

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**  
Московский пр., д.9. Санкт-Петербург, 190031  
Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21  
E-mail: [dou@pgups.edu](mailto:dou@pgups.edu), [dou@pgups.ru](mailto:dou@pgups.ru)  
<http://www.pgups.ru>  
ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,  
ИНН 7812009592/ КПП 783801001

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор по  
научной работе, д.т.н. профессор

Т.С. Титова

2018 г.



26.11.2018 № 005066-31/10

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Г

Г

#### ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» на диссертационную работу Субханвердиева Камиля Субханвердиевича «Разработка и совершенствование алгоритмов селективной и неселективной систем защиты тяговых сетей переменного тока», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

#### 1. Актуальность темы исследования

Вопросы разработки и совершенствования релейной защиты и средств автоматики тяговых сетей переменного тока, включая методы расчета системы тягового электроснабжения, являются приоритетными в отношении обеспечения надежного электроснабжения тяги поездов. Представленное в диссертации исследование по совершенствованию методов расчета токов короткого замыкания и рационализации технических решений по организации защиты от токов короткого замыкания и алгоритмов средств автоматики, управляющих объектами тягового электроснабжения, направлено на решение поставленных вопросов.

#### 2. Оценка структуры и содержания работы

Содержание и структура работы находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, состоящей в разработке технических решений по совершенствованию организации защиты от токов короткого замыкания и алгоритмов средств автоматики в тяговой сети переменного тока, обеспечивающих требуемую надежность электроснабжения. Теоретические и методологические положения, выдвигаемые автором в диссертационной работе, а также результаты исследования, сформированные в ее выводах, являются новыми.

### **3. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации**

Содержание диссертации соответствует заявленной научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», находит отражение в объекте изучения – электротехнические системы электроснабжения и относится к областям исследований по пунктам 2, 3 и 4 паспорта специальности.

### **4. Соответствие автореферата диссертации её содержанию**

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию и полностью отражает ее научную новизну и практическую значимость, а опубликованные соискателем работы раскрывают основные положения диссертационного исследования.

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

Личный вклад соискателя состоит в:

- анализе расчета токов короткого замыкания в тяговой сети при схеме внешнего электроснабжения, представленной в расчете в полном объеме и в случае представления ее в схеме замещения сопротивлениями, полученными по заданной мощности короткого замыкания на вводах тяговой подстанции;
- формировании схемы замещения межподстанционной зоны тяговой сети для расчета токов короткого замыкания, отличающейся введением в нее связи двух смежных тяговых подстанций по линиям 110 (220) кВ;
- исследовании характера неселективной работы защит частично-неселективной системы и системы защиты с поперечными связями;
- разработке алгоритма автоматизации электроснабжения тяговой сети, отличающегося введением быстродействующего автоматического повторного включения питающей линии поста секционирования на выключателях с контролем наличия короткого замыкания в отключенной контактной сети и выполнением автоматического повторного включения питающих линий на тяговых подстанциях зависимым от успешной работы автоматики поста;
- разработке комплекса устройств защиты и автоматики на участках с постом секционирования на разъединителях, предотвращающих отключение разъединителей поста при ложных и проходящих коротких замыканиях.

### **6. Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность результатов исследования обеспечена теоретической обоснованностью полученных теоретических положений и проверкой их экспериментальными исследованиями.

Положения работы докладывались и обсуждались на двух международных конференциях в 2014 г. и 2015 г. и на IX Международном симпозиуме Элтранс-2017 в 2017 г., а также на заседании секции «Электрификация и электроснабжение» Научно-технического совета ОАО «РЖД» в 2018 г.

### **7. Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов**

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в следующем:

1) Обоснована возможность проводить расчеты токов короткого замыкания в тяговой сети переменного тока при любой схеме системы внешнего электроснабжения по однофазной схеме замещения системы, что позволяет упростить и повысить точность расчета, используя известные методы расчета сложных электрических цепей.

2) Исследование работы частично-неселективной системы защиты и системы защиты с поперечными связями от токов короткого замыкания в сравнении с существующими системами показало преимущества их по обеспечению надежности электроснабжения тяги поездов и целесообразность применения в качестве типовых вариантов.

3) Получено аналитическое решение задачи исследования работы дистанционных защит частично-неселективной системы при коротком замыкании вблизи тяговой подстанции или поста секционирования, когда зона действия их первых ступеней без выдержки времени увеличивается в пределах, охватывающих всю защищаемую зону.

Практическая ценность результатов состоит в следующем:

1) Разработана программа для расчета на ЭВМ параметров короткого замыкания в тяговых сетях переменного тока 25 кВ, на которую получено Свидетельство о государственной регистрации в ФИПС. Программа построена на основе метода совместного расчета систем внешнего и тягового электроснабжения и позволяет получить более точные значения токов, напряжений и сопротивлений при коротком замыкании в любой точке межподстанционной зоны.

2) Разработаны и запатентованы способ и устройство, снижающие время восстановления напряжения в контактной сети, за счет быстродействующего автоматического повторного включения поста секционирования контактной сети, что позволяет исключить перерывы в движении поездов при ложных срабатываниях защит и проходящих коротких замыканиях.

## **8. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

1) Рекомендуется использовать предложения по определению параметров при расчете токов короткого замыкания, например, на электрифицированных участках Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах, расположенных, как правило, на значительном расстоянии от районных подстанций, которые направлены на снижение методической погрешности.

2) Полученные аналитические выражения для исследования работы дистанционных защит частично-неселективной системы рекомендуется использовать при оценке характера неселективных отключений выключателей для каждого конкретного участка, на котором предполагается применение данной системы.

