

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель

Генерального директора

Акционерного общества

«Научно-исследовательский институт  
железнодорожного транспорта»

Доктор технических наук, профессор

А.Б. Косарев

« 15 » 11 2010 г.

В диссертационный

совет Д 218. 013.01

при федеральном государственном

бюджетном образовательном

учреждении высшего образования

«Уральский государственный

университет путей сообщения»

620034, г. Екатеринбург,

ул. Колмогорова, д. 66

### ОТЗЫВ

ведущей организации – акционерного общества «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» на диссертационную работу Лесникова Дмитрия Валентиновича «Совершенствование тяговых сетей постоянного тока с помощью протяженных заземляющих устройств железобетонных опор контактной сети», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки)

#### 1 Актуальность темы диссертационной работы

Проблема электрической коррозии неразрывно связана с работой системы электроснабжения постоянного тока напряжением 3,3 кВ и обусловлена самим процессом протекания постоянного тока. В первую очередь коррозионному влиянию электрифицированных железных дорог постоянного тока подвержены металлические или железобетонные сооружения расположенные в земле. К таковым относятся трубопроводы, кабели с металлической оболочкой, а также металлические и железобетонные опоры и фундаменты контактной сети.

Существующие технические решения, применяемые на железных дорогах постоянного тока, не в полной мере осуществляют защиту поддерживающих конструкций контактной сети от воздействия блуждающих токов, стекающих с рельсовой сети. Это обусловлено использованием рельсовой сети в качестве естественного заземляющего устройства.



Предлагаемые в диссертационной работе конструкции протяженных заземляющих устройств основаны на отказе от использования рельсовой сети для целей заземления, что положительно влияет на условия работы аппаратуры автоблокировки, а также снижает вероятность электрокоррозионных повреждений фундаментов и опор контактной сети. В свою очередь это приводит к увеличению срока их службы, сокращению эксплуатационных расходов, а также повышению уровня надежности, что является одним из направлений стратегии научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и на перспективу до 2025 года.

Учитывая вышесказанное можно говорить и том, что диссертационная работа Лесникова Д.В. выполнена на актуальную тему.

## **2. Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа представлена на 279 страницах, содержит 192 страницы основного текста, 80 рисунков, 8 таблиц и 9 приложений на 87 страницах, 141 наименование библиографического списка.

**Введение** к диссертации включает в себя следующие основные структурные элементы: актуальность темы исследования; степень ее разработанности; цели, задачи, область и объект исследования; научную новизну; теоретическую и практическую значимость работы; методологию и методы исследования; положения, выносимые на защиту; степень достоверности и апробацию результатов; публикации; структуру и объем диссертации.

**Первая глава** посвящена анализу существующих систем заземления опор контактной сети, рассмотрены особенности работы рельсовой сети железнодорожного транспорта и выявлено направление совершенствования системы заземления опор контактной сети, состоящее в использовании дополнительных заземляющих устройств. Проведен анализ существующих методов расчета заземляющих устройств. При анализе существующих систем заземления рассмотрены системы, применяемые на сети дорог, а также системы, внедренные



на отдельных участках, но не получившие широкого распространения. Проанализированы системы заземления применяемые в странах Европейского Союза, а также в Китае. В результате анализа подтверждена перспективность идеи отказа от использования рельсовой сети в качестве заземляющего устройства. На основании проведенных теоретических исследований предложены три варианта протяженного заземляющего устройства, отличающиеся способом исполнения протяженного заземлителя.

**Вторая глава** посвящена разработке математической модели, описывающей распределение потенциалов и токов в элементах тяговой сети и протяженного заземляющего устройства.

Для оценки величины сопротивления железобетонных поддерживающих конструкций контактной сети использован метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе *Comsol Multiphysics*. Проведено исследование зависимости электрического сопротивления различных железобетонных конструкций от удельного сопротивления грунта и бетона, а также от наличия и целостности гидроизоляционного слоя в подземной части конструкций.

