

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

Институт ИнЭО

Специальность Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Кафедра Электроэнергетические Системы

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Разработка релейной защиты и автоматики линии электропередач 220 кВ Томская ТЭЦ 3

УДК 621.316.925.1:621.311.1:621.311.22.(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 9401	Ярцев А.Ю.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кулешова Е.О.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

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

Институт ИнЭО
Направление подготовки (специальность) Релейная защита и автоматизация
электроэнергетических систем
Уровень образования Специалитет
Кафедра Электроэнергетические сети
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.05.2016г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.02.2016	1. Релейная защита и автоматика ВЛ	15
25.03.2016	2. Расчет токов короткого замыкания	25
10.04.2016	3. Расчет уставок	35
25.04.2016	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
30.05.2016	5. Социальная ответственность	10
Итого		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кулешова Е.О.	к.ф.-м.н.		15.02.2016г.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Направление ООП 140203 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Профиль Электроэнергетические системы

Кафедра, институт Электроэнергетические системы, ИнЭО

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные компетенции		
Р1	<i>Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-1, 3; ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.</i>	Требования ФГОС (ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	<i>Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ОПК-1; ПК-1, 2, 3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	<i>Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, с готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.</i>	Требования ФГОС (ОК-3; ОПК-1, 4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Профессиональные компетенции		
Р5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.</i>	Требования ФГОС (ОПК-4; ПК-4-6)1, Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов
Р6	<i>Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.</i>	Требования ФГОС (ПК-1, 7,8), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
Р7	<i>Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.</i>	Требования ФГОС (ПК-2, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
Р8	<i>Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.</i>	Требования ФГОС (ПК-3, 13, 14, 15, 24-26), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных с

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

Институт ИнЭО
Направление подготовки (специальность) Релейная защита и автоматизация
электроэнергетических систем
Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
З 9401	Ярцев Андрей Юрьевич

Тема работы:

<i>Разработка релейной защиты и автоматики линии электропередач 220 кВ «Томская-ТЭЦ-3»</i>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2016г. №577/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Схема участка Томской Энергосистемы Параметры электрооборудования
<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>	

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Выбор релейной защиты Расчет уставок релейной защиты Микропроцессорные терминалы релейной защиты Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Производственная и экологическая безопасность
--	--

Перечень графического материала	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Диплом	<i>Кулешова Елена Олеговна</i>
Финансовый Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<i>Коришунова Лидия Афанасьевна</i>
Социальная ответственность	<i>Амелькович Юлия Александровна</i>

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.2016г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	<i>Кулешова Е.О.</i>	к.ф.-м.н.		15.02.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 9401	<i>Ярцев А.Ю.</i>		15.02.2016г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-9401	Ярцев Андрей Юрьевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	
Уровень образования	Инженер	Направление	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	- формирование вариантов решения с учётом научного и технического уровня
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	- планирование выполнения проекта
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Бюджет затрат на исследование
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	- определение технико-экономической эффективности - расчёт капитальных вложений в основные средства

Перечень графического материала:

График разработки и внедрения ИР

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2016г.
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	к.т.н.		12.03.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9401	Ярцев Андрей Юрьевич		12.03.2016г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-9401	Ярцев Андрей Юрьевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Инженер	Направление/специальность	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования является релейная защита на микропроцессорной основе ШЭ2706 защищающая линию 220 кВ</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1.Производственная безопасность 1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – 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)	<i>Вредные факторы:</i> -Климатические условия -Недостаточная освещенность -Повышенный уровень шума -Электромагнитные поля -Запыленность
1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	<i>Опасные факторы:</i> -Механические опасности -Термические опасности -Электробезопасность -Пожаровзрывоопасность
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	<i>Экологическая безопасность</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	<i>Безопасность в чрезвычайных ситуациях</i>

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	<i>Общая производственная нормированная санитария по компоновке рабочего места</i>
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.03.2016г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н.		10.03.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9401	Ярцев Андрей Юрьевич		10.03.2016г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная содержит: 109 страниц, 21 рисунок, 23 таблицы, 33 литературных источника

Ключевые слова: Релейная защита, уставка, чувствительность, автоматика.

Объектом исследования является: Линия электропередач 220 кВ «Томская-ТЭЦ-3».

Цель работы: Разработать релейную защиту и автоматику для линии 220 кВ «Томская-ТЭЦ-3»

В процессе исследования проводились: Расчеты токов КЗ, Выбор шкафов на микропроцессорной основе, выбор трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, расчет уставок, технико-экономическое обоснование проекта, решения вопроса по производственной безопасности.