3) Переход на частично-неселективную систему защиты межподстанционной зоны будет наиболее эффективен для участков электроснабжения с большими токами короткого замыкания в тяговой сети, а именно, для системы тягового электроснабжения с экранирующим и усиливающим проводами и большой мощностью короткого замыкания на шинах тяговых подстанций.

4) Комплекс устройств автоматизации постов секционирования на разъединителях целесообразно использовать для снижения провалов напряжения на северном ходу Горьковской железной дороги, где на участке протяженностью более 1000 км применяются посты секционирования преимущественно на разъединителях.



## 9. Новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1) Установлено, что методическая погрешность в расчетах токов короткого замыкания в тяговой сети по нормативным документам определяется тем, что между линиями 110(220) кВ, питающими тяговые подстанции, как правило, существует взаимное сопротивление, которое не учитывается при представлении системы внешнего электроснабжения в схеме замещения сопротивлениями, полученными по заданной мощности короткого замыкания на вводах тяговых подстанций.

2) Предложена схема замещения межподстанционной зоны тяговой сети для расчета токов короткого замыкания, отличающаяся тем, что учитывает связь двух смежных тяговых подстанций по линиям 110(220) кВ, что повышает точность расчетов.

3) Предложена частично-неселективная система релейной защиты от токов короткого замыкания в тяговой сети переменного тока, при которой зона действия первой ступени дистанционных защит тяговых подстанций с нулевой выдержкой времени увеличивается до поста секционирования включительно, а защит поста – до шин подстанции включительно. В результате при коротком замыкании исключается опасность пережога контактных проводов и до минимума уменьшаются зоны неселективной работы защит.

4) Разработан новый алгоритм автоматизации электроснабжения тяговой сети, отличающийся тем, что после отключения короткого замыкания осуществляется немедленное автоматическое включение питающей линии контактной сети поста секционирования с контролем наличия короткого замыкания в отключенной контактной сети, а затем выполняется автоматическое повторное включение питающих линий контактной сети на тяговой подстанции. Это позволяет уменьшить время отсутствия напряжения в аварийно отключенной тяговой сети.

5) Предложен комплекс устройств защиты и автоматики на участках с постом секционирования на разъединителях, повышающий надежность электроснабжения тяговой сети переменного тока в аварийных ситуациях путем исключения отключений разъединителей поста секционирования при ложных и проходящих коротких замыканиях, для этого:

– запатентовано устройство неселективной защиты, позволяющее при коротких замыканиях на станции или линии ДПР блокировать отключения разъединителей;

– разработано устройство, отличающееся тем, что к трансформатору напряжения шин поста секционирования подключен блок определения проходящего (устойчивого) короткого замыкания в отключенной контактной сети;

– добавлен выключатель в шину поста секционирования с устройством определения проходящего короткого замыкания.

## 10. Замечания по диссертационной работе

1) В диссертационной работе при анализе расчета токов короткого замыкания не учитывается влияние электропоездов, расположенных на исследуемом участке, что может повлиять на качество результатов расчета.

2) Отсутствует информация о характере влияния места расположения короткого замыкания в тяговой сети на методическую погрешность, рассматриваемую в диссертации.

3) В работе отмечается, что игнорирование взаимного узлового сопротивления между тяговыми подстанциями распространяется и на участки контактной сети постоянного тока. Необходимо пояснить суть этого положения.

4) Эффективность работы частично-неселективной системы защиты тяговых сетей переменного тока рассмотрена применительно к узловой схеме питания контактной

сети. Для более полной оценки требуется анализ поведения защит системы также при параллельной схеме питания.

5) Для всестороннего анализа поведения защит частично-неселективной системы и системы с поперечными связями интересен случай применения таких систем защиты на участках, где нет постов секционирования (участки с раздельной схемой питания контактной сети). В диссертации указанный случай не исследуется.

6) В диссертации предложен новый алгоритм автоматизации электроснабжения тяговой сети переменного тока. Представляется, что при различных способах организации системы защиты: селективной, неселективной и частично неселективной – эффективность алгоритма будет отличаться.

**11. Заключение по диссертации** о соответствии её требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по пунктам 9 и 10.

Диссертация Субханвердиева Камиля Субханвердиевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи: повышение надежного электроснабжения тяги поездов железных дорог переменного тока, а именно разработка и совершенствование релейной защиты и средств автоматики тяговых сетей переменного тока, включая методы расчета системы тягового электроснабжения, имеющей существенное значение для развития электрического транспорта страны. Вышесказанное соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждения учёных степеней, а ее автор, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Заключение рассмотрено на заседании кафедры «Электроснабжение железных дорог» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 20 ноября 2018 г., протокол № 5.

Присутствовали:

сотрудники кафедры «Электроснабжение железных дорог» ФГБОУ ВО ПГУПС:  
зав. кафедрой, д.т.н., доц. А.Н. Марикин; д.т.н., проф. А.Т. Бурков; д.т.н., проф. А.В. Агунов; к.т.н. А.П. Самонин; к.т.н., доц. Ю.П. Васильев; к.т.н., доц. О.И. Шатнев; к.т.н., доц. В.М. Варенцов; к.т.н. В.В. Сероносков; к.т.н. О.А. Степанская; доц. А.И. Бурьяноватый; ст. преп. В.Г. Жемчугов; ст. преп. В.М. Федоров; ст. преп. Васютинская Л.Л.; ст. преп. М.А. Иванов; ст. преп. О.В. Хвостова.

Заведующий кафедрой  
«Электроснабжение железных дорог»,  
доктор технических наук, доцент

Александр Николаевич  
Марикин

Секретарь кафедры  
«Электроснабжение железных дорог»

Элла Александровна  
Иванова