Величины переходных сопротивлений рельсовой сети и протяженного заземлителя определялись по результатам моделирования распределения электрического поля в плоскости, перпендикулярной оси пути с помощью программного комплекса *Comsol Multiphysics*. Введено понятие «взаимной проводимости», позволившей учитывать связь между рельсовой сетью и протяженным заземлителем через окружающий их грунт. Величина взаимной проводимости исследована с помощью модели, учитывающей элементы верхнего строения пути, а также пространственное расположение протяженного заземлителя.

В основе предложенной математической модели лежит система дифференциальных уравнений, описывающих распределение потенциала и тока рельсовой сети и протяженного заземлителя. Особенность модели состоит в том, что она позволяет учитывать влияние рельсовой сети и заземлителя друг на друга. Дано описание граничных условий, позволяющих учитывать наличие



междупутных соединителей, а также соединение протяженного заземлителя с поддерживающими конструкциями контактной сети.

**Третья глава** посвящена экспериментальным исследованиям и верификации предложенной математической модели. Приведено описание физической аналоговой модели. Доказано подобие математической и физической аналоговой модели на основе положений теории подобия.

**В четвертой главе** представлена методика оценки эффективности вариантов конструктивного исполнения протяженных заземляющих устройств, описанных в главе 1. В основе методики лежит сравнение по следующим критериям: потенциальное уменьшение интенсивности электрической коррозии, соответствие требованиям электробезопасности, работоспособность токовых защит и величина приведенных строительно-эксплуатационных расходов.

В качестве исходных данных для сравнения вариантов использованы результаты моделирования нормального и аварийного режимов работы действующего участка Свердловской железной дороги «Сарга-Сабик».

В результате сравнения наиболее эффективным вариантом признан вариант с применением заземляющего провода.

**В заключении** сформулированы выводы, подтверждающие решение поставленных целей и задач.

**В приложениях** представлены результаты исследования переходных сопротивлений рельсовой сети, протяженного заземлителя и их взаимных сопротивлений, графики распределения потенциалов и токов рельсовой сети и протяженных заземляющих устройств различной конструкции в нормальном и аварийном режимах работы, акт внедрения результатов научно-исследовательской работы, патенты на изобретение и полезные модели.

### **3. Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

Научная новизна диссертации заключается в разработке новых теоретических положений и конструктивных решений, применение которых позволит снизить коррозионное влияние тяговой сети постоянного тока на поддерживающие конструкции, и состоит из следующих положений:

- выполнено моделирование распределения электрического поля внутри различных железобетонных поддерживающих конструкций контактной сети. При моделировании учитывалась геометрия конструкций, а также конфигурация арматуры;
- исследовано распределение электрического поля, создаваемого рельсовой сетью и протяженным заземлителем в плоскости перпендикулярной оси пути. В результате исследования была предложена и рассчитана величина «взаимной проводимости», позволившая учитывать связь между рельсами и заземлителем через прилегающий грунт;
- предложена математическая модель, описывающая распределение потенциалов и токов между рельсовой сетью и протяженным заземлителем с учетом их взаимного влияния;
- проведена верификация предложенной математической модели с помощью физической аналоговой модели, подобие которой обосновано с помощью положений теории подобия;
- разработана методика оценки эффективности вариантов протяженных заземляющих устройств, основанная на их сравнении по нескольким критериям.

#### **Достоверность исследований, изложенных в диссертационной работе**

Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований подтверждает достоверность научных положений, представленных в дис-



сертационной работе. Также подтверждением достоверности является акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы.

### **Методический уровень исследований, изложенных в диссертационной работе**

Теоретические исследования, проведенные в диссертационной работе, основаны на применении положений теории электромагнитных полей, математического моделирования, методов расчета сложных заземляющих устройств, конечно-элементных расчетов. Для реализации расчетов по методу конечных элементов использован программный комплекс *Comsol Multiphysics*. Экспериментальная часть исследования проведена с помощью аналоговой физической модели, подобие которой доказано с помощью положений теории подобия.