В результате исследования: Была спроектирована надежная, селективная, современная релейная защита на микропроцессорной основе.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Малые габариты и малый вес выбранных шкафов, что не доставляет трудностей в монтаже и техническом обслуживании. Простота и легкость в настройках уставок.

Степень внедрения: Новшество

Область применения: Данная защита на микропроцессорной основе ШЭ 2607 устанавливается на ВЛ 0,4 – 330 кВ, что расширяет область применения в энергетике страны.

Экономическая эффективность/значимость работы: В данном проекте спроектированная релейная защита экономически эффективна и надежна при внедрении и эксплуатации.

В будущем планируется: Модернизация релейной защиты в энергетике страны, а также отдельных предприятий. Данный проект можно использовать при проектирование и создании новых высоковольтных линий электропередач.

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Реферат		
Разраб.	Ярцев А.Ю						
Руковод.	Кулешова Е.О.						
Консульт.							
Н.Контр							
Утвердил					ТПУ ИнЭО гр. 3-9401		
					Лит.	Лист	Листов
						8	110

Содержание

Введение.....	10
1.1 Релейная защита и автоматика ВЛ	12
1.2 Виды защит ВЛ	15
1.3 Выбор шкафов	21
1.4 Исходные данные к курсовому проекту	28
1.5 Расчет токов короткого замыкания	29
1.6 Выбор измерительных трансформаторов	38
1.7 Выбор и расчет уставок РЗ	39
2 Цифровой блок релейной защиты БМРЗ-100.....	54
3 Техничко-экономическое обоснование инновационного проекта	75
4 Социальная ответственность	87
Литература.....	108
Нормированная литература	109
Приложения.....	111

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Содержание			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	Ярцев А.Ю									9	110	
Руковод.	Кулешова Е.О.							ТПУ ИнЭО гр. 3-9401				
Консульт.												
Н.Контр												
Утвердил												

Введение

Любые электрические системы должны быть надёжными, экономичными, удобными и безопасными в эксплуатации и обеспечивать потребителей электроэнергией требуемого качества. Большую роль в выполнении этих требований играют устройства релейной защиты и автоматики.

Проектирование релейной защиты и автоматики представляет собой сложный процесс выработки и принятия решений по выбору принципов выполнения релейной защиты. Также решаются вопросы эффективного функционирования устройств релейной защиты и автоматики всех элементов защищаемой схемы, начиная с выбора видов и расчёта уставок проектируемых устройств и кончая правильным их подключением к цепям оперативного тока и к трансформаторам тока и напряжения.

Ранее применявшиеся панели решено заменить шкафами, что также улучшает условия работы устройств. Уменьшается доступ пыли, аппаратура размещается на нескольких уровнях, с сохранением доступа к ней, запирающиеся дверцы шкафа улучшают ее сохранность. Может быть выполнено одностороннее обслуживание, что позволяет придвинуть шкаф к стене и сэкономить место. Еще более эффективно применение типовых шкафов защиты. Шкафы выполняются по стандартным схемам, проверенным в эксплуатации, а значит, уменьшается вероятность ошибки, сокращаются трудозатраты по монтажу шкафа. Проекты выполняются по типовым схемам, что сокращает трудозатраты на проектирование, и опять-таки уменьшает вероятность ошибки. Персонал, обслуживающий устройства защиты, лучше знает типовое оборудование, что, в свою очередь, сокращает его трудозатраты и снижает вероятность его ошибок. В эпоху широкого внедрения электромеханических устройств РЗА более 95% устройств РЗА выполнялось на типовых панелях по типовым проектам. Существовал даже официальный запрет на применение нетиповых решений. По этой причине при внедрении микропроцессорных устройств защиты также задан и решается вопрос применения типовых схем и решений.

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.		Ярцев А.Ю			Введение					
Руковод.		Кулешова Е.О.								
Консульт.										
Н.Контр										
Утвердил										
					Лит.		Лист	10	Листов	110
					ТПУ ИнЭО гр. 3-9401					

В данном Дипломном проекте рассмотрена ВЛ 220 кВ находящаяся в составе участка Томской Энергосистемы, соединяющая ПС ТЭЦ-3 220 кВ и понизительную ПС Томская 500 кВ. Данная линия является составным звеном кольцевой сети. Также эта линия входит в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть.

На рисунке 1 представлен участок Томской энергосистемы

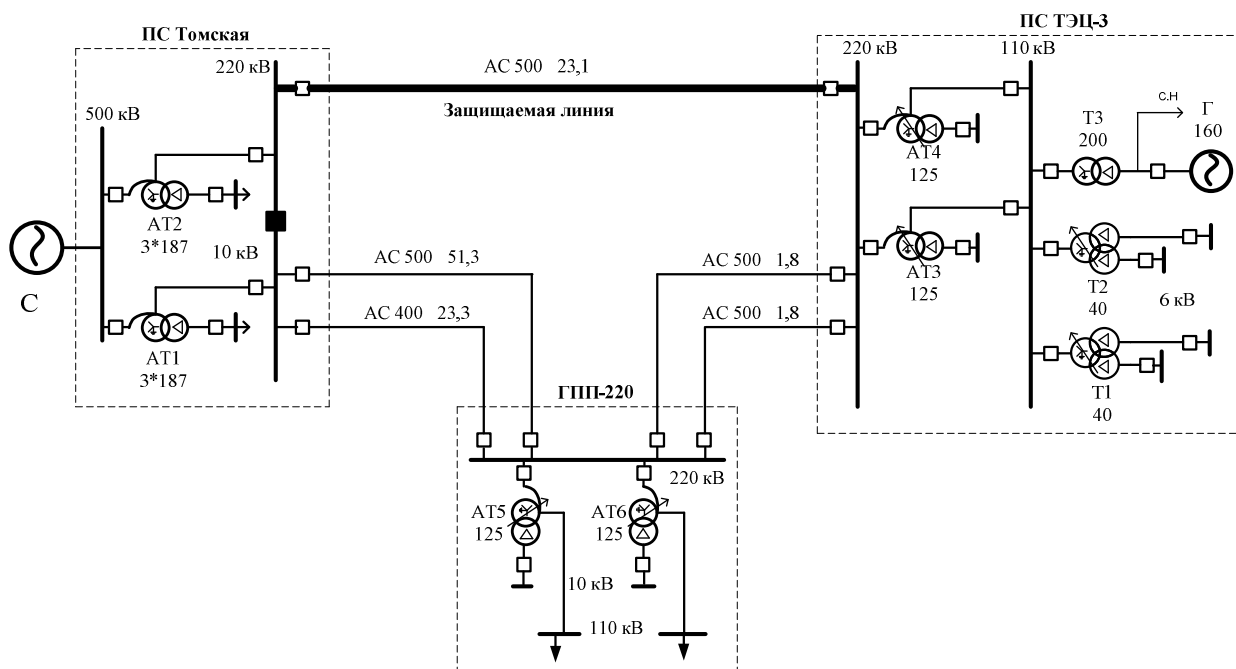


Рисунок 1 - Участок Томской энергосистемы

1.1 Релейная защита и автоматика ВЛ

Бурное развитие электрических сетей сегодня требует большого числа высокоэффективных защит воздушных линий (ВЛ), используемых для передачи электроэнергии.

Назначение релейной защиты:

- а) Автоматическое выявление поврежденного элемента с последующей его локализацией.
- б) Автоматическое выявление ненормального режима с принятием мер для его устранения.

К основным требованиям, которые предъявляются к устройствам релейной защиты относятся:

- 1.1.1 Селективность;
- 1.1.2 Быстрота отключения;
- 1.1.3. Чувствительность;
- 1.1.4. Надежность.

1.1.1 Селективность

Селективностью, или избирательностью, называется действие защиты, обеспечивающее отключение только поврежденного элемента системы посредством его выключателей.

Существует два вида селективности:

- а) Абсолютная селективность. Если по принципу своего действия защита срабатывает только при Коротком Замыкании (КЗ) на защищаемом элементе, то ее относят к защитам, обладающим абсолютной селективностью.
- б) Относительная селективность. Защиты, которые могут срабатывать как резервные при повреждении на смежном элементе, если это повреждение не отключается, называются относительно селективными.

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ												
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата													
Разраб.		А.Ю. Ярцев			1.1 Релейная защита и автоматика ВЛ												
Руковод.		Е.О. Кулешова									Лит.			Лист		Листов	
Консульт.														12		110	
Н.Контр											ТПУ ИнЭО гр. 3-9401						
Утвердил																	

1.1.2 Быстродействие

В большинстве случаев к релейной защите, действующей при повреждениях на отключение, предъявляется требование быстродействия.

Это определяется следующими основными соображениями:

1) Ускорение отключения повреждений повышает устойчивость параллельной работы генераторов в системе и дает возможность увеличить пропускную способность ВЛ электропередачи.

При применении быстродействующих реле и выключателей нарушение динамической устойчивости параллельно работающих синхронных машин в следствии короткого замыкания может быть исключено. Тем самым устраняется одна из основных причин возникновения наиболее тяжелых, с точки зрения бесперебойной работы потребителей, системных аварий.

2) Ускорение отключения повреждений уменьшает время работы потребителей при пониженном напряжении.

При быстродействующих защитах и выключателях практически все двигатели, установленные как у потребителей, так и на собственных нуждах станций, за исключением тех, которые питаются от отключившегося выключателя, после отключения короткого замыкания могут оставаться в работе. Более того, уменьшение вращающих моментов, например у синхронных двигателей оказывается столь кратковременным, что потребители не ощущают этого.

3) Ускорение отключения повреждений уменьшает размер разрушения поврежденного элемента. Уменьшается время, затрачиваемое на проведение восстановительного ремонта и уменьшается затраты на него.

4) Ускорение отключения повреждений повышает эффективность АПВ поврежденных ЛЭП.

В современных энергосистемах для сохранения устойчивости требуется весьма малое время отключения КЗ. Так например на электропередачах 330-500кВ необходимо отключить повреждения за 0,1-0,2 сек. после его повреждения, а в сетях 110-220кВ - за 0,15-0,3 сек.

1.1.3 Чувствительность

Релейная защита должна быть достаточно чувствительной к повреждениям и ненормальным режимам работы, которые могут возникнуть на защищаемых элементах электрической системы. Удовлетворение требований необходимой чувствительности в современных электрических сетях часто встречает ряд серьезных затруднений.

Так, например, при передаче больших мощностей в районы потребления отстоящие иногда на сотни километров, используются сети высокого

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

напряжения с большой пропускной способностью отдельных ЛЭП. При этом ток К.З. в поврежденных линиях при учете возможных минимальных режимах работы станций и повреждений через большие переходные сопротивления (электрическая дуга) могут быть соизмеримы, или даже меньше максимальных токов К.З.

Это приводит к отказу от применения простых токовых защит и заставляет переходить на более сложные и дорогие типы защитных устройств. Поэтому с учетом опыта эксплуатации и уровня техники к защитам предъявляются минимальные требования в отношении чувствительности.

Чувствительность защиты должна быть такой, чтобы она действовала при К.З. в конце установленной для нее зоны в минимальном режиме системы и при замыканиях через электрическую дугу. Чувствительность защит принято характеризовать коэффициентом чувствительности $K_{\text{ч}}$. Для защит, реагирующих на ток К.З. коэффициент чувствительности равен:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.з. min}}}{I_{\text{с.з.}}} \quad (1.1)$$

1.1.4 Надежность

Требование надежности состоит в том, что защита должна правильно и безотказно действовать на отключение выключателей оборудования при всех его повреждениях и нарушениях нормального режима работы, на действие при которых она предназначена и не действовать в режимах, при которых ее работа не предусматривается.

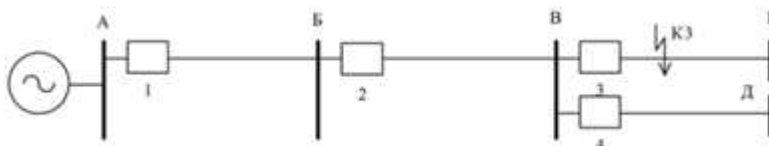


Рисунок 2 - Отказ защит в сети с односторонним питанием

Например, при К.З. в точке КЗ и отказе защиты В3 срабатывает защита В2, в результате чего вместо погашения одной подстанции Г мы обесточим три подстанции Г, Д, В, а при неправильной работе в нормальном режиме защиты В1 потеряют питание потребители четырех подстанций Б, В, Г, Д.

Таким образом, необходимо констатировать, что должна срабатывать только защита поврежденной линии. Защиты неповрежденных линий и других элементов системы (генераторов, трансформаторов) могут при этом происходить в действие, но не срабатывать. Срабатывание защит неповрежденных элементов должна иметь место только в случае, если они предназначены действовать как резервная при отказе защиты или выключателя поврежденной линии.

1.2 Виды защит ВЛ

1.2.1 Дистанционная защита (ДЗ).

Это резервная защита.

В сетях, имеющих сложную конфигурацию, для защиты от коротких межфазных замыканий применяются ДЗ, которая выполняет измерение полного сопротивления ВЛ от измерительных трансформаторов напряжения на подстанциях до непосредственного места возникновения КЗ.

Так как данное сопротивление пропорционально дистанции (расстоянию) до мест короткого замыкания, то и защита получила название дистанционной.

Она сложнее обычных токовых и имеет следующие преимущества:

- зона её действия всегда остаётся постоянной вне зависимости от режима сети и величин токов КЗ;
- имеет направленность действия.

В целях обеспечения селективности действия дистанционной защиты на смежных ВЛ время их действия делают зависимым от расстояния до места возникновения короткого замыкания: дальше КЗ – больше время срабатывания.

Защита выполняется по ступенчатому принципу, когда каждая последующая ступень имеет большую выдержку отключения по времени.

