое рис. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12. **3.** Не ясно, как влияет учёт неоднородности тяговой сети на параметры петли короткого замыкания? **4.** Не ясно, в чём конкретно недостаток методики определения места короткого замыкания, применённой в терминале Ин-Тер-27,5?

**6. Отзыв** профессора кафедры «Электроснабжение железных дорог» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» д.т.н. **Буркова Анатолия Тимофеевича**. Замечания: **1.** В автореферате не рассмотрен вопрос уточнения места повреждения путём учёта токов подпитки места короткого с обоих терминалов, ограничивающих поврежденный участок двухстороннего питания. В настоящее время такой способ широко применяется в терминалах для ВЛ 110-750кВ. **2.** Из текста автореферата не ясно, как учитывается возможность изменения переходного сопротивления земля рельсы в различных погодных условиях.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации, согласно «Положению о присуждении ученых степеней», обоснован достижением ими ряда значимых результатов в рассматриваемой области исследований, их

непосредственной причастностью к специальности, по которой происходила защита диссертации, публикационной активностью, наличием опыта работы в области создания новой транспортной техники и подготовки научных кадров, наличием соответствующих ученых степеней.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработаны:** инновационный метод определения удаленности места короткого замыкания тяговой сети, основу которого составляют современные компьютерные технологии, позволяющие учитывать неоднородности тяговой сети, переходное сопротивление дуги в момент короткого замыкания, на который получен патент; компьютерная модель тяговой сети переменного тока, которая обладает высокой степенью детализации элементов контактной сети, рельсовой цепи, встречающихся неоднородностей и различных схем питания; 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;

- **предложен:** способ моделирования детализированных элементов инфраструктуры тяговой с учётом влияния земли; способ учёта влияния дуги в момент короткого замыкания на точность определения места короткого замыкания;

- **доказаны:** необходимость компьютерного детализированного моделирования элементов инфраструктуры тяговой сети на базе современных средств вычислительной техники и информационных технологий; корректность и информативность компьютерных моделей.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- **доказана:** эффективность предложенного метода определения места короткого замыкания была оценена проведением коротких замыканий на действующем участке железной дороги, который оборудован системами регистрации и сбора данных; проведенный эксперимент, который сопровождался дугой, показал, что погрешность метода при определении места короткого замыкания не превышает 200 – 400 м;

- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы:** математического и компьютерного моделирования, анализа электрических сетей, матричного анализа и численных методов расчёта в интерактивной среде Matlab;

- **изложены:** метод определения места короткого замыкания тяговой сети переменного тока с использованием компьютерной детализированной модели тяговой сети с учётом её неоднородности, методологии распознавания образов и учётом переходного сопротивления дуги в момент короткого замыкания;

- **раскрыты:** пути решения учёта неоднородности системы тягового электроснабжения, сопротивления дуги в момент короткого замыкания и реализации методологии распознавания образов;

- **изучены:** влияния дуги и места короткого замыкания на параметры петли короткого замыкания и сделано заключение о необходимости их комплексного учёта; влияние детализации структуры системы тягового электроснабжения на погрешность при определении места короткого замыкания;

- **проведена модернизация:** метода расчёта токов короткого замыкания с учётом особенностей детализированного моделирования системы тягового электроснабжения.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- **разработаны и внедрены:** алгоритмическое обеспечение «Определение места повреждения в тяговой сети переменного тока с учётом неоднородности» рекомендовано для включения в АРМ энергодиспетчера для использования на ЭЧЦ – Ростов; метод защищён патентом на изобретение;

- **определены** перспективы практического применения инновационного метода в составе технических средств устройств цифровой защиты и автоматики фидера контактной сети ИнТер-27,5-ФКС для повышения точности определения места короткого замыкания.

- **создана** технология нового способа определения места короткого замыкания на базе средств автоматизированного рабочего места (АРМ) энергодиспетчера.

- **представлены** рекомендации для создания комплекса, объединяющего предложенный метод с техническими средствами устройств цифровой защиты и автоматики фидера контактной сети ИнТер-27,5-ФКС с целью их совместной практической реализации.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- для экспериментальных работ использованы известные методы, на основе которых автор разработала новый метод;

- **теоретические методы и подходы** базируются на теоретических основах электротехники, методах компьютерного моделирования, матричного анализа и численных методов расчёта в интерактивной среде Matlab;

- **идея базируется:** на теории распознавания образов, матричном анализе и численных методах расчёта в интерактивной среде Matlab;

- **использованы основные законы:** теоретических основ электротехники, анализа электрических сетей;

- **установлена** сходимость теоретических результатов, полученных в диссертационной работе, с данными экспериментальных исследований на действующем участке железной дороги (погрешность определения места короткого замыкания с учётом влияния переходного сопротивления дуги не превышает 200-400 м);

- **использованы** результаты определения места короткого замыкания на реальных объектах при наличии дуги для корректировки нового метода.

### **Личный вклад соискателя состоит в:**

- участия в разработке новой технологии определения места короткого замыкания контактной сети электрифицированного участка железной дороги, на который получен патент на изобретение;
- участия в постановке программы проведения исследований;
- проведении анализа взаимного влияния параметров тяговой сети переменного тока на параметры петли короткого замыкания;
- проведении анализа известных способов и технических средств определения места короткого замыкания в тяговой сети;
- математическом и компьютерном моделировании и исследовании вариантов детализированных систем тягового электроснабжения;
- апробации программных средств определения места короткого замыкания;
- участия в проведении опытных проверок мест коротких замыканий на действующем участке Северо-Кавказской железной дороги Старая Станица – Сысоево.

**В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания,** связанные с необходимостью разработки нового метода определения места короткого замыкания. В замечаниях приводятся примеры методов определения места короткого замыкания, которые применяют в линиях электропередачи (ЛЭП). При коротком замыкании в ЛЭП потери реактивной мощности не меняются. В тяговых сетях фаза, питающая ЭПС, имеет обратным проводом рельсы, которые фактически связаны с землёй. При коротком замыкании в тяговой сети изменяются условия потерь реактивной мощности: часть электровозов отключается; ток короткого замыкания превышает ток нагрузки. При этом изменяются индуктивное сопротивление тяговой сети и реактивные потери мощности.

**Соискатель Муратова-Милехина А.С. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:** в диссертационной работе большое внимание уделено разработке решений, которые учитывают максимум неоднородностей, существующих в тяговой сети переменного тока. Современные компьютерные технологии позволяют применить матричный анализ и компьютерное моделирование. Вторая проблема, которая решена в диссертации, это учёт влияния дуги на точность определения места короткого замыкания.

Сложность проблемы в том, что сопротивление дуги, является случайной величиной. При этом параметры дуги влияют на параметры петли короткого замыкания. В диссертации использован новый метод, суть которого в том, что, задаваясь параметрами дуги и местом короткого замыкания, рассчитывают параметры петли короткого замыкания и заполняют специальную матрицу.

Параметры реального короткого замыкания сравнивают с параметрами матрицы и находят место короткого замыкания.

**Диссертация охватывает** основные вопросы поставленных научных задач, обладает внутренним единством, что подтверждается корректной постановкой цели и задач исследований; содержит новые научные результаты, а