### **4 Практическая значимость и рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Практическая ценность диссертационной работы состоит в следующем:

- использование протяженного заземляющего устройства позволит снизить интенсивность электрической коррозии железобетонных поддерживающих конструкций контактной сети, что приведет к увеличению их срока службы и сокращению эксплуатационных расходов;
- разработанная математическая модель системы «рельсы-протяженный заземлитель» лежит в основе методики расчета распределения потенциалов и токов в элементах тяговой сети постоянного тока с учетом проводимости земли и подземных металлических сооружений, используемой в Свердловской дирекции по энергообеспечению и Дорожной электротехнической лаборатории (подтверждено актом внедрения).

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационного исследования можно рекомендовать к использованию при оценке гальванического влияния электрических железных дорог постоянного тока на подземные металлические сооружения, такие как трубо- и газопроводы, кабели с металлической оболочкой и т.д.

Полученные в диссертации результаты практических расчетов и теоретические положения могут быть использованы в учебном процессе железнодорожных ВУЗов.

### **5 Замечания по диссертационной работе и автореферату**

По диссертационной работе и автореферату имеются следующие замечания:

1. В диссертации используется термин «рельсовый фидер», «быстродействующий выключатель контактной сети» тяговой подстанции, что не соответствует ГОСТ 32895-2014.
2. На рис. 1 в автореферате не представлен реактор, через который осуществляется подключение отсасывающего фидера к «минус» шине тяговой подстанции постоянного тока.
3. В диссертации проводится верификация математической модели системы «рельсы-протяженный заземлитель» с физической аналоговой моделью, но не с результатами исследования на реальном участке постоянного тока.
4. Из материалов автореферата неясно, каким образом происходит снижение тока быстродействующего выключателя при подвеске заземляющего провода, и что компенсирует датчик тока, включенный в заземляющий провод.
5. Не выполнено ранжирование критериев выбора наиболее эффективного варианта исполнения протяженного заземляющего устройства.
6. Не рассмотрена работа предлагаемых конструкций заземляющих устройств при коммутационных перенапряжениях в условиях повы-



шенного увлажнения бетона в железобетонных опорах контактной сети.

7. Не оценена экономическая эффективность предлагаемых конструктивных решений в сравнении с реальными эксплуатируемыми системами.

Указанные замечания не снижают научную значимость работы.

## **6 Общее заключение по диссертационной работе**

Диссертация Лесникова Дмитрия Валентиновича «Совершенствование тяговых сетей постоянного тока с помощью протяженных заземляющих устройств железобетонных опор контактной сети» является законченной научно-квалификационной работой, прошедшей достаточную апробацию в печати, на конференциях различного уровня и научных семинарах. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 4 рецензируемых научных изданиях, в одном патенте на изобретение и двух патентах на полезную модель.

Диссертационная работа Лесникова Д.В. соответствует паспорту специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки), а именно пунктам: № 4 «Совершенствование подвижного состава, тяговых подстанций, тяговых сетей, включая преобразователи, аппараты, устройства защиты, схемы электроснабжения. Улучшение эксплуатационных показателей подвижного состава и устройств электроснабжения» и № 13 «Электромагнитная экология. Блуждающие токи и защита от них».

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, также отмечен личный вклад автора диссертации в науку.

Диссертация удовлетворяет требованиям, установленным Положением «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 и приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 10 ноября 2017 г. № 1093 «Об утверждении Положения о совете по защите



диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», а ее автор Лесников Дмитрий Валентинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки).

Диссертационная работа и автореферат заслушаны и обсуждены на совместном заседании отделов «Контактная сеть и токосъем» и «Системы тягового электроснабжения железных дорог».

Протокол № 3 от 15.11.2018 г.

Отзыв составил:

ведущий научный сотрудник отдела «Контактная сеть и токосъем», кандидат технических наук, специальность 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки)

Антон Александрович Царьков

«15» 11 2018г.

Акционерного общества «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»).

Почтовый адрес: Россия, 129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10

телефон: +7-495-687-65-55;

адрес электронной почты: [press@vniizht.ru](mailto:press@vniizht.ru).

Отдел «Контактная сеть и токосъем»

телефон: +7-499-260-42-37;

адрес электронной почты: [tsarkov.anton@vniizht.ru](mailto:tsarkov.anton@vniizht.ru)