

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

Институт Электронного обучения
Специальность 140205 Электроэнергетические системы и сети
Кафедра Электрических сетей и электротехники

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Реконструкция подстанции 35/10 кВ Заводская в г. Томске
УДК621.311.4-048.35(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9202	Лисицкий Владислав Геннадьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Барская А.В.	к. т. н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю. А.	к. т. н. доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭСиЭ	Прохоров А.В.	к. т. н. доцент		

Томск – 2016 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9202	Лисицкий Владислав Геннадьевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Электроэнергетические системы и сети

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материалов и оборудования, стоимость электроэнергии, минимальная тарифная ставка оплаты труда</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы амортизации.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка отчислений в социальные фонды.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Расчёт годовых эксплуатационных затрат.</i>
2. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	<i>Расчёт капиталовложений на оборудование и строительно-монтажные работы.</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Расчет затрат на проектирование</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Выбор более подходящего трансформатора для данной подстанции.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>Этапы и график разработки и внедрения ИР</i>
--

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. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9202	Лисицкий Владислав Геннадьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9202	Лисицкому Владиславу Геннадьевичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Электроэнергетические системы и сети

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	<i>Подстанция "Заводская" в г. Томске</i>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p><i>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p><i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); <p><i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).</i></p>	<p><i>В данном разделе будет рассмотрена:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – предлагаемые средства защиты <ul style="list-style-type: none"> • (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) Электробезопасность Средства защиты – заземление электроустановок. • Пожаровзрывобезопасность (возгорание выключателей, трансформаторов). Средства защиты – огнетушители.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<ul style="list-style-type: none"> • Электробезопасность Средства защиты – заземление электроустановок. • Пожаровзрывобезопасность (возгорание выключателей, трансформаторов). Средства защиты – огнетушители.

разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	<i>Чрезвычайные ситуации: пожар, взрыв, стихийное бедствие (сильный порывистый ветер, землетрясение и т.д.) Рассмотрен пожар.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<i>Нормативные документы</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю. А.	к. т. н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9202	Лисицкий Владислав Геннадьевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Электронного обучения
Специальность – Электроэнергетические системы и сети
Уровень образования – специалист
Кафедра электрических сетей и электротехники
Период выполнения – весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Дипломный проект

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2016	<i>Введение. Исходные данные для расчета электрических нагрузок за 2015 год на подстанции "Заводская"</i>	
26.04.2016	<i>Выбор электрооборудования по расчетам</i>	
10.05.2016	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
20.05.2016	<i>Социальная ответственность</i>	
23.05.2016	<i>Заключение. Список использованных источников</i>	
24.05.2016	<i>Выполненный дипломный проект</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Барская А.В.	к.т.н. доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭСиЭ	Прохоров А.В.	к.т.н. доцент		

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

Институт Электронного обучения
Специальность 140205 Электроэнергетические системы и сети
Кафедра Электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Прохоров А.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-9202	Лисицкому Владиславу Геннадьевичу

Тема работы:

Реконструкция подстанции 35/10 кВ Заводская в г. Томске

Утверждена приказом директора (дата, номер)

12.05.2016 №3504/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

24.05.2016

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>	Подстанция "Заводская" 35/10кВ в г. Томске Общая характеристика исследуемого объекта
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).</p>	<p>–Описание объекта, цели и постановка задач исследования. –Выбор и проверка оборудования и аппаратуры. –Анализ результатов выполненной работы. –Составление сметы затрат и расчет выбора трансформатора для данной подстанции. –Социальная ответственность (производственная, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях, правовая и организационные вопросы).</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>-Схема электрических соединений до реконструкции -Схема электрических соединений после реконструкции -Презентация.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент, кандидат технических наук Коршунова Л.А.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Доцент, кандидат технических наук Амелькович Ю. А.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>нет</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>15.02.2016</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭСиЭ	Барская А.В.	к. т. н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9202	Лисицкий Владислав Геннадьевич		

Реферат

Дипломная работа содержит: 122 страниц, в том числе 24 таблицы, 8 рисунков, 30 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: подстанция, трансформатор, линия электропередач, напряжение, параметры расчета.

Выполнен проект реконструкции подстанции 35/10кВ «Заводская». Произведён выбор схемы подстанции, выбор трансформаторов, расчет токов короткого замыкания, выбор электрооборудования. Рассмотрены вопросы релейной защиты трансформатора и автоматики на подстанции. Решены вопросы безопасности и экологичности проекта. Рассмотрены вопросы по капитальному ремонту выключателя ВМПЭ-10.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2007, MODUS и представлена на CD-R (в конверте на обороте обложки)

					ФЮРА.140205.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Лисицкий В.Г.</i>			Реферат	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Барская А.В.</i>					8	
						ТПУ ИДО гр. 3-9202		
<i>Н.Контр</i>								
<i>Утвердил</i>								

Содержание	стр.
Список принятых сокращений	12
Введение	13
1 Общая часть	15
1.1 Характеристика предприятия	15
1.2 История общества	16
1.3 Характеристика объекта проектирования	18
1.4 Выбор схемы подстанции	23
2 Расчетная часть	24
2.1 Расчёт электрических нагрузок	24
2.1.1 Анализ графика нагрузки подстанции «Заводская» 35/10	25
2.2 Расчёт и выбор мощности трансформаторов	28
2.3 Расчет токов короткого замыкания	29
2.3.1 Сопротивления элементов системы электроснабжения	30
2.3.2 Ток короткого замыкания в точке К1	31
2.3.3 Ток короткого замыкания в точке К2	32
2.3.4 Ток короткого замыкания в точке К3	33
2.4 Выбор и проверка электрооборудования	35
2.4.1 Выбор выключателей	35
2.4.1.1 Выбор и проверка выключателей на стороне 35 кВ:	37
2.4.1.2 Выбор и проверка выключателей на стороне 10 кВ:	40
2.4.2 Выбор и проверка разъединителей выше 1000 В	42
2.4.3. Выбор и проверка ОПН	45

					ФЮРА.140205.008 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Лисицкий В.Г.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Барская А.В.</i>				9	
<i>Реценз.</i>					Содержание		
<i>Н.Контр</i>							
<i>Утвердил</i>							
					ТПУ ИДО гр. 3-9202		

2.4.4	Выбор и проверка трансформаторов тока	47
2.5	Конструкция КРУ 10кВ	49
3	Релейная защита и автоматика	50
3.1	Назначение релейной защиты и автоматики	50
3.2	Автоматика и учёт	53
4	Финансовый менеджмент	55
4.1	Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости	55
4.2	Расчёт затрат на проектирование	58
4.3	Расчет приведенных затрат	61
4.4	Расчет капитальных вложений	61
4.5	Расчет ежегодных эксплуатационных затрат	62
5	Социальная ответственность	67
5.1	Производственная безопасность	67
5.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов	68
5.3	Расчёт сопротивления заземляющего устройства подстанции	68
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	72
5.4.1	Устойчивость работы ПС 35/10 «Заводская» в чрезвычайных ситуациях.	72
5.4.2	Защита подстанции от воздействия атмосферного статического электричества.	73
5.4.3	Повышение противопожарной устойчивости	74
5.4.4	Порядок тушения пожара	74
5.4.5	Тушение пожаров в электроустановках под напряжением	76
5.4.6	Тушение пожаров на трансформаторах	79
5.5	Экологическая безопасность	80
5.6	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
5.6.1	Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность	82

работ со снятием напряжения	
5.6.2 Правовые вопросы обеспечения безопасности	83
5.6.3 Льготы для работников, занятых на вредном производстве	84
5.6.4 Оплата труда работникам с вредными условиями труда	84
5.7 Электромагнитные поля	85
5.8 Микроклимат	87
5.9 Шум	88
5.10 Освещение	90
6 Технология капитального ремонта высоковольтного выключателя ВМПЭ-10	92
6.1 Введение	92
6.2 Краткая техническая характеристика ремонтируемого оборудования	95
6.3 Конструкция и принцип действия	95
6.4 Подготовительные работы	99
6.5 Технология ремонтных работ	101
Заключение	105
Список использованной литературы	106
Приложение	

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ВЛ – воздушная линия
 ЛЭП – линия электропередачи
 ПС – подстанция
 ОРУ – открытое распределительное устройство
 ЗРУ – закрытое распределительное устройство
 ОВБ – оперативно-выездная бригада
 КЗ – короткое замыкание
 ОПН – ограничитель перенапряжения
 АВР – автоматическое включение резерва
 АПВ – автоматическое повторное включение
 МТЗ – максимальная токовая защита
 ПКЭ – показатели качества электроэнергии
 ЭМП – электромагнитные помехи
 СЭС – система электроснабжения
 ЭМС – электромагнитная совместимость

					ФЮРА.140205.008 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>	Список принятых сокращений		
<i>Разраб.</i>		<i>Лисицкий В.Г.</i>					
<i>Руковод.</i>		<i>Барская А.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н.Контр</i>							
<i>Утвердил</i>							
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						12	
					<i>ТПУ ИДО гр. 3-9202</i>		

Введение

Электроэнергетика, ведущая область энергетики, обеспечивающая электрификацию народного хозяйства страны. В экономически развитых странах технические средства электроэнергетики объединяются в автоматизированные и централизованно управляемые электроэнергетические системы.

Энергетика является основой развития производственных сил в любом государстве. Энергетика обеспечивает бесперебойную работу промышленности, сельского хозяйства, транспорта, коммунальных хозяйств. Стабильное развитие экономики невозможно без постоянно развивающейся энергетики.

Электроэнергетика наряду с другими отраслями народного хозяйства рассматривается как часть единой народно - хозяйственной экономической системы. В настоящее время без электрической энергии наша жизнь немыслима. Электроэнергетика вторглась во все сферы деятельности человека: промышленность и сельское хозяйство, науку и космос. Без электроэнергии невозможно действие современных средств связи и развитие кибернетики, вычислительной и космической техники. Так же велико значение электроэнергии в сельском хозяйстве, транспортном комплексе и в быту. Представить без электроэнергии нашу жизнь невозможно. Столь широкое распространение объясняется ее специфическими свойствами:

— возможностью превращаться практически во все другие виды энергии (тепловую, механическую, звуковую, световую и другие) с наименьшими потерями;

					ФЮРА.140205.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>	Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Лисицкий В.Г..					13	106
<i>Руковод.</i>		Барская А.В.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н.Контр</i>								
<i>Утвердил</i>						ТПУ ИДО гр. 3-9202		

- способностью относительно просто передаваться на значительные расстояния в больших количествах;
- огромным скоростям протекания электромагнитных процессов;
- способности к дроблению энергии и образованию ее параметров (изменение напряжения, частоты);
- невозможностью и, соответственно, ненужностью ее складирования или накопления.

Системой энергоснабжения (СЭС) является совокупность устройств для производства, передачи и распределения электроэнергии.

Основным потребителем электроэнергии остается промышленность, хотя ее удельный вес в общем полезном потреблении электроэнергии значительно снижается. Электрическая энергия в промышленности применяется для приведения в действие различных механизмов и непосредственно в технологических процессах. В настоящее время коэффициент электрификации силового привода в промышленности составляет 80%. При этом около 1/3 электроэнергии расходуется непосредственно на технологические нужды. Отрасли, зачастую не использующие электроэнергию напрямую для своих технологических процессов являются крупнейшими потребителями электроэнергии.

Целью данного дипломного проекта является реконструкция подстанции "Заводская" 35/10 кВ.

В работе будут выполнены следующие задачи:

- дать характеристику объекта проектирования реконструкции;
- обоснование реконструкции;
- рассчитать электрические нагрузки и токи короткого замыкания;
- выбрать основное электрооборудование 35 и 10 кВ;
- произвести расчёт капитальных вложений на реконструкцию, годовых издержек и приведённых затрат;
- рассчитать сопротивление заземляющего устройства подстанции;
- выявить способы повышения качества электроэнергии.

1 Общая часть

1.1 Характеристика предприятия

Публичное акционерное общество «Томская распределительная компания» (входит в группу компаний «Россети») - региональная энергетическая компания, обеспечивающая передачу и распределение электроэнергии на всей территории региона.

Протяжённость линий электропередачи (по цепям) – 19 378 км, количество центров питания 35/110 кВ – 135 шт., подстанций 6/10 кВ – 3106, суммарная трансформаторная мощность – 3 859 МВА.

В компанию входят три территориальных дирекции: «Центральные электрические сети», «Северные электрические сети», «Восточные электрические сети», расположенные в административных центрах региона, в состав которых включены 19 районов электрических сетей, а также два производственных отделения – по информационным технологиям и телекоммуникациям, и Центр управления сетями.

Рисунок 1– Томская распределительная компания сегодня



					ФЮРА.140205.000 ПЗ			
Изм.	Лист		Подпись	Дат	Общая часть	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Лисицкий В.Г..							
Руковод.	Барская А.В.						15	
Реценз.						ТПУ ИДО гр. 3-9202		
Н.Контр								
Утвердил								

1.2 История общества

Публичное акционерное общество "Томская распределительная компания", созданное в результате реорганизации ОАО "Томскэнерго" в форме выделения, по решению внеочередного общего собрания акционеров от 10 сентября 2004 года, является его правопреемником в отношении части прав и обязанностей в соответствии с разделительным балансом. Государственная регистрация компании состоялась 31 марта 2005 года.

После реорганизации ОАО РАО "ЕЭС России" 52,025 % обыкновенных акций ПАО "ТРК" перешли по разделительному балансу ОАО "Холдинг МРСК" (в настоящее время - ПАО "Россети"). Вошедшее в данный холдинг ПАО "ТРК" призвано обеспечить реализацию на региональном уровне стратегию развития электросетевого комплекса Российской Федерации.

Публичное акционерное общество «Россети» (ПАО «Россети») – является одной из крупнейших электросетевых компаний в мире. Компания управляет 2,29 млн км линий электропередачи, 480 тыс. подстанций трансформаторной мощностью более 751 ГВА. В 2014 году полезный отпуск электроэнергии потребителям составил 715 млрд кВт·ч. Численность персонала Группы компаний «Россети» - 218 тыс. человек.

Имущественный комплекс ПАО «Россети» включает в себя 37 дочерних и зависимых общества, в том числе 14 межрегиональных и магистральную сетевую компанию. Контролирующим акционером является государство в лице Федерального агентства по управлению государственным имуществом РФ, владеющее 85,3 % долей в уставном капитале.

Миссия ПАО «ТРК» – надежное и качественное электроснабжение потребителей, реализация интересов акционеров, обеспечение социальной стабильности и эффективного развития экономики региона.

Стратегические приоритеты Общества ориентированы на реализацию Стратегии развития электросетевого комплекса Российской

Федерации, утвержденной распоряжением Правительства РФ № 511-р от 3 апреля 2013 года. В их числе:

- обеспечение безопасного и устойчивого функционирования распределительного электросетевого комплекса Томской области;
- повышение надежности и качества реализуемых услуг;
- повышение операционной и инвестиционной эффективности;
- создание новой электросетевой инфраструктуры региона на основе инновационного масштабного технологического обновления;
- повышение инвестиционной привлекательности;
- повышение энергоэффективности;
- развитие социально ответственной деловой практики;
- повышение доступности электросетевой инфраструктуры.

1.3 Характеристика объекта проектирования

Год постройки: 1961

Дата ввода в эксплуатацию: 1961

Диспетчерское наименование: ПС 35/10 кВ Заводская

Месторасположение (почтовый адрес): г. Томск, ул. Высоцкого, 26/2.

Краткая характеристика по подстанции представлена в таблице 1.

Таблица 1

1.	Краткая характеристика, местоположение п/ст	г. Томск, ул. Высоцкого 26/2
2.	Тип распределительного устройства (конструктивное исполнение распределительных устройств (ОРУ, ЗРУ, КРУЭ))	ОРУ-35, КРУ-10
3.	Трансформаторы силовые	Т-1 ТД-10000-35/10 Т-2 ТДН-10000-35/10
4.	Суммарная установленная мощность	-
5.	Линейные вводы количество по напряжениям: а) воздушных б) кабельных	а) 2×35 кВ (ВЛ-3521, ВЛ-3522)
6.	Высоковольтные выключатели	35кВ С-35М-630 - 5шт, 10кВ ВМГ-133 – 18шт, ВМПЭ-10 – -2шт, ВВТЭ-10 – 1шт.
7.	Разъединители	35кВ – 13шт, 10кВ – 3шт.
8.	Компенсирующие устройства (ШР, БСК, СК, СТК...)	нет
9.	Токоограничивающие и специальные реакторы	нет
10.	Трансформаторы напряжения	35кВ ЗНОМ-35 – 1шт, 10кВ НТМИ-10 – 2шт.
11.	Трансформаторы тока	35кВ ТФНД-35 – 4шт, ТФЗМ-35 – 2шт, 10кВ 2 ТПЛ-10 – 24шт, ТПОЛ-10 – 6шт, ТПФМ-10 – 8шт, ТПЛУ-10 – 2шт, ТПЛМ-10 – 2шт.
12.	Грозозащита	-
13.	Аккумуляторная батарея	нет

14.	Масляное хозяйство	-
15.	Компрессорное хозяйство	нет
16.	Устройство для подъема трансформатора	нет
17.	Дизель-генераторы (мощность, параметры, схема подключения)	нет

Необходимость реконструкции ПС 35/10кВ «Заводская» возникает и по условиям морального износа: необходимость изменения схемы, замены трансформаторов; при этом должно меняться изношенное оборудование. Проблема техперевооружения и реконструкции ПС в связи со старением основных фондов и моральным износом является в современных условиях решающей для обеспечения живучести и надежности электроэнергетики. Реконструкция подстанции позволит повысить надежность электроснабжения и качество электроэнергии у потребителей, а так же снизить потери электроэнергии и как следствие затраты на эксплуатацию.

В соответствии с паспортом объекта на ПС «Заводская» к установке приняты два двухобмоточных трансформатора напряжением 35/10 кВ мощностью по 10000 кВ·А типа ТДН-10000/35 с регулированием напряжения под нагрузкой.

Реконструируемая подстанция «Заводская» располагается на площадке размером 70х80м. На напряжении 35 кВ проектируемой подстанции принята схема одна секционированная система шин.

На напряжение 10кВ принята одна двухрядная секционированная выключателем на две секции система сборных шин.

Распределительные устройства 35 приняты открытого исполнения, укомплектованные выключателями С-35М-630, разъединителями типа , РЛН Д-1а-35/1000. Распределительное устройство 10кВ укомплектовывается ячейками КРУ с выключателями ВМПЭ-10, устанавливаемыми в капитальном здании ЗРУ-10. Панели управления, защиты, автоматики и

сигнализации устанавливаются на главном щите управления, панели щита собственных нужд, шкаф питания оперативного тока (ШОТ) размещаются в здании ЗРУ-10. Все оборудование подстанции выбрано по номинальным параметрам, проверено на термическую и динамическую устойчивость к действию токов короткого замыкания.

Распределительное устройство 10кВ укомплектовывается двадцатью шкафами К-2-10 ВМГ-133/1000 на отходящих линиях.

Для распределения электроэнергии 0,4кВ предусматриваются три распределительных шкафа ШНВА, устанавливаемые в помещении ЗРУ.

В качестве оперативного тока на подстанции принят выпрямленный через выпрямители постоянный ток напряжением 220В. Шкаф ШОТ-01 установлен в ЗРУ.

Управление выключателями вводов 35 и 10кВ, секционными выключателями 10кВ, осуществляется ключами управления, установленными на панелях щита управления в помещении ЗРУ; выключателями отходящих линий 10кВ – ключами, установленными в соответствующих шкафах ЗРУ-10.

Релейная защита и автоматика элементов подстанции выполнена в соответствии с ПУЭ и руководящими указаниями. На силовом трансформаторе предусматриваются следующие виды защит:

- продольная дифференциальная токовая защита;
- максимальная токовая защита;
- защита от перегрузки;
- газовая защита;
- защита от понижения уровня и перегрева масла;

На вводах и секционных выключателях 10кВ предусматривается максимальная токовая защита (МТЗ).

На отходящих линиях 10кВ – токовая отсечка, МТЗ и токовая защита нулевой последовательности с выдержкой времени.

На шинах 10кВ предусматривается логическая защита шин.

На подстанции предусматривается следующий объем автоматизации:

- автоматический ввод резервного питания (АВР) на секционных выключателях 10кВ;
- автоматическая частотная разгрузка отходящих линий 10кВ;
- автоматическое повторное включение отходящих линий и шин 10кВ;
- автоматическое включение и отключение охлаждающего устройства трансформаторов;
- регулирование напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой;
- резервирование отказа выключателей 10кВ (УРОВ).

На подстанции предусматривается автоматизированная система учета электроэнергии. Коммерческий учет электроэнергии выполняется на вводах 35, и 10кВ и на отходящих линиях 10кВ, с применением счетчиков устанавливаются на панелях щита реле 4Р и 6Р, соответственно; счетчики присоединений 10кВ в соответствующих шкафах ЗРУ-10. Измерения тока и напряжения выполняются с помощью амперметров и вольтметров, устанавливаемых на панелях управления в помещении ОПУ.

На подстанции предусматривается телеизмерения тока, напряжения, активной и реактивной мощности с помощью соответствующих преобразователей и телесигнализация. Решения по телемеханике.

Обслуживание подстанции принимается с дежурством оперативно-выездной бригады (ОВБ) на базе.

На подстанции предусмотрена звуковая и световая сигнализация, а также организация сигналов «авария» и «неисправность» на панели центральной сигнализации, устанавливаемой в помещении ЗРУ на пульту управления .

Защита подстанции от прямых ударов молнии осуществляется при помощи отдельно стоящих молниеотводов на приемных порталах 35кВ.

Защита от волн перенапряжений, набегающих с ВЛ-35 предусматривается с помощью ограничителей перенапряжений ОПН-35.

По данным отчета о геологических изысканиях подстанция располагается в зоне с удельным сопротивлением грунта 100 Ом·м. Для обеспечения безопасности работы персонала на подстанции предусматривается выполнение контура заземления с выравнивающей сеткой.

Подстанция располагается на площадке размерами 70х80м в районе с I степенью загрязнения атмосферы в соответствии с ПУЭ гл. 1-9. Оборудование ОРУ-110, 10кВ и силовые трансформаторы приняты с нормальной изоляцией. Подстанция состоит из:

- двух силовых трансформаторов;
- ОРУ-35кВ
- здание ЗРУ-10;
- двух трансформаторов собственных нужд.

Силовые трансформаторы устанавливаются на фундаментах с маслоприемниками, рассчитанными на полный объем масла.

Ремонт и ревизия трансформаторов осуществляется непосредственно на подстанции с помощью автокранов. Аварийный слив масла от силовых трансформаторов предусматривается в подземный маслоуловитель.

Прокладка кабелей в ОРУ-35, осуществляется по подвесным и наземным кабельным лоткам:

- в ЗРУ-10 по конструкциям, расположенным в кабельном этаже.(Приложение 1).

1.4 Выбор схемы подстанции

При построении схемы подстанции руководствуются следующими принципами:

1. Источники высшего напряжения максимально приближают к центру нагрузок потребителя электроэнергии (подстанции глубоких вводов ПГВ), а приём и распределение производится по нескольким пунктам на территории предприятия.

2. Выбор элементов схемы осуществляется из условия их постоянной работы под нагрузкой.

3. Предусматривается раздельная работа параллельных цепей схемы (ЛЭП, трансформаторов и т. д.). При этом снижаются токи КЗ, упрощаются коммутация и релейная защита подстанции.

Надежность системы электроснабжения определяется её свойством осуществлять производство, преобразование, передачу и распределение электроэнергии с целью бесперебойного электроснабжения потребителей качественной электроэнергией.

Надёжность электроснабжения определяется числом независимых источников питания и схемой электроснабжения.

Независимым источником питания называется источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентируемых ПУЭ для после аварийного режима, при исчезновении его на другом источнике питания этого электроприёмника.

Независимый источник питания:

две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

1. Каждая из секций или систем шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;

2. Секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин.

2 Расчётная часть

2.1 Расчёт электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок выполняется с целью правильного выбора сечений линий и распределительных устройств, коммутационных и защитных аппаратов, числа и мощности трансформаторов на разных уровнях системы электроснабжения. В зависимости от места определения расчетных нагрузок и необходимой точности расчет выполняется: методом упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузок (по средней мощности и коэффициенту максимума); Основной метод расчета электрических нагрузок. По нему определяются максимальные (P_m , Q_m , S_m) расчетные нагрузки группы электроприемников. Для этого в пределах расчетного узла выделяют группу ЭП с переменным (группа А) и группу ЭП с практически постоянным графиком нагрузок (группа Б). по установленной мощности и коэффициенту спроса; по средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузок; В основе этого метода лежит равенство расчетной и среднеквадратичной нагрузок. Для групп приемников с повторно-кратковременным режимом работы принятое допущение справедливо во всех случаях. Оно приемлемо также для групп приемников с длительным режимом работы, когда число приемников в группе достаточно велико и отсутствуют мощные приемники, способные изменить равномерный групповой график нагрузок.

					ФЮРА.140205.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
Разраб.		Лисицкий В.Г..			Расчетная часть	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Руковод.		Барская А.В.					24	
Репенз.						ТПУ ИДО гр. 3-9202		
Н.Контр								
Утвердил								

2.1.1 Анализ графика нагрузки подстанции «Заводская» 35/10 за декабрь 2015 года

Электрическая нагрузка отдельных потребителей, а, следовательно, и суммарная их нагрузка, определяющая режим работы электростанций в энергосистеме, непрерывно меняется. Принято отражать этот факт графиком нагрузки, т. е. диаграммой изменения мощности (тока) электроустановки во времени.

По виду фиксируемого параметра различают графики активной P , реактивной Q , полной (кажущейся) S мощностей и тока I электроустановки. Как правило, графики отражают изменение нагрузки за определенный период времени. По этому признаку их подразделяют на суточные (24 ч), сезонные, годовые и т. п. По месту изучения или элементу энергосистемы, к которому они относятся, графики можно разделить на следующие группы:

1) графики нагрузки потребителей, определяемые на шинах подстанций;
2) сетевые графики нагрузки - на шинах районных и узловых подстанций;

3) графики нагрузки энергосистемы, характеризующие результирующую нагрузку энергосистемы;

4) графики нагрузки электростанций. Графики нагрузки используют для анализа работы электроустановок, для проектирования системы электроснабжения, для составления прогнозов электропотребления, планирования ремонтов оборудования, а также в процессе эксплуатации для ведения нормального режима работы.

Исходные данные: используем максимальную, минимальную и фактическую мощности подстанции приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Исходные данные

P_{\max} , кВт	P_{\min} , кВт	$P_{\text{факт}}$, кВт	$P_{\text{ср}}$, кВт
11800	6922	11800	9219

В табл. 2.2 приведены данные активной средней мощности подстанции ПС «Заводская» 35/10 в кВт по часам за 16 декабря 2015 года.

Таблица 2.2

Средняя активная мощность ПС «Заводская» 35/10 за 16.12. 2015 года.

Часы (время московское)	P, кВт
00.00-01.00	7477
01.00-02.00	7185
02.00-03.00	6922
03.00-04.00	7083
04.00-05.00	7978
05.00-06.00	9431
06.00-07.00	11130
07.00-08.00	11700
08.00-09.00	11700
09.00-10.00	11470
10.00-11.00	11690
11.00-12.00	11740
12.00-13.00	11510
13.00-14.00	11750
14.00-15.00	11800
15.00-16.00	11170
16.00-17.00	10730
17.00-18.00	10360
18.00-19.00	10160
19.00-20.00	9740
20.00-21.00	9107
21.00-22.00	8533
22.00-23.00	7742
23.00-00.00	7816

По табл. 2.2 построен график нагрузки (представлен на рисунке 2.1).

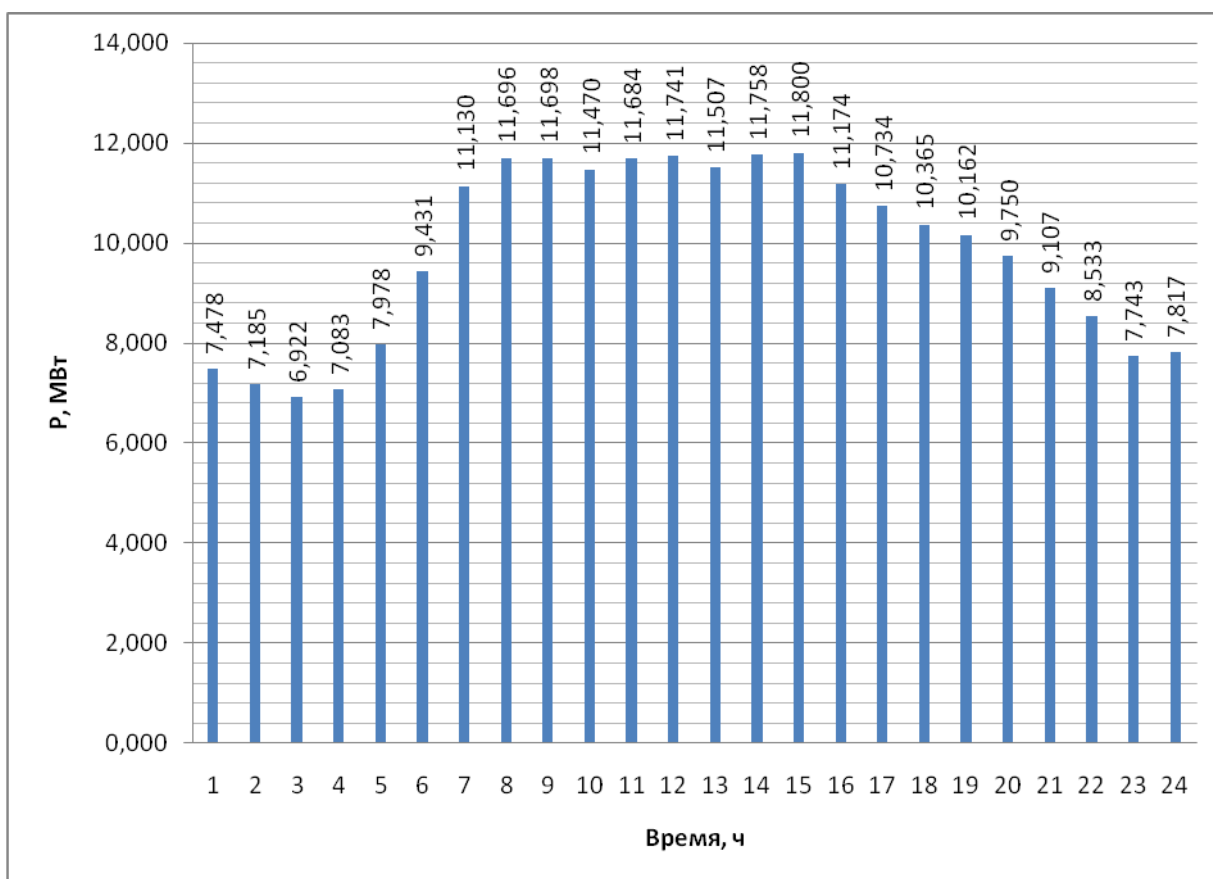


Рисунок 2.1– График активной нагрузки ПС «Заводская» 35/10.

2.2 Расчёт и выбор мощности трансформаторов

Мощность трансформатора для двухтрансформаторной подстанции определяется по формуле:

$$S_m = 0,7P_{\max}. \quad (1)$$

Определим мощность трансформаторов:

$$S_m = 0,7 \cdot 11800 = 8260 \text{кВ}\cdot\text{А}.$$

На основании подсчета нагрузок на подстанции принимаем к установке два трансформатора типа ТДН-10000/35 напряжением 35/10 кВ мощностью по 10000кВ·А с регулированием напряжения под нагрузкой. Паспортные данные трансформатора приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Характеристика трансформатора

Тип	ТДН– 10000/35
$S_{\text{НОМ}}$, кВА	10000
$U_{\text{НОМ}}$ ВН, кВ	36,75
$U_{\text{НОМ}}$ НН, кВ	10,5
U_K , %	7,5
ΔP_K , кВт	65
ΔP_X , кВт	14,5
I_X , %	0,8

2.3 Расчет токов короткого замыкания

Расчетная схема для определения токов КЗ представляет схему в однолинейном осуществлении, в которую введены трансформатор, токопроводы, воздушные и кабельные линии, источники питания с местом КЗ, приведена на рисунке 2.2. Схема замещения приведена на рисунке 2.3.

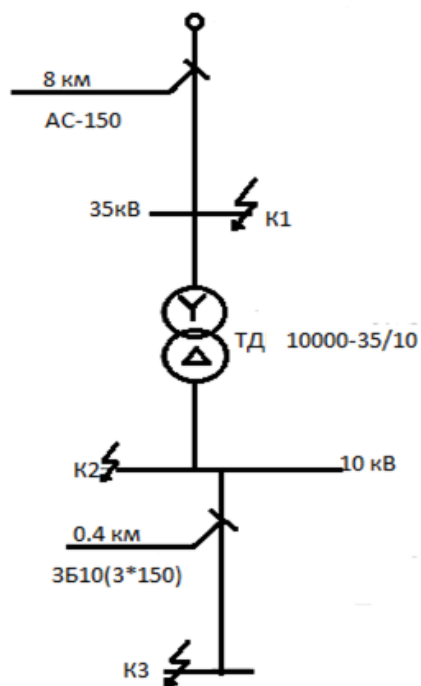


Рисунок 2.2 – Расчетная схема

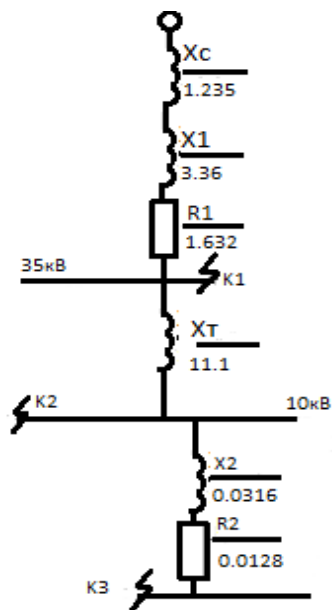


Рисунок 2.3 – Схема замещения.

2.3.1 Сопротивления элементов системы электроснабжения.

Мощность энергосистемы $S_k = 1200$ МВА задана ПАО "ТРК". Такую систему считаем удаленной от шин потребителя на сопротивление X_c . Тогда сопротивление системы в относительных единицах, приведенных к базисным условиям, определится:

$$X_c = \frac{U^2}{S_k} = \frac{36,75^2}{1200} = 1,235, \text{ Ом.} \quad (2)$$

Определим сопротивление двухобмоточного трансформатора.

$$X_T = \frac{u_k^{\%} \cdot U_n^2 \cdot 10}{S_T} = \frac{7,5 \cdot 36,75^2 \cdot 10}{10000} = 11,1, \text{ Ом.} \quad (3)$$

Определим активное и индуктивное сопротивление линии АС-150 длиной 8 км по стороне 35 кВ.

Активное сопротивление ВЛ 35 кВ "3522" определится:

$$R_1 = R_0 \times l_1 = 0,204 \cdot 8 = 1,632, \text{ Ом} \quad (4)$$

где $R_0 = 0,204$ Ом/км – удельное активное сопротивление на 1 км длины линии на одну фазу. L_1 – длина линии.

Индуктивное сопротивление определится:

$$X_1 = X_0 \cdot l_1 = 0,420 \cdot 8 = 3,36, \text{ Ом} \quad (5)$$

где $X_0 = 0,420$ Ом/км – удельное реактивное сопротивление на 1 км длины линии на одну фазу для воздушных ЛЭП напряжение 6 – 220 кВ.

Активное сопротивление КЛ 10 кВ ЗБ-10 определится:

$$R_2 = R_0 \times l_1 = 0,032 \cdot 0,4 = 0,0128, \text{ Ом} \quad (6)$$

где $R_0 = 0,032$ Ом/км – удельное активное сопротивление на 1 км длины линии на одну фазу

L_1 – длина линии.

Индуктивное сопротивление определится:

$$X_2 = X_0 \cdot l_1 = 0,079 \cdot 0,4 = 0,0316, \text{ Ом} \quad (7)$$

где $X_0 = 0,079$ Ом/км – удельное реактивное сопротивление на 1 км длины линии на одну фазу для КЛ напряжение 10 кВ.

2.3.3 Ток короткого замыкания в точке К₁.

Результирующие реактивное и активное сопротивления цепи КЗ составит:

$$X_{рез1} = X_c + X_1 = 1,235 + 3,36 = 4,595, \text{ Ом} \quad (8)$$

$$R_{рез1} = R_1 = 1,632.$$

Ток короткого замыкания в точке К1:

$$I_{к1} = \frac{U}{Z_{рез}} = \frac{I_{б1}}{\sqrt{R_{рез1}^2 + X_{рез1}^2}} = \frac{36,75}{\sqrt{4,595^2 + 1,632^2}} = 7,89 \text{ кА}. \quad (9)$$

Ударный ток определится по формуле:

$$i_{y1} = \sqrt{2} K_{y1} \Psi_{к1}, \quad (10)$$

где K_y - ударный коэффициент.

Значение ударного коэффициента определится по формуле:

$$K_{y1} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{a1}}} \quad (11)$$

Где T_a значение постоянной времени.

Найдем значение постоянной времени по формуле:

$$T_{a1} = \frac{\frac{\omega L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}}{\omega C_{*рез1}} = \frac{X_{*рез1}}{\omega C_{*рез1}} = \frac{4,595}{314 \cdot 632} = 0,009 \text{ с},$$

$$(12) K_{y1} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,009}} = 1,329, \quad (13)$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot 1,329 \cdot 7,89 = 14,829 \text{ кА}. \quad (14)$$

Наибольшее действующее значение полного тока КЗ за первый период переходного процесса:

$$I_{y1} = K_{Г1} \Psi_{к1} = 1,103 \cdot 7,89 = 8,702 \text{ кА}, \quad (15)$$

$$K_{Г1} = \sqrt{1 + 2(K_{y1} - 1)^2} = \sqrt{1 + 2(1,329 - 1)^2} = 1,103. \quad (16)$$

2.3.4 Ток короткого замыкания в точке К2.

Резльтирующие реактивное и активное сопротивления цепи КЗ составит:

$$X_{рез2} = X_{рез1} + X_T = 4,595 + 11,1 = 15,695, \quad (17)$$

$$R_{рез2} = R_{рез1} = 1,632.$$

Приведем данные сопротивления к стороне 10 кВ.

$$\begin{aligned} X_{рез2n} &= X_{рез2} \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = 15,695 \cdot (0,285)^2 = 1,281, \text{ Ом} \\ (18) \quad R_{рез2n} &= R_{рез2} \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = 1,632 \cdot (0,285)^2 = 0,133, \text{ Ом} \end{aligned}$$

Ток короткого замыкания в точке К 2:

$$I_{K2} = \frac{I_{\delta 2}}{Z_{*рез2}} = \frac{U}{\sqrt{R_{рез2}^2 + X_{рез2}^2}} = \frac{10}{\sqrt{1,281^2 + 0,133^2}} = 7,77 \text{ кА}.$$

Постоянная времени с учетом активного сопротивления трансформатора:

$$T_{a2} = \frac{\frac{\omega L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}}{\omega(R_{рез2} + R_T)} = \frac{X_{рез2}}{\omega(R_{рез2} + R_T)} = \frac{1,281}{314(0,133 + 1,16)} = 0,003 \text{ с}.$$

Ударный коэффициент:

$$K_{y2} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,002}} = 1,036. \quad (19)$$

Ударный ток определится:

$$i_{y2} = \sqrt{2} \cdot K_{y2} \cdot I_{K2} = \sqrt{2} \cdot 1,036 \cdot 7,77 = 11,384 \text{ кА}. \quad (20)$$

Наибольшее действующее значение полного тока КЗ за первый период переходного процесса:

$$I_{y2} = K_{\infty 2} \cdot I_{K2} = 1,002 \cdot 7,77 = 7,79 \text{ кА}, \quad (21)$$

$$K_{\infty 2} = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{y2} - 1)^2} = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,036 - 1)^2} = 1,002. \quad (22)$$

2.3.5 Ток короткого замыкания в точке КЗ.

Результирующие реактивные, активные сопротивления цепи КЗ составит:

$$X_{рез3n} = X_{рез2n} + X_3 = 1,281 + 0,0316 = 1,312, \quad (23)$$

$$R_{рез3n} = R_{рез2n} + R_{*3} = 0,133 + 0,0128 = 0,145 \quad (24)$$

Ток короткого замыкания в точке КЗ:

$$I_{КЗ} = \frac{I_{б2}}{Z_{рез3n}} = \frac{U}{\sqrt{R_{рез3n}^2 + X_{рез3n}^2}} = \frac{10}{\sqrt{0,145^2 + 1,312^2}} = 7,57 \text{ кА}. \quad (25)$$

Постоянная времени с учетом активного сопротивления трансформатора:

$$T_{a3} = \frac{\omega L_{ц\omega}}{\omega R_{ш\omega}} = \frac{X_{рез3}}{\omega R_{рез3}} = \frac{1,312}{314 \cdot (0,145 + 1,16)} = 0,003 \text{ с}. \quad (26)$$

Ударный коэффициент:

$$K_{y3} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,003}} = 1,036. \quad (27)$$

Ударный ток определится:

$$i_{y3} = \sqrt{2} \cdot K_{y3} \cdot I_{КЗ} = \sqrt{2} \cdot 1,036 \cdot 7,57 = 11,087 \text{ кА}. \quad (28)$$

Наибольшее действующее значение полного тока КЗ за первый период переходного процесса:

$$I_{y3} = K_{\infty 3} \cdot I_{КЗ} = 1,001 \cdot 7,57 = 7,58 \text{ кА}, \quad (29)$$

$$K_{\infty 3} = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{y3} - 1)^2} = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,036 - 1)^2} = 1,001. \quad (30)$$

Результаты расчета токов трехфазного короткого замыкания приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Результаты расчета токов трёхфазного короткого замыкания

Наименование	Точки КЗ		
	К1	К2	К3
Напряжение U , кВ	38,5	10	10
Ток КЗ I_k , кА	7,89	7,77	7,57
Коэффициент ударный K_y	1,329	1,002	1,001
Ток ударный i_y , кА	14,829	11,384	11,087
Набольшее действующее значение полного тока КЗ I_y , кА	8,702	7,79	7,58

2.4 Выбор и проверка электрооборудования

2.4.1 Выбор выключателей

При выборе выключателя его номинальные параметры сравниваются с параметрами сети в месте его установки. Выключатель выбирается по наиболее тяжелому режиму работы, который возможен в эксплуатации. Номинальное напряжение выключателя должно быть равно или больше номинального напряжения защищаемой сети.

Номинальный длительный ток выключателя должен быть больше номинального тока установки.

Номинальный ток отключения выключателя должен быть больше максимального расчетного тока короткого замыкания к моменту расхождения контактов.

Расчётный ток, А

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (31)$$

где U_H - номинальное линейное напряжение, кВ.

Расчётный ток термической устойчивости за время $t_{нтм}$, кА

$$I_{p.нтм} = I_\infty \sqrt{\frac{t_n}{t_{нтм}}}, \quad (32)$$

где I_∞ - установившийся ток КЗ, кА;

$t_{нтм}$ - время, к которому отнесен номинальный ток термической устойчивости $I_{нтм}$ (по данным завода - изготовителя);

t_{II} - приведенное время действия КЗ, с.

$$t_{II} = t_{III} + t_{IIA}, \quad (33)$$

где t_{III} - приведенное время действия для периодической слагающей тока КЗ, с;

t_{IIA} - приведенное время действия для аperiodической слагающей тока КЗ,

с

Приведенное время действия для периодической слагающей тока КЗ, с

$$t_{\text{ПД}} = t_{\text{откл}} = t_B + t_3, \quad (34)$$

где $t_{\text{откл}}$ - действительное время отключения КЗ, с;

t_B - время отключения выключателя (интервал времени от момента подачи релейной защитой импульса на катушку отключения до полного расхождения контактов выключателя), с.

t_3 - время срабатывания основной защиты от КЗ (принимается $t_3 = 0,02\text{с}$).

Время отключения выключателя t_B принимается по данным технической характеристики выключателей.

Приведенное время действия для апериодической слагающей тока КЗ, с

$$t_{\text{ПА}} = 0,05 \cdot \beta''^2, \quad (35)$$

$$\beta'' = \frac{I''}{I_\infty}, \quad (36)$$

где I'' - действующее значение периодической слагающей тока КЗ в начальный момент времени, кА.

Так как в системе неограниченной мощности $I_\infty = I'' = I_{\text{КЗ}}$, то $\beta'' = 1$, $t_{\text{ПА}} = 0,05\text{с}$.

2.4.1.1 Выбор и проверка выключателей на стороне 35 кВ:

Определим приведенное время действия КЗ:

$$t_{\Pi} = t_{III} + t_{IIA} = 0,11 + 0,05 = 0,16c.$$

Определим приведенное время действия для периодической слагающей

тока КЗ:

$$t_{III} = t_{\text{откл}} = t_B + t_3 = 0,06 + 0,05 = 0,11c.$$

Определим приведенное время действия для апериодической слагающей

тока КЗ:

$$t_{IIA} = 0,05 \cdot \beta''^2 = 0,05 \cdot 1 = 0,05c,$$

где $\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}} = \frac{7,89}{7,89} = 1.$

Определим ток термической устойчивости:

$$I_{TY} = I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{\Pi}}{t_{HTY}}} = 7,89 \cdot \sqrt{\frac{0,16}{3}} = 1,822 \text{ кА}.$$

Расчётный ток определится по формуле:

$$I_P = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 164,966 \text{ А}$$

Таблица 2.5.

Техническая характеристика выключателя	Условие выбора и проверки	ВБН-35П-20/1600УХЛ1	
		Расчетные данные	Каталожны е данные
Номинальное напряжение, $U_{НВ}$, кВ	$U_{НВ} \geq U_{Н}$	35	35
Наибольший длительный ток, $I_{РН}$, А	$I_{РН} \geq I_{Р}$	164,966	630
Номинальный ток отключения, $I_{НО}$, кА	$I_{НО} \geq I_{РО}$	7,89	20
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{нд}$, кА	$i_{нд} \geq i_{у}$	14,829	52
Ток термической устойчивости, $I_{ТУ}$, кА за время $t_{нту}$	$I_{ТУВ} \geq I_{ТУ}$	1,822	20

Выбор и проверка выключателя



Рисунок 2.4 – ВБН-35П-20/1600УХЛ1

Выключатель ВБН-35П-20/1600УХЛ1 предназначен для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях однофазного переменного тока для открытых и закрытых распределительных

устройств напряжением 35 кВ. Управление выключателем осуществляется встроенным электромагнитным приводом постоянного тока. Выключатель изготовлен в климатическом исполнении УХЛ категории размещения I по ГОСТ 15150-69 и предназначен для эксплуатации при условиях: 1) высота над уровнем моря до 1000 м

Таблица 2.5

Технические характеристики выключателя ВБН-35П-20/1600УХЛ1

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40.5
Номинальный ток, А	1600
Номинальный ток отключения, А	20
Номинальное относительное содержание аperiodической составляющей, % не более	30
Параметры тока включения, кА:	
Наибольший пик	51
Начальное действующее значение периодической составляющей	20
Параметры сквозного тока короткого замыкания:	
Наибольший пик	51
Начальное действующее значение периодической составляющей	20
Ток термической стойкости, кА	20
Полное время отключения, с, не более	0,08
Полное время включения, с, не более	0,3
Масса выключателя, кг	950

2.4.1.2 Выбор и проверка выключателей на стороне 10 кВ:

Определим приведенное время действия КЗ:

$$t_{\Pi} = t_{III} + t_{IIA} = 0,11 + 0,05 = 0,16c.$$

Определим приведенное время действия для периодической слагающей тока КЗ:

$$t_{III} = t_{откл} = t_B + t_3 = 0,06 + 0,05 = 0,11c.$$

Определим приведенное время действия для апериодической слагающей тока КЗ:

$$t_{IIA} = 0,05 \cdot \beta''^2 = 0,05 \cdot 1 = 0,05c,$$

где $\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}} = \frac{7,77}{7,77} = 1.$

Определим ток термической устойчивости

$$I_{TY} = I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{\Pi}}{t_{HTY}}} = 7,77 \cdot \sqrt{\frac{0,16}{3}} = 1,794 \text{ кА}.$$

Расчётный ток определится по формуле:

$$I_p = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 577,36 \text{ А}$$

Таблица 2.6.

Выбор и проверка выключателя

Техническая характеристика выключателя	Условие выбора и проверки	ВВП-10/630	
		Расчетные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение, УНВ, кВ	$УНВ \geq УН$	10	10
Наибольший длительный ток, IPH, А	$IPH \geq IP$	577,36	630
Номинальный ток отключения, ИНО, кА	$ИНО \geq IPO$	7,77	20
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), инд, кА	$инд \geq iy$	11,384	51
Ток термической устойчивости, ИТУ, кА за время tHTY	ИТУ	1,794	20



Рисунок 2.5 – ВВП-10/630

Принимаем к установке 21 выключатель ВВП-10/630

Выключатель состоит из трех дугогасительных полюсов, закрепленных на корпусе привода выключателя. Каждый полюс содержит вакуумную дугогасительную камеру, механизм дополнительного поджатия контактов КДВ и токовыводы.

2.4.2 Выбор и проверка разъединителей выше 1000 В

Выбор разъединителей значительно проще, чем выбор выключателей, так как разъединители не предназначены для отключения ни нормальных, ни тем более аварийных токов. В связи с этим при выборе их ограничиваются определением необходимых рабочих параметров: номинального напряжения и длительного номинального тока, а также проверкой на термическую и динамическую стойкость при сквозных токах к. з.

Определим приведенное время действия КЗ:

$$t_{\Pi} = t_{III} + t_{IIA} = 0,11 + 0,05 = 0,16 \text{ с.}$$

Определим приведенное время действия для периодической слагающей тока КЗ:

$$t_{III} = t_{\text{откл}} = t_B + t_3 = 0,06 + 0,05 = 0,11 \text{ с.}$$

Определим приведенное время действия для апериодической слагающей тока КЗ:

$$t_{IIA} = 0,05 \cdot \beta''^2 = 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ с,}$$

$$\text{где } \beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}} = \frac{7,77}{7,77} = 1.$$

Определим ток термической устойчивости:

$$I_{TY} = I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{\Pi}}{t_{HTY}}} = 7,77 \cdot \sqrt{\frac{0,16}{3}} = 1,794 \text{ кА.}$$

Таблица 2.7.

Выбор и проверка разъединителей на 35 кВ

Техническая характеристика разъединителя	Условие выбора и проверки	РГП.2-35/1000 УХЛ1	
		Расчетные данные	Каталожн ые данные
Номинальное напряжение, $U_{НВ}$, кВ	$U_{НВ} \geq U_{Н}$	35	35
Наибольший длительный ток, $I_{РН}$, А	$I_{РН} \geq I_{Р}$	164,966	1000
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{нд}$, кА	$i_{нд} \geq i_{у}$	14,829	40
Ток термической устойчивости, $I_{ТУ}$, кА за время $t_{нту}$	$I_{ТУ}$	1,822	16

Выбор сводится к разъединителю РГП.2-35/1000 УХЛ1 .



Рисунок 2.6 – РГП.2-35/1000 УХЛ1

Назначение

Разъединители предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрических цепей, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи заземлителей. Разъединители также используются для отключения токов холостого хода трансформаторов и зарядных токов воздушных и кабельных линий.

Р – разъединитель; Г – горизонтально-поворотный тип, П – с полимерной изоляцией, В – вертикальная установка; X_1 – количество заземлителей (1 или 2); 35 – номинальное напряжение, кВ; X_3 – номинальный ток (1000, 2000 или 3150), А; УХЛ – климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69;

2.4.3. Выбор и проверка ОПН

Первым делом зададимся вопросом – каким должен быть правильно выбранный ОПН? По моему мнению, ОПН с правильно выбранными электрическими характеристиками удовлетворяет следующим требованиям:

- должен иметь минимально возможные значения остающегося напряжения;
- должен выдерживать все возможные эксплуатационные воздействия и при этом иметь минимальную пропускную способность . Такой ОПН будет обладать наилучшими защитными свойствами при наименьшей стоимости.

Следует отметить, что требование минимизации пропускной способности идет вразрез с интересами как производителей ОПН, так и проектировщиков. Впервые, ошибки проектировщиков в оценке воздействий на ограничители приводят к ухудшению статистики аварийности аппаратов. Во- вторых, стоимость проектных работ тем выше, чем выше стоимость оборудования. С этих позиций выгоднее «сделать запас побольше». Как следствие, в России часто выбирают ограничители с завышенными наибольшим длительно допустимым рабочим напряжением $U_{нр}$ (ухудшаются защитные свойства) и про- пускной способностью I пр (увеличивается стоимость).

На стороне 35 кВ принимаем к установке ОПНп-35/40.5/10/400 УХЛ1

На стороне 10 кВ принимаем к установке ОПНп-10/420/10,5-10-III-УХЛ1

Таблица 2.8.

Технические характеристики ограничителей ОПНп

Характеристики	ОПНп- 10/420/10,5-10- III УХЛ1	ОПНп- 35/40.5/10/40 0 УХЛ1
Класс напряжения сети, кВ	10	35
Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение ограничителя, кВ (действ.)	10,5	40,5

Номинальное напряжение ограничителя, кВ	13,1	51
Номинальный разрядный ток, А	10000	10000
Амплитуда испытательного прямоугольного импульса длительностью 2000мкс, А	420	400
Остающееся напряжение при быстронарастающих импульсах тока 1/10 мкс с максимальным значением 10000 А, кВ не более	36,7	132
Выдерживаемый импульс большого тока 4/10 мкс, кА	100	65

2.4.4 Выбор и проверка трансформаторов тока

Начинаем выбор по роду установки. Для чего вам нужен трансформатор тока:

- для работы в закрытых помещениях
- для работы на открытом воздухе
- для встраивания в полости электрооборудования
- для специальных установок

а затем выбираем по способу установки:

- проходные
- опорные
- встраиваемые
- и по другим условиям, по которым классифицируются

трансформаторы тока.

Выбрать действительно просто, потому что вы уже знаете, куда и как вы будете ставить трансформатор тока.

Конечно не забываем, для чего предназначен трансформатор тока: для измерений, или для использования в устройствах защиты.

Если коммерческий, то трансформаторы тока для присоединения счетчиков, по которым ведутся денежные расчеты, должны будут иметь класс точности не ниже 0,5.

Для разного рода технического учета допускается применение трансформаторов тока класса точности 1, для подключения указывающих амперметров — класс точности не ниже 3.

Если трансформатор тока предназначен для работы в устройствах релейной защиты, он должен иметь специальный класс точности, обозначаемый 10(P).

Определим приведенное время действия КЗ:

$$t_{\Pi} = t_{III} + t_{IIA} = 0,11 + 0,05 = 0,16 \text{ с.}$$

Определим приведенное время действия для периодической слагающей тока КЗ:

$$t_{III} = t_{ОТКЛ} = t_B + t_3 = 0,06 + 0,05 = 0,11c.$$

Определим приведенное время действия для апериодической слагающей тока КЗ:

$$t_{ПА} = 0,05 \cdot \beta''^2 = 0,05 \cdot 1 = 0,05c,$$

$$\text{где } \beta'' = \frac{I''}{I_\infty} = \frac{7,89}{7,89} = 1.$$

Определим ток термической устойчивости:

$$I_{ТУ} = I_\infty \cdot \sqrt{\frac{t_{II}}{t_{HTY}}} = 7,89 \cdot \sqrt{\frac{0,16}{3}} = 1,822 \text{ кА}.$$

Вторичная нагрузка, складывающаяся из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов (табл. 2.8.) определится:

$$Z_{2H} \approx \sum r_{ПРИБ} + r_{ПРОВ} + r_{КОНТ} = \sum r_{приб} + \frac{\rho \cdot l}{S} + r_{конт} = 0,189 + \frac{0,0175 \cdot 10}{2,5} + 0,1 = 0,359 \text{ Ом},$$

Таблица 2.8.

Сопротивления приборов, реле и соединительных проводов

Наименование приборов и реле	Сопротивление, $r_{приб}$, Ом
Реле МiCOM	0,125
Счётчики активной и реактивной энергии	0,06
Амперметр	0,004
Переходные контакты	0,1
Соединительные провода ($l=10$ м, $S=2,5$ мм ² , медь)	0,07

Найдем допустимую номинальную нагрузку вторичной обмотки трансформатора тока:

$$S_{2H} = I_{2H}^2 \cdot Z_{2H} = 5^2 \cdot 0,359 = 8,98 \text{ В} \cdot \text{А},$$

Выбор и проверка трансформаторов тока представлены в табл. 2.9.

Выбор и проверка трансформатора тока

Техническая характеристика трансформатора тока	Условие выбора и проверки	ГОЛ-35	
		Расчетные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение, U_{HTA} , кВ	$U_{HTA} \geq U_H$	35	35
Номинальный первичный ток, I_{HTA} , А	$I_{HTA} \geq I_P$	164,966	200
Нагрузка вторичной обмотки, S_{2H} , ВА	$S_{2H} \geq S_{2PACЧ}$	8,98	30
Номинальный ток электродинамической устойчивости, $i_{нд}$, кА	$i_{нд} \geq i_y$	14,829	42
Ток термической устойчивости, $I_{ту}$, кА за время $t_{нту}$	$I_{ту}$	1,822	10,5

2.5.1 Конструкция КРУ 10 кВ

Комплектным распределительным устройством (КРУ) называется устройство, состоящее из шкафов, в которых смонтированы коммутационные аппараты, устройства, защиты, автоматики и телемеханики, измерительные приборы и вспомогательные устройства, поставляемые на место установки комплектно в собранном и полностью подготовленном для сборки виде. КРУ предназначено для приема и распределения электроэнергии переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц, напряжением 6 и 10 кВ. КРУ подразделяются на КРУ внутренней установки и КРУ наружной установки (КРУН). КРУ внутренней установки 6-10 кВ предназначены для работы в закрытых помещениях или сооружениях, выпускаются с одной системой сборных шин. Для напряжения до 35 кВ включительно КРУ имеют воздушную изоляцию, а для 110 кВ и выше – с изоляцией элегазом.

Если сдержимое КРУ заключено в оболочку, заполненную элегазом, то РУ сокращённо обозначают КРУЭ. Элегаз — это специальный электротехнический газ, представляющий собой шестифтористую серу (SF_6). Он является основным изолятором в элементах ячеек с элегазовой изоляцией.

3 Релейная защита и автоматика

3.1 Назначение релейной защиты и автоматики

В энергетических системах могут возникать повреждения и ненормальные режимы работы электрооборудования станций и подстанций.

Повреждение в большинстве случаев сопровождается значительным увеличением тока и глубоким понижением напряжения в элементах энергосистемы.

Ненормальные режимы обычно приводят к отклонению величин напряжения, тока и частоты от допустимых значений. При понижении напряжения и частоты создается опасность нарушения нормальной работы потребителей и устойчивости энергосистемы, а повышение напряжения и тока угрожает повреждением оборудования и линий электропередачи.

Для обеспечения нормальной работы энергосистемы и потребителей электроэнергии необходимо быстро выявлять и отделять место повреждения от неповрежденной сети, восстанавливая нормальные условия их работы и прекращая разрушение в месте повреждения.

Опасные последствия ненормальных режимов можно предотвратить, если своевременно обнаружить отклонение от нормального режима и принять меры к его устранению.

В связи с этим возникла необходимость в создании и применении автоматических устройств, защищающих энергосистему и ее элементы от опасных последствий повреждений и ненормальных режимов. Эти функции на подстанции выполняет релейная защита и автоматика. Релейная защита и автоматика - это комплекс автоматических устройств, состоящих из устройств автоматического управления и устройств автоматического

					ФЮРА.140205.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Лисицкий В.Г.</i>			Релейная защита	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Барская А.В.</i>					50	106
<i>Реценз.</i>						ТПУ ИДО гр. 3-9202		
<i>Н.Контр</i>								
<i>Утвердил</i>								

регулирования, которая выявляет, чувствует и срабатывает при повреждениях электрооборудования и ненормальных режимах.

Основные требования, предъявляемые к релейной защите: надежное отключение всех видов повреждений, чувствительность защиты, избирательность (селективность) действия – отключение только поврежденных участков, простота схем, быстроедействие, наличие сигнализации при повреждениях.

Быстроедействие – это свойство релейной защиты, характеризующее скорость выявления и отделения от электроэнергетической системы поврежденных элементов. Показателем быстрогодействия является время срабатывания защиты — это интервал времени от момента возникновения повреждения до момента отделения от сети повреждённого элемента.

Селективность или избирательность действия – свойство релейной защиты, характеризующее способность выявлять поврежденный элемент электроэнергетической системы и отключать этот элемент только ближайшими к нему выключателями. Это позволяет локализовать повреждённый участок и не прерывать нормальную работу других участков сети.

Чувствительность – способность защиты реагировать на возможные повреждения при минимальных режимах работы системы электроснабжения, когда изменение воздействующей величины минимально.

Надежность действия – правильная и безотказная работа защиты при всех повреждениях защищаемой сети и нарушениях нормального режима работы, для действия при которых она предназначена, и не действовать в нормальных условиях, а также при таких повреждениях и нарушениях нормального режима работы, при которых действие данной защиты не предусмотрено и должна действовать другая защита. Это требование обеспечивается совершенством принципов защиты и конструкций аппаратов защиты, простотой выполнения и уровнем эксплуатации.

Релейная защита и автоматика элементов подстанции выполнена в соответствии с ПУЭ и руководящими указаниями. На силовом трансформаторе предусматриваются продольная дифференциальная токовая защита, максимальная токовая защита, защита от перегрузки, газовая защита, защита от понижения уровня и перегрева масла.

На реконструируемой подстанции «Заводская» на вводах и секционных выключателях 10кВ предусматривается максимальная токовая защита (МТЗ). На отходящих линиях 10кВ – токовая отсечка, МТЗ и токовая защита нулевой последовательности с выдержкой времени. На шинах 10кВ предусматривается логическая защита шин.

3.2 Автоматика и учёт

На подстанции предусматривается следующий объем автоматизации:

- автоматический ввод резервного питания (АВР) на секционных выключателях 10кВ;
- автоматическая частотная разгрузка отходящих линий 10кВ;
- автоматическое повторное включение отходящих линий и шин 10кВ;
- автоматическое включение и отключение охлаждающего устройства трансформаторов;
- регулирование напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой;
- резервирование отказа выключателей 10кВ (УРОВ):

При возникновении короткого замыкания срабатывают одно или несколько устройств защиты и посылают команду на отключение выключателя присоединения, на котором произошло замыкание. Отключение выключателя должно локализовать повреждение для предотвращения или уменьшения объемов повреждения оборудования.

Кроме этого, замедление в отключении короткого замыкания на линиях

электропередачи может вызвать нарушение устойчивости системы. Общепринятой практикой является использование устройств резервирования отказа выключателя,

контролирующего отключение выключателя в течение заданного времени. Устройство резервирования отказа выключателя срабатывает в случае, если ток короткого замыкания не прекратился по истечении установленного времени после подачи команды на его отключение.

Функция УРОВ может быть использована для локализации повреждения путем отключения вышестоящего выключателя при отказе выключателя ближайшего к месту КЗ. Кроме этого, срабатывание функции УРОВ позволяет деблокировать защиты вышестоящего выключателя путем

принудительного возврата своих выходных реле (срабатывающих без выдержки времени от пусковых органов ступеней), использованных для блокирования вышестоящих защит.

В шкафах КУ-10Ц предусматривается защита от дуговых замыканий, выполненная с использованием разгрузочных клапанов избыточного давления в сочетании с фототиристорами. Контроль положения разгрузочных клапанов избыточного давления осуществляется путевыми выключателями.

На подстанции предусматривается автоматизированная система учета электроэнергии. Коммерческий учет электроэнергии выполняется на вводах 35, 10кВ и на отходящих линиях 10кВ, с применением счетчиков типа СЭТ-4ТМ.03. Счетчики вводов 35кВ устанавливаются на панелях щита реле 4Р и 6Р, соответственно; счетчики присоединений 10кВ в соответствующих шкафах ЗРУ-10. Измерения тока и напряжения выполняются с помощью амперметров и вольтметров, устанавливаемых на панелях управления в помещении ОПУ.

На подстанции предусматривается телеизмерения тока, напряжения, активной и реактивной мощности с помощью соответствующих преобразователей и телесигнализация. Обслуживание подстанции принимается с постоянным дежурством на щите управления в помещении ЗРУ.

На подстанции предусмотрена звуковая и световая сигнализация, а также организация сигналов «авария» и «неисправность» на панели центральной сигнализации, устанавливаемой в помещении ЗРУ.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела является расчет сравнительной экономической эффективности капитальных вложений на реконструкцию подстанции и сопоставления разрабатываемых проектных вариантов. Рассмотрим два варианта:

- 1) установка двух трансформаторов типа ТДН-10000/35
- 2) установка двух трансформаторов типа ТДН-16000/35

4.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости.

Для расчета основной заработной платы сотрудников составляем график выполнения работ таблица 4.1.2.

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: t_{max} , t_{min} , $t_{н.в.}$

$$t_{ож.} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{н.в.} + t_{max}}{6}$$

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

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

t_{max} – самая длительная продолжительность работы.

					ФЮРА.140205.008 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Лисицкий В.Г.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Барская А.В.</i>				55	
<i>Н.Контр</i>					Финансовый менеджмент		
<i>Утвердил</i>		<i>Коршунова Л.А</i>			ТПУ ИДО гр. 3-9202		

Таблица 4.1.1 – Описание графика выполнения работ

Сотрудник	Количество дней	Обозначение на графике
Руководитель	90	•
Ведущий инженер	90	•
Инженер	90	•

4.2 Расчет затрат на проектирование

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

1. материальные затраты;
2. оплата труда;
3. отчисления в социальные фонды;
4. амортизация основных фондов;
5. прочие затраты;
6. накладные расходы.

1. Материальные затраты включают в себя:

расходные материалы (бумага, картриджи для принтера, плоттера, ручки, изготовление слайдов), сведенные в приведенную ниже таблицу 4.2.1.

Таблица 4.2.1

Материальные затраты.

Материал	Единица измерения	Количество	Стоимость, руб.
Печатная бумага	Пачка	1	210
Диск CD-RW	Шт.	2	70
Канц. товары	Шт.	6	140
Картридж	Шт.	1	1100
ИТОГО			$I_M = 1520$

2. Расчет заработной платы.

T_M - число дней работы.

$$ЗП_{\text{рук}} = ((29000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 177\,729 \text{ руб.},$$

где 29000- оклад

1,1 – коэффициент за неиспользованный отпуск

1,3 – районный коэффициент

$$ЗП_{\text{вед.инженер}} = ((25000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 153\,215 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{\text{инженер}} = ((15000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 91\,929 \text{ руб.},$$

Сводим расчеты в таблицу 4.2.3

Таблица 4.2.3

Заработная плата исполнителей.

Исполнители	Группа	Оклад р.	Время занятости дней	Зп, руб.
Руководитель	3	29000	90	177 729
Ведущий инженер	2	25000	90	153 215
инженер	2	15000	90	91 929
Итого				422 873

ФЗП =422 873 р.

3. Размер отчислений в социальные фонды составляет 30% от ФЗП.

Сумма начислений на социальные нужды составляет:

$$И_{сн} = 422\,873 \cdot 0,3 = 109\,947 \text{ руб.}$$

4. Амортизационные отчисления считаем по следующей формуле.

Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений по формуле:

$$И_{ам} = \frac{T_{и}}{T_{кал}} \cdot N_{а} \cdot \Phi_{п}$$

где $\Phi_{п}$ - первоначальная стоимость оборудования; $N_{а}$ - норма амортизации; $T_{и}$ - количество дней использования оборудования; $T_{кал}$ - количество календарных дней в году.

Таблица 4.2.2

Амортизационные отчисления

Наименование	Количество	$\Phi_{п}$, р	$N_{а}$, %	$T_{и}$ дней	$I_{амр}$
Компьютер	3 Шт.	90000	0,2	20	987
Принтер	1 Шт.	8000	0,2	10	44
Стол	3 Шт.	45 000	0,1	53	604
Стул	3 Шт.	21 000	0,2	53	610
Итого					2245

Амортизационные отчисления составляют $I_{ам} = 2245$ рублей.

5. Прочие расходы :

$$I_{пр} = 0,1(I_{зп} + I_{м} + I_{ам} + I_{сн})$$

$$I_{пр} = 0,1(422873 + 1520 + 2245 + 109947) = 53659 \text{ руб.}$$

6. Накладные расходы принимаем 200% от ФЗП:

$$I_{р} = 2 \cdot \text{ФЗП}$$

$$I_{р} = 2 \cdot 422873 = 845746 \text{ р.}$$

Себестоимость проекта:

$$I_{п} = I_{м} + I_{зп} + I_{сн} + I_{ам} + I_{пр} + I_{р}$$

$$I_{п} = 1520 + 422873 + 109947 + 2245 + 53659 + 845746 = 1435990 \text{ р.}$$

Принимаем рентабельность 20%, прибыль:

$$I_{б} = I_{п} \cdot 0,2$$

$$I_{б} = 1435990 \cdot 0,2 = 287198 \text{ р.}$$

Стоимость проекта:

$$Ц_{п} = I_{п} + I_{б}$$

$$Ц_{п} = 1435990 + 287198 = 1723188 \text{ руб}$$

Смета затрат представлена в таблице 5.2.4

Таблица 4.2.4

Смета затрат

Вид расходов	Обозначение	Сумма, р.
Материальные затраты	$I_{м}$	1 520
Заработная плата	$I_{зп}$	422 873
Амортизация	$I_{ам}$	2 245
Отчисления на социальные нужды	$I_{сн}$	109 947
Прочие расходы	$I_{пр}$	53 659
Накладные расходы	$I_{р}$	422 873
Себестоимость проекта	$I_{п}$	1 435 990
Прибыль	$I_{б}$	287 198
Стоимость проекта	$Ц_{п}$	1 723 188

4.3 Расчет приведенных затрат по вариантам с одинаковой надежностью

Экономическим критерием, по которому определяют наивыгоднейший вариант, является минимум приведенных затрат, руб/год, вычисленных по формуле

$$Z = p_n \cdot K + I \quad (4.1)$$

где p_n – норма дисконта, 1/год (для расчетов установок энергетики $p_n = 0,15$);

K – единовременные капитальные вложения, руб.;

I – ежегодные эксплуатационные затраты, руб.

4.4 Расчет капитальных вложений

Капитальные вложения K 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 % к стоимости оборудования:

транспортировка	3 – 10 %
заготовительно-складские	1,2 – 1,5 %
установка и монтаж	5 – 20 %
пуск и регулировка	2 – 3 %

итого 11,2 – 34,5 %

В данном расчете принимается 20 %.

Результаты расчета сводим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1– Расчет капиталовложений на оборудование

№ варианта	Наименование электрооборудования	Кол-во шт.	Цена 1 шт. руб.	Дополнительные затраты руб.	Итого по варианту	Монтажные работы
------------	----------------------------------	------------	-----------------	-----------------------------	-------------------	------------------

1	Трансформатор ТДН – 16000 кВ·А	2	5700000	1140000	11 400 000	1140000
2	Трансформатор ТДН – 10000 кВ·А	2	4200000	840000	8 400 000	840000

* Показатели стоимости автотрансформатора учитывают установленное оборудование (трансформатор, кабельное хозяйство в пределах ячейки и до панелей в ОПУ, а также панели управления, защиты и автоматики, установленные в ОПУ, относящиеся к ячейке, гибкие связи трансформаторов и др.), материалы, строительные и монтажные работы.

Расчет капиталовложений для каждого варианта:

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{монт}}$$

Вариант 1.

$$K = 1\,723\,188 + 11\,400\,000 + 1\,140\,000 = 14\,263\,188$$

Вариант 2.

$$K = 1\,723\,188 + 8\,400\,000 + 840\,000 = 10\,963\,188$$

4.5 Расчет ежегодных эксплуатационных затрат

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

Эксплуатационные затраты, руб., определяются из следующей формулы:

$$I = I_{\text{ам}} + I_{\text{обсл}} + I_{\text{рем}} \quad (4.2)$$

Вариант 1.

$$547469 + 171084 + 608645 = 1327198 \text{ руб.}$$

Вариант 2.

$$489741 + 153084 + 563390 = 1206215 \text{ руб.}$$

где $I_{\text{ам}}$ – ежегодные амортизационные отчисления, руб;

$I_{\text{обсл}}$ – годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования, руб;

$I_{\text{пот}}$ – стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Отчисления на амортизацию включают издержки на капитальный ремонт и на накопление средств, необходимых для замены (реновации) изношенного и морально устаревшего оборудования. Отчисления на амортизацию тем выше, чем меньше срок службы оборудования. Отчисления на обслуживание предназначены для поддержания оборудования в рабочем состоянии. Для предотвращения повреждений все элементы сети подвергаются периодическим осмотрам и профилактическим испытаниям. Эти мероприятия финансируются из отчислений на текущий ремонт.

Ежегодные амортизационные отчисления, тыс. руб.

$$I_{\text{ам}} = P_{\text{ам}} \cdot K \quad (4.3)$$

где $P_{\text{ам}}$ – норма амортизационных отчислений, % (для силового электрооборудования $P_{\text{ам}} = 6,4 \%$)

Вариант 1.

$$I_{\text{ам1}} = 0,064 \cdot 14263188 = 912844 \text{ руб./год} \quad (4.4)$$

Вариант 2.

$$I_{\text{ам2}} = 0,064 \cdot 10\,963\,188 = 701644 \text{ руб./год} \quad (4.5)$$

Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт, руб.

$$I_{\text{обсл}} = P_{\text{обсл}} \cdot K \quad (5.6)$$

где $P_{\text{обсл}}$ – норма затрат на обслуживание, % (для силового электрооборудования $P_{\text{ам}} = 2 \%$).

Вариант 1.

$$I_{\text{обсл.1}} = 0,02 \cdot 14263188 = 285263 \text{ руб.} \quad (4.7)$$

Вариант 2.

$$I_{\text{обсл.2}} = 0,02 \cdot 10\,963\,188 = 219263 \text{ руб.} \quad (4.8)$$

Стоимость годовых потерь активной электроэнергии, руб.

$$I_{\text{ном}} = \Delta P_T \cdot T_T \cdot \tau \quad (4.9)$$

Вариант 1.

$$77,2 \cdot 8760 \cdot 0,9 = 608644, \text{ руб.}$$

Вариант 2.

$$79,4 \cdot 8760 \cdot 0,9 = 563390, \text{ руб.}$$

где ΔP – среднегодовые потери активной мощности, кВт;

T_{Γ} – годовое время включения электроустановки $T_{\Gamma} = 8760$ ч/год.

$\tau = 0,9$ руб. – стоимость кВт·ч

Потери активной и реактивной мощности в автотрансформаторах сравниваемых вариантов определяем по формулам:

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot \beta^2, \text{ кВт} \quad (4.10)$$

Вариант 1.

$$65 + 305 \cdot 0,2^2 = 77,2 \text{ кВт}$$

Вариант 2.

$$45 + 215 \cdot 0,4^2 = 79,4 \text{ кВт}$$

где ΔP_{XX} , ΔP_{K3} – номинальные активные потери в стали и обмотках трансформатора, кВт;

β – коэффициент загрузки трансформатора.

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{XX} + \beta^2 \cdot S_H \cdot U_K \% \cdot 1/100, \text{ квар} \quad (4.11)$$

$$\Delta Q_{XX} = S_H \cdot I_{XX} \% \cdot 1/100 \text{ – постоянная составляющая потерь}$$

реактивной мощности, квар.

$$\Delta Q_{K3} = S_H \cdot U_K \% \cdot 1/100 \text{ – реактивная мощность, потребляемая}$$

трансформатором при полной нагрузке, квар.

$I_{XX} \%$ – ток холостого хода, %.

$U_K \%$ – напряжение короткого замыкания, %.

Расчет потерь, технические данные автотрансформаторов сведем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Расчет потерь в автотрансформаторах

№ варианта	Количество и технические данные автотрансформатора	Коэффициент загрузки β	Потери активной мощности ΔP	Потери реактивной мощности ΔQ
1	ТДН – 16 МВ·А $S_H = 16000$ кВ·А $\Delta P_{xx} = 65$ кВт $\Delta P_{кз} = 305$ кВт $I_{xx} \% = 0,5 \%$ $U_{кз} \% = 45 \%$ $S_{расч} = 25028,1$ кВ·А	$\beta = 0,2$	77,2 кВт	2875 квар
	в 2 ^x ТДН – 16 МВ·А			
2	ТДН – 10 МВ·А $S_H = 10000$ кВ·А $\Delta P_{xx} = 45$ кВт $\Delta P_{кз} = 215$ кВт $I_{xx} \% = 0,5 \%$ $U_{кз} \% = 35 \%$ $S_{расч} = 25028,1$ кВ·А	$\beta = 0,4$	79,4 кВт	1726,2 квар
	в 2 ^x ТДН – 10 МВ·А			

Результаты расчетов приведенных затрат сводим в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Приведенные затраты, руб

№	$Z = p_n \cdot K + I$	p_n	К	$I = I_{ам} + I_{обсл} + C_э$		
				$I_{ам}$	$I_{обсл}$	$I_{пот}$
1	3 466 676	0,15	14 263 188	547 469	171 084	608 645
2	2850693	0,15	10 963 188	489 741	153 084	563390

$$Z = p_n \cdot K + I \quad (4.12)$$

$$Z_1 = 0,15 \cdot 14263188 + 1327198 = 3466676 \text{ руб.}$$

$$Z_2 = 0,15 \cdot 10963188 + 1206215 = 2850693 \text{ руб.}$$

В результате произведенных расчетов оптимальным по экономическим показателям является вариант 2, характеризующийся минимальными приведенными затратами (на 16% ниже приведенных затрат по варианту 1). Следовательно, принимаем вариант с установкой двух трансформаторов мощностью по 10 МВА.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном дипломном проекте ведется реконструкция подстанции «Заводская – 35/10», с целью улучшения её функционирования и увеличения надежности электроснабжения, отвечающий всем нормам и стандартам.

Для правильной организации работ по борьбе с травматизмом, профессиональными и общими заболеваниями необходимо проанализировать существующие состояния условий труда на рабочих местах при реконструкции и производстве электромонтажных работ.

5.1 Производственная безопасность.

Подстанция является энергетически важным объектом. На ней установлено высоковольтное оборудование. Устройства РЗА и ПА установлены на общестанционном пункте управления (ОПУ), который находится на территории подстанции.

В связи с этим, согласно «Основы законодательства РФ об охране труда» администрация подстанции обязана обеспечивать условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены, а также внедрять современные средства техники безопасности.

					ФЮРА.140205.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Лисицкий В.Г.</i>			Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Барская А.В.</i>					67	
<i>Провер.</i>						ТПУ ИДО гр. 3-9202		
<i>Н.Контр</i>								
<i>Утвердил</i>		<i>АмельковичЮ.А.</i>						

5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Подстанция является одним из важнейших объектов в энергосистеме, на которой сосредоточено значительное количество оборудования.

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях человека приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Опасными факторами, которые могут привести к несчастному случаю, являются:

- опасность поражения электрическим током,
- взрывоопасность,
- пожароопасность,
- получение механической травмы.

Вредными факторами являются:

- электромагнитные поля;
- отклонение от нормативных параметров микроклимата;
- шумы и вибрации;
- освещение.

Периодичность контроля за опасными и вредными производственными факторами устанавливается по согласованию с санитарно-эпидемиологическими станциями и другими контролирующими органами.

5.3 Расчёт сопротивления заземляющего устройства подстанции

Критерием электробезопасности являются предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, протекающих через тело человека. Требования предельно допустимых уровней напряжений прикосновения и токов устанавливают эти величины для путей протекания тока от одной руки к другой или от руки к ногам, в зависимости от длительности воздействия тока.

Назначение защитного заземления состоит в том, чтобы обеспечить между корпусами защищаемого электрооборудования и землей электрическое соединение с достаточно малым сопротивлением и тем самым снизить до безопасного значения напряжение прикосновения во время замыкания на корпус электрооборудования. Для выполнения этого требования корпуса и части всего электрооборудования, нормально не находящегося под напряжением, должны быть надежно подключены к заземляющему устройству.

Заземлению подлежат:

1. корпуса трансформаторов, аппаратов, светильников;
2. приводы электрических аппаратов;
3. вторичные обмотки измерительных трансформаторов;
4. каркасы распределительных щитков, щитов управления, а так же съемные и открывающиеся части, если на них установлено оборудование напряжением выше 42 В переменного или 110 В постоянного тока;
5. металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные соединительные муфты, металлические оболочки и броня силовых и контрольных кабелей, стальные трубы электропроводки, лотки, короба, стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода, а так же другие металлические конструкции, связанные с установкой электрооборудования.

Требование заземлять все металлические части оборудования предопределило прокладку заземляющих магистралей вдоль его рядов. Эти магистрали, расположение которых задается планом подстанции, и составляют основу выравнивающих сеток.

Выравнивание и уравнивание потенциалов применяется в качестве дополнительной меры с целью снижения напряжения прикосновения в электроустановках, в которых применяют заземление и зануление.

Защитное заземление в электроустановках рекомендуется выполнять исходя из обеспечения допустимых напряжений прикосновения.

Расчётные значения токов замыкания на землю определяются в схеме сети, при которой они имеют наибольшее значение.

В электроустановках напряжением выше 1000 В с эффективно заземлённой нейтралью сопротивление заземляющих устройств в любое время года не должно превышать 0,5 Ом, включая сопротивление естественных заземлителей, при этом напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ.

Расчёт заземляющего устройства сводится к определению напряжения прикосновения в наиболее опасных местах электроустановки, например, в рабочих местах, у ограды с внутренней и внешней стороны при размещении заземлителя на расстоянии менее 4 м от ограды.

За расчётную длительность воздействия, принимается сумма времени действия релейной защиты и времени отключения выключателя. Для тех рабочих мест, где персонал, производящий оперативные переключения, может прикасаться к заземлённым частям электроустановки, в качестве расчётного принимается время действия резервной защиты. Для остальных рабочих мест - время действия основной защиты.

Проектируемая подстанция 35/10 кВ «Заводская» располагается на площадке размером 70х80м.

Составляем расчётную модель заземлителя в виде прямоугольной сетки площадью $S = 70 \times 80 = 5600 \text{ м}^2$.

Длина стороны её равна:

$$\sqrt{S} = \sqrt{5600} = 74,83 \text{ м.}$$

Удельное сопротивление грунта:

$$\rho_{y\partial} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Расстояние между вертикальными электродами:

$$a = 4 \frac{\sqrt{S}}{n_g} = 4 \frac{74,83}{60} = 5 \text{ м.} \quad (5.1)$$

где $n_b = 60$ - количество вертикальных заземлителей в сетке (по паспорту заземляющего устройства подстанции).

Общая длина вертикальных заземлителей:

$$L_{\text{в}} = l_{\text{в}} n_{\text{в}} = 5 \cdot 60 = 300 \text{ м}, \quad (5.2)$$

где $l_{\text{в}}$ - длина вертикальных заземлителей.

Длина заземляющих горизонтальных проводников:

$$L_2 = n_2 \cdot \sqrt{S} = 40 \cdot 74,83 = 3026 \text{ м}. \quad (5.3)$$

где $n_2 = 40$ – количество горизонтальных заземлителей в сетке.

Глубина залегания заземлителя:

$$t = 0,7 \text{ м}.$$

Расчет по допустимому напряжению прикосновения.

Наибольшее возможное напряжение прикосновения на территории, занятой заземлителем:

$$U_{\text{пр}} = I_3 \cdot R_3 \cdot \alpha \cdot \beta, \quad (5.4)$$

где I_3 - ток однофазного замыкания, стекающий в землю через основной и естественный заземлители, $I_3 = 4210 \text{ А}$.

Для сложных заземлителей из горизонтальных и вертикальных электродов значение коэффициента распределения потенциала на поверхности земли

α определится:

$$\alpha = M \cdot \left(\frac{a \cdot \sqrt{S}}{l_{\text{в}} \cdot L_{\Gamma}} \right)^{0,45} = 0,5 \cdot \left(\frac{5 \cdot 74,83}{5 \cdot 3026} \right)^{0,45} = 0,09, \quad (5.5)$$

где параметр $M = 0,5$.

Определяем общее сопротивление заземлителя типа сетки, преобразованного в расчетную модель:

$$R_3 = A \cdot \frac{\rho}{\sqrt{S}} + \frac{\rho}{L_{\Gamma} + n_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}}} = 0,38 \cdot \frac{100}{74,83} + \frac{100}{3026 + 60 \cdot 5} = 0,54 \text{ Ом}, \quad (5.6)$$

$$\text{где } A = 0,44 - 0,84 \frac{l_{\text{в}} + t}{\sqrt{S}} \text{ при } 0 \leq \frac{l_{\text{в}} + t}{\sqrt{S}} \leq 0,1. \quad (5.7)$$

$$\frac{l_g + t}{\sqrt{S}} = \frac{5 + 0,7}{74,83} = 0,076,$$

$$A = 0,44 - 0,84 \frac{l_g + t}{\sqrt{S}} = 0,44 - 0,84 \frac{5 + 0,7}{74,83} = 0,38.$$

Коэффициент β дает отношение сопротивления тела человека R_q к сумме сопротивлений тела человека и сопротивления растеканию тока с ног человека (после прикосновения). Принимаем сопротивление человека постоянным и равным $R_q = 1000$ Ом:

$$\beta = \frac{R_q}{r_n + R_q} = \frac{R_q}{(1,5 \cdot \rho_{y\delta}) + R_q} = \frac{1000}{1,5 \cdot 100 + 1000} = 0,87. \quad (5.8)$$

Определяем напряжение прикосновения: (Максимальное напряжение между поверхностью земли и заземлённым предметом, которого может коснуться человек)

$$U_{\text{ПП}} = 4210 \cdot 0,54 \cdot 0,09 \cdot 0,87 = 178 \text{ В}$$

178 В < 400 В.(продолжительность прохождения тока 0,2 с.)

Допустимое напряжение на заземлителе:

$$U_3 = \frac{U_{\text{ПП}}}{\alpha \cdot \beta} = \frac{178}{0,09 \cdot 0,87} = 2273 \text{ В} < 5000 \text{ В}. (5.9)$$

Вывод: по расчётным данным напряжение прикосновения и напряжение на заземляющем устройстве на ПС 35/10кВ «Заводская» соответствуют требованиям, предъявляемым ПУЭ.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Устойчивость работы ПС 35/10 «Заводская» в чрезвычайных ситуациях.

Под устойчивостью работы объекта понимается его способность выполнять свои функции в установленных объемах и нормах, в условиях воздействия оружия массового поражения и других средств нападения противника, а также приспособленность этого объекта к восстановлению в случае повреждения.

Мероприятия по обеспечению устойчивости работы объекта, прежде всего, должны быть направлены на защиту рабочих и служащих от оружия массового поражения и других средств нападения противника; они тесно связаны с мероприятиями по подготовке и проведению спасательных и неотложных аварийно-спасательных работ в очагах поражения.

К основным мероприятиям обеспечивающим повышение устойчивости работы объекта относятся:

- защита рабочих и служащих от воздействия оружия массового поражения;
- повышение прочности и устойчивости важнейших элементов объекта и совершенствование технологического процесса;
- повышение устойчивости материально-технического снабжения;
- повышение устойчивости управления объектом;
- разработка мероприятий по уменьшению вероятности возникновения вторичных факторов поражения и ущерба от них;
- подготовка к восстановлению производства после поражения объекта.

5.4.2 Защита подстанции от воздействия атмосферного статического электричества.

ПС 35/10 «Заводская» по устройству молниезащиты зданий и сооружений относится к I категории. В данной категории молниезащита выполняется:

- от прямых ударов молнии, посредством отдельно стоящих стержневых и тросовых молниеотводов, обеспечивающих требуемую зону защитного покрытия;
- от зарядов статического электричества, путём заземления всех металлических корпусов оборудования, установленных в зданиях через специальные заземлители, с сопротивлением растеканием тока не более 10 Ом;

— от магнитного поля, появляющегося как вторичное действие молнии и индуктирующего в контурах силы, с помощью небольших перемычек, объединяющих контуры в единую систему.

5.4.3 Повышение противопожарной устойчивости

На промышленных объектах проводятся противопожарные профилактические мероприятия как для предотвращения пожаров, так и для создания условий, затрудняющих распространение огня и облегчающих борьбу с ним в очаге ядерного поражения.

Территорию предприятия необходимо регулярно очищать от времени сгораемых сооружений и различных сгораемых отходов.

Для повышения огнестойкости деревянных конструкций применяются огнезащитная покраска и обмазка. Покраска производится краской светлых тонов. В качестве защитных покрытий используются огнестойкие краски, а также побелка, отражающая световое излучение, а для открытых деревянных конструкций применяются также известковая или суперфосфатная обмазка, глина.

Для тушения пожаров на объекте сооружаются водоемы, оборудуются подъезды к ним, а на берегах рек, озер, и прудов создаются площадки и пирсы для установки пожарных насосов. Если невозможно использовать водоемы, то для обеспечения технических нужд объекта и тушения пожаров бурят артезианские скважины.

5.4.4 Порядок тушения пожара.

1. При возникновении пожара на подстанции первый заметивший загорание должен сообщить начальнику группы подстанций (мастеру).

2. В свою очередь начальник группы подстанций (мастер) в их отсутствие оперативный или оперативно-производственный персонал должен немедленно сообщить о пожаре в пожарную охрану, при этом назвать адрес подстанции, место возникновения пожара, указать количество

трансформаторного масла находящегося в горящем оборудовании, сообщить диспетчеру ОДС.

3. Начальник группы подстанций (мастер, оперативный или оперативно-производственный персонал) до прибытия первого пожарного подразделения к месту пожара является руководителем тушения пожара и обязан:

- оценить пожарную обстановку, спрогнозировать распространение пожара и возможность образования новых очагов горения;

- принять меры по созданию безопасных условий персоналу и л/с пожарных подразделений для тушения пожара, в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение;

- произвести необходимые операции по отключению и заземлению оборудования, отключение или переключение в зоне пожара может производиться по типовым бланкам переключения или по оперативным карточкам, с последующим уведомлением диспетчера ОДС; - мобилизовать персонал и членов ДПД на тушение пожара первичными средствами пожаротушения;

- направить для встречи пожарных подразделений лицо, хорошо знающее расположение подъездных путей и ближайших водоисточников;

- провести инструктаж по правилам БЭЭ и выдать письменный допуск на тушение пожара первому прибывшему старшему оперативному начальнику пожарной охраны.

4. Старший начальник пожарной охраны, прибывший к месту пожара, обязан немедленно связаться с руководителем тушения пожара, получить от него данные об обстановке на пожаре и письменный допуск на проведение тушения (приложение №1) в котором указывается, какое оборудование или какие его токоведущие части остались под напряжением, какие обесточены и принять на себя обязанности руководителя тушения пожара.

5. С начальника группы подстанций (мастера, оперативного или оперативно-производственного персонала) или пожарной охраны, которые не

приняли на себя руководство тушением пожара, не снимается ответственность за организацию тушения пожара.

6. Для руководства тушением пожара организуется штаб. В состав штаба входит начальник группы подстанций (мастер, оперативный или оперативно-ремонтный персонал), который должен иметь на руке красную отличительную повязку с нанесенным знаком электрического напряжения.

7. При тушении пожара работа пожарных подразделений (расстановка сил и средств пожаротушения, перемена позиций, переход от одних средств пожаротушения к другим и т.п.) производится с учетом указаний представителя группы подстанций. В свою очередь представитель группы подстанций согласовывает с РТП свою работу и распоряжения, а также информирует во время пожара об изменениях в состоянии работы электроустановок и другого оборудования.

5.4.5 Тушение пожаров в электроустановках под напряжением

1. Основой безопасного тушения пожаров в электроустановках является строгое соблюдение организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности, а также сознательная дисциплина персонала и пожарных, участвующих в тушении.

2. Тушение пожаров в электроустановках под напряжением осуществляется при соблюдении таких обязательных условий:

- недопущение приближения пожарных к токоведущим частям электроустановок на расстояния до горящих электроустановок под напряжением при подаче пожарными огнетушащих веществ из ручных стволов, менее указанных в таблице 5.1

Таблица 5.1

Вещества применяемые для тушения	Безопасные расстояния до горящих электроустановок под напряжением, м			
	до 1кВ включительно	от 1 до 10кВ включительно	От 10 до 35кВ включительно	110 кВ

Компактные струи воды	4,0	6,0	8,0	10
Распыленные струи воды, огнетушащие порошковые составы, одновременная подача распыленной воды и огнетушащих составов	1,5	2,0	2,5	4,0
<p><i>Примечание. Оптимальным с точки зрения безопасности и эффективности тушения при подаче огнетушащих веществ, перечисленных в пункте 2, является расстояние 4 м для всех уровней напряжения.</i></p>				

- согласование РТП с начальником ПС (мастером, оперативным, оперативно-производственным персоналом) маршрутов движения пожарных на боевые позиции и конкретное указание их каждому пожарному при инструктаже;
- выполнение работы пожарными и водителями пожарных автомобилей, обеспечивающих подачу огнетушащих веществ, в диэлектрических перчатках, ботах или сапогах; - подача огнетушащих веществ после заземления ручных пожарных стволов и пожарных автомобилей;
- недопущение тушения пожаров в электроустановках при видимости меньше 10 м; 3. При тушении пожара **запрещается**:
- выполнение любых отключений и прочих операций с электрическим оборудованием личному составу пожарных подразделений; - приближение к машинам и механизмам, применяемым для подачи огнетушащих веществ на горящие электроустановки, находящимся под напряжением, лицам, непосредственно не занятым в тушении пожара.

4. При тушении пожара на электрооборудовании без снятия напряжения с электроустановок пожарные автомобили и стволы должны быть заземлены, а ствольщик должен работать в диэлектрической обуви и диэлектрических перчатках.

5. Тушение пожара в помещениях с электроустановками, находящимися под напряжением до 10кВ, всеми видами пен с помощью ручных средств запрещается, так как пена и раствор пенообразователя обладают повышенной электропроводимостью, по сравнению с распыленной водой. При необходимости тушения пожара воздушно-механической пеной, с объемным заполнением помещения пеной, производится предварительное закрепление пеногенераторов, их заземление, а также заземление насосов пожарных машин

6. Устройства для заземления пожарных стволов, пеногенераторов и пожарной техники изготавливаются в необходимом количестве из гибкого медного провода сечением не менее 16мм^2 . Во всех случаях длина провода не ограничивается и определяется из необходимости, допущения свободного маневрирования лица работающего пожарным стволом.

7. Места заземления пожарной техники определяется специалистами предприятия совместно с представителя пожарной охраны, оборудуются и вывешиваются таблички.

8. Необходимое количество заземлений, диэлектрической обуви, диэлектрических перчаток и места их хранения определяются начальниками групп ПС, исходя из расчета подачи огнетушительных средств на горящее электрооборудование.

9. Запрещается пользование указанными заземляющими устройствами, диэлектрической обувью и перчатками, кроме случаев пожара или проведения совместных с пожарными подразделениями тренировок на подстанции.

5.4.6 Тушение пожаров на трансформаторах

1. При аварии на трансформаторе с возникновением пожара, он должен быть отключен от сети со всех сторон и заземлен.
После снятия напряжения, тушение пожара следует производить любыми средствами пожаротушения (распыленной водой, воздушно-механической пеной, огнетушителями)
2. При пожаре на трансформаторе установленном в закрытом помещении (камере) и закрытом распределительном устройстве, должны быть приняты меры по предупреждению распространения пожара через проемы, каналы и др. При тушении пожара следует применять те же средства тушения пожара, как и для трансформаторов наружной установки.
3. При внутреннем повреждении на трансформаторе, с внутренним выбросом масла через выхлопную трубу или через нижний разъем (срез болтов и деформация фланца разъема) и возникновением пожара внутри трансформатора, следует вводить средства тушения пожара внутрь трансформатора, через верхние люки и через деформированный разъем.
4. При возникновении пожара на трансформаторе сливать масло из трансформаторов запрещается, так как это может привести к повреждению внутренних обмоток и трудности дальнейшего тушения.
5. Во время развившегося пожара на трансформаторе необходимо защищать от действия высокой температуры водными струями металлические опоры, порталы, соседние трансформаторы и другое оборудование, при этом в зоне действия водяных струй с ближайшего оборудования и распределительных устройств должно быть снято высокое напряжение и они должны быть заземлены.

Для предотвращения устанавливается пожарный инвентарь, согласно РД 153-34.0-03.301-00 [36] такие первичные средства пожаротушения, как:

- углекислотные огнетушители ОУ-2 и ОУ-5;
- пенные огнетушители ОВП-4;
- ящик с песком;
- ведра;

- лопаты и багор;
- асбест.

На предприятии используется система автоматической пожарной безопасности, основанная на датчиках различных видов (дымовые, тепловые, датчики пламени). В случае возникновения пожара, срабатывает система оповещения, подается световой и звуковой сигнал об опасности.

На площадках предприятия устанавливаются пожарные щиты, оснащенные первичными средствами пожаротушения.

Запрещение курения в неустановленных местах и производства огневых работ в пожароопасных помещениях.

5.5. Экологическая безопасность:

Охрана окружающей среды должна осуществляться в соответствии с федеральным законом "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 №7-ФЗ, а так же в соответствии с территориальными законами и правилами, иными другими правилами и законами России «Об охране окружающей среды», так же территориальных органов контроля и Комитета по охране окружающей среды.

При выборе и согласовании площадки подстанции напряжением 35кВ максимально учитывалось требование по сохранению окружающей среды и избежанию нанесения ущерба земле использованию. На проектируемой подстанции 35кВ отсутствуют постоянно действующие источники загрязнения воздуха.

Подстанции в нормальном режиме эксплуатации слабо загрязняют окружающую природную среду. По специфическому воздействию на экологию электрические сети можно отнести к «мягко» влияющим производствам. Загрязнение водной, воздушной среды и почвы, как правило, происходит лишь во время строительства и частично при ремонтных работах.

К специфическим воздействиям ВЛ и ПС относятся: электромагнитные поля, акустический шум, озон, окислы азота, электропоражение птиц, сающихся на провода, изоляторы.

Особенно отрицательно воздействуют на живую природу (при определенных условиях) электрические (ЭП) и магнитные (МП) поля. Защитой от этих влияний является соблюдение предельно допустимых уровней (ПДУ) напряженности ЭП, определенных «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия ЭП, создаваемого ВЛ промышленной частоты».

При эксплуатации подстанций всех напряжений образуется минимальное количество сбросов и отходов. Твердые бытовые отходы жизнедеятельности обслуживающего персонала утилизируются в соответствии с экологическим законодательством Российской Федерации. Сбросы (от столовых, туалетов, умывальников, душевых), случайные утечки масла из маслonaполненного оборудования, поверхностные воды с территории подстанции, образующие в результате атмосферных осадков, которые могут содержать следы масел, отводятся в бетонированные водонепроницаемые ямы (септики). По мере наполнения выводятся либо в канализацию близлежащих населенных пунктов, либо на согласованные с местными административными органами поля орошения.

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, является:

- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевод на другое рабочее место, окончания работы.

Ответственными за безопасность работ являются:

- а) лицо, выдающее наряд, отдающее распоряжение, утверждающий перечень работ выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- б) допускающий - ответственное лицо из оперативного персонала;
- в) ответственный руководитель работ (далее ответственный руководитель);
- г) производитель работ;
- д) наблюдающий;
- е) члены бригады.

5.6.1 Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

- установлено заземление (включены заземляющие ножи, а там где они отсутствуют, установлены переносные заземления);
- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

5.6.2 Правовые вопросы обеспечения безопасности

Существует Приказ Минздравсоцразвития России № 46н от 16 февраля 2009 г. «Об утверждении Перечня производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно-профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда, рационов лечебно-профилактического питания, норм бесплатной выдачи витаминных препаратов и Правил бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания». Некоторые должности, работа на которых является вредной, указываются и в трудовых договорах конкретных предприятий.

Согласно статье 57 ТК РФ в случае, если характер работы предусматривает наличие вредных или опасных условий труда, то в трудовом договоре обязательно должны быть указаны следующие сведения: специальности с указанием квалификации; конкретный вид поручаемой работы. При этом если с выполнением работ связано предоставление компенсаций и льгот или наличие ограничений, то их наименования должны соответствовать наименованиям, указанным в квалификационных справочниках.

- режим рабочего времени, если он отличается от общих правил, установленных у данного работодателя;
- условия оплаты труда, доплаты и надбавки за опасные условия труда с указанием их характеристик.

В соответствии со статьей 91 ТК РФ нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

5.6.3 Льготы для работников, занятых на вредном производстве

Статья 117 ТК РФ предусматривает право на ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск для работников, которые заняты на работах, связанных с неблагоприятным воздействием на здоровье человека вредных физических, и других факторов при работе на подстанции «Бакчар»

Минимальная продолжительность такого отпуска должна составлять семь календарных дней. Его конкретная продолжительность в зависимости от класса условий труда должна определяться соответствующими инструкциями указанными в трудовом договоре.

Дополнительный отпуск предоставляется работникам, если они в рабочем году фактически проработали во вредных и опасных условиях труда не менее 11 месяцев. Дополнительный отпуск можно совместить с поездкой в санаторий при заключении врача.

Если работник имеет право на получение дополнительного отпуска в связи с вредными условиями труда по нескольким основаниям, отпуск предоставляется по одному из этих оснований. Также работнику предоставляется бесплатный проезд по Российской Федерации один раз в 2 года с одним членом семьи, и половина стоимости ребенку.

5.6.4 Оплата труда работникам с вредными условиями труда

Статья 147 ТК РФ устанавливает, что оплата труда работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере по сравнению с тарифными ставками, установленными для различных видов работ с нормальными условиями труда, но не ниже размеров, установленных трудовым законодательством.

Постановлением Правительства РФ № 870 определен минимальный размер такого повышения – не менее 4% тарифной ставки (оклада) по сравнению с нормальными условиями труда. Более конкретные нормы

устанавливаются ведомственными нормативными актами, отраслевыми соглашениями, коллективными и трудовыми договорами.

Кроме того, среди льгот – регулярные медицинские осмотры, которые являются обязательными и периодическими.

Для занятых на подстанции «Проскоковская» законодательством предусмотрены и ежедневные осмотры, которые должны проводиться и в начале рабочего дня. К ним относятся: работы на высоте, верхолазные работы, работы связанные с применением легковоспламеняющихся материалов.

Правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты утверждены Приказом Минздравсоцразвития РФ от 01.06.2009 № 290н. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами предусмотрено статьей 212 ТК РФ, согласно которой эти средства должны быть предоставлены работодателем за его счет, а перед этим пройти обязательную сертификацию или декларирование соответствия.

Средства индивидуальной защиты выдаются по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда. Этим же приказом установлены нормы и условия выдачи молока – 0,5 л за смену независимо от ее продолжительности. По желанию работника выдача молока и других равноценных продуктов может быть заменена компенсационной выплатой.

5.7 Электромагнитные поля

В процессе работы на подстанции человек подвергается отрицательному воздействию электрического поля промышленной частоты. Степень отрицательного воздействия электрического поля на организм человека оценивается по количеству поглощаемой телом человека энергии электрического поля, а также по току, проходящему через человека в землю, и по напряженности поля в месте, где будет находиться человек

Гигиенические нормы пребывания человека в электрическом поле электроустановок сверхвысокого напряжения промышленной частоты установлены действующими правилами в зависимости от напряженности поля в зоне его нахождения. Если напряженность поля на рабочем месте превышает 25кВ/м, или требуется большая продолжительность пребывания человека в поле, чем указано в таблице, работы проводятся с применением защитных экранирующих устройств или экранирующих костюмов.

Нормы времени пребывания человека в электрическом поле электроустановок промышленной частоты зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне: СанПиН 2.2.4.1191—03

Таблица 5.2

Нормы времени пребывания человека в электрическом поле

Напряженность электрического поля, кВ/м	Допустимое время
Менее 5	не ограничивается
от 5 до 10	не более 3 часов
от 10 до 15	не более 1,5 часов
от 15 до 20	не более 10 минут
от 20 до 25	не более 5 минут

Ослабление мощности электромагнитного поля на рабочем месте можно достигнуть увеличением расстояния между источником излучения и рабочим местом, уменьшением мощности излучения источника, а также установкой отражающего или поглощающего экранов между источником и рабочим местом, применением средств индивидуальной защиты.

Для ОРУ рекомендуются экранирующие устройства, которые выполняются в виде козырьков, навесов и перегородок из металлической сетки на раме из уголковой стали. Экранирующие устройства необходимо заземлять.

Конструктивные и компоновочные решения ПС35/10 кВ «Заводская», принятые в проекте, обеспечивают напряженность электрического поля на

рабочих местах меньше 5 кВ/м, что допускает продолжительность пребывания человека без средств защиты, без ограничения и это соответствует требованиям "Руководящих указаний по защите обслуживающего персонала".

5.8 Микроклимат

Необходимые санитарно-гигиенические условия, требуемые согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», достигаются устройством систем отопления, вентиляции. Здание оборудовано приточной вентиляционной системой.

Решения разработаны в соответствии с:

- требованиями Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»;

- требованиями СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;

- материалами пояснительной записки к проекту, принятыми характеристиками условий труда на проектируемых рабочих местах.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96, работы, выполняемые на проектируемом участке, классифицируются следующим образом:

- холодный и теплый период года - (t ниже $+10^{\circ}\text{C}$) на постоянных рабочих местах;

Характеристика производственных помещений:

Тёплый период года - (t $+10^{\circ}\text{C}$ и выше) на постоянных рабочих местах

- помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м²).

Категория работ: средней тяжести -Пб (233-290) Вт;

Температура воздуха- 16,0-27,0 °С;

Относительная влажность воздуха – 15-75%;

Скорость движения воздуха: 0,2-0,5 м/с;

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: 14-23 °С, не более чем на 5 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч. самого жаркого месяца.

В холодные и теплые периоды параметры микроклимата обеспечиваются:

- отоплением;
- естественная и искусственная вентиляция;
- системой кондиционирования воздуха.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников:

- в качестве источника тепла используются электрические обогреватели.

Таблица 5.3

Допустимые величины теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
не более 25	100

5.9 Шум

Шум на производстве наносит большой ущерб, вредно действуя на организм человека и снижая производительность труда.

На подстанции установлен трансформатор мощностью 2*10 МВА. Уровень звука от трансформатора должен быть не более допустимого, согласно СНиП 23-03-2003 «защита от шума». Для снижения уровня звука до допустимого, проектом предусматривается у силовых трансформаторов установка шумозащитных перегородок.

Для измерения шума применяют шумомеры, анализаторы и другие приборы. Все измерения производят в соответствии с ГОСТом 12.1050-86 и ГОСТом 23941-79.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ защита от шума, создаваемого на рабочих местах внутренними источниками, а также шума, проникающего из вне, осуществляется следующими методами:

- уменьшение шума в источнике;
- предупреждение распространения шума;
- изоляция источника шума и поглощение шума;
- применение средств коллективной (ГОСТ 12.1.029-80) и индивидуальной (ГОСТ 12.14.051-87) защиты;
- рациональной планировкой и акустической обработкой рабочих мест.

Электромагнитный шум ослабляется уменьшением потока рассеяния, устранением близко расположенных магнитных материалов.

Снижение шума достигается следующими методами:

1. Звукоизоляция ограждающих конструкций;
- 2.Использование экранов и зеленых насаждений;
3. Применение глушителей аэродинамического шума, звукопоглощающей облицовки в газоздушных трактах вентиляционных систем.

Допустимый уровень звукового давления 75 дБ в октавных полосах со среднегеометрической частотой 1000 Гц и уровень звука 80 дБА для подстанции[24].

Вмеханических устройствах часто причинами не допустимого шума являются износ подшипников, неточная сборка деталей при ремонтах и т. п. Поэтому в процессе эксплуатации всех видов машин и механизмов следует точно выполнять все требования Правил технической эксплуатации.

ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. «Средства и методы защиты от шума. Квалификация» [25].предусматривает следующие меры для снижения уровня шума:

1. Устройство кратковременных перерывов в работе.
2. Установка в помещениях звукопоглощающих конструкций и экранов.

3. Качественное изготовление деталей станков и машин.
4. Звукоизоляция ограждающих конструкций.
5. Укрытия в кожухи источников шума.
6. Применение средств индивидуальной защиты (беруши, протишумные наушники, шлемофоны и др.).

5.10 Освещение

Рабочее и аварийное освещение во всех помещениях, на рабочих местах и на открытой территории должно обеспечивать освещенность согласно ведомственным нормам и "Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий". СНиП 23-05-95

Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения отличительными знаками или окраской.

Аварийное и рабочее освещение в нормальном режиме должно питаться от общего источника.

Присоединение к сети аварийного освещения переносных трансформаторов и других видов нагрузок, не относящихся к этому освещению, запрещается. Сеть аварийного отключения должна быть без штепсельных розеток. Питание сети освещения по схемам, отличных от проектных, запрещается.

Переносные ручные светильники ремонтного освещения должны питаться от сети напряжением не выше 42 В, а при повышенной опасности поражения электрическим током — не выше 12 В.

Вилки 12-42 В не должны подходить к розеткам 127 и 220 В. Розетки должны иметь надписи с указанием напряжения.

Оперативно-ремонтный персонал даже при наличии аварийного освещения должен быть снабжен переносными электрическими фонарями.

Очистку светильников должен выполнять по графику специально обученный персонал. Периодичность очистки должна быть установлена с учетом местных условий.

Осмотр и проверка осветительной сети должны проводиться в следующие сроки:

проверка исправности аварийного освещения при отключении рабочего освещения — 2 раза в год;

измерение освещенности рабочих мест — при вводе в эксплуатацию и в дальнейшем по мере необходимости;

испытание изоляции стационарных трансформаторов 12-42 В — 1 раз в год,

переносных трансформаторов и светильников 12-42 В — 2 раза в год.

Проверка состояния стационарного оборудования и электропроводки аварийного и рабочего освещения, испытание и измерение сопротивления изоляции должны проводиться при пуске в эксплуатацию, а в дальнейшем - по графику, утвержденному главным инженером энергопредприятия.

Нормирование естественного освещения согласно СНиП 23-05-95, производится при помощи коэффициента естественной освещенности (КЕО)

$$e = (E_v/E_n) \cdot 100\%$$

где e - коэффициент освещенности;

E_v - освещенность внутри помещения,

E_n - одновременная освещенность рассеянным светом снаружи.

Минимальный КЕО в зависимости от точности работы при верхнем и комбинированном освещении нормируется в пределах от 2 до 10, а при одном боковом освещении e_{\min} - от 3,5 до 0,5.

Норма на освещение производственных помещений должна быть 500лк.

6.Технология капитального ремонта высоковольтного масляного выключателя ВМПЭ-10 с электромагнитным приводом.

6.1 Введение

Научно-технический прогресс предполагает повышение производительности труда, технического уровня и качества продукции, радикальное улучшение использования материалов, топлива и энергии. Именно с этих позиций следует рассматривать вопросы технической эксплуатации и ремонта электрического и электромеханического оборудования,

Важную роль в обеспечении надежной работы и увеличении эффективности использования электрического и электромеханического оборудования играет его правильная эксплуатация, составными частями которой являются, в частности, хранение, монтаж, техническое обслуживание и ремонты. Важным резервом является также правильный выбор оборудования по мощности и уровню использования. По оценкам специалистов, это позволяет экономить до 20—25% потребляемой электрической энергии.

Качественный ремонт оборудования может быть обеспечен только на специализированном предприятии с высоким уровнем технологической дисциплины и с использованием технологических процессов, применяемых на заводах-изготовителях этого оборудования. Ремонт крупных электрических машин, мощных трансформаторов и электрических аппаратов, как правило, обеспечивается за счет применения фирменного ремонта, осуществляемого силами предприятия - изготовителя.

					ФЮРА.140205.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Лисицкий В.Г.</i>			Технология капитального ремонта высоковольтного масляного выключателя ВМПЭ-10	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Барская А.В.</i>					92	
<i>Реценз.</i>						ТПУ ИДО гр. 3-9202		
<i>Н.Контр</i>								
<i>Утвердил</i>								

В масштабах России централизованному ремонту подвергается до 25% электрооборудования, а основная его часть ремонтируется самими потребителями. Если крупные заводы металлургической и машиностроительной промышленности обладают для этого специализированными цехами, то на большинстве предприятий ремонт производится по упрощенной технологии с невысоким качеством и повышенной себестоимостью.

Ранее такой подход был оправдан дефицитом соответствующего оборудования. Сейчас дефицит практически отсутствует, что делает некачественный ремонт экономически нецелесообразным. Поэтому при определении целесообразности осуществления ремонта и выборе его формы следует иметь в виду, что после капитального ремонта оборудование не должно уступать по своим энергетическим и эксплуатационным свойствам новому. Исключение может быть сделано лишь в случае внезапного отказа оборудования при отсутствии в наличии необходимого равноценного. Требуемая надежность электроустановок, их сохранность, сокращение unplanned простоев технологических звеньев, а также обеспечение высоких технико-экономических показателей определяются уровнем и правильной их эксплуатацией.

Поэтому организация ремонтных работ и правильный профилактический уход за электроустановками имеют важное значение. Для этого организуется плано- предупредительная система технического обслуживания и ремонта- комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту изделий для заданных условий эксплуатации. Сущность ее положений заключается в систематическом, заранее запланированном выполнении установленных видов технического обслуживания и плановых ремонтов.

Капитальный ремонт. Этот вид ремонта применяется для машин, находящихся в эксплуатации, в сроки, обусловленные графиком ППР или по

результатам профилактических (послеосмотровых) испытаний. Капитальный ремонт проводится для восстановления работоспособности и полного восстановления ресурса электрической машины с восстановлением или заменой изношенных или поврежденных узлов и заменой обмоток, ремонт машины нецелесообразен, если имеются значительные повреждения механических узлов, которые невозможно устранить силами ремонтного предприятия.

В процессе капитального ремонта, как правило, выполняются следующие работы:

текущий ремонт; проверка воздушного зазора между статором и ротором (если конструкция машины позволяет это осуществить); проверка осевого разбега роторе и зазоров между шейкой вала и вкладышем подшипника скольжения (при необходимости проводится перезаливка вкладыша);

полная разборка машины и мойка всех механических узлов; продувка и чистка коллектора, контактных колец, щеточного механизма и неповрежденных изоляционных деталей.

ремонт корпуса, подшипниковых щитов, магнитопроводов (заварка трещин, восстановление резьбовых отверстий, восстановление посадочных мест в корпусе и щитах), удаление замыканий между отдельными листами сердечников статора и ротора, устранение распушения листов, восстановление прессовки, ремонт выгоревших участков с установлением протезов; ремонт вала (исправление торцовых отверстий, устранение прогиба, восстановление посадочных отверстий и шпоночных канавок);

извлечение старых обмоток; изготовление и укладка новых обмоток из круглого провода; ремонт или изготовление новых обмоток из прямоугольного провода и их укладка;

Ремонт должен выполняться качественно, чтобы после него был обеспечен необходимый уровень эксплуатационной надежности, а технические показатели соответствовали стандартам и нормам. Поверхности

корпуса и подшипниковых щитов окрашиваются.

6.2 Краткая техническая характеристика ремонтируемого оборудования

Структура условного обозначения

ВМПЭ-10

В - выключатель

М - маломасляный

П - подвесное исполнение полюсов

Э - электромагнитный привод

10 - номинальное напряжение, кВ

Условия эксплуатации

Высота над уровнем моря до 1000 м.

Температура окружающего воздуха от 5 до 40°C.

Технические характеристики

Номинальное напряжение, кВ: 10

Собственное время отключения выключателя с приводом не более: 0,09 с

Полное время отключения выключателя с приводом, не более: 0,11 с

Масса выключателя без масла, кг: 200±10

Масса масла, кг 5,5±0,5

Наибольшее рабочее напряжение, кВ 12

Высота мм 1035 мм

Ширина 670 мм

Глубина 650 мм

6.3 Конструкция и принцип действия.

Выключатели серии: ВМПЭ-10 относятся к жидкостным трехполюсным высоковольтным выключателям с малым объемом дугогасящей жидкости (трансформаторного масла). Выключатели

предназначены для коммутации высоковольтных цепей трехфазного переменного тока в номинальном режиме работы установки, а также для автоматического отключения этих цепей при коротких замыканиях и перегрузках, возникающих при аварийных режимах.

Принцип работы выключателей основан на гашении электрической дуги, возникающей при размыкании контактов, потоком газомасляной смеси, образующейся в результате интенсивного разложения трансформаторного масла под действием высокой температуры дуги. Этот поток получает определенное направление в специальном дугогасительном устройстве, размещенном в зоне горения дуги. (Рисунок 6.2)

Управляется выключатель электромагнитным приводом постоянного тока, встроенным в раму выключателя.

Оперативное включение осуществляется за счет энергии включающего электромагнита, а отключение - за счет отключающих пружин и пружинного буфера, которые срабатывают при воздействии отключающего электромагнита или кнопки ручного отключения на защелку привода, удерживающую выключатель во включенном положении.

Выключатель состоит из рамы являющейся основанием и прикрепленных к ней на изоляторах трех полюсов. Между полюсами установлены изоляционные перегородки. В раме выключателя размещены электромагнитный привод постоянного тока, главный вал с рычагами и кинематической связью и изоляционная тяга соединяющая валы выключателя и привода. Внутри рамы также установлены отключающие пружины и буферные устройства. (Рисунок 6.1)



Рисунок 6.1 Общий вид выключателя ВМПЭ-10

Полус выключателя состоит из влагостойкого изоляционного цилиндра с металлическими фланцами, корпуса, к которому крепится головка полюса. Сверху полюс закрыт крышкой из изоляционного материала с шариковым клапаном. Снизу полюс также закрыт крышкой. Внутри корпуса полюса размещен механизм перемещения подвижного контакта состоящий из двух рычагов жестко закрепленном на общем валу. Наружный рычаг изоляционной тягой связан с валом выключателя, который через систему рычагов связан с валом привода. Внутренний рычаг шарнирно связан двумя серьгами с подвижным контактом. К головке полюса крепятся два направляющих стержня. Между ними и подвижным контактом установлены токоотводы (роликовые токосъемные устройства). На нижней крышке установлен неподвижный контакт розеточного типа и маслоспускной болт. Дугогасительная камера состоит из пакета изоляционных пластин. Форма пластин и порядок их укладки образуют дутьевые каналы и масляные карманы, что определяет направление дутья для

гашения дуги.(Рисунок 6.2)

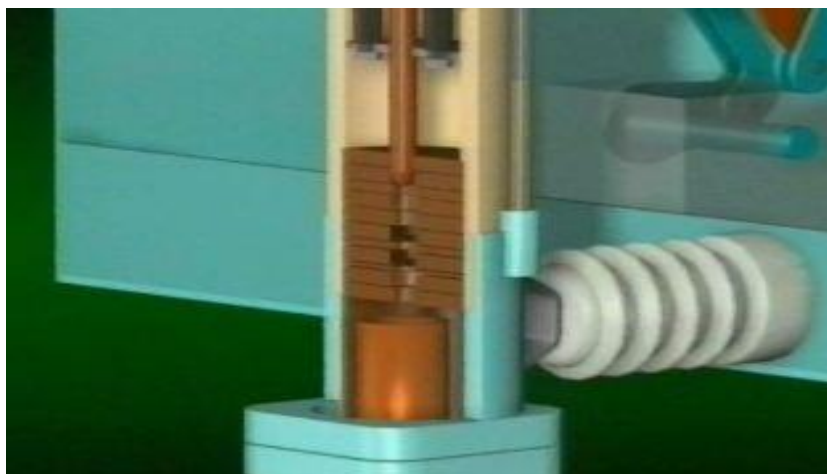


Рисунок 6.2 Дугогасительная камера

Привод выключателя ВМПЭ-10 состоит из механизма и двух электромагнитов - включающего и отключающего. Электромагнит включения предназначен для обеспечения динамического включения выключателя и состоит из подвижного сердечника со штоком, пружины, катушки и магнитопровода. В нижней части основания установленные резиновые прокладки, служащие буфером сердечнику падающему после завершения процесса включения. В скобе основания имеются вывесы и выступы для установки рычага ручного включения. Электромагнит отключения предназначен для отключения выключателя при получении команды от ключа управления или реле защиты. (Рисунок 6.3)



Рисунок 6.3 Привод выключателя ВМПЭ

Механизм привода представляет собой плоскую рычажную систему и предназначен для передачи движения от штока включающего электромагнита к механизму выключателя и обеспечения свободного расцепления. Оперативное включение выключателя происходит за счет энергии включающего электромагнита привода, а отключение за счет энергии отключающих пружин самого выключателя. (Рисунок 6.4)



Рисунок 6.4 Рычажная система привода ВМПЭ-10

6.4 ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Организация капитального ремонта включает:

Подготовку документации, запасных частей и материалов;

Создание условий для проведения работ, обеспечивающих соблюдение требований правил технической эксплуатации, правил безопасности и санитарно-технических норм;

Организацию рабочих мест с размещением на них такелажных приспособлений, ремонтируемых сборочных единиц и оргнастки, исходя из конкретных условий для наиболее рационального использования рабочих площадок;

Обеспечение рабочих мест подъемно-транспортным оборудованием, приспособлениями и средствами механизации;

разработку схем подачи сжатого воздуха, кислорода, ацетилена, электропитания и т.д.;

Разработку организационной структуры и режима работы ремонтного персонала;

Организацию уборки и транспортирования мусора, отходов и поддержания чистоты ремонтных площадок.

Рекомендуется, до начала ремонта составить проект организации работ (ПОР), в который бы входили мероприятия, перечисленные выше.

До начала ремонта необходимо:

Подготовить слесарный инструмент, приборы;

Подготовить основные и вспомогательные материалы для ремонта.

Перечень и количество материалов уточнить в зависимости от объема работ;

Проверить наличие запасных частей к выключателю;

Подготовить и проверить защитные средства;

Согласовать порядок работы с другими бригадами, выполняющими смежные работы;

Доставить к рабочим местам материалы, запасные части и инструмент;

Подвести электропитание технологической оснастки от ближайшей к месту ремонта силовой сборки.

Ремонт выключателя производится специализированной бригадой, состав которой определяется объемом работ и плановыми сроками простоя выключателя в ремонте.

Для обеспечения оптимальной загрузки ремонтного персонала Руководством предусматривается проведение ремонта с типовой номенклатурой работ по технологической схеме.

Ремонт выключателя производится специализированной бригадой, состав которой определяется объемом работ и плановыми сроками простоя выключателя в ремонте.

Для обеспечения оптимальной загрузки ремонтного персонала

Руководством предусматривается проведение ремонта с типовой номенклатурой работ по технологической схеме.

Технические характеристики отремонтированного выключателя должны строго соответствовать техническим данным, приведенным в паспорте выключателя.

Приемка выключателя аз ремонта осуществляется персоналом эксплуатационных служб. В паспорте выключателя делается отметка о проведенном ремонте.

На отремонтированный выключатель должна быть составлена ведомость основных показателей технического состояния выключателя.

При проведении капитального ремонта выключателя необходимо:

Выполнять общие требования безопасности, требования действующих местных инструкций, а также указания, изложенные в техническом описании и инструкции по эксплуатации;

Проверить состояние средств пожаротушения;

Ознакомиться с расположением и проверить состояние устройств подачи электроэнергии, сжатого воздуха и т.д.;

До начала проведения высоковольтных испытаний проверить затяжку всех соединений.

При осмотре выключателя обнаружено сильное изнашивание активной части.

6.5 ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Капитальный ремонт производится с периодичностью 1 раз в 6 – 8 лет.

Объём капитального ремонта состоит из следующих основных операций:

А) подготовку документации, запасных частей и материалов;

б) создание условий для проведения работ, обеспечивающих соблюдение требований правил технической эксплуатации и правил безопасности;

в) организацию рабочих мест с размещением на них ремонтируемых единиц в оргоснастки, исходя из конкретных условий для наиболее рационального использования ремонтных площадок;

г) обеспечение рабочих мест оборудованием, приспособлениями и средствами механизации ремонта;

д) разработку схем подачи электропитания, сжатого воздуха и т.п.;

е) разработку организационной структуры и режима работы ремонтного персонала;

ж) организацию уборки и транспортирования мусора, отходов и поддержания чистоты ремонтных площадок.

Ремонт выключателя производится специализированной бригадой, состав которой определяется объемом работ и плановыми сроками простоя выключателя в ремонте.

Технические характеристики отремонтированного выключателя должны строго соответствовать техническим данным, приведенным в паспорте выключателя.

Приемка выключателя из ремонта осуществляется персоналом эксплуатационных служб.

На отремонтированный выключатель должна быть составлена ведомость основных показателей технического состояния выключателя.

При проведении капитального ремонта выключателя необходимо:

а) выполнять общие требования безопасности, требования действующих местных инструкций, а также указания, изложенные в техническом описании и инструкции по эксплуатации;

б) проверять состояние средств пожаротушения;

в) ознакомиться с расположением и проверить состояние устройств подачи электроэнергии, сжатого воздуха и т.д.;

г) до начала проведения высоковольтных испытаний проверить затяжку всех соединений.

Капитальный ремонт выключателей ВМПЭ-10 выполняют в следующем порядке: снимают междуполюсные перегородки; сливают масло и одновременно проверяют работу маслоуказателей; отсоединяют от полюсов изоляционные тяги и снимают полюсы; открывают нижние крышки с

неподвижными контактами и вынимают распорные цилиндры и камеры, которые для предохранения от увлажнения погружают в сухое трансформаторное масло; открывают верхние крышки и вынимают маслоотделители. Дальнейшая разборка механизма и других узлов производится в случае необходимости после их осмотра.

При легком обгорании контактов поврежденные места зачищают мелкой наждачной шкуркой, наплывы опиливают напильником. После зачистки или опиливания контакты промывают бензином или трансформаторным маслом. Обугленные места в дугогасительных камерах зачищают. Если камера сильно обгорела или в ней имеются трещины, заменяют всю камеру. При ревизии механизма и узлов, находящихся в раме выключателя, очищают все детали, заменяют смазку в трущихся частях, проверяют все крепления и восстанавливают окраску. Проверяют также исправность масляного буфера, шток и поршень которого должны двигаться плавно. Если буфер заедает, его разбирают, промывают и заполняют чистым трансформаторным маслом.

Перед установкой на раму выключателя проверяют, легко ли перемещаются механизмы полюсов, свободно ли поворачивается главный вал выключателя при отсоединенных отключающих пружинах, надежно ли заземлена рама выключателя,

Выключатель заполняют чистым сухим трансформаторным маслом. В каждый полюс заливают около 1,5 л масла до уровня по маслоуказателю.

Затем соединяют тягой выключатель с приводом и производят его регулировку. Специальным шаблоном устанавливают положение главного вала при отключенном выключателе и фиксируют его масляным буфером. В отключенном положении ставят отключающие пружины. Регулируют выключатель без верхних крышек на полюсах и без маслоотделителей.

Перед регулировкой в резьбовое отверстие на торце подвижного контакта каждого полюса ввинчивают контрольный металлический стержень диаметром 6мм и длиной 400мм. На контрольных стержнях наносят отметки, соответствующие предельным крайним положениям механизмов, включив и

отключив полюсы до отказа за наружные рычаги. Кроме того, делают отметку на расстоянии 5мм от крайнего отключенного положения стержней. Соединяют в отключенном положении вал выключателя с механизмами полюсов изоляционными тягами. Длину изоляционных тяг регулируют таким образом, чтобы отметки отключенного положения на контрольных стержнях совпали с отметками, не доходя стержней на 5 мм до крайнего положения.

С помощью рычага ручного включения привода доводят подвижные контакты выключателя до касания с неподвижными. Разновременность касания контактов не должна превышать 5мм. Для регулировки касания контактов изменяют длину изоляционной тяги. Далее доводят выключатель до включенного положения, посадив его на удерживающую защелку привода. При этом проверяют полный ход подвижных контактов (240 — 245 мм), ход в контактах (55 — 63мм), угол поворота вала (85 — 89°) и недоход до крайнего, включенного положения (не менее 4мм). Указанные величины регулируют, изменяя положения упорного болта пружинного буфера.

После регулировки окончательно закрепляют изоляционные тяги с механизмами полюсов. При правильной регулировке время включения выключателя составляет не более 0,3 с. Замеряют сопротивление токопровода выключателя (между выводами), которое не должно превышать: 55мкОм для выключателей на номинальный ток 630 А, 40мкОм — для 1000А и 30 мкОм — для 1500А. Затем вывинчивают контрольные стержни, устанавливают маслоотделители, верхние крышки и междуполюсные перегородки.

По окончании ремонта выключатель во включенном положении испытывают повышенным напряжением. Мастер, руководивший работами по ремонту, производит приемку выключателя после ремонта и по результатам выполненных работ и испытания проверяем возможность включения его в работу.

Заключение

В выпускной квалификационной работе разработана реконструкция подстанции «Заводская» 35/10 кВ с двумя трансформаторами ТДН-10000/35. Произведены все необходимые расчеты по выбору и проверке устанавливаемого оборудования, определены необходимые параметры подстанции.

Выполнен расчёт электрических нагрузок подстанции и проверка мощности трансформаторов. Произведён расчёт токов короткого замыкания и выбор основного электрооборудования 35,10 кВ.

Рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта. Произведен расчет заземляющего устройства подстанции.

Рассмотрена важная тема для электромонтеров по обслуживанию подстанций - технология капитального ремонта маломаслянного выключателя ВМПЭ-10 с электромагнитным приводом.

Обоснована реконструкция подстанции и произведен выбор из двух трансформаторов разной мощности более подходящий к подстанции. В ходе расчетов доказали, что реконструкция подстанции экономически выгодна.

					ФЮРА.140205.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Лисицкий В.Г.			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Руковод.		Барская А.В.					105	106
Реценз.						ТПУ ИДО гр. 3-9202		
Н.Контр								
Утвердил								

Список использованной литературы

1. Правила устройства электроустановок. – (6-е изд. переработанное и дополненное с изменениями). Санк-Петербург 2001г.
2. Безопасность жизнедеятельности/Под ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 1999.- 430 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учеб.пособие для вузов/Под ред. проф. Л. А. Муравья. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002-431 с.
4. Борисова Л.М., Германович Е.А. Экономика энергетики: учеб. пособие.– Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 208 с.
5. Бошнякович А.Д. Механический расчет проводов и тросов линий электропередачи. – Ленинградское отделение: Энергия, 1971.- 305 с.
6. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984.- 824 с.
7. Егоров П.Т., Шляхов И.А., Алабин Н.И. Гражданская оборона.– М.: Высшая школа, 1977.- 395с.
8. Еремин В.Г., Сафронов В.В., Схиртладзе А.Г., Харламов Г.А. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в машиностроении. Учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2002.- 400 с.
9. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.
10. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями и дополнениями). – СПб.: Издательство ДЕАН, 2004.-208 с.

					ФЮРА.140205.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Лисицкий В.Г.</i>			Список литературы	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Барская А.В.</i>					106	106
<i>Н.Контр</i>						ТПУ ИДО гр. 3-9202		
<i>Утвердил</i>								

11. Мельников Н.А. Электрические сети и системы. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, стереотип. М., «Энергия», 1975
12. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.-608 с.
13. Организация, планирование и управление энергетическим предприятием. Учебник для энергетических специальных ВУЗов/С.Л. Прузнер, А.Н. Златопольский, В.Г. Журавлев. – М.: Высшая Школа., 1981 – 432с., ил.
14. Охрана труда в электроустановках: Учебник для ВУЗов/ Под ред. Б.А. Князевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 336с.; ил.
15. Поспелов Г.Е., В.Т. Федин В. Т. - Электрические системы и сети. - 2-е издание, исправленное и дополнительное, Минск.: «Высшая школа». -1988
16. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - СПб.: Изд-во ДЕАН, 2003.-304 с.
17. Правила устройства электроустановок. - 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 2003.- 649 с.
18. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1987.– 648 с.
19. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования/Под ред. БД. Неклепаева. -М: Изд-воНЦЭНАС, 2000. -152с.
20. Справочник по проектированию электроэнергетических систем под ред. С.С. Рокотяна и И.М.Шапиро, - М.: Энергоатомиздат, 1997.– 348 с.
21. Справочник по технике безопасности/ Долин П.А. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984 – 824с., ил.
22. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения/ С.А.Бажанов, И.С. Батхон, И.А. Баумштейн и др.; Под ред. И.А.

- Баумштейна и М.В. Хомякова. – 2-е изд., прераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 656 с.
23. Справочник по проектированию электроснабжения под редакцией Ю. Г. Барыбина, М.: Энергоатомиздат, 1990.
24. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: - М.: Энергоатомиздат, 1987.
25. Справочник по электроснабжения промышленных предприятий. Под редакцией А.А.Федорова - М.: Энергия,1980.
26. Нормы технологического проектирования электроснабжения промышленных предприятий – М: НТПЭПП, 1994.
27. Пименов О.К. Справочник ППР энергетического оборудования – М.: Металлургия, 1985.
28. Руководящие указания по релейной защите трансформаторов.13А- М: Энергоатомиздат, 1983.
29. Афанасьев Н.А., Юсипов И.В. Системы технического обслуживания и ремонтаоборудования энергохозяйства промышленных предприятий – М.: Энергоиздат, 1989.
30. Интернет [http:// Google.ru](http://Google.ru)