

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Электронного обучения

Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра – Электрических сетей и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Реконструкция ПС 110/35/27,5 кВ Уяр Тяговая Красноярской железной дороги ОАО «РЖД»

УДК 621.311.4–048.35:625.11

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2ГС1	Бараксанов Семен Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Фикс Н. П.	к. пед. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Коршунова Л. А.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры эко- логии и безопасности жизнедеятельности	Гусельников М.Э.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	Прохоров А. В.	к. т. н.		

Томск – 2016 г.

Результаты обучения
профессиональные и общекультурные компетенции
по основной образовательной программе подготовки бакалавров
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Электроэнергетические системы и сети»

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетических систем и сетей, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 3	Уметь проектировать электроэнергетические системы и электрические сети.	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов электрических сетей энергосистем, а также энергосистемы в целом, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетических систем.	Требования ФГОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		<i>FEANI</i>
P 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области электрических сетей энергосистем.	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетических систем и сетей с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-8, ОК-9, ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. Кафедрой ЭСиЭ

Прохоров А.В.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А2ГС1	Бараксанову Семену Александровичу

Тема работы:

**Реконструкция ПС 110/35/27,5 кВ Уяр Тяговая Красноярской железной дороги ОАО
«РЖД»**

Утверждена приказом

№3219/С от 26.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Схема ПС Уяр Тяговая до реконструкции; перечень всего оборудования ПС; параметры оборудования.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Анализ источников по теме исследования; описание объекта, цели и постановка задач исследования; расчёт токов короткого замыкания; выбор оборудования; модернизация релейной защиты.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема однолинейная ПС Уяр Тяговая

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента Коршунова Л. А.
Социальная ответственность	Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Гусельников М. Э.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Фикс Н. П.	к. пед. н.		18.02.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2ГС1	Бараксанов Семен Александрович		18.02.2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Уровень образования – Бакалавриат
Кафедра Электрические сети и электротехника
Период выполнения – Весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
06.03.2016	Поиск источников по теме исследования; составление плана исследования; аналитический обзор источников по теме исследования; выбор схемы для расчетов	15
20.03.2016	Расчёт и анализ токов короткого замыкания	20
23.03.2016	Проверка выключателей по результатам расчетов	15
03.04.2016	Выбор варианта модернизации релейной защиты фидеров контактной сети, описание ЦЗА-27,5-ФКС	15
10.04.2016	Расчет дистанционных защит фидеров контактной сети	20
15.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
20.05.2016	Социальная ответственность	5
22.05.2016	Анализ результатов и перспектив выполненного исследования, заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Фикс Н. П.	к. пед. н.		18.02.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	Прохоров А.В.	к. т. н.		18.02.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A2ГC1	Бараксанов Семен Александрович

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и Электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- нормы амортизации.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- отчисления в социальные фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	- выбор выключателей.
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	- планирование выполнения проекта.
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	- расчёт затрат на проектирование; - расчёт капитальных вложений и эксплуатационных издержек в реконструкцию подстанции.
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	- определение технико-экономической эффективности реконструкции подстанции.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График выполнения проектных работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Коршунова Л. А.	К. Т. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2ГC1	Бараксанов Семен Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А2ГС1	Бараксанов Семен Александрович

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрические сети и электротехника
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:

- вредных проявлений (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);
- опасных проявлений (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);
- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);
- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).

- вредные проявления (сильные электромагнитные поля, локальная недостаточная освещенность рабочей зоны, вибрация, повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенная температура воздуха на рабочем месте);
- опасные проявления (наличие вращающихся и движущихся частей механизмов и машин; опасные уровни напряжения в электрических цепях, замыкание которых может пройти через тело человека; наличие агрессивных и легко воспламеняющихся жидкостей);
- чрезвычайные ситуации: пожар, взрыв.

Рабочее место электромонтера на территории ПС 110/35/27,5 кВ Уяр Тяговая Красноярской железной дороги ОАО «РЖД»

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.

СНиП 3.05.06-85, ГОСТ 12.0.003-74

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты

На рабочем месте электромонтера возможны вредные производственные факторы:

- сильные электромагнитные поля,
- локальная недостаточная освещенность рабочей зоны,
- вибрация,
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенная температура воздуха на рабочем месте;

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды - механические опасности (источники, средства защит) - термические опасности (источники, средства защиты) - электробезопасность - пожаровзрывобезопасность	На рабочем месте электромонтера возможны опасные производственные факторы: - наличие вращающихся и движущихся частей механизмов и машин; - опасные уровни напряжения в электрических цепях, замыкание которых может пройти через тело человека; - наличие агрессивных и легковоспламеняющихся жидкостей
3. Экологическая безопасность: - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	Подстанции (ПС) в нормальном режиме эксплуатации слабо загрязняют окружающую природную среду. Наиболее существенно ПС влияют на орнитофауну. Неспецифическое отрицательное воздействие на окружающую природу при сооружении ПС
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: - перечень возможных ЧС на объекте; - разработка превентивных мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер ликвидации её последствий.	При аварии на подстанции возможны: - возникновение пожара; - взрыв трансформатора; - удар током.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства); - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	СНиП 3.05.06-85, ГОСТ 12.0.003-74
Перечень графического материала	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.02.2016
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Гусельников М. Э.	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А2ГС1	Бараксанов Семен Александрович		18.02.2016

Обозначения и сокращения

АПВ – автоматическое повторное включение;

ДПР – два провода – рельс;

ДУ – дистанционное управление;

МУ – местное управление;

ОРУ – открытое распределительное устройство;

ПС – подстанция;

РЗА – релейная защита и автоматика;

РТЗ – резервная токовая защита;

РУ – распределительное устройство;

ТО – токовая отсечка;

ТСН – трансформатор собственных нужд;

УРОВ – устройство резервирования при отказе выключателя;

ФКС – фидер контактной сети;

ЦЗА – цифровая защита и автоматика.

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Обозначения и сокращения	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Бараксанов С. А.						
Руков.		Фикс Н. П.					10	92
Консульт.						НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Утв.								

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92 с., 10 рис., 14 таб., 19 источников, 3 прил.

Ключевые слова: высоковольтный выключатель, короткое замыкание, релейная защита, сопротивление, подстанция.

Объектом исследования является схема ПС 110/35/27,5 кВ Уяр Тяговая Красноярской железной дороги ОАО «РЖД».

Цель работы – спроектировать реконструкцию ПС 110/35/27,5 кВ Уяр Тяговая Красноярской железной дороги.

В процессе исследования проводились расчеты токов короткого замыкания, расчет дистанционной защиты фидера контактной сети.

В результате исследования произведен расчет токов короткого замыкания, расчет дистанционной защиты фидера контактной сети.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: повышение надежности энергоснабжения, значение токов короткого замыкания.

Степень внедрения: результаты работы будут представлены в инженерно-технический отдел дистанции электроснабжения.

Область применения: производство.

Экономическая эффективность: показатели экономической эффективности рассчитаны в разделе 9.

В будущем планируется проводить реконструкции тяговых подстанций на дистанциях электроснабжения ОАО «РЖД».

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Реферат	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Бараксанов С. А.					11	92
Руков.		Фикс Н. П.				НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Консульт.								
Утв.								

Abstract

Final qualifying work of 92 pages, 10 figures, 14 tables, 19 sources, 3 annexes.

Keywords: circuit breaker, short circuit, relay protection, resistance, substation.

The object of research is a scheme of 110/35 / 27.5 kV Pulling Uyar Krasnoyarsk Railways OJSC "Russian Railways".

The purpose of work - to design the reconstruction of 110/35 / 27.5 kV Pulling Uyar Krasnoyarsk Railway.

The study carried out calculations of short circuit currents, calculation of the distance protection feeder contact network.

The study calculated the short-circuit current, the calculation of the distance protection feeder contact network.

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: increasing security of supply, the value of short-circuit currents.

Degree of implementation: the results will be presented in the engineering and technical department of power distance.

Scope: production.

Economic efficiency: indicators of economic effectiveness, efficiency calculated in section 9.

In the future it is planned to carry out reconstruction of traction substations at distances of electricity JSC "Russian Railways".

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Бараксанов С. А.			Abstract	Лит.	Лист
Руков.		Фикс Н. П.					12
Консульт.							92
						НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1	
Утв.							

Содержание

Введение	16
1 Оборудование ПС Уяр Тяговая	19
2 Техническое обоснование реконструкции ПС Уяр Тяговая	22
3 Расчет токов короткого замыкания	23
3.1 Расчётная схема ПС.....	23
3.2 Электрическая схема замещения.....	24
3.3 Расчёт сопротивлений элементов схемы замещения.....	25
3.4 Расчёт токов короткого замыкания на шинах РУ	29
4 Проверка выключателей по результатам расчета токов короткого замыкания.....	34
4.1 Расчет величины теплового импульса для всех РУ	34
4.2 Проверка выключателей	35
5 Модернизация релейной защиты в устройствах тягового электроснабжения	41
6 Описание устройства ЦЗА-27,5-ФКС	44
6.4 Функции регистрации событий и аварийных процессов	45
7 Дистанционные защиты фидера контактной сети 27,5 кВ.....	46
7.1 Параметры схемы замещения тяговой сети переменного тока	46
7.2 Параметры тяговых подстанций.....	47
7.3 Выбор уставок защит от коротких замыканий контактной сети ...	50
7.4 Выбор уставок дистанционных защит фидеров ПС переменного тока.....	50

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Бараксанов С. А.			Содержание	Лит.	Лист
Руков.		Фикс Н. П.					13
Консульт.							92
						НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1	
Утв.							

8 Расчет защит фидеров контактной сети ПС Уяр Тяговая	60
8.1 Расчет параметров схемы замещения.....	60
8.2 Расчет уставок защит фидера контактной сети	62
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	68
9.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости	69
9.2 Расчет затрат на реконструкцию ПС Уяр Тяговая.....	71
9.2.1 Материальные затраты	71
9.2.2 Расчет заработной платы.....	71
9.2.3 Размер отчислений в социальные фонды	72
9.2.4 Амортизационные отчисления.....	73
9.2.5 Прочие расходы	73
9.2.6 Накладные расходы	74
9.2.7 Себестоимость проекта	74
9.3 Расчет капиталовложений.....	75
9.4 Расчет ежегодных эксплуатационных затрат	77
9.5 Стоимость годовых потерь электроэнергии	78
9.6 Расчет себестоимости электрической энергии	79
10 Социальная ответственность.	80
10.1 Техника безопасности при работе с грузоподъемными механизмами.....	80
10.2 Экологическая безопасность.....	81
10.4 Разработка мероприятий по обеспечению устойчивости работы подстанции в условиях чрезвычайных ситуаций.....	83
Заключение	86

Список используемых источников.....	88
Приложение А – Однолинейная схема ПС Уяр Тяговая до реконструкции	90
Приложение Б – Графическое представление зон срабатывания дистанционных защит.....	91
Приложение В – Однолинейная схема ПС Уяр Тяговая после реконструкции	92
CD – диск. ФЮРА.13.03.02.016 Пояснительная записка. (файл Бакалаврская работа в формате docx)	

Введение

Железнодорожный транспорт – один из основных потребителей электроэнергии. С каждым годом потребление электроэнергии железными дорогами увеличивается – идет интенсивное развитие сети электрифицированных стальных магистралей. Протяженность строящихся железнодорожных линий к 2030 году достигнет примерно 22 тысяч километров. Оборудование многих тяговых подстанций ОАО «РЖД» устарело, и для поддержания его в работоспособном состоянии требуется постоянное, но и дорогостоящее техническое обслуживание. В связи с этим ОАО «РЖД» разработало и осуществляет стратегию внедрения оборудования с минимальным объемом обслуживания, определяющим низкую стоимость жизненного цикла.

Особое внимание уделяется решению системных вопросов повышения надежности энергоснабжения железных дорог, а также вопросам усиления энергоснабжения.

Это обусловлено ростом объемов перевозок, увеличением доли тяжеловесных поездов, все более широким применением принципов пакетного движения, а также ограниченными возможностями строительства дополнительных промежуточных подстанций из-за отсутствия высоковольтных подводящих сетей вдоль стальных магистралей, наконец, значительными ценами на оборудование.

Возрастание стоимости энергоресурсов, повышение требований к качеству электроэнергии при увеличении нагрузок на оборудование тяговых подстанций, сопряженных с увеличением количества большегрузных поездов и развитием скоростного движения, все это делает проблему ресурсосбережения еще более актуальной.

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.		Бараксанов С. А.			Введение			Лит.	Лист	Листов
Руков.		Фикс Н. П.							16	92
Консульт.								НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Утверд.										

Согласно стратегии развития, реализуемой «РЖД», показатели электрической тяги будут лишь возрастать. Только высокое качество проектных и строительных работ, оптимизация оборудования и эксплуатационной деятельности, а также эффективный менеджмент смогут обеспечить в полном объеме четкое и своевременное выполнение обязательств головной компании отрасли в части технико-экономических преимуществ железнодорожного транспорта для нашей страны и сотрудничества с соседними государствами.

Исключительно важной становится миссия координации работ по развитию инфраструктуры и электроподвижного состава с учетом зарубежного опыта по скоростному и высокоскоростному движению поездов. Подтверждена ориентация на продолжение усиления электрической тяги на грузонапряженных направлениях с одновременным обновлением техники.

Реконструкция ПС, проводимая на основе принципов, заложенных в концепции, утвержденной ОАО «РЖД» в 2004 году, включает в себя, как правило, комплексную реконструкцию с использованием укрупненных функциональных блоков полной заводской готовности. Такая функционально-блочная технология хорошо зарекомендовала себя не только при строительстве, но и в условиях эксплуатации. Её экономическая эффективность весьма высока, в частности, благодаря использованию нового комплектующего электрооборудования ведущих отечественных и мировых производителей (полупроводникового, вакуумного и элегазового на различные классы напряжений), одноступенчатых тяговых трансформаторов, ограничителей перенапряжений и т.п.

В течение последнего десятилетия оборудование тяговых подстанций электрифицированных железных дорог претерпело значительное техническое развитие и преобразование.

Базовые принципы концепции:

- использование при реконструкции действующих тяговых подстанций высоконадежное оборудование, включенных по схемам, позволяющие обеспечить необходимый резерв питания контактной сети, функционирование кото-

рых не требует постоянного присутствия дежурного персонала, а техническое обслуживание минимальное;

- применение средств автоматического обслуживания и функционирования диагностики всего оборудования подстанции, что позволит перейти от обслуживания «по регламенту» к обслуживанию «по необходимости».

Целями обновления ПС являются:

- сочетание качеств повышения технико-эксплуатационных, энергетических, экономических показателей работы системы электроснабжения с минимизацией затрат на проведение модернизации при учете реальных и планируемых объемов грузопотока;

- эксплуатация ПС без постоянного дежурного персонала.

Реконструкция ПС производится для обновления основных фондов, восстановления ресурса постоянных элементов и повышения технических показателей, повышения надежности и устойчивости работы за счет применения оборудования с улучшенными свойствами, снижения расходов на обслуживание за счет исключения или увеличения периодичности работ по диагностике, осмотрам, ремонту.

Целью выпускной квалификационной работы является реконструкция ПС Уяр Тяговая Красноярской железной дороги. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать схему ПС;
- составить схему замещения ПС;
- рассчитать токи короткого замыкания;
- рассчитать дистанционную защиту фидеров контактной сети;
- рассчитать себестоимость реконструкции ПС;
- решить задачи в отношении экологии на ПС.

1 Оборудование ПС Уяр Тяговая

ПС Уяр Тяговая питается от линий С-53, С-54 с первичным напряжением 110 кВ. Линия 110 кВ присоединяется к вводам подстанции с помощью разъединителей РЛНД-1-110/600 (разъединитель линейный наружной установки двухколонковый с 1 заземлителем) с приводом ПДН-220 (привод двигательный наружной установки) и выключателей ВМТ-110 (выключатель масляный).

На каждом вводе ПС установлены понижающие трансформаторы ТДТНЖ-40000/110/35/27,5 (трехобмоточный, дутьевое охлаждение, трехфазный, для питания переменным током электрифицированных железных дорог с номинальной мощностью 40000 кВА, напряжения обмоток ВН 110 кВ, СН 35 кВ, НН 27,5 кВ) .

Понижающие трансформаторы имеют одну первичную, и две вторичные обмотки. Обмотка, соединенная в звезду – обмотка среднего напряжения (СН) питает ОРУ-35 кВ, для питания районной нагрузки. Обмотка, соединенная в треугольник - обмотка низкого напряжения (НН), питает ОРУ-27,5 кВ, для питания тяговых потребителей.

Для контроля напряжения и тока и для подключения релейной защиты установлены трансформаторы напряжения и трансформаторы тока [1].

Для создания видимого разрыва при отключении распределительного устройства установлены разъединители со стороны ОРУ-35 РЛНД-1-35/600 с приводом ПРНЗ-35, со стороны ОРУ-27,5 РЛНД-1-35/1000 с приводом ПРН-35.

Разъединители оборудованы электромагнитной и механической блокировкой.

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оборудование ПС Уяр Тяговая	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Бараксанов С. А.					19	92
Руков.		Фикс Н. П.				НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Консульт.								
Утверд.								

На ПС Уяр Тяговая с питающим напряжением 110 кВ распределительное устройство 35 кВ предназначено для питания нетяговых потребителей. ОРУ-35 получает питание от вторичной обмотки трансформатора ТДТНЖ-40000 по двум вводам. Напряжение 35 кВ поступает на сборные шины 35 кВ через масляный выключатель МКП-35 на СШ-1, ВБЭТ-35 на СШ-2, огражденный с двух сторон разъединителями РЛНД-1-35/600 с приводом ПРНЗ-35. Сборные шины секционированы разъединителем РЛНД-35/600 с приводом ПРН-35.

От сборных шин 35 кВ питается линия Т-14. Напряжение от сборных шин через масляный выключатель МКП-35 и трансформаторы тока поступает к потребителям по воздушной линии.

Имеется трансформатор напряжения ЗНОМ-35 для контроля напряжения на шинах 35 кВ.

Распределительное устройство 27,5 кВ предназначено для питания тяговой сети переменного тока, нетяговых линейных железнодорожных потребителей по линиям «два провода – рельс» (ДПР), подвешиваемым на опорах контактной сети, ТСН и трансформаторов подогрева.

ОРУ-27,5 получает питание от вторичной обмотки понижающего трансформатора ТДТНЖ-40000 по двум вводам. Напряжение 27,5 кВ поступает на сборные шины 27,5 кВ через вакуумный выключатель ВБЭТ-35/1600 от Т1, ВВУ-35/1600 от Т2, огражденные с двух сторон разъединителями РЛНД-1-35/1000 с приводом ПРН-35.

ОРУ 27,5 имеет двухфазную рабочую систему шин. Третья фаза обмоток понижающего трансформатора соединяется с контуром заземления подстанции (он в этом случае выполняет функции защитного и рабочего заземления) и с рельсами подъездного пути, которые соединены с воздушной отсасывающей линией. Для создания идентичных РУ на всех подстанциях заземляется вывод С обмотки 27,5 кВ, что учитывается схемой фазировки подстанции.

От шин 27,5 кВ питаются КУ-27,5, ТСН, фидеры контактной сети №1,2,3,4,5,7, фидер ДПР «З» (запад), фидер ДПР «В» (восток).

Устройство поперечной емкостной компенсации включено в фазу В через вакуумный выключатель ВВК-27,5 и шинный разъединитель РЛНД-35.

Трансформатор собственных нужд присоединяют к фазам РУ с помощью трехфазных масляных выключателей МКП-35, со стороны шин установлены разъединители РЛНД-35/600.

Трансформаторы напряжения ЗНОМ-35 установлены на каждой секции шин через разъединитель РЛНД-35/600.

Фидера контактной сети №1,2 запитаются от фазы А через вакуумные выключатели ВВК-27,5, шинные разъединители РЛНД-1-35/1000 и линейные разъединители РД-35/1000

Фидера контактной сети №3,4,5,7 запитаются от фазы В через вакуумные выключатели ВВК-27,5, шинные разъединители РЛНД-1-35/1000 и линейные разъединители РД-35/1000

Для вывода в ремонт оборудования, для бесперебойного питания и гибкости схемы имеется обходная система шин для фидеров контактной сети. Питание на обходную систему шин подается через вакуумный выключатель ВВК-27,5 шинный разъединитель обходного выключателя РЛНД-1-35/1000 от фаз А, В и линейный разъединитель обходного выключателя РЛНД-1-35/1000. На каждый фидер контактной сети через обходной разъединитель подается питание через обходную шину.

Фидера ДПР «З» питается от фазы В через масляный выключатель ВМО-35, шинный разъединитель РЛНД-1-35/1000 и линейный разъединитель РЛНД-1-35/1000. Фидер ДПР «В» питается от фазы А с резервированием от фазы В через выключатель МКП-35, шинный разъединитель РЛНД-1-35/1000 и линейный разъединитель РЛНД-1-35/1. Однолинейная схема ПС Уяр Тяговая представлена в приложении А.

На ПС Уяр Тяговая установлена стационарная свинцово-кислотная аккумуляторная батарея серии Classic Groe 400 для питания вторичных цепей электрооборудования и аварийного освещения на 110 В.

2 Техническое обоснование реконструкции ПС Уяр Тяговая

Так как ПС Уяр Тяговая введена в эксплуатацию в 1959г., в настоящее время требуется замена оборудования с учетом перспективы развития железнодорожного транспорта.

В связи с этим, рационально произвести частичное обновление устаревшего оборудования ПС и замену выключателей трансформаторов Т1, Т2 тип ВМТ-110 на элегазовые выключатели ВГТ-110II/2500; выключателей секции шин 35 кВ трансформатора Т1, фидера Т-14 и его резерв тип МКП-35 на вакуумные выключатели ВБЭТ-35III/1600; выключателей секции шин 27,5 кВ ТСН1, ТСН2, ДПР «В» тип МКП-35/1000 и ДПР «З» тип ВМО-35 на вакуумные ВБЭТ-27,5IV/1600.

Выключатель обходной системы шин для фидеров контактной сети (ВБК-27,5) не подлежит замене, в работе он находится в короткий период, в основном только при текущем ремонте выключателя какого-либо из ФКС. А так же не выработал свой ресурс по коммутационной стойкости. Подлежит замене в основном только при окончании срока эксплуатации.

Аккумуляторная батарея серии Classic Groe 400, срок службы которой до 25 лет при температуре окружающей среды 20°C, 2014года установки, замене не подлежит.

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бараксанов С. А.			Техническое обоснование реконструкции ПС Уяр Тяговая	Лит.	Лист	Листов
Руков.		Фикс Н. П.					22	92
Консульт.						НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Утв.								

3 Расчет токов короткого замыкания

Технические данные силовых трансформаторов ПС Уяр Тяговая представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические данные силовых трансформаторов ПС

Подстанция	Тип трансформатора	Технические данные			
		Напряжения обмоток, кВ	Напряжения короткого замыкания обмоток, %		
			U _{КВ-С}	U _{КВ-Н}	U _{КС-Н}
Уяр Тяговая	Т1. ТДТНЖ-40000	115±16%/38,5±	17,25	9,58	6,54
	Т2. ТДТНЖ-40000	5%/27,5	17,58	9,93	6,65

Заданные реактансы энергосистемы приведены в таблице 3.2. Реактансы системы заданы в относительных единицах при $S_B=100$ МВА и $U_B=115$ кВ.

Таблица 3.2 – Реактансы энергосистемы

Подстанция	$X_{c \min}$	$X_{c \max}$
Уяр Тяговая	0,274	0,109

3.1 Расчётная схема ПС

Составляем расчётную схему цепи короткого замыкания. Для этого заданную схему внешнего электроснабжения дополняют схемой ТП, на которой указывают понижающие трансформаторы, преобразовательные агрегаты и шины всех РУ [2]. Схему составляем для максимального расчётного режима, т.е. учитываем параллельную работу понижающих трансформаторов.

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Техническое обоснование реконструкции ПС Уяр Тяговая	Лит.	Лист	Листов			
Разраб.		Бараксанов С. А.					23	92			
Руков.		Фикс Н. П.				НИ ТПУ ИнЭО З-5А2ГС1					
Консульт.											
Утв.											

Расчетная схема ПС Уяр Тяговая приведена на рисунке 3.1.

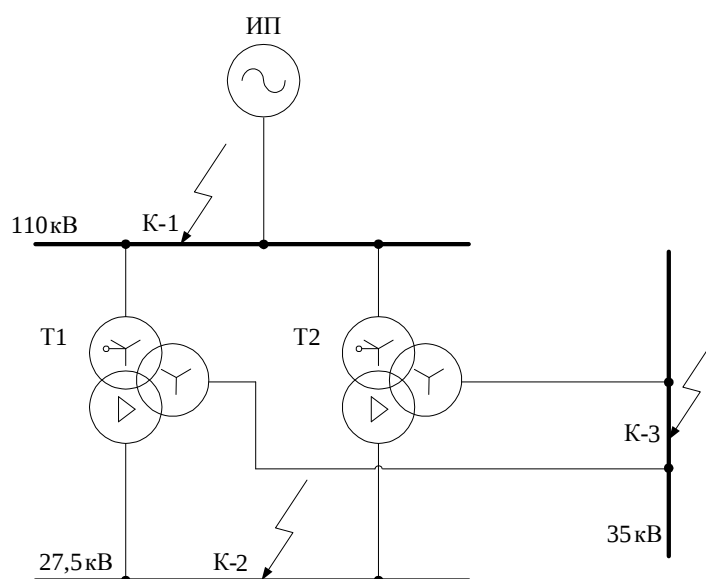


Рисунок 3.1 – Расчётная схема ПС Уяр Тяговая

3.2 Электрическая схема замещения

По расчётной схеме составляется электрическая схема замещения (рисунок 3.2), на которой все элементы представляются в виде сопротивлений. Сопротивления схемы замещения считаются чисто индуктивными, т.к. в высоковольтных цепях активные сопротивления много меньше индуктивных.

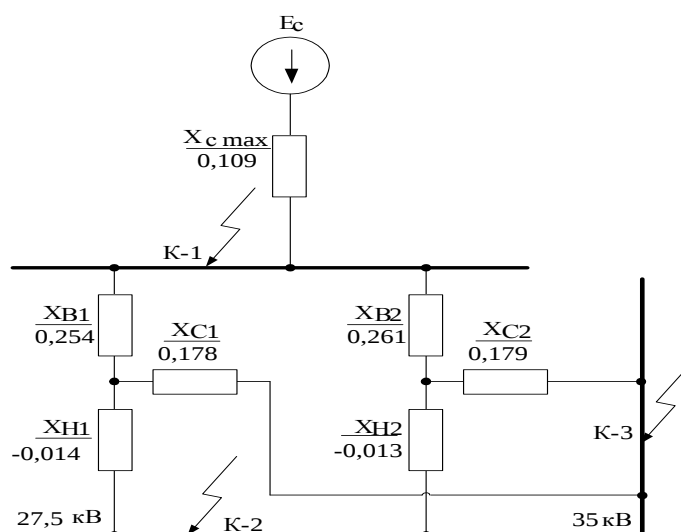


Рисунок 3.2 – Электрическая схема замещения

3.3 Расчёт сопротивлений элементов схемы замещения

Выполняем расчёт каждого из сопротивлений схемы замещения.

Преобразовываем схему замещения цепи короткого замыкания до состояния: от каждого источника до места короткого замыкания одно результирующее сопротивление [2].

Расчётные значения напряжения короткого замыкания обмоток трансформаторов определяются по формулам

$$u_{кВ} = 0,5 \times (u_{кВ-С} + u_{кВ-Н} - u_{кС-Н}), \quad (3.1)$$

$$u_{кС} = 0,5 \times (u_{кВ-С} + u_{кС-Н} - u_{кВ-Н}), \quad (3.2)$$

$$u_{кН} = 0,5 \times (u_{кВ-Н} + u_{кС-Н} - u_{кВ-С}), \quad (3.3)$$

где $u_{кВ-С}$, $u_{кВ-Н}$, $u_{кС-Н}$ – напряжения короткого замыкания для каждой пары обмоток силового трансформатора, в процентах.

Расчёт значений напряжений короткого замыкания обмоток силового трансформатора Т1 определяем по формулам (3.1), (3.2), (3.3) в процентах:

$$u_{кВ} = 0,5 \times (17,25 + 9,58 - 6,54) = 10,15,$$

$$u_{кС} = 0,5 \times (17,25 + 6,54 - 9,58) = 7,11,$$

$$u_{кН} = 0,5 \times (9,58 + 6,54 - 17,25) = -0,57.$$

Расчёт значений напряжений короткого замыкания обмоток силового трансформатора Т2, определяем по формулам (3.1), (3.2), (3.3) в процентах:

$$u_{кВ} = 0,5 \times (17,58 + 9,93 - 6,65) = 10,43,$$

$$u_{кС} = 0,5 \times (17,58 + 6,65 - 9,93) = 7,15,$$

$$u_{кН} = 0,5 \times (9,93 + 6,65 - 17,58) = -0,5.$$

Относительные сопротивления обмоток силового и районного трансформаторов.

$$X_{B1}^* = X_{B2}^* = \frac{u_{KB}}{100} \times \frac{S_{\delta}}{S_{нтр}}, \quad (3.4)$$

$$X_{C1}^* = X_{C2}^* = \frac{u_{KC}}{100} \times \frac{S_{\delta}}{S_{нтр}}, \quad (3.5)$$

$$X_{H1}^* = X_{H2}^* = \frac{u_{KH}}{100} \times \frac{S_{\delta}}{S_{нтр}}. \quad (3.6)$$

Расчёт относительных сопротивлений обмоток силового трансформатора Т1 определяем по формулам (3.4), (3.5), (3.6) в относительных единицах.

$$X_{B1} = \frac{10,15}{100} \times \frac{100}{40} = 0,254,$$

$$X_{C1} = \frac{7,11}{100} \times \frac{100}{40} = 0,178,$$

$$X_{H1} = \frac{-0,57}{100} \times \frac{100}{40} = -0,014.$$

Расчёт относительных сопротивлений обмоток силового трансформатора Т2 определяем по формулам (3.4), (3.5), (3.6) в относительных единицах.

$$X_{B2} = \frac{10,43}{100} \times \frac{100}{40} = 0,261,$$

$$X_{C2} = \frac{7,15}{100} \times \frac{100}{40} = 0,179,$$

$$X_{H2} = \frac{-0,5}{100} \times \frac{100}{40} = -0,013.$$

Расчёт эквивалентного сопротивления до точки К-1 (рисунок 3.3) в относительных единицах.

$$X_{\delta 1} = X_{сmax} = 0,109.$$

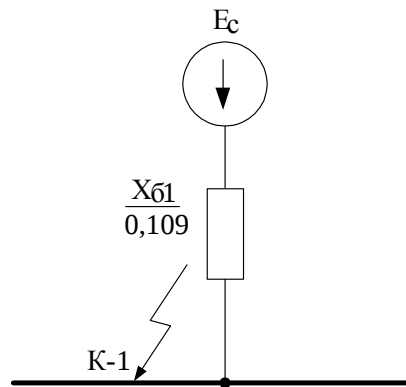


Рисунок 3.3 – Схема замещения для расчёта эквивалентного сопротивления до точки К-1

Расчёт эквивалентного сопротивления до точки К-2 (рисунок 3.4) производим в относительных единицах.

$$X_{66} = X_{B1} + X_{H1} = 0,254 - 0,014 = 0,24 ,$$

$$X_{67} = X_{B2} + X_{H2} = 0,261 - 0,013 = 0,248 ,$$

$$X_{68} = \frac{X_{66} \times X_{67}}{X_{66} + X_{67}} = \frac{0,24 \times 0,248}{0,24 + 0,24} = 0,122 ,$$

$$X_{69} = X_{61} + X_{68} = 0,109 + 0,122 = 0,231 .$$

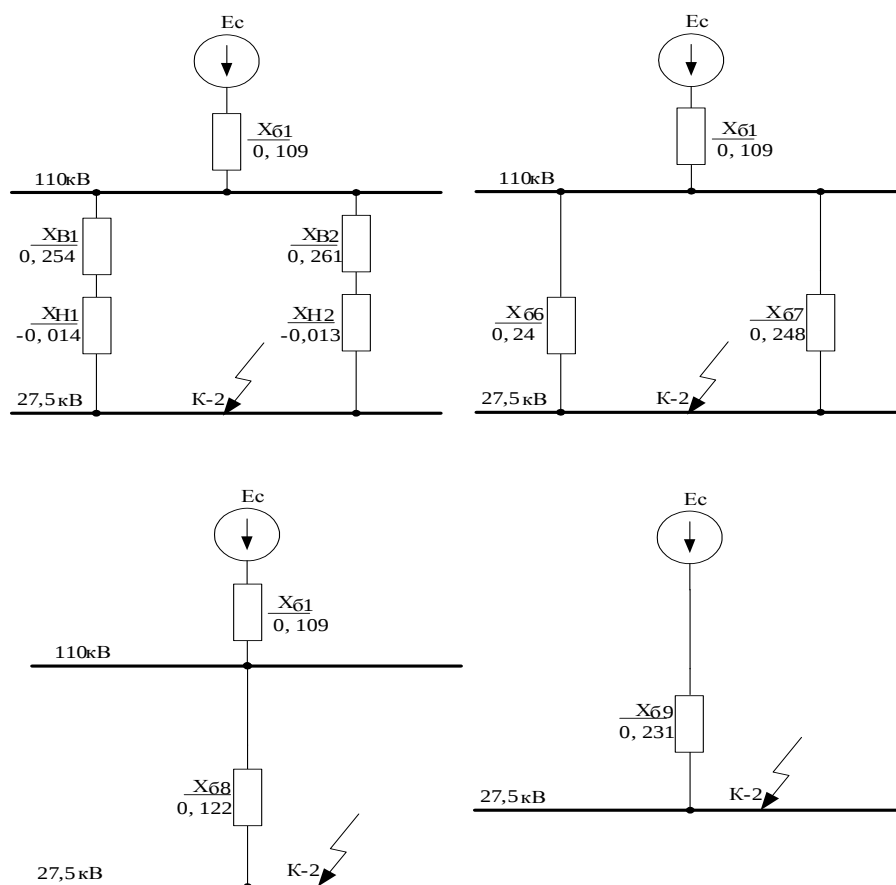


Рисунок 3.4 – Схема замещения для расчёта эквивалентного сопротивления до точки К-2

Расчёт эквивалентного сопротивления до точки К-3 (рисунок 3.5)
в относительных единицах.

$$X_{62} = X_{B1} + X_{C1} = 0,254 + 0,178 = 0,432,$$

$$X_{63} = X_{B2} + X_{C2} = 0,261 + 0,179 = 0,444,$$

$$X_{64} = \frac{X_{62} \times X_{63}}{X_{62} + X_{63}} = \frac{0,432 \times 0,44}{0,432 + 0,44} = 0,218,$$

$$X_{65} = X_{61} + X_{64} = 0,109 + 0,218 = 0,327.$$

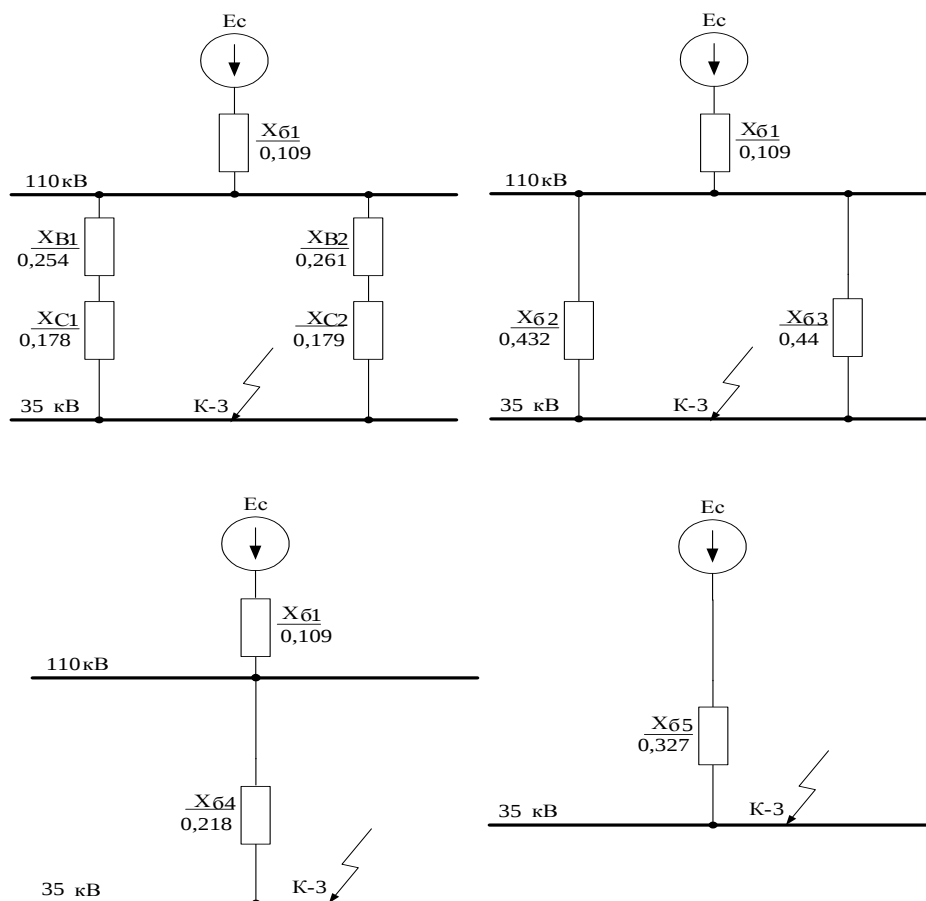


Рисунок 3.5 – Схема замещения для расчёта эквивалентного сопротивления до точки К-3

3.4 Расчёт токов короткого замыкания на шинах РУ

Действующее значение периодической составляющей 3^x фазного тока короткого замыкания определяется по формуле (3.7) в кА:

$$I_{\pi} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_{\text{ср}} \times X_{\text{рез}}}, \quad (3.7)$$

где S_6 – базисная мощность;

$U_{\text{ср}}$ – среднее напряжение;

$X_{\text{рез}}$ – результирующее сопротивление до точки короткого замыкания.

Максимальное значение апериодической составляющей 3^{-x} фазного тока короткого замыкания в момент расхождения контактов выключателя определяется по формуле (3.8) в кА:

$$i_a = \sqrt{2} \times I_n \times e^{-\tau/T_a}, \quad (3.8)$$

где T_a – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока к.з. в секундах, для выключателя класса 110 кВ $T_a=0,03$ с, для выключателя класса 35 кВ, 27,5 кВ $T_a=0,02$ с [2].

Ударное значение 3^{-x} фазного тока короткого замыкания определяется по формуле (3.9) в кА:

$$i_y = \sqrt{2} \times I_n \times k_y, \quad (3.9)$$

где k_y – ударный коэффициент; для выключателя класса 110 кВ $k_y=1,72$, для выключателя класса 35 кВ, 27,5 кВ $k_y=1,6$ [2].

Полный 3^{-x} фазный ток короткого замыкания определяется по формуле (3.10) в кА:

$$i = \sqrt{2} \times I_n + i_a. \quad (3.10)$$

Расчёт токов короткого замыкания на шинах 110 кВ.

Расчёт ведём для выключателя типа: ВГТ-110II/2500.

Для данного выключателя $t_{св}=0,015$ секунд.

Время от начала короткого замыкания до расхождения контактов выключателя определяется по формуле (3.11) в секундах:

$$\tau = t_{P3min} + t_{св}, \quad (3.11)$$

где $t_{p3 \min}$ – время срабатывания релейной защиты, принимаемое $t_{p3}=0,01$ с;

t_{CB} – собственное время отключения выключателя: от момента подачи импульса на электромагнит отключения привода выключателя до момента расхождения контактов в секундах.

Расчёт времени отключения определяем по формуле (3.11) в секундах

$$\tau = 0,01 + 0,015 = 0,025.$$

Расчёт действующего значения периодической составляющей 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.7) в кА:

$$I_n = \frac{100}{\sqrt{3} \times 115 \times 0,109} = 4,606.$$

Расчёт апериодической составляющей 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.8) в кА:

$$i_a = \sqrt{2} \times 4,606 \times e^{-0,025/0,03} = 1,453.$$

Расчёт ударного 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.9) в кА:

$$i_y = \sqrt{2} \times 4,606 \times 1,72 = 11,204.$$

Расчёт полного 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.10) в кА:

$$i = \sqrt{2} \times 4,606 + 1,453 = 7,967.$$

Расчёт токов короткого замыкания на шинах 27,5 кВ.

Расчёт ведём для выключателей типа: ВБЭТ-27,5IV/1600, ВВК-27,5/1250.

Для данного выключателя $t_{CB}=0,06$ с, $t_{p3}=1$ с

Расчёт полного времени отключения определяем по формуле (3.11) в секундах:

$$\tau = 1 + 0,06 = 1,06.$$

Расчёт действующего значения периодической составляющей 3^x фазного тока к.з. определяем по формуле (3.7) в кА:

$$I_{\pi} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 27,5 \times 0,231} = 9,088.$$

Расчёт апериодической составляющей 3^x фазного тока короткого замыкания (для выключателя класса 27,5 кВ $T_a=0,02$ с) определяем по формуле (3.8) в кА:

$$i_a = \sqrt{2} \times 9,088 \times e^{-1,06/0,02} = 0,386.$$

Расчёт ударного 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.9) в кА:

$$i_y = \sqrt{2} \times 9,088 \times 1,6 = 20,564.$$

Расчёт полного 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.10) в кА:

$$i = \sqrt{2} \times 9,088 + 0,386 = 13,238.$$

Расчёт токов короткого замыкания на шинах 35 кВ.

Расчёт ведём для выключателя типа: ВБЭТ-35Ш/1600. Для данного выключателя $t_{CB}=0,08$ с, $t_{P3}=3,5$ с

Расчёт полного времени отключения определяем по формуле (3.11) в секундах:

$$\tau = 3,5 + 0,08 = 3,58.$$

Расчёт действующего значения периодической составляющей 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.7) в кА:

$$I_{\pi} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 38,5 \times 0,327} = 4,586.$$

Расчёт апериодической составляющей 3^x фазного тока короткого замыкания (для выключателя класса 35 кВ $T_a=0,02$ с) определяем по формуле (3.8) в кА:

$$i_a = \sqrt{2} \times 4,586 \times e^{-3,58/0,02} = 0,195.$$

Расчёт ударного 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.9) в кА:

$$i_y = \sqrt{2} \times 4,586 \times 1,6 = 10,377.$$

Расчёт полного 3^x фазного тока короткого замыкания определяем по формуле (3.10) в кА:

$$i = \sqrt{2} \times 4,586 + 0,195 = 6,681.$$

В данном разделе была составлена расчётная схема цепи короткого замыкания, по которой был произведен расчет токов короткого замыкания, расчет сопротивлений элементов схемы замещения, а так же расчет токов короткого замыкания на шинах РУ для выключателя ВГТ-110II/2500, ВБЭТ-35III/1600, ВБЭТ-27,5IV/1600, ВВК-27,5/1250. А так же произведен расчет полного времени отключения выключателей.

4 Проверка выключателей по результатам расчета токов короткого замыкания

4.1 Расчет величины теплового импульса для всех РУ

Для удобства проверки выполняют расчёт величины теплового импульса для всех РУ [3] по формуле (4.1):

$$B_k = I_{\pi}^2 \times (t_{\text{откл}} + T_a), \quad (4.1)$$

где I_{π} – начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания, кА;

T_a – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания в секундах.

Полное время отключения определяют по формуле (4.2):

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{в}}, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{рз}}$ – время срабатывания релейной защиты рассматриваемой цепи;

$t_{\text{в}}$ – полное время отключения выключения до погасания дуги, с.

РУ-110 кВ.

Марка выбранного выключателя: ВГТ-110П/2500. Параметры для расчётов: $t_{\text{рз}}=2,5$ с, $t_{\text{в}}=0,055$ с, $T_a=0,03$ с. Полное время отключения определяем по формуле (4.2) в секундах.

$$t_{\text{откл}} = 2,5 + 0,055 = 2,555$$

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проверка выключателей по результатам расчета токов короткого замыкания			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Бараксанов С. А.									
Руков.		Фикс Н. П.								34	92
Консульт.								НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1			
Утв.											

Расчёт величины теплового импульса определяем по формуле (4.1), $\text{кА}^2 \times \text{с}$:

$$B_k = 4,606^2 \times (2,555 + 0,03) = 54,854.$$

РУ-35 кВ.

Марка выбранного выключателя: ВБЭТ-35III/1600. Параметры для расчётов: $t_{p3}=3,5$ с., $t_B=0,08$ с., $T_a=0,02$ с. Полное время отключения определяем формуле (4.2) в секундах:

$$t_{\text{откл}} = 3,5 + 0,08 = 3,58.$$

Расчёт величины теплового импульса определяем по формуле (4.1), $\text{кА}^2 \times \text{с}$

$$B_k = 4,586^2 \times (3,58 + 0,02) = 75,708.$$

РУ-27,5 кВ.

Марка выбранного выключателя: ВБЭТ-27,5IV/1600. Параметры для расчётов: $t_{p3}=1$ с, $t_B=0,08$ с, $T_a=0,02$ с. Полное время отключения определяем по формуле (4.2) в секундах:

$$t_{\text{откл}} = 1 + 0,08 = 1,08.$$

Расчёт величины теплового импульса определяем по формуле (4.1), $\text{кА}^2 \times \text{с}$

$$B_k = 9,088^2 \times (1,08 + 0,02) = 90,851.$$

4.2 Проверка выключателей

Выбранные выключатели проверяются:

- на электродинамическую устойчивость, по формуле (4.3):

$$i_y \leq i_{\text{пр}}, \tag{4.3}$$

где $i_{\text{пр}}$ – амплитудное значение предельного сквозного тока короткого замыкания, кА;

i_y – ударное значение 3-х фазного тока короткого замыкания.

- на термическую устойчивость, по формуле (4.4):

$$B_k \leq I_T^2 \times t_T, \quad (4.4)$$

где B_k – тепловой импульс тока к.з. по расчёту, $\text{кА}^2 \times \text{с}$;

I_T – предельный ток термической стойкости, кА;

t_T – время прохождения тока термической стойкости, с.

- по номинальному току отключения, по формуле (4.5):

$$I_{\text{НОМОТКЛ}} \geq I_{\text{ПД}}, \quad (4.5)$$

где $I_{\text{НОМОТКЛ}}$ – номинальный ток отключения, кА;

$I_{\text{ПД}}$ – действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения контактов, кА.

- по номинальному току отключения апериодической составляющей тока короткого замыкания, по формуле (4.6):

$$i_{\text{аном}} \geq i_a, \quad (4.6)$$

где i_a – максимальное значение апериодической составляющей 3-х фазного тока короткого замыкания, рассчитывается по формуле (4.9);

$i_{\text{а ном}}$ – номинальное нормирующее значение апериодической составляющей тока короткого замыкания, рассчитывается по формуле (4.7) в кА:

$$i_{\text{аном}} = \sqrt{2} \times \beta_{\text{ном}} \times I_{\text{НОМОТКЛ}}, \quad (4.7)$$

где $\beta_{\text{ном}}$ – номинальное содержание апериодической составляющей

рассчитывается по формуле (4.8):

$$\beta_{\text{ном}} = e^{\frac{-\tau}{0,045}}, \quad (4.8)$$

$$i_a = I_{\text{п}} \times e^{\frac{-\tau}{T_a}}, \quad (4.9)$$

где T_a – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания (при $t=0$, $T_a=0,05$, с.).

- по полному току отключения, рассчитывается по формуле (4.10):

$$\sqrt{2} \times I_{\text{НОМОТКЛ}} \times (1 + \beta_{\text{ном}}) > (\sqrt{2} \times I_{\text{к}} + i_a). \quad (4.10)$$

- по включающей способности, рассчитывается по формуле (4.11):

$$I_{\text{к}} \leq I_{\text{НОМВКЛ}}, \quad (4.11)$$

$$i_y \leq i_{\text{НВКЛ}} \quad (4.12)$$

где $I_{\text{НОМВКЛ}}$ – эффективное значение номинального тока включения, кА;

$i_{\text{НВКЛ}}$ – амплитудное значение номинального тока включения, кА.

Для ввода 110 кВ выбрали выключатель марки: ВГТ-110П/2500.

Проверка на электродинамическую устойчивость по формуле (4.3), кА

$$11,204 \leq 102,$$

где $i_y=11,204$ кА; $i_{\text{пр}}=102$ кА.

Проверка на термическую устойчивость по формуле (4.4) в $\text{кА}^2 \times \text{с}$:

$$54,854 \leq 40^2 \times 3 = 4800,$$

где $B_{\text{к}}=54,854 \text{ кА}^2 \times \text{с}$; $I_{\text{Т}}^2 \times t_{\text{Т}}=40^2 \times 3=4800 \text{ кАхс}$.

Проверка по номинальному току отключения по формуле (4.5), кА:

$$40 \geq 4,606,$$

где $I_{\text{НОМОТКЛ}}=40$ кА; $I_{\text{ПД}}=4,606$ кА.

Проверка по номинальному току отключения апериодической составляющей тока короткого замыкания по формуле (4.6), кА

$$\sqrt{2} \times e^{\frac{0,045}{0,045}} \times 40 = 20,81 \geq 4,606 \times e^{\frac{0,045}{0,05}} = 1,87,$$

где $i_{\text{аном}}=20,81$ кА; $i_a=1,87$ кА.

Проверка по полному току отключения по формуле (4.10), кА:

$$\sqrt{2} \times 40 \times (1 + e^{\frac{0,045}{0,045}}) = 77,386 > (\sqrt{2} \times 4,606 + 1,87) = 8,384,$$

где $I_{\text{НОМОТКЛ}}=40$ кА; $I_k=4,606$ кА; $i_a=1,87$ кА.

Проверка по включающей способности по формулам (4.11), (4.12), кА:

$$4,606 \leq 40; \quad 11,204 \leq 102,$$

где $I_k=4,606$ кА; $I_{\text{НОМВКЛ}}=40$ кА; $i_y=11,204$ кА; $i_{\text{НВКЛ}}=102$ кА.

Для ввода 35 кВ силового трансформатора выбрали выключатель марки: ВБЭТ-35III/1600.

Проверка на электродинамическую устойчивость по формуле (4.3), кА:

$$10,377 \leq 52.$$

где $i_y=10,377$ кА; $i_{\text{пр}}=52$ кА.

Проверка на термическую устойчивость по формуле (4.4), $\text{кА}^2 \times \text{с}$:

$$75,708 \leq 25^2 \times 3 = 1875.$$

где $B_k=75,708$ $\text{кА}^2 \times \text{с}$; $I_T^2 \times t_T = 25^2 \times 3 = 1875$ $\text{кА}^2 \times \text{с}$.

Проверка по номинальному току отключения по формуле (4.5), кА:

$$25 \geq 4,586.$$

где $I_{\text{НОМОТКЛ}}=25$ кА; $I_{\text{ПД}}=4,586$ кА.

Проверка по номинальному току отключения апериодической составляющей тока короткого замыкания по формуле (4.6), кА:

$$\sqrt{2} \times e^{\frac{0,07}{0,045}} \times 20 = 5,97 \geq 4,586 \times e^{\frac{0,07}{0,05}} = 1,128.$$

где $i_{аном}=5,97$ кА; $i_a=1,128$ кА.

Проверка по полному току отключения по формуле (4.10), кА:

$$\sqrt{2} \times 20 \times (1 + e^{\frac{0,07}{0,045}}) = 34,252 > (\sqrt{2} \times 4,586 + 1,128) = 7,614.$$

где $I_{НОМОТКЛ}=20$ кА; $I_k=4,586$ кА; $i_a=1,128$ кА.

Проверка по включающей способности по формулам (4.11), (4.12), кА:

$$4,586 \leq 20; \quad 10,377 \leq 52.$$

где $I_k=4,586$ кА; $I_{НОМВКЛ}=20$ кА; $i_y=10,377$ кА; $i_{НВКЛ}=52$ кА.

Для ТСН-1, ТСН-2 фидера ДПР «Восток», фидера ДПР «Запад» выбрали выключатель марки: ВБЭТ-27,5IV/630.

Проверка на электродинамическую устойчивость по формуле (4.3), кА:

$$20,564 \leq 52.$$

где $i_y=20,564$ кА; $i_{пр}=52$ кА.

Проверка на термическую устойчивость по формуле (4.4), $\text{кА}^2 \times \text{с}$:

$$90,851 \leq 25^2 \times 3 = 1875.$$

где $B_k=90,851 \text{ кА}^2 \times \text{с}$; $I_T^2 \times t_T = 25^2 \times 3 = 1875 \text{ кА}^2 \times \text{с}$.

Проверка по номинальному току отключения (4.5), кА:

$$25 \geq 9,088.$$

где $I_{НОМОТКЛ}=25$ кА; $I_{пд}=9,088$ кА.

Проверка по номинальному току отключения апериодической составляющей тока короткого замыкания (4.6), кА:

$$\sqrt{2} \times e^{\frac{0,07}{0,045}} \times 25 = 7,884 \geq 9,088 \times e^{\frac{0,07}{0,05}} = 2,236.$$

где $i_{аном}=7,884$ кА; $i_a=2,236$ кА.

Проверка по полному току отключения (4.10), кА:

$$\sqrt{2} \times 25 \times (1 + e^{\frac{0,07}{0,045}}) = 42,815 > (\sqrt{2} \times 9,088 + 2,236) = 15,088.$$

где $I_{\text{нoмoткл}}=25$ кА; $I_{\text{к}}=9,088$ кА; $i_{\text{а}}=2,236$ кА.

Проверка по включающей способности по формулам (4.11), (4.12), кА:
 $9,088 \leq 25$; $20,564 \leq 52$.

где $I_{\text{к}}=9,088$ кА; $I_{\text{нoмвкл}}=25$ кА; $i_{\text{у}}=20,564$ кА; $i_{\text{нвкл}}=52$ кА.

В данном разделе произведен расчет теплового импульса для РУ-110 кВ, 35 кВ и 27,5 кВ. Так же была произведена проверка выключателей на электродинамическую устойчивость, термическую устойчивость, по номинальному току отключения, по номинальному току отключения апериодической составляющей тока короткого замыкания, по полному току отключения, по включающей способности. И по результатам расчетов выключатели проходят по выбранной проверке.

5 Модернизация релейной защиты в устройствах тягового электро-снабжения

Релейная защита и автоматика (РЗА) должна строиться с учетом:

- структурных связей;
- взаимосвязи системных представлений внутри каждого уровня: структура – функции – процессы;
- синтеза систем на основе триады: цели – знания – ресурсы (средства).

Для каждой элементарной функции РЗА необходимо применить вышеупомянутый алгоритм решения системных задач, который в данном случае порождает следующую общую методику разработки защиты:

- уточнение целей и задач данной защиты;
- выявление полной группы событий (в смысле их электротехнической сущности), соответствующих аварийным и неаварийным режимам;
- определение пространства признаков (параметров), позволяющих оценить необходимость срабатывания или несрабатывания защиты;
- конструирование критерия срабатывания и его проверка (статическая точность и устойчивость);
- построение алгоритма работы защиты и его проверка (динамическая устойчивость срабатывания и несрабатывания);
- разработка методики расчета уставок исходя из статической и динамической устойчивости критерия срабатывания;
- аппаратно-программная реализация алгоритма и проведение испытаний устройства. [4]

В целом реализация системного решения проблемы защиты ЭТС приводит к созданию соответствующих концепций, моделей, алгоритмов и

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Модернизации релейной защиты в устройствах тягового электроснабжения	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Бараксанов С.А.						
Руков.		Фикс Н.П.					41	92
Консульт.						НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Утв.								

устройств, их реализующих. При этом наиболее существенным отличием нового класса устройств, интеллектуальных терминалов присоединений от ранее использовавшихся является интеграция всех функций РЗА в пределах присоединения. Это позволяет:

- существенно сократить число типов используемых устройств;
- наиболее эффективно решить проблему электромагнитной совместимости устройств;
- минимизировать число связей и контактов и т.д.

Естественно, такая интеграция функций стала возможной только благодаря их программной реализации средствами микропроцессорной техники [4].

При создании микропроцессорных терминалов защит можно выделить два основных взаимосвязанных направления: разработка структуры вычислительного алгоритма защит, который отвечал бы требованиям, предъявляемым к аппаратуре релейной защиты; разработка алгоритмов функционирования защиты, имеющих повышенное техническое совершенство и эффективно использующих возможности вычислительной техники.

В отличие от электромеханических и электронных устройств РЗА в микропроцессорных терминалах измерительные, логические и сигнальные органы защит реализованы программно. Аппаратно выполняется только гальваническая развязка, масштабирование и аналого-цифровое преобразование входных аналоговых сигналов. Далее выделение первой гармонической составляющей, определение ее действующего значения, определение модуля комплексного сопротивления и фазового угла между током и напряжением осуществляется специальным сигнальным процессором. Собственно функции РЗА, т.е. формирование необходимых параметров, блокировок, сравнение с уставкой, реализация необходимой выдержки времени и формирование логического сигнала срабатывания производится процессором контроля автоматики [4].

В целом микропроцессорная реализация функции защиты определяет следующие преимущества по сравнению с существующими электронными защитами:

- более точное выполнение традиционных функций защиты (токовой, дистанционной);
- реализация полного набора функций в соответствии с новой концепцией защиты тяговой сети;
- наличие двух групп уставок (для нормального и вынужденного режимов), переключаемых по телемеханике;
- возможность адаптации уставок второй и третьей ступеней направленной дистанционной защиты по коэффициенту гармоник и т.д.;
- меньшее время срабатывания защит мгновенного действия;
- ввод уставок в первичных значениях тока, напряжения и сопротивления. [4]

В выпускной квалификационной работе рассмотрим модернизацию защит фидеров контактной сети на основе устройства цифровой защиты и автоматики фидера контактной сети 27,5 кВ типа ЦЗА-27,5-ФКС разработанного в ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО».

Большая точность защит ЦЗА-27,5-ФКС (по сравнению с известными электронными защитами) реализуется за счет:

- более точных методологических принципов обработки сигналов;
- высокой точности аналого-цифрового преобразователя (АЦП) сигналов тока и напряжения (используется 16-разрядный АЦП с приведенной погрешностью менее 0,01% и частотой дискретизации 2400 Гц, то есть 48 выборок за период частоты сети);
- выполнения всех последующих цифровых преобразований без потери точности.

6 Описание устройства ЦЗА-27,5-ФКС

6.1 Функции автоматики

Функции устройства резервирования при отказе выключателя (УРОВ) устройство ЦЗА-27,5-ФКС обеспечивает выполнение функций датчика и приемника УРОВ (УРОВ_д и УРОВ_п).

Функции УРОВ могут быть введены или выведены соответствующими программными ключами.

Автоматическое повторное включение (АПВ) устройство ЦЗА-27,5-ФКС реализует функцию двукратного АПВ с возможностью программной блокировки одного или обоих циклов. [5]

6.2 Функции управления

Устройство ЦЗА-27,5-ФКС осуществляет управление тремя коммутационными аппаратами:

- высоковольтный выключатель;
- линейный разъединитель;
- обходной разъединитель;

При этом устройство ЦЗА-27,5-ФКС обеспечивает два режима управления:

- местное управление (МУ) кнопками, расположенными на пульте блока управления;
- дистанционное управление (ДУ), осуществляемое по последовательному каналу связи от АСУ или через специальные дискретные входы от стойки традиционной телемеханики. [5]

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.	Бараксанов С. А.				Описание устройства ЦЗА-27,5-ФКС			Лит.	Лист	Листов	
Руков.	Фикс Н. П.								44	92	
Консульт.								НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1			
Утв.											

6.3 Функции контроля параметров

Устройство ЦЗА-27,5-ФКС обеспечивает контроль следующих параметров:

- тока фидера;
- напряжения на фидере;
- частоты питающей сети;
- сопротивления (полного и реактивного) нагрузки фидера;
- сдвига фаз между током и напряжением;
- коэффициента гармоник тока нагрузки.

6.4 Функции регистрации событий и аварийных процессов

Время хранения информации об аварийных событиях и осциллограмм аварийных процессов при отключенном питании устройства ЦЗА-27,5-ФКС – не ограничено.

Накопление информации.

В состав накапливаемой информации входят следующие параметры:

- общее количество отключений ВВ;
- количество аварийных отключений ВВ;
- выработанный ресурс выключателя (проценты износа);
- электрические параметры фидера (ток, напряжение и т. п.) при последнем аварийном отключении ВВ.

Время хранения накопительной информации при отключенном питании устройства ЦЗА-27,5-ФКС не менее 5 лет. [5]

В данном разделе описаны основные функции устройства ЦЗА-27,5-ФКС: автоматики, управления, контроля параметров, регистрации событий и аварийных процессов.

7 Дистанционные защиты фидера контактной сети 27,5 кВ

7.1 Параметры схемы замещения тяговой сети переменного тока

Вычисление параметров короткого замыкания осуществляется на основе эквивалентной схемы замещения с индуктивно развязанными сопротивлениями, в том числе контактной сети и рельсов.

Для выбора уставок релейной защиты в тех случаях, когда фазовые углы вычислять не требуется, допускается выполнять расчет короткого замыкания с использованием только модулей (абсолютных значений) сопротивлений, напряжений и токов. Возникающая при этом погрешность компенсируется коэффициентами запаса и чувствительности.

Схема питания для межподстанционной зоны при коротком замыкании на участке L1 приведена на рисунке (7.1). Эквивалентные (индуктивно развязанные) схемы замещения приведена на рисунке (7.2), в которой $U_{A,рас}$, $U_{B,рас}$ — расчетные напряжения тяговых подстанции соответственно ПС А и ПС В.

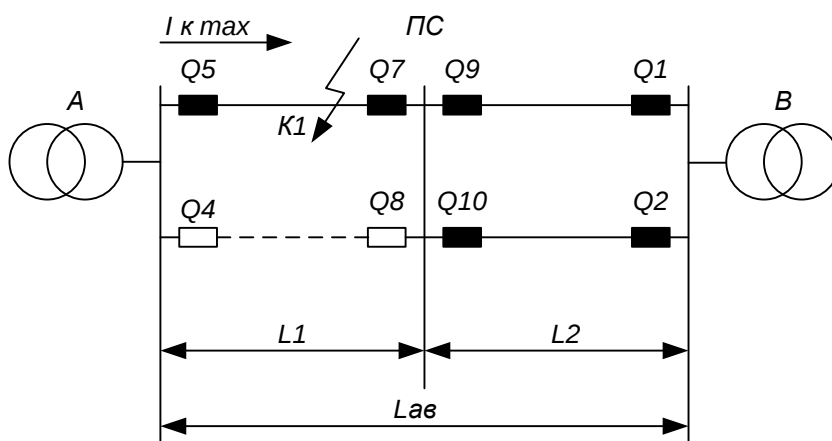


Рисунок 7.1 – Схема питания для межподстанционной зоны

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчет дистанционной защиты фидера контактной сети 27,5 кВ	Лит.		Лист	Листов		
Разраб.		Бараксанов С. А.						46	92		
Руков.		Фикс Н. П.				НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1					
Косульт.											
Утв.											

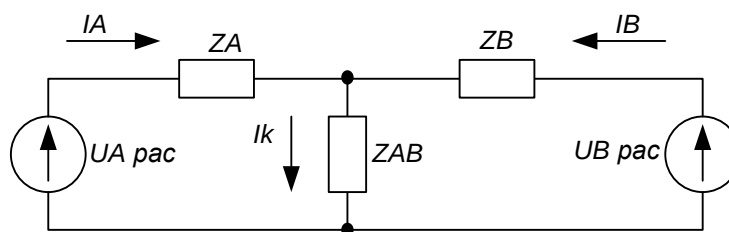


Рисунок 7.2 – Эквивалентная схема замещения

Для вычисления параметров короткого замыкания необходимо вычислить сопротивления Z_A , Z_B , Z_{AB} результирующей схемы замещения по формулам (7.1), (7.2), (7.3).

$$Z_A = Z_{пА} + Z_{тсА}, \quad (7.1)$$

$$Z_B = Z_{пВ} + Z_{тсВ}, \quad (7.2)$$

$$Z_{AB} = Z_{тсAB} + R_{д} + R_{тсз} + R_{з}, \quad (7.3)$$

где $Z_{пА}$, $Z_{пВ}$ – сопротивления тяговых подстанций тп А и тп В, Ом;

$R_{д}$ – сопротивление дуги, Ом;

$R_{з}$ – переходное сопротивление провод-земля в месте падения провода на верхнее строение пути, Ом;

$R_{тгз}$ – индуктивно развязанное сопротивление троса группового сопротивления, Ом.

7.2 Параметры тяговых подстанций

Расчетное значение напряжений $U_{расч}$ подстанций принимают равным 26200 или 28900 В ($27500 \pm 5\%$ В).

При вычислении минимальных значений токов короткого замыкания, протекающих к месту повреждения к данной ПС, расчетное напряжение на ней принимают 26200 В. Если вычисляют максимальные значения токов короткого

замыкания, то расчетное напряжение на подстанции принимают 28900 В. Для приближенных расчетов допускается принимать $U_{расч}=27500$ В.

Сопротивление ТП при двухфазном коротком замыкании вычисляют по формуле (7.4), Ом

$$Z_{\Pi} = X_{\Pi} = 2 \times U_{\Pi}^2 \left[\frac{1}{S_C} + \frac{(1 \pm a_3) \times u_K}{100 \times S_T \times n_T} \right], \quad (7.4)$$

где X_{Π} – индуктивная составляющая сопротивления подстанции, Ом;

U_{Π} – напряжение на выводах тяговой обмотки трансформатора, кВ;

S_C – мощность короткого замыкания на вводах в подстанцию, МВ·А;

S_T – номинальная мощность трансформатора, МВ·А;

n_t – число включенных в работу трансформаторов;

u_K – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

a_3 – заводской допуск на величину напряжения короткого замыкания.

Если параметры энергосистемы заданы сопротивлением X_C (%) при базисной мощности S_B (МВ×А) и базовом напряжении U_B (Кв), то сначала необходимо перевести сопротивление энергосистемы из относительных единиц в именованные по формуле (7.5), Ом:

$$X_C = \frac{X_C \times U_{НОМ}^2}{100}, \quad (7.5)$$

где $U_{НОМ}$ – номинальное напряжение трансформатора, кВ×А.

Затем мощность короткого замыкания (МВ·А) вычисляют по формуле (7.6):

$$S_C = \frac{U_B^2}{X_C} \quad (7.6)$$

Напряжения короткого замыкания для силовых трехобмоточных трансформаторов разных типов и разной мощности, используемых на тяговых под-

станциях переменного тока напряжением 27,5 кВ, имеют несущественные отличия.

При вычислении минимальных токов короткого замыкания принимают минимальный режим энергосистемы, при вычислении максимальных токов - максимальный. Если параллельная работа двух трансформаторов в эксплуатационных условиях не предусмотрена, то в максимальном режиме принимают также $n_T = 1$ [6].

Ток подстанций А, В и ток в месте короткого замыкания вычисляют по формулам (7.7), (7.8) и (7.9):

$$I_A = \frac{U_{A, \text{pac}} \times \left(1 + \frac{Z_{AB}}{Z_B}\right) - U_{B, \text{pac}} \times \frac{Z_{AB}}{Z_B}}{Z_A + Z_{AB} \times \left(1 + \frac{Z_A}{Z_B}\right)}, \quad (7.7)$$

$$I_B = \frac{U_{B, \text{pac}} \times \left(1 + \frac{Z_{AB}}{Z_A}\right) - U_{A, \text{pac}} \times \frac{Z_{AB}}{Z_A}}{Z_B + Z_{AB} \times \left(1 + \frac{Z_B}{Z_A}\right)}, \quad (7.8)$$

$$I_K = I_A + I_B. \quad (7.9)$$

Для тех расчетных схем, у которых не учитываются параметры места повреждения, т.е. $Z_{AB} = 0$, величины токов I_A , I_B можно вычислить по формулам (7.10), (7.11):

$$I_A = \frac{U_{A, \text{pac}}}{Z_{\text{пА}} + Z_{A, \text{вх}}}, \quad (7.10)$$

$$I_B = \frac{U_{B, \text{pac}}}{Z_{\text{пВ}} + Z_{B, \text{вх}}}, \quad (7.11)$$

где $Z_{A,вх}$, $Z_{B,вх}$ – входные сопротивления тяговой сети соответственно со стороны подстанций А и В, Ом.

Напряжение на шинах подстанций А и В вычисляют по формулам (7.12), (7.14) [6]:

$$U_A = U_{A,рас} - I_A \times Z_{пА}, \quad (7.12)$$

$$U_B = U_{B,рас} - I_B \times Z_{пВ}. \quad (7.13)$$

7.3 Выбор уставок защит от коротких замыканий контактной сети

Уставка защиты должна выбираться с соблюдением требований селективности и устойчивости функционирования. Выбранные уставки должны обеспечивать надежное отключение выключателя при коротком замыкании в наиболее удаленной точке.

Защита ближнего резерва резервирует (дублирует) основную защиту, защита дальнего резерва резервирует защиту выключателей смежных (за пределами защищаемой зоны) участков, входящих в зону резервирования.

Резервные защиты на тяговых подстанциях должны обеспечивать отключение короткого замыкания в наиболее удаленной точке даже в случае отказа на посту секционирования защиты или одного из выключателей [6].

7.4 Выбор уставок дистанционных защит фидеров ПС переменного тока

Дистанционную защиту первой ступени выполняют без выдержки времени. Она должна быть направленной с областью срабатывания фазовой характеристики в диапазоне углов $0 \div 100^\circ$. Возможно использование и других форм

характеристик, например, многоугольных с теми же фазовыми углами. Направленная защита должна иметь “память” и цепи напряжения с длительностью не менее 0,15 секунды [7].

Допускается применять первую ступень ненаправленной защиты, если она снабжена блокировкой по току или напряжению. Использование блокирующих органов приводит к появлению мертвых зон вблизи места установки защиты. Мертвые зоны должны быть перекрыты токовой отсечкой.

Итак, первая ступень защиты - ненаправленная дистанционная защита без выдержки времени с блокировкой по току. Назначение - отключать без выдержки времени короткие замыкания в пределах большей части зоны «подстанция - пост».

Сопротивление срабатывания первой ступени защиты определяется по формуле (7.14) [7]:

$$Z_{CЗ} = K_3 \times Z_{KЗmax}, \quad (7.14)$$

где $Z_{KЗmax}$ – сопротивление петли короткого замыкания «контактная подвеска - рельс» при коротком замыкании на шинах поста секционирования, Ом;

K_3 – коэффициент запаса, равный 0,8...0,85.

Для двухпутного участка:

$$Z_{KЗmax} = Z_{21} \times l_1, \quad (7.15)$$

где l_1 – расстояние между подстанцией и постом секционирования, км;

Z_{21} – сопротивление 1 км двухпутного участка при одном отключенном фидере контактной сети, то есть в расчетной схеме (рисунок 7.3) при коротком замыкании в точке К1 около шин поста секционирования, Ом/км.

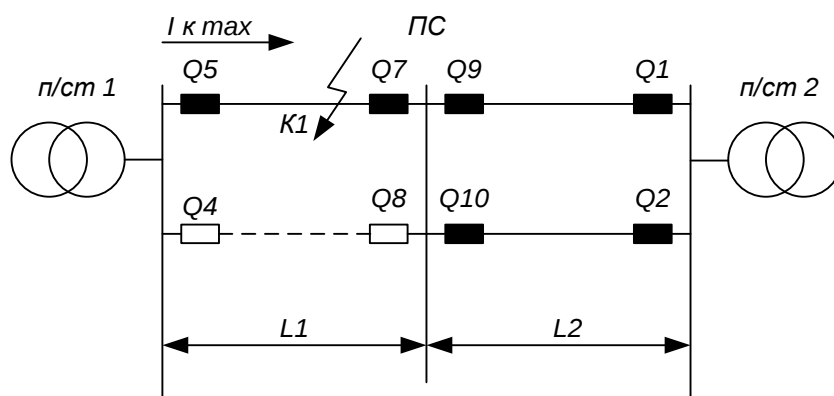


Рисунок 7.3 – Расчетная схема для определения уставки срабатывания первой ступени дистанционной защиты.

При этом практически при нормальной схеме питания вся фидерная зона будет защищаться с учетом каскадного действия выключателей без выдержки времени, то есть первыми ступенями защиты.

Однако при ненормальных схемах питания, то есть отключении одного из фидеров тяговых подстанций или поста секционирования, и таком выборе уставок первых ступеней защиты возможно неселективное действие защит при коротком замыкании вблизи поста секционирования или подстанции.

Выбранное сопротивление срабатывания первой ступени проверяется на селективность по отношению к токам нагрузки по формулам (7.16), (7.17):

$$Z_{C3} \leq \frac{Z_{н.мин}}{K_3}, \quad (7.16)$$

$$Z_{н.мин} = \frac{U_{раб.мин}}{I_{н.мах}}, \quad (7.17)$$

где $U_{раб.мин}$ – минимальное напряжение на шинах подстанции в рабочем режиме ($U_{раб.мин}=25000$ В);

$I_{н.мах}$ – максимальный ток нагрузки фидера подстанции в рабочем режиме, А;

K_3 - коэффициент запаса ($K_3=1,2\dots 1,3$).

Для двухпутных и однопутных участков должна быть также обеспечена

селективность по отношению к токам, протекающим по защищаемому фидеру со стороны соседней подстанции (при двухстороннем питании), при близком коротком замыкании на смежном фидере контактной сети или других отходящих от шин 25 кВ фидерах. В этом режиме напряжение на шинах подстанции значительно понижается и ненаправленная первая ступень защиты неповрежденного фидера может ложно сработать даже при относительно небольших токах подпитки короткого замыкания на смежном фидере.

Для обеспечения селективной работы первой ступени ненаправленной дистанционной защиты предусмотрена блокировка срабатывания по величине протекающего по фидеру тока.

Величина тока блокировки первой ступени дистанционной защиты должна быть больше максимального тока подпитки, протекающего со стороны соседней подстанции через защищаемый фидер при коротком замыкании в точке К2 рисунок (7.4) на смежном фидере контактной сети, ток уставки элемента токовой блокировки находится по формуле (7.18):

$$I_{уст.тб} = K_3 \times I_{п.маx}, \quad (7.18)$$

где $I_{п.маx}$ – максимальный ток подпитки короткого замыкания на шинах подстанции;

K_3 – коэффициент запаса, равный 1,2.

Максимальный ток подпитки определяется по формуле (7.19):

Для двухпутного участка

$$I_{п.маx} = \frac{U_{ном}}{2 \times X_{с2.маx} + \frac{2 \times X_{Г2}}{n_2} + Z_{22} \times \frac{l_2}{2} + Z_{21} \times l_1}, \quad (7.19)$$

где $U_{ном}$ – расчетное напряжение на шинах подстанции, В;

$X_{C.max}$ – сопротивление фазы энергосистемы в режиме на вводе подстанции в режиме максимума, Ом. Рассчитывается по формуле (7.20):

$$X_{C.max} = \frac{U_{НОМ}^2}{S_{КЗ.max}}, \quad (7.20)$$

$S_{КЗ.max}$ – мощность к.з. на шинах питающего напряжения подстанции в максимальном режиме, МВ·А;

n – максимальное количество включенных трансформаторов;

X_T – сопротивление фазы понизительного трансформатора подстанции, Ом. Рассчитывается по формуле (7.21):

$$X_T = \frac{U_K \times U_{НОМ}}{100 \times S_T}, \quad (7.21)$$

где U_K – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

S_T – номинальная мощность трансформатора, МВ×А.

Величины $X_{C2.max}$, X_{T2} , n_2 в формулах относятся к смежной подстанции.

Активными сопротивлениями обычно в расчетах пренебрегают ввиду их малости, поэтому принимаем $Z_C = X_C$, $Z_T = X_T$.

Для ускорения и повышения надежности отключения близких к ПС коротких замыканий (когда направленные ступени дистанционной защиты могут иметь мертвую зону по направлению) предусмотрен элемент токовой отсечки [7].

Уставка ее срабатывания определяется по формуле (7.22):

$$I_{C3.TO} = K_3 \times I_{K.max}, \quad (7.22)$$

и проверяется по условию формулы (7.23):

$$I_{C3.TO} \geq K_3 \times I_{H.max}, \quad (7.23)$$

где $I_{H.max}$ – максимальный ток нагрузки фидера, А;

$I_{K.max}$ – максимальный ток, протекающий через фидер подстанции при коротком замыкании на шинах поста секционирования в режиме максимума энергосистемы и всех включенных трансформаторах подстанций, А;

$K_3=1,2$ – коэффициент запаса.

Для двухпутного участка, когда смежный путь отключен по формуле (7.24):

$$I_{K.max} = \frac{U_{НОМ}}{2 \times \left(X_{C.max} + \frac{X_{T1}}{n_1} \right) + Z_{21} \times l_1} \quad (7.24)$$

Токовая отсечка ТО2 является защитой с мгновенным действием на отключение по мгновенному значению тока, предназначенная для более быстрого отключения короткого замыкания, близких к шинам ПС. При этом уставка по току для ТО2 вводится, соответственно, в мгновенных значениях тока [6].

Рассчитывается по формуле (7.25):

$$I_{C3.TO2} \leq K_{ОТС.1} \times \sqrt{2} \times I_{H.max}, \quad (7.25)$$

где $K_{ОТС.1}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,3 – 2,5.

Вторая ступень защиты – направленная дистанционная, с выдержкой времени с зоной работы от $0...60^\circ$ до $90...170^\circ$. Ее назначение при двустороннем питании межподстанционной зоны резервировать первую ступень защиты фидера подстанции при коротком замыкании в зоне «подстанция – пост» и защиту фидера поста секционирования при коротком замыкании в зоне «пост – смежная подстанция». [7]

Расчетная схема представлена на рисунке (7.5).

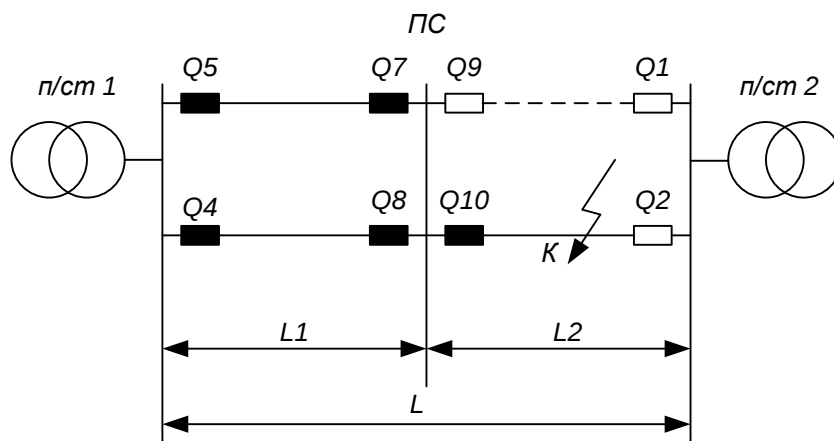


Рисунок 7.5 – Расчетная схема для определения уставок второй и третьей ступени защиты

При одностороннем (консольном) питании межподстанционной зоны дополнительным назначением защиты является отключение короткого замыкания в той части консоли, при коротком замыкании в которой защита первой ступени фидера подстанции не работает. При таких коротких замыканиях защита выполняет задание основной защиты.

Зону второй ступени следует выбирать, не доходящей до шин соседней подстанции на 20...30%, с учетом каскадного действия выключателей.

Сопротивление срабатывания второй ступени защиты определяется по формуле (7.26):

$$Z_{CЗ} = 0,85 \times Z_{КЗ.макс}, \quad (7.26)$$

где $Z_{КЗ.макс}$ – максимальное сопротивление, замеряемое защитой фидера подстанции при коротких замыканиях на шинах смежной подстанции, Ом.

Максимальное значение сопротивления, замеряемого защитами выключателя по расчетной схеме с учетом каскадного действия выключателей вычисляется по формуле (7.27):

$$Z_{КЗ.макс} = 2 \times (0,5 \times Z_{22} \times l_1 + Z_{21} \times l_2) = Z_{22} \times l_1 + 2 \times Z_{21} \times l_2. \quad (7.27)$$

Условие срабатывания второй ступени защиты при наличии третьей

проверяется по формуле (7.28):

$$(0,7...0,8) \times Z_{\text{КЗ.max}} < Z_{\text{Н.min}}. \quad (7.28)$$

Третья ступень защиты – направленная дистанционная с выдержкой времени с зоной работы от $0...60^\circ$ до $90...170^\circ$.

Назначение резервировать работу второй ступени, а также срабатывать при коротких замыканиях на шинах соседней подстанции [7].

Сопротивление срабатывания третьей ступени защиты определяется по формуле (7.29):

$$Z_{\text{СЗ}} = K_{\text{ч}} \times Z_{\text{КЗ.max}}, \quad (7.29)$$

где $K_{\text{ч}}=1,2$ – для схемы с постом секционирования;

$K_{\text{ч}}=1,5$ – для схемы без поста секционирования;

$Z_{\text{КЗ.max}}$ – берется из формулы (7.27).

Из двух полученных значений уставки срабатывания третьей ступени выбирается большее. Проверка по нагрузке не производится.

Для защиты от близких коротких замыканий, вызывающих существенное снижение напряжения, первые три ступени НДЗ автоматически резервируются соответствующими ступенями резервной токовой защиты (РТЗ1 ÷ РТЗ3). Причем НДЗ2 и РТЗ2, а также НДЗ3 и РТЗ3 имеют соответственно единые элементы выдержки времени. Автоматическое переключение на РТЗ осуществляется при падении значения напряжения на фидере ниже значения константы минимального напряжения, равной 3% от номинального напряжения ($U_{\text{НБ}} = 0,03 \cdot U_{\text{Н}}$). При восстановлении напряжения на фидере (выше значения константы минимального напряжения) производится автоматическое возвращение от РТЗ к НДЗ [5].

Принимаем значения РТЗ

$$I_{\text{СЗ.РТЗ1}} = 1200 \text{ А};$$

$$I_{\text{СЗ.РТЗ2}} = 1500 \text{ А};$$

$$I_{C3.PT33} = 1500 \text{ A.}$$

Защита минимального напряжения (потенциальная защита) выполняется с выдержкой времени на одну ступень выше, чем дистанционной защиты, то есть 0,6...1,0 с.

Уставку срабатывания U_y выбирают и проверяют по условиям (7.30) и (7.31):

$$U_y \geq K_{\text{ч}} \times U_{K.\text{max}}, \quad (7.30)$$

$$U_{y.\text{ПЗ}} \leq \frac{U_{н.\text{min}}}{K_3 \times K_B}, \quad (7.31)$$

где $U_{K.\text{max}}$ - наибольшее значение напряжения контактной сети в месте установки защиты при коротком замыкании в расчетной точке;

$U_{н.\text{min}}$ - наименьшее значение напряжения в том же месте в нормальном режиме.

$K_{\text{ч}}$ - коэффициент чувствительности, принимаем равным 1,3;

K_3 - коэффициент запаса, равен 1,1 – 1,3;

K_B - коэффициент возврата, принимаем 1,15 – 1,25.

Напряжение $U_{K.\text{max}}$ вычисляют для максимального режима

($U_{K.\text{max}} = 28900 \text{ В}$) с обязательным учетом параметров места повреждения.

Расчет защиты заключается в определении коэффициента чувствительности $K_{\text{ч}}$ по формуле (7.32):

$$K_{\text{ч}} = \frac{U_{y.\text{ПЗ}}}{U_{K.\text{max}}}. \quad (7.32)$$

Для минимального напряжения в нормальном режиме и указанных значений коэффициентов возврата и запаса значение $U_{K.\text{max}}$ на шинах

подстанции А вычисляют по формуле (7.33):

$$U_{K.max} = \frac{U_{PAC} \times R_D}{\frac{Z_A \times Z_B}{Z_A + Z_B} + Z_{AB}}. \quad (7.33)$$

Расчетные формулы (7.34) для расчета защиты минимального напряжения для схемы без поста секционирования:

$$\begin{aligned} Z_{тсА} &= 0; \\ Z_{тсВ} &= z_{mn} \times l_{AB}; \\ Z_{тсAB} &= 0. \end{aligned} \quad (7.34)$$

Расчетные формулы (7.35) для расчета защиты минимального напряжения для схемы с постом секционирования:

$$\begin{aligned} Z_{тсА} &= 0; \\ Z_{тсВ} &= z_{mn} \times l_1 + z_{mn} \times l_2; \\ Z_{тсAB} &= 0. \end{aligned} \quad (7.35)$$

Значения Z_A , Z_B , Z_{AB} определяют по формулам (7.1), (7.2), (7.3). При этом в сопротивлении Z_{AB} учитывают сопротивление дуги. При значениях сопротивления дуги больше 3...4 Ом потенциальная защита становится, как правило, нечувствительной даже при близких коротких замыканиях [6].

В данном разделе произведен выбор уставок защит от коротких замыканий контактной сети, уставок дистанционных защит фидеров ПС, параметры схемы замещения тяговой сети переменного тока, параметры тяговых ПС.

8 Расчет защит фидеров контактной сети ПС Уяр Тяговая

Контактная подвеска: ПБСМ-95+ МФ-100.

Питающий провод: 2·АС-185.

Заданные реактансы энергосистемы приведены в таблице (8.2). Реактансы системы заданы в относительных единицах при $S_B=100 \text{ МВ} \times \text{А}$ и $U_B=115 \text{ кВ}$.

Таблица 8.2 – Реактансы энергосистемы

Подстанция	$X_{c \min}$	$X_{c \max}$
Каарчага	0,214	0,0704
Уяр	0,275	0,109
Камала	0,07	0,029

Нейтральная вставка 1 путь: 4181 пк 4, 4226 пк 3, 4281 пк 10;

2 путь: 4181 пк 1, 4226 пк 1, 4281 пк 10.

Питающий провод: Ф1-1620, Ф2-1248, Ф4-4656 , Ф5-4642 .

8.1 Расчет параметров схемы замещения

Примем ПС Уяр Тяговая за подстанцию А. Так как параметры энергосистемы заданы сопротивлением $X_c (\%)$ при базисной мощности $S_B (\text{МВ} \times \text{А})$ и базовом напряжении $U_B (\text{кВ})$, то сначала необходимо перевести сопротивление энергосистемы из относительных единиц в именованные по формуле (7.5), Ом (в режиме минимума и максимума энергосистемы).

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Бараксанов С. А.				Расчет защит фидеров контактной сети ПС Уяр Тяговая	Лит.	Лист	Листов
Руков.	Фикс Н. П.						60	92
Консульт.						НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Утв.								

Для ПС А

$$X_{C.min} = \frac{0,275 \times 115^2}{100} = 36,368 \text{ Ом},$$

$$X_{C.max} = \frac{0,109 \times 115^2}{100} = 14,415 \text{ Ом}.$$

Мощность короткого замыкания для ПС А вычислим по формуле (7.6):

$$S_{C.min} = \frac{115^2}{36,368} = 363,636 \text{ МВ} \times \text{А},$$

$$S_{C.max} = \frac{115^2}{14,415} = 917,431 \text{ МВ} \times \text{А}.$$

Сопротивление фазы энергосистемы, приведенное к расчетному напряжению для ПС А:

$$X_{C.min} = \frac{27,5^2}{110^2} \times 36,368 = 2,273 \text{ Ом},$$

$$X_{C.max} = \frac{27,5^2}{110^2} \times 14,415 = 0,9 \text{ Ом}.$$

Сопротивление ПС А вычислим по формуле (7.4):

$$Z_{П.min} = X_{П.min} = 2 \times 27,5^2 \times \left[\frac{1}{363,636} + \frac{(1+0,5) \times 9,58}{100 \times 40 \times 1} \right] = 7,963 \text{ Ом},$$

$$Z_{П.max} = X_{П.max} = 2 \times 27,5^2 \times \left[\frac{1}{917,431} + \frac{(1-0,5) \times 9,58}{100 \times 40 \times 1} \right] = 5,089 \text{ Ом}.$$

Сопротивление фазы понизительного трансформатора ПС А вычислим по формуле (7.21):

$$X_{Т1} = \frac{9,58 \times 27,5^2}{100 \times 40} = 1,811 \text{ Ом},$$

$$X_{T2} = \frac{9,93 \times 27,5^2}{100 \times 40} = 1,877 \text{ Ом.}$$

8.2 Расчет уставок защит фидера контактной сети

Для вычисления результирующих сопротивлений схемы замещения тяговой сети используются справочные значения погонных сопротивлений:

Z_{21} – сопротивление 1 км двухпутного участка при одном отключенном фидере контактной сети, Ом/км, принимается $Z_{21}=0,443$ Ом/км;

$Z_{I,II}$ – сопротивление взаимоиנדукции между путями I и II, Ом, принимаем $Z_{I,II}=0,137$ Ом/км;

Z_{22} – сопротивление 1 км двухпутного участка при одинаковых и равнонаправленных токах обоих путей, Ом/км:

$$Z_{22} = Z_{21} + Z_{I,II} = 0,58 \text{ Ом/км.}$$

Расчет уставок защит можно производить, используя расстояния от ПС до ПС, но для более точного расчета принимаем длину фидеров контактной сети от разъединителей нейтральных вставок. В качестве питающего провода используем провод 2АС-185.

Выбор уставок защит выключателя QA1 ПС Уяр.

Дистанционную защиту первой ступени выполняют ненаправленной, с блокировкой по току без выдержки времени.

Уставка срабатывания первой ступени из выражения (7.14):

$$Z_{C3.I} = 0,8 \times 0,443 \times 22,4 = 7,94 \text{ Ом.}$$

Принимаем уставку первой ступени $Z_{C3.I} = 8$ Ом.

Проверяем на селективность по отношению к токам нагрузки по выражению (7.17):

$$Z_{н.мин} = \frac{25000}{1000} = 25 \text{ Ом},$$

$$Z_{сз.1} = 8 \leq \frac{25}{1.2} = 20.83$$

Условие выполняется, уставка первой ступени $Z_{сз.1} = 8 \text{ Ом}$.

Определяем максимальный ток подпитки со стороны соседней подстанции по формуле (7.19):

$$I_{Пmax} = \frac{27500}{2 \times 0,582 + 2 \times 1,928 + 0,58 \times \frac{22,8}{2} + 0,443 \times 22,4} = 1275 \text{ А}.$$

Уставка блокировки по току из выражения (7.18):

$$I_{ТБ} = 1,2 \times 1275 = 1530 \text{ А}.$$

Определяем уставку срабатывания токовой отсечки по формуле (7.24):

$$I_{К.маx} = \frac{27500}{2 \times (0,9 + 1,877) + 0,443 \times 22,4} = 1776 \text{ А},$$

$$I_{сз.то} = 1,2 \times 1776 = 2131 \text{ А}.$$

Проверка по условию (7.25):

$$2131 \geq 1,2 \times 1000 = 1200$$

Условие выполняется, принимаем уставку токовой отсечки 2150 А.

Определяем уставку ТО2

$$I_{сз.то2} \geq 2,1 \times \sqrt{2} \times 1000 = 2950 \text{ А}.$$

Принимаем уставку ТО2 2950 А.

Дистанционную защиту второй ступени выполняем направленной, с зоной работы от 0° до 120° с выдержкой времени 0,5 секунды. Определяем максимальные расчетные сопротивления для различных схем питания тяговой сети.

Определяем максимальное сопротивление, замеряемого защитой фидера подстанции при коротком замыкании на шинах смежной подстанции по формуле (7.26):

$$Z_{K3,\max} = 0,58 \times 22,4 + 2 \times 0,443 \times 22,8 = 33,193 \text{ Ом.}$$

Уставка срабатывания второй ступени из выражения (7.26):

$$Z_{C3,II} = 0,85 \times 33,193 = 28,213 \text{ Ом.}$$

Проверка условия срабатывания защиты (7.28):

$$28,213 \geq 25.$$

Так как условие срабатывания не выполняется, то принимаем уставку срабатывания второй ступени дистанционной защиты $Z_{C3,II} = 20 \text{ Ом}$, тем самым сокращая зону работы второй ступени до 60% зоны «ПС – ПС».

Дистанционную защиту третьей ступени выполняем направленной, с зоной работы от 50° до 120° с выдержкой времени 0,5 секунды.

Уставка срабатывания третьей ступени определяем по формуле (7.29):

- для межподстанционной зоны без поста секционирования

$$Z_{C3,III} = 1,5 \times 33,193 = 49,79 \text{ Ом;}$$

- для межподстанционной зоны с постом секционирования (установлены выключатели на посту секционирования)

$$Z_{C3,III} = 1,2 \times 33,193 = 39,83 \text{ Ом.}$$

Из двух полученных результатов выбирается больший.

Уставка третьей ступени дистанционной защиты $Z_{C3,III} = 50 \text{ Ом}$.

Расчет защиты минимального напряжения.

Защита минимального напряжения (потенциальная защита) выполняется с выдержкой времени на одну ступень выше, чем дистанционной защиты, то есть время срабатывания принимаем 1 секунду.

Принимаем сопротивление дуги $R_d = 1 \text{ Ом}$. Определяем уставку срабатывания по формуле (7.31):

$$U_{y.пз} \leq \frac{25000}{1,15 \times 1,1} = 19762 \text{ В.}$$

Принимаем $U_{y.пз} = 19700 \text{ В.}$

Проверяем чувствительность защиты минимального напряжения:

$$Z_{тсА} = 0;$$

$$Z_{тсА} = 0,315 \times 45,2 = 14,238 \text{ Ом;}$$

$$Z_{тсАВ} = 0.$$

По формулам (7.1), (7.2), (7.3) находим:

$$Z_A = 5,089 + 0 = 5,089 \text{ Ом;}$$

$$Z_B = 4,728 + 14,238 = 18,966 \text{ Ом;}$$

$$Z_{AB} = 0 + 1 + 0 = 1 \text{ Ом.}$$

По формуле (7.33) находим:

$$U_{K.max} = \frac{28900 \times 1}{\frac{5,089 \times 18,966}{5,089 + 18,966} + 1} = 5766 \text{ В.}$$

Определяем коэффициент чувствительности по формуле (7.32):

$$K_{\text{ч}} = \frac{19700}{5766} = 3,41.$$

Поскольку значение 3,41 больше нормативного 1,3 то условия чувствительности выполняются.

Проверяем чувствительность для расчетной схемы:

$$Z_{тсА} = 0;$$

$$Z_{тсА} = z_{22} \times l_1 + z_{22} \times l_2 = 0,315 \times 22,4 + 0,315 \times 22,8 = 14,238 \text{ Ом;}$$

$$Z_{тсАВ} = 0.$$

$$Z_A = 5,089 + 0 = 5,089 \text{ Ом;}$$

$$Z_B = 4,728 + 14,238 = 18,966 \text{ Ом;}$$

$$Z_{AB} = 0 + 1 + 0 = 1 \text{ Ом.}$$

По формуле (7.33) находим $U_{\text{кmax}}$:

$$U_{\text{K.max}} = \frac{28900 \times 1}{\frac{5,089 \times 18,966}{5,089 + 18,966} + 1} = 5766 \text{ В.}$$

Определяем коэффициент чувствительности по формуле (7.32):

$$K_{\text{ч}} = \frac{19700}{5766} = 3,41.$$

Поскольку значение 3,41 больше нормативного 1,3 то условия чувствительности выполняются.

Принимаем уставку защиты минимального напряжения $U_{\text{у.пз}} = 19700 \text{ В.}$

На основании вышеприведенных расчетов принимаем следующие уставки срабатывания защиты:

$$\begin{aligned} Z_{\text{сз.І}} &= 8 \text{ Ом}; & I_{\text{ТО2}} &= 2950 \text{ А}; \\ I_{\text{ТБ}} &= 1530 \text{ А}; & I_{\text{сз.РТ31}} &= 1200 \text{ А}; \\ Z_{\text{сз.ІІ}} &= 20 \text{ Ом}; & I_{\text{сз.РТ32}} &= 1500 \text{ А}; \\ Z_{\text{сз.ІІІ}} &= 50 \text{ Ом}; & I_{\text{сз.РТ33}} &= 1500 \text{ А}; \\ I_{\text{ТО}} &= 2150 \text{ А}; & U_{\text{у.пз}} &= 19700 \text{ В}; \end{aligned}$$

Остальные расчеты выполняем аналогично, результаты расчетов вносим в таблицу 8.5.

Таблица 8.5 – Уставки защиты фидеров контактной сети ПС Уяр Тяговая

Наименование защиты	1 фидер	2 фидер	3фидер	4фидер
Сопротивление срабатывания 1 ступени защиты $Z_{\text{сз.І}}$, Ом	8	8	11	11
Ток блокировки 1 ступени защиты $I_{\text{ТБ}}$, А	1530	1530	1274	1274
Сопротивление срабатывания 1 ступени защиты $Z_{\text{сз.ІІ}}$, Ом	20	20	20	20
Сопротивление срабатывания 1 ступени защиты $Z_{\text{сз.ІІІ}}$, Ом	50	50	63	63

Продолжение таблицы 8.5

Токовая отсечка I_{TO} , А	2150	2150	2150	2150
Токовая отсечка I_{TO2} , А	2950	2950	2950	2950
Резервная токовая защита 1 ступени $I_{C3.PT31}$, А	1200	1200	1200	1200
Резервная токовая защита 2 ступени $I_{C3.PT32}$, А	1500	1500	1500	1500
Резервная токовая защита 3 ступени $I_{C3.PT33}$, А	1500	1500	1500	1500
Уставка срабатывания защиты минимального напряжения $U_{y.пз}$, В	19700	19700	19700	19700

В данном разделе выполнен расчет параметров схемы замещения, расчет уставок защит фидеров контактной сети на результатах выполненных предыдущих расчетов. Графическое представление зон срабатывания дистанционных защит показано в приложении Б.

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью выпускной квалификационной работы является реконструкция ПС 110/35/27,5 кВ Уяр Тяговая в связи с увеличившейся нагрузкой потребителя и физически устаревшего оборудования. Реконструкция предусматривает установку двух элегазовых выключателей на вводах ПС, замена выключателей на фидерах контактной сети ПС и на секции шин 35 кВ, так же замена релейной защиты .

Целью данного раздела является расчет экономической эффективности капитальных вложений на реконструкцию подстанции и расчет себестоимости трансформации электрической энергии.

Конечной целью проекта является увеличение мощности нагрузки подстанции и повышение надежности электроснабжения потребителя.

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение					Лит.		Лист	Листов
Разраб.	Бараксанов С. А.											68	92
Руков.	Фикс Н. П.												
Консульт.	Коршунова Л. А.											НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1	
Утв.													

9.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости

Для определения трудоемкости выполнения проекта сначала составим перечень основных этапов и видов работ, которые должны быть выполнены.

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применим вариант, основанный на использовании трех оценок формулы (9.1) $t_{max}, t_{min}, t_{нв}$:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{нв} + t_{max}}{6} \quad (9.1)$$

где t_{min} – кратчайшая продолжительность данной работы (оптимистическая оценка);

$t_{нв}$ – наиболее возможная, по мнению экспертов, продолжительность работы (реалистическая оценка);

t_{max} – самая длительная продолжительность работы.

Для расчета основной заработной платы сотрудников составляем график выполнения работ (таблица 9.2) в соответствии с его описанием (таблица 9.1)

Таблица 9.2 – Описание графика выполнения работ

Сотрудник	Количество дней	Обозначение на графике
Руководитель	60	
Инженер	60	

Таблица 9.1 – Этапы и график выполнения работ

[illegible]

9.2 Расчет затрат на реконструкцию ПС Уяр Тяговая

Затраты, образующие себестоимость продукции, группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- материальные затраты;
- оплата труда;
- отчисления в социальные фонды;
- амортизация основных фондов;
- прочие расходы;
- накладные расходы;
- себестоимость проекта.

9.2.1 Материальные затраты

Расходные материалы (бумага, картриджи для принтера, плоттера, ручки, изготовление слайдов) сведенные в приведенную ниже таблицу 9.3.

Таблица 9.3 – Материальные затраты

Материал	Ед. изме-	Кол	Стоимость, руб.
Печатная бумага	Пачка	1	210
Диск CD-RW	Шт.	2	70
Канц. товары	Шт.	6	140
Картридж	Шт.	1	1100
ИТОГО			1520

Материальные затраты составляют: $I_M = 1,52$ тыс. руб.

9.2.2 Расчет заработной платы

Для расчета заработной платы воспользуемся формулой (9.2):

$$I_{zn} = \left(\frac{O \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2}{21} \right) \cdot X \quad (9.2)$$

где O – оклад;

$\kappa_1 = 1,1$ – коэффициент за отпуск;

$\kappa_2 = 1,3$ – районный коэффициент;

21 – количество рабочих дней в месяце;

X – количество рабочих дней, затраченных на проект.

Рассчитаем зарплату руководителя:

$$I_{\text{зн.рук}} = \left(\frac{29000 \cdot 1,1 \cdot 1,3}{21} \right) \cdot 60 = 118,486 \text{ тыс. руб. ,}$$

где $O = 29000$ – оклад руководителя.

Рассчитаем зарплату инженера:

$$I_{\text{зн.инж}} = \left(\frac{25000 \cdot 1,1 \cdot 1,3}{21} \right) \cdot 60 = 102,143 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты сведём в таблицу (9.4)

Таблица 9.4 – Заработная плата исполнителей

Исполнители	Группа	Оклад, тыс. руб.	Время занятости, дней	ЗП, тыс. руб.
Руководитель	3	29	60	118,486
Инженер	2	25	60	102,143
Итого				220,629

Фонд заработной платы определяется по формуле (9.3), тыс. руб.:

$$I_{\text{зн}} = \Phi \text{ЗП} = \sum I_{\text{зн.исп.}} \quad (9.3)$$

$$I_{\text{зн}} = 220,629$$

9.2.3 Размер отчислений в социальные фонды

Размер отчислений в социальные фонды составляет 30% от ФЗП.

Сумма начислений находится по формуле (9.4), тыс. руб.:

$$I_{\text{сн}} = 0,3 \cdot \Phi \text{ЗП} \quad (9.4)$$

$$I_{сн} = 0,3 \cdot 220,629 = 66,189 \text{ тыс. руб.}$$

9.2.4 Амортизационные отчисления

Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений по формуле (9.5), руб.:

$$I_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot H_a \cdot \Phi_n \quad (9.5)$$

где Φ_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации;

T_u – кол-во дней использования оборудования;

$T_{кал}$ – количество календарных дней в году

Амортизационные отчисления сводим в таблицу (9.5).

Таблица 9.5 – Амортизационные отчисления

Наименование оборудования	Количество	Φ_n , руб.	H_a , %	T_u , дней	$I_{ам}$, руб.
Компьютер	2 шт.	60000	0,2	24	276
Принтер	1 шт.	8000	0,1	14	105
Стол	3 шт.	45000	0,1	60	740
Стул	3 шт.	21000	0,2	60	690
Итого					1811

Амортизационные отчисления, $I_{ам}$ составляют 1,811 тыс. руб.

9.2.5 Прочие расходы

Принимаем размер прочих затрат в размере 10% от суммы расходов на материальные затраты, услуги сторонних организаций, амортизации обо-

рудования, затрат на оплату труда, отчисления на социальные нужды находим по формуле (9.6):

$$I_{np} = 0,1(I_{zn} + I_m + I_{cn} + I_{am}) \quad (9.6)$$

$$I_{np} = 0,1(220,629 + 1,52 + 66,189 + 1,811) = 29,015 \text{ тыс. руб.}$$

9.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы принимаем в 200% от ФЗП. Накладные расходы включают в себя затраты на хозяйственное обслуживание помещения, обеспечение нормальных условий труда, оплату за энергоносители, административные расходы и другие косвенные затраты. Накладные расходы вычисляются по формуле (9.7), тыс. руб.:

$$I_{накл} = 2 \cdot I_{zn} \quad (9.7)$$

$$I_{накл} = 2 \cdot 220,629 = 441,258$$

9.2.7 Себестоимость проекта

Себестоимость проекта рассчитывается из суммы всех затрат на проект по формуле (9.8), тыс. руб.:

$$C_n = I_m + I_{zn} + I_{cn} + I_{am} + I_{np} + I_{накл} \quad (9.8)$$

$$C_n = 1,52 + 220,629 + 66,189 + 1,811 + 29,015 + 441,258 = 760,422$$

Принимаем рентабельность 20%, тогда прибыль проекта рассчитывается по формуле (9.9), тыс. руб.:

$$П_{\bar{o}} = 0,2 \cdot C_n \quad (9.9)$$

$$П_{\bar{o}} = 0,2 \cdot 760,422 = 152,084$$

Стоимость проекта рассчитывается из себестоимости проекта и его рентабельности по формуле (9.10), тыс. руб.:

$$Ц_n = C_n + П_б \quad (9.10)$$

$$Ц_n = 760,422 + 152,084 = 912,506$$

Составляет смету всех затрат на проект в виде таблицы (9.6).

Таблица 9.6 – Смета затрат

Вид расходов	Обозначение	Сумма, тыс. руб.
Материальные затраты	И _м	1,52
Заработная плата	И _{зп}	220,629
Амортизация	И _{ам}	1,811
Отчисления на социальные нужды	И _{сн}	66,189
Прочие расходы	И _{пр}	29,015
Накладные расходы	И _{накл}	441,258
Себестоимость проекта	С _п	760,422
Прибыль	П _б	152,084
Стоимость проекта	Ц _п	912,506

9.3 Расчет капиталовложений

Капитальные вложения К включают затраты на основные фонды и оборотные средства. Так как оборотные средства в системе электроснабжения невелики (1 – 2%), то ими можно пренебречь.

Основные фонды включают стоимость оборудования, затраты на установку, монтаж, наладку и пробный пуск оборудования и аппаратуры, затраты на транспортировку. При расчетах принимаем средние значения начисления по видам дополнительных затрат в процентах к стоимости оборудования: транспортировка 3-10%, принимаем 5%, заготовительно - склад-

ские 1,2 – 1,5 %, принимаем 1,5%, установка и монтаж 5 – 20% , принимаем 11%, пуск и регулировка 2 – 3 %, принимаем 2.5%, итого 11,2-34,5%.

В данном расчете принимаем начисления в виде 20 процентов. При расчете затрат на оборудование, строительно-монтажные работы и другие учитывались существующие цены на 2016 года. Результаты расчета сводим в таблицу (9.7).

Таблица 9.7 – Капиталовложения на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Цена за 1 ед. с НДС, тыс. руб.	Производитель, поставщик	Сумма, тыс. руб.
ВБЭТ-27,5IV-25/630;1600 УХЛ1	3	447,18	НПП "Контакт"	1341,53
ВБЭТ- 35III-25/630;1600 УХЛ1	3	780,02	НПП "Контакт"	2340,06
ВГТ-110II* - 40/3150У1	2	1200,00	ЗАО Энергомаш (Екатеринбург) Уралэлектротяжмаш	2400,00
ЦЗА-27,5-ФКС	4	558,56	ООО "НИИЭФА-ЭНЕРГО"	2234,22
Итого				8315,81

Таким образом, капитальные затраты на проект составляют капиталовложения на оборудование и цену проекта, формула (9.11), тыс. руб.:

$$K = K_{обор} + C_{проект} \quad (9.11)$$

$$K = 8315.81 + 912.506 = 9228.316$$

9.4 Расчет ежегодных эксплуатационных затрат

Вторым важным, помимо капиталовложений, технико-экономическим показателем являются эксплуатационные затраты (издержки), необходимые для эксплуатации энергетического оборудования.

Эксплуатационные затраты определяются по формуле (9.12):

$$C = C_a + C_{po} + C_{\varepsilon} \quad (9.12)$$

где C_a – ежегодные амортизационные отчисления, руб.;

C_{po} – годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования, руб.;

C_{ε} – стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Ежегодные амортизационные отчисления вычисляем по формуле (9.13), тыс. руб.:

$$C_a = P_a \cdot K \quad (9.13)$$

где P_a – норма амортизационных отчислений, в процентах (для силового электрооборудования $P_a = 6,4\%$).

$$C_a = 0,064 \cdot 9228,316 = 590,612$$

Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования (C_{po}) включают зарплату ремонтного и обслуживающего персонала и затраты на материалы, необходимые для ремонта и обслуживания электрооборудования рассчитываем по формуле (9.14), тыс. руб.:

$$C_{po} = P_{обсл} \cdot K \quad (9.14)$$

Где $P_{обсл}$ – норма затрат на обслуживание, в процентах (для силового электроэнергетического оборудования $P_{обсл} = 4\%$).

$$C_{po} = 0,04 \cdot 9228,316 = 369,132$$

9.5 Стоимость годовых потерь электроэнергии

Стоимость годовых потерь активной электроэнергии рассчитывается по формуле (9.15), тыс. руб.:

$$C_9 = \Delta P \cdot \tau \quad (9.15)$$

где ΔP – среднегодовые потери активной энергии, кВт*ч;

$\tau = 2,05$ руб/кВт*ч – стоимость одного кВт*ч электроэнергии.

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторах определяем по формуле (9.16), кВт:

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \beta^2 \quad (9.16)$$

где ΔP_{xx} , кВт – потери холостого хода (для выбранного трансформатора $\Delta P_{xx} = 18$ кВт);

$\Delta P_{кз}$, кВт – потери короткого замыкания (для выбранного трансформатора $P_{кз} = 40$ кВт);

$\beta = 0,4$ – коэффициент загрузки трансформатора.

$$\Delta P_m 18 + 40 \cdot 0,16 = 24,4$$

Среднегодовые потери мощности определяются по формуле (9.17):

$$\Delta P = \Delta P_m \cdot T_z \quad (9.17)$$

$$\Delta P = 24,4 \cdot 8760 = 213744 \text{ кВт*ч}$$

Тогда стоимость годовых потерь электроэнергии по формуле (9.15) составляет:

$$C_9 = \Delta P \cdot \tau = 213744 \cdot 2,05 = 438,175$$

Результаты расчётов эксплуатационных затрат сводим в табл. 9.8

Таблица 9.8 – Эксплуатационные затраты

Показатели	C_a	C_{po}	C_9	C
Расходы на обслуживание и текущий ремонт, тыс. руб.	992,672	620,42	438,175	2051,267

9.6 Расчет себестоимости электрической энергии

Себестоимость отпущенной с шин подстанции электроэнергии рассчитывается по формуле (9.18):

$$\bar{C} = \frac{\Sigma C}{\mathcal{E}_{omn}}, \quad (9.18)$$

где ΣC – сумма годовых эксплуатационных затрат;

$\mathcal{E}_{omn}$ – количество отпущенной с шин ПС электроэнергии.

Согласно стандарту ОАО «РЖД» технические потери в электрических сетях составляют 7% от потребленной электроэнергии. То есть после реконструкции подстанции и с учетом АСКУЭ учитываться будут только технические потери, исключая возможность недоучета (хищения) электроэнергии.

Количество отпущенной с шин подстанции электроэнергии рассчитывается по формуле (9.19), кВт*ч:

$$\mathcal{E} = \frac{100 \Delta P}{7} \quad (9.19)$$

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot 213744}{7} = 3053485,714$$

Себестоимость отпущенной с шин подстанции электроэнергии (себестоимость трансформации) составит:

$$\bar{C} = \frac{2051267}{30053486} \approx 0,068 \text{ руб/кВт*ч}$$

В данном разделе произведен расчет себестоимости отпущенной с шин подстанции электроэнергии и она составляет 0,068 руб/кВт*ч. Также рассчитана себестоимость проекта которая составляет 912,506 тыс. руб.

10 Социальная ответственность.

10.1 Техника безопасности при работе с грузоподъемными механизмами

В действующих электроустановках работы с применением грузоподъемных машин и механизмов проводятся в соответствии с требованиями Межотраслевых правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов (ПОТ Р М-007-98) и Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (ПОТ Р М-008-99).

В действующих электроустановках работы с применением грузоподъемных машин и механизмов проводятся по наряду.

Водители, крановщики, машинисты, стропальщики, работающие в действующих электроустановках должны иметь группу II.

Проезд автомобилей, грузоподъемных машин и механизмов по территории ОРУ а также установка и работа машин и механизмов должны осуществляться под наблюдением одного из работников (из числа оперативного персонала, работника, выдавшего наряд, ответственного руководителя).

В строке «Отдельные указания» наряда должна быть сделана запись о назначении работника, ответственного за безопасное производство работ кранами (подъемниками) с указанием должности, фамилии и инициалов.

При проезде по ОРУ подъемные и выдвижные части грузоподъемных машин и механизмов должны находиться в транспортном положении.

На ОРУ скорость движения не должна превышать 10 км/ч.

При установке крана на месте работы ответственным руководителем

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Бараксанов С. А.					80	92
Руков.		Фикс Н. П.				НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Консульт.		Гусельников М. Э.						
Утв.								

работ или производителем работ совместно с допускающим должен быть определен необходимый сектор перемещения стрелы. Этот сектор до начала работ должен быть ограничен шестами с флажками.

При проезде, установке и работе автомобилей, грузоподъемных машин и механизмов расстояния от подъемных и выдвижных частей, стропов, грузозахватных приспособлений, грузов до токоведущих частей, находящихся под напряжением, должны быть не менее допустимого [8].

При всех работах в ОРУ без снятия напряжения механизмы и грузоподъемные машины должны заземляться.

10.2 Экологическая безопасность

Основы обращения с отходами производства и потребления заложены в законах, Российской Федерации № 7-ФЗ от 10.01.02 г. «Об охране окружающей среды», №89-ФЗ от 24.06.98 «Об отходах производства и потребления», №52-ФЗ от 30.03.99 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

Разработано руководство деятельности по обращению отходов их производства и потребления, образующимися в структурных подразделениях Красноярской железной дороги, с целью снижения негативного воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека.

При реконструкции ПС высвобождаются большое количество разного материала, в том числе выключатели, провода, изоляторы разного типа, а также трансформаторное масло. Все эти материалы необходимо вывозить с ПС в пункты централизованного их хранения. Категорически запрещается оставлять данные материалы на ПС, иначе происходит загрязнение окружающей среды, а также данные материалы будут мешать при проведении других видов работ на ПС.

На предприятии, эксплуатирующем электрооборудование с большим объемом трансформаторного масла (трансформаторы, выключатели и т.д.), должны быть разработаны мероприятия по предотвращению аварийных и других залповых выбросов его в окружающую среду.

Под всем оборудованием, имеющим большой объем трансформаторного

масла, при монтаже должен предусматриваться дренаж, для сбора трансформаторного масла и предотвращения его растекания [10]. Отработанное трансформаторное масло должно сливаться в специальные емкости с последующей утилизацией. После сушки и очистки трансформаторного масла, использования фильтровальная бумага должна также складироваться в специальные места и в дальнейшем утилизироваться.

При выборе методов и средств переработки отходов экономисты предварительно проводят их технико-экономическую оценку. Сейчас многие заводы нашей страны разрабатывают собственные технологические процессы и оборудование для переработки отходов своих производств. Это, как правило, оказывается экономически более выгодным, чем осуществлять сбор, вывоз и захоронение отходов, оплачивая эти дорогостоящие операции.

Экологической программой железнодорожного транспорта планируется осуществить мероприятия по использованию производственных отходов за счет внедрения технологий регенерации отработанных масел и смазок с последующим применением их для нужд предприятий отрасли. Отходы масел (отработка), регенерация которых нецелесообразна, сжигаются в котельных для получения тепла. При этом вредные вещества в продуктах переработки присутствуют в достаточно малых количествах.

Около 20 % отработанных масел собирается и подвергается регенерации, при которой производится очистка от механических примесей следующими способами:

- отстаиванием;

- сепарированием (удаление твердых частиц под действием центробежной силы);
- коагуляцией (введение специальных веществ, которые окомковывают и выводят примеси в осадок);
- адсорбцией (поглощение);
- химической обработкой;
- восстановлением свойств масел путем введения различных добавок.

Восстановление свойств масла в ряде случаев крайне целесообразно. Масло может содержать до 10 видов различных дорогостоящих присадок, улучшающих их эксплуатационные свойства. Возможность повторного использования присадок значительно увеличивает ценность этого вида промышленных отходов.

Демонтируемые провода складываются на время демонтажа в отведенных местах ПС. Далее они сортируются. Укладываются в полувагон и отправляются в пункты приема цветного металла.

Демонтируемые изоляторы транспортируются в пункты централизованного хранения. Со временем накопившееся количество изоляторов подвергается дроблению, а далее производят сортировку стекла и металла. Металл также транспортируется в пункты приема черных металлов.

При правильной и рациональной переработке высвободившихся материалов в процессе реконструкции контактной сети соблюдаются правила охраны окружающей среды, тем самым меньше негативного влияния на окружающую природу вызывает реконструкция контактной сети.

10.4 Разработка мероприятий по обеспечению устойчивости работы подстанции в условиях чрезвычайных ситуаций

Чрезвычайная ситуация – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной

территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Авария – чрезвычайное событие техногенного характера, происшедшее по конструктивным, производственным, технологическим или эксплуатационным причинам либо из-за случайных внешних воздействий и заключающееся в повреждении, выходе из строя, разрушении технических устройств или сооружений. Производственная или транспортная катастрофа – крупная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, значительный ущерб и другие тяжёлые последствия.

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространённую инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Чрезвычайные ситуации классифицируются в зависимости от количества людей, пострадавших в этих ситуациях, или людей, у которых оказались нарушены условия жизнедеятельности, размера материального ущерба, а также границы зон распространения поражающих факторов чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайные ситуации подразделяют на локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные.

В настоящее время существуют две основных направления минимизации вероятности возникновения и последствий чрезвычайной ситуации на тяговых подстанциях. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. В рамках этого направления технические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво и пожарозащиты технологического обо-

рудования, электро и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и так далее.

Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб гражданской обороны и населения к действиям в условиях чрезвычайной ситуации. Основой второго направления является формирование планов действий в условиях чрезвычайной ситуации, для сознания которых нужны детальные разработки сценариев возможных аварий и катастроф на конкретных объектах. Для этого необходимо располагать экспериментальными и статистическими данными о физических и химических явлениях, составляющих возможную аварию; прогнозировать размеры и степень поражения объекта при воздействии на него поражающих факторов различных видов.

Для объектов, не связанных с производством материальных ценностей (транспорта, связи, линий электропередач и тому подобное) устойчивость определяется его способностью выполнять свои функции. Под устойчивостью работы тяговой подстанции понимают способность ПС понижать напряжение, распределять электрическую энергию в объемах и номенклатуре, предусмотренных соответствующими планами в условиях чрезвычайных ситуаций, а также приспособленность ПС к восстановлению в случае повреждения. Под устойчивостью энергосистемы понимается возможность сохранения ею работоспособности при чрезвычайных ситуациях (ГОСТ Р 22.0.02–94).

В данном разделе были рассмотрены вопросы охраны окружающей среды и охраны труда обуславливающего социальную ответственность энергетического комплекса предприятий. Учтены факторы защиты окружающей среды. Разработаны технические и организационные мероприятия, уменьшающие вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем, подготовке объекта.

Заключение

В выпускной квалификационной работе предложен вариант реконструкции ПС станции Уяр Красноярской железной дороги с модернизацией защит фидеров контактной сети. Основной целью проекта является обновление основных фондов, восстановление ресурса постоянных элементов и повышение технических показателей ПС. Для достижения этой цели в проекте было выполнено следующее:

– произведен расчет теплового импульса для РУ-110 кВ, 35 кВ и 27,5 кВ. Так же была произведена проверка выключателей на электродинамическую устойчивость, термическую устойчивость, по номинальному току отключения, по номинальному току отключения апериодической составляющей тока короткого замыкания, по полному току отключения, по включающей способности. И по результатам расчетов выключатели проходят по выбранной проверке;

– описаны основные функции устройства ЦЗА-27,5-ФКС: автоматики, управления, контроля параметров, регистрации событий и аварийных процессов;

– выполнен расчет параметров схемы замещения, расчет уставок защит фидеров контактной сети;

– произведен расчет себестоимости отпущенной с шин подстанции электроэнергии и она составляет 0,068 руб/кВт*ч. Также рассчитана себестоимость проекта которая составляет 912,506 тыс. руб.;

– были рассмотрены вопросы охраны окружающей среды и охраны труда обуславливающего социальную ответственность энергетического комплекса предприятий. Учтены факторы защиты окружающей среды. Разработаны технические и организационные мероприятия, уменьшающие

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Заключение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Бараксанов С. А.						
Руков.		Фикс Н. П.					86	92
Косульт.						НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1		
Утв.								

вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем, подготовке объекта.

– разработана однолинейная схема ПС Уяр Тяговая после реконструкции (Приложение В).

Список используемых источников

1. Справочник по электроснабжению железных дорог. / Под ред. К.Г. Марквардта – М.: Транспорт, 1982-Т.2. – 392 с.
2. Бей Ю.М., Мамошин Р.Р. и др. Тяговые подстанции: Учебник для вузов железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1986.-319 с.
3. Гринберг-Басин М.М. Тяговые подстанции: Пособие по дипломному проектированию [Текст]: учеб. пособие для студентов – М.: Транспорт, 1986. -168 с.
4. Бурьяноватый А.И. Защита электротяговых сетей переменного тока на основе интеллектуальных терминалов [Текст]: Учебное пособие / Бурьяноватый А.И., Кондаков А.Д., Мизинцев А.В., Попов Ю.А., Ячкула Н.И., - СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения.
5. Устройство цифровой защиты и автоматики фидера контактной сети ЦЗА-27,5-ФКС. Руководство по эксплуатации 1СР.251.249-02РЭ.
6. Фигурнов Е.П., Жарков Ю.И., Петрова Т.Е. Релейная защита сетей тягового электроснабжения переменного тока [Текст]: учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта /Под ред. Е.П. Фигурнова.- М.: Маршрут, 2006. – 272 с.
7. Методические указания по расчету защиты фидеров контактной сети переменного тока [Текст]: инструктивно-методические указания – М.: Трансэлектропроект, 1990. - 40 с.
8. Инструкция по безопасности при эксплуатации электроустановок тяговых подстанций и районов электроснабжения железных дорог. ЦЭ-4054 / ОАО «РЖД». – М.: 2008. - 192 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. – 4 -е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – 424 с.

					ФЮРА.13.03.02.016 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бараксанов С. А.			Список используемых источников		Лит.	Лист
Руков.		Фикс Н. П.						Листов
Консульт.								88
								92
Утв.							НИ ТПУ ИнЭО 3-5А2ГС1	

10. Правила устройств электроустановок. ПУЭ. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
11. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5). – М.: Стандартинформ, 2010 год – 59 с.
12. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2015 год.
13. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий (с Изменением N 1). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000 год – 16 с.
14. СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства»
15. ПОТ РМ-007-98. Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов.
16. ПОТ Р М-008-99 «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (напольный безрельсовый колесный транспорт)».
17. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об отходах производства и потребления".
18. Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ (ред. от 28.11.2015) "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения".
19. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об охране окружающей среды".