- I ступень по уставке срабатывания охватывает 80% длины защищаемой линии (это основная ступень, работающая при КЗ на линии);
- II ступень защищает всю линию и шины своей и противоположной подстанции (именно она заводится на все виды ускорений);
- III ступень используется для дальнего резервирования, т.е. должна работать при отказе защит на смежных присоединениях.

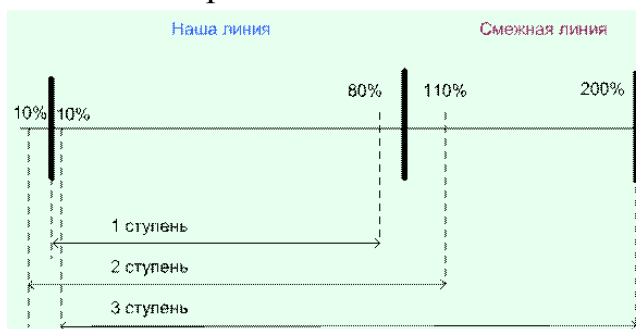


Рисунок 3 - Ступени срабатывания ДЗ

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	А.Ю. Ярцев						
Руковод.	Е.О. Кулешова						
Консульт.							
Н.Контр							
Утвердил							
					Лит.		
					Лист		
					Листов		
					15		
					110		
					ТПУ ИнЭО гр. 3-9401		

Может быть КЗ чисто металлическое, а может быть через дугу (воздушный промежуток, дерево, проволока). В любом случае, значение сопротивления КЗ на линии будет меньше полного сопротивления линии.

Дистанционная защита постоянно контролирует сопротивление линии с помощью двух измерительных элементов – трансформатора тока и трансформатора напряжения. И по закону Ома мы вычисляем сопротивление:

$$Z = U : I \quad (1.2)$$

1.2.2 Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП).

При коротких замыканиях на землю применяются ТЗНП, которая использует факт появления в напряжениях и токах нулевой последовательности при таких КЗ в сетях, работающих в режиме глухозаземлённой нейтрали у трансформаторов.

Как известно, составляющие нулевой последовательности выделяются из фазных величин простой геометрической суммой векторов данных величин.

При этом, нулевой провод токовых цепей, которые собраны по схеме полной звезды – это не что иное, как фильтр токов нулевой последовательности. Поэтому ТЗНП выполняется на электромагнитных реле, включённых в нулевой провод.

Селективность на смежных ВЛ обеспечивается также как и у ДЗ, когда время действия защиты зависит от расстояния до места короткого замыкания, то есть, чем меньше ток срабатывания, тем дальше точка короткого, тем больше время срабатывания.

Как и ДЗ, ТЗНП выполняется ступенчатым, когда каждая последующая ступень имеет меньший ток и большее время срабатывания.

1.2.3 Токовая отсечка (ТО).

Токовая отсечка от междофазных коротких замыканий

Данная мера считается дополнением защит от коротких межфазных замыканий, которая за счёт своей простоты схемы способна обеспечить максимум надёжности.

Защищает 20-30% длины линии. Защита выполнена в двухфазном исполнении, включена на токи фаз А и С. Поэтому при близких однофазных коротких замыканиях на фазах А или С эта защита может работать.

Токовая отсечка особенно востребована при замыканиях в самом начале линий, когда направленные защиты менее надёжны. Так, например, если 1-ая ступень ДЗ выполнена с выдержкой времени, то отсечка в данном случае будет единственной быстродействующей мерой.

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

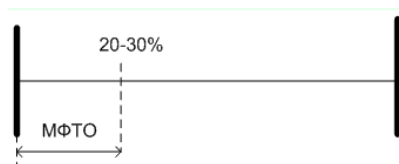


Рисунок 4 - Ступень срабатывания ТО

Правда, на ВЛ небольшой длины, когда 1-ая ступень ДЗ делается с выдержкой времени, правильно отстроить ТО от КЗ на шинах ПС с противоположной стороны с обеспечением нормальной чувствительности при замыканиях вначале линии не всегда возможно.

В таких случаях лучше применять, так называемую, неселективную токовую отсечку, которая автоматически вводится в действие при помощи контакта реле ускорения при включении линейного выключателя вручную или же от АПВ.

1.2.4 ДФЗ

Дифференциально-фазные защиты применяются в сетях 220 кВ и выше в качестве основных защит от всех видов повреждений. Защиты, имеющие абсолютную селективность, то есть отключающие только защищаемый участок, называются основными.

Работая в пределах установленных полукомплектов по концам линий, защиты ДФЗ являются основными. Способность дифференциально-фазных защит реагировать на все виды симметричных и несимметричных повреждений, основывается на сравнении комплексных токов по обоим концам линии. Учитывается фаза токов прямой и обратной последовательности.

При настройке защит принимают положительное направление токов от шин в линию, и отрицательное от линии к шинам. При коротком замыкании в защищаемой зоне, токи коротких замыканий (КЗ) стекаются к месту замыкания, при этом они положительны и имеют одинаковую фазу. В этом случае происходит отключение линии.

При повреждении вне защищаемого участка, направление токов по обоим концам линии совпадает, они сдвинуты по фазе на электрический угол 180° . Таким образом, место повреждения и работа устройства определяется сравнением фаз токов.

1.2.5 ТНЗНП

Токовая направленная защита нулевой последовательности

Самая надежная и в месте с тем простая защита линии. Это логическая цепочка из контакта токового реле, реле направления мощности и реле времени (начиная со второй ступени).

Первая ступень действует без выдержки времени, охватывает 40-60% длины линии, остальные ступени имеют выдержки времени.

Вторая ступень охватывает 90-100% длины линии.

Третья ступень надежно охватывает линию до шин противоположной подстанции.

Четвертая (пятая ступень) применяется для обеспечения дальнего резервирования.

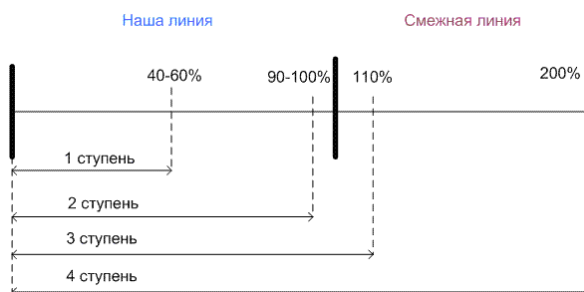


Рисунок 5 - Ступени токовой направленной защиты нулевой последовательности

1.2.6 Ускорение резервных защит

Предназначено для резкого уменьшения выдержек времени чувствительных ступеней резервных защит. Необходимо при опробовании линии напряжением, при отключении основных защит линии, в дополнение к основным защита.

Устройство ускорения резервных защит состоит из:

- оперативного;
- автоматического ускорения;
- телеускорения (при наличии каналов АНКА-АВПА).

Оперативное ускорение II ступени дистанционной защиты до 0,35 сек. вводится в работу оперативным персоналом при отключении основной защиты линии (ДФЗ).

Автоматическое ускорение вводится автоматически на время 0,9сек. при включении линии под напряжение вручную (от ключа управления) или от АПВ. При этом ускоряются до 0 сек. II ступень дистанционной защиты и III ступень ТНЗНП, направленность ТНЗНП при этом выводится.

Телеотключение (ТО) и телеускорение (ТУ) передаются по каналам АНКА-АВПА.

Телеотключение работает следующим образом. При отключении линии с одной стороны от устройств РЗА и ПА, действующих с запретом АПВ, формируется I команда передатчика АНКА-АВПА и передаётся по ВЧ каналу на приёмник противоположной стороны линии. При приёме I команды на противоположной стороне линии происходит отключение линии с запретом ТАПВ.

Телеускорение выполняет следующие функции:

- ликвидация каскадного действия защит при отсутствии или отказе основной защиты;
- ускорение III ступени ТНЗНП.

Ликвидация каскадного действия защит выполнена следующим образом. При срабатывании на одной стороне ВЛ выходных реле, действующих на отключение без запрета АПВ, формируется 2 команда передатчика АНКА-АВПА. На противоположной стороне ВЛ эта команда принимается приёмником АНКА-АВПА и ускоряет до 0 сек. II и III ступени ДЗ, III и IV ступени ТНЗНП. Ускорение действует на отключение линии без запрета АПВ.

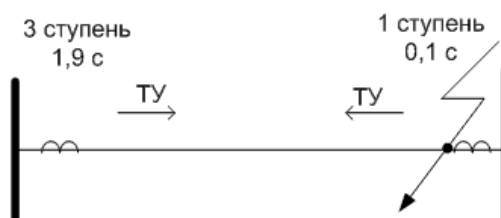


Рисунок 6-Ускорение резервных защит

Телеускорение работает независимо от того, введена основная защита на линии или выведена. Обмен командами телеускорения производится с обеих сторон ВЛ. Двухстороннее телеускорение резервных защит ВЛ образует вторую основную быстродействующую селективную защиту от всех видов КЗ.

Современные подходы в разработке РЗА. Сегодня в целях получения максимального эффекта при защите высоковольтных линий 110-220 кВ используются комплексы защит, которые представляют собой набор основных мер, позволяющих охватить всю длину ВЛ, сохранив при этом требуемую селективность.

Как правило, применяются следующие наборы защит:

1-ый комплект:

- двухступенчатая ДЗ;
- одноступенчатая ТЗНП.

2-ой комплект:

- токовая отсечка;
- одноступенчатая ДЗ;
- трёхступенчатая ТЗНП.

Такой подход позволяет получить полное резервирование оперативных цепей, когда при выходе одного комплекса в работу автоматически вступает второй.

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

1.3 Выбор шкафов

Сегодня на смену традиционным релейным защита на защиты по электромеханической элементной базе всё активнее приходят современные цифровые устройства, сочетающие в себе функции защиты, автоматики, управления и сигнализации. Использование цифровых терминалов дает возможность повысить чувствительность защит и значительно уменьшить время их срабатывания, что в совокупности с высокой надежностью позволяет существенно снизить величину ущерба от перерывов в электроснабжении.

В настоящее время ассортимент производимой аппаратуры различными фирмами для устройств релейной защиты достаточно широк. На рынке присутствуют как отечественные производители, так и зарубежные. На данный момент в релейной защите используются устройства трёх видов: защита на электромеханических реле, микроэлектронная защита и микропроцессорная защита. Причём последняя стала внедряться в эксплуатацию сравнительно недавно, что обусловлено высокой ценой продукции и недостаточной квалификацией персонала релейной защиты в области микроэлектроники.

Рассмотрим виды релейных защит а также основные положительные качества и недостатки этих видов и сделаем выбор для проектирования:

- **защита на электромеханических реле:**

Этот вид защиты очень сильно морально и физически устарел, хотя и повсеместно используется в электроэнергетике, а также ремонтируются отдельные элементы в ходящих в состав этого вида защит. большинство из которых проработало уже более 25-30 лет, и требуют проведения ежегодных регламентных работ. Проектирование для данного вида защит не имеет смысла т.к. у нее отсутствует перспектива развития хотя и бывает что где то приходится пользоваться этой защитой в виду экономических соображений и нецелесообразностью модернизации данного вида защиты в конкретном месте.

- **микроэлектронная защита:**

Достаточно распространена и хорошо показывает себя в работе. Основное достоинство данной аппаратуры, что заметно отличает её от предыдущего вида, это удобство в обслуживании и регулировке уставок. К недостаткам можно отнести достаточно большие габариты и вес устройств, что нередко вызывает трудности при монтаже.

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	1.3 Выбор шкафов			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	А.Ю. Ярцев									21	110	
Руковод.	Е.О. Кулешова							ТПУ ИнЭО гр. 3-9401				
Консульт.												
Н.Контр												
Утвердил												

• **микропроцессорная защита:**

Данный вид аппаратуры наиболее перспективен. Микропроцессорные защиты по сравнению с реле на электрохимической и микроэлектронной элементной базе, имеют ряд преимуществ:

- компактность и многофункциональность;
- низкий уровень потребления по цепям оперативного тока и измерительным цепям;
- возможность дистанционного контроля состояния и управления устройствами;
- высокая точность и стабильность в работе;
- значительно меньшие трудозатраты на техническое обслуживание;
- малые габариты и вес;
- удобство в обслуживании;
- считывании информации;
- регулировке уставок.

К недостаткам можно отнести высокую цену продукции. Основная сложность в обслуживании и ремонте аппаратуры заключается в недостаточной квалификации персонала в области микроэлектроники. Поэтому требуется переподготовка кадров.

Из всего из всего выше перечисленного для дипломного проектирования выберем микропроцессорную защиту т.к. она более надежна и современна и имеет большие перспективы развития.

Для проектирования были выбраны шкафы серии ШЭ 2607, эти шкафы произведенные в **ООО научно-производственное предприятие «ЭКРА»**. **«ЭКРА» - российская компания** специализирующееся на разработке и производстве релейной защиты и автоматики на микропроцессорной основе.

Продукция «ЭКРА» сопоставима с некоторыми видами панелей и шкафов релейных защит, что упрощает монтаж и подключение.

1.3.1 Технические характеристики и данные выбранных шкафов

1.3.1.1 Шкаф ШЭ 2607 081 Шкаф дифференциальной-фазной защиты линии 110-220 кВ

Шкаф ШЭ2607 081 содержит полукомплект дифференциально-фазной высокочастотной защиты линии (ДФЗ) и устройство резервирования отказов выключателя (УРОВ). Шкаф предназначен для использования в качестве основной быстродействующей защиты линий напряжением 110-220 кВ при всех видах КЗ.

Защита содержит релейную и высокочастотную части. В состав релейной части входят измерительные органы, логическая часть, входные и выходные цепи, а также цепи сигнализации. Высокочастотная часть поставляется отдельно предприятиями - изготовителями ВЧ аппаратуры и монтируется на шкаф непосредственно на месте эксплуатации.

Релейная часть ДФЗ и УРОВ реализованы на базе микропроцессорного терминала типа БЭ2704V081. В качестве высокочастотной части защиты могут использоваться приемопередатчики типов ПВЗУ, ПВЗУ-К, ПВЗУ-М, ПВЗУ-Е, ПВЗ-90М, ПВЗ-90М1, АВЗК-80, ПВЗ.

Принцип действия ДФЗ:

Принцип действия ДФЗ основан на сравнении фаз токов по обоим концам защищаемой линии, получаемых от комбинированных фильтров токов $I_1 + kI_2$. Сравнение фаз токов, протекающих по разным концам ВЛ, осуществляется посредством токов высокой частоты (ВЧ) по каналу, в качестве которого используется защищаемая линия. Защита обладает абсолютной селективностью и действует на отключение при всех видах КЗ в защищаемой зоне и не действует при внешних КЗ, качаниях, реверсе мощности, асинхронном режиме работы ВЛ, несинхронных включениях и режимах одностороннего включения без КЗ. В основных режимах защита действует без цепей напряжения.

Орган сравнения фаз (ОСФ) токов определяет, где находится повреждение: в зоне действия защиты или вне ее. Определение осуществляется по сдвигу ВЧ пакетов, посылаемых передатчиками обоих концов линии, т.е. в конечном счете – по углу сдвига фаз между векторами токов $I_1 + kI_2$ по концам защищаемой линии. При КЗ на защищаемой линии этот угол равен или близок к нулю, а при внешних КЗ он близок к 180° . Вследствие этого, при КЗ вне зоны действия защиты, передатчики, установленные на обоих концах линии, работают одновременно,

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

высокочастотные пакеты, генерируемые ими, сдвинуты по фазе на половину периода промышленной частоты, в ВЧ канале имеется практически сплошной ВЧ сигнал и защита блокируется.

При повреждении в защищаемой зоне передатчики работают одновременно, и посылаемые ими пакеты примерно совпадают по фазе, образуя паузы в ВЧ сигнале. При превышении длительности паузы заданной величины, определяемой углом блокировки, происходит действие на отключение выключателя.

В нормальном режиме работы ВЛ все пусковые органы обоих полукомплектов защиты, установленных по концам линии, находятся в несработанном состоянии, т.к. их уставки отстраиваются от нагрузочного режима с учетом допустимых небалансов. Выходные цепи защит находятся в несработанном состоянии и ВЧ передатчики полукомплектов не запущены.

Дополнительные возможности:

Обеспечивается использование защиты:

- в сети внешнего электроснабжения тяговой нагрузки;
- на линиях с ответвлениями;
- на линиях, оборудованных ОАПВ;
- совместно с электромеханическими панелями ДФЗ 201 и ДФЗ-504.

Особенности:

Орган сравнения фаз токов имеет интегрирующие свойства.

Пусковые органы, действующие на пуск ВЧ передатчика и в цепи отключения, реагируют на:

- ток обратной последовательности;
- ток нулевой последовательности;
- приращение векторов тока обратной и прямой последовательности;
- разность фазных токов.

Дополнительные дистанционные пусковые органы и реле направления мощности нулевой последовательности позволяют использовать защиту для работы на линиях с ответвлениями. Пусковые органы, работающие по приращению векторов симметричных составляющих, позволяют использовать защиту для работы в сети внешнего электроснабжения тяговой нагрузки. Дополнительные дистанционные пусковые органы и реле направления мощности нулевой последовательности позволяют использовать защиту для работы на линиях с ответвлениями.

Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)

Функция УРОВ реализует принцип индивидуального устройства. Возможно выполнение универсального УРОВ как по схеме с дублированным пуском от защит, так и по схеме с автоматической проверкой исправности выключателя.

Максимальная токовая защита (МТЗ)

- МТЗ выполнена двухступенчатой с комбинированным пуском по напряжению.
- РТ МТЗ реагирует на фазные величины.
- Автоматика разгрузки при перегрузке по току (АРПТ)
- АРПТ выдает сигналы во внешние цепи при перегрузке присоединения по току, с учетом направления мощности прямой последовательности.
- АРПТ содержит три ступени, действующие на сигнализацию и на выходные реле.

Автоматика управления выключателем (АУВ)

Функция АУВ обеспечивает прием команд включения и отключения, контроль и фиксацию положения, блокировку от многократных включений.

Пуск АПВ (однократного или двукратного) осуществляется с контролем напряжений на шинах и линии (контроль отсутствия, наличия или синхронизма напряжений).

Предусмотрен режим включения выключателя как с контролем, так и с улавливанием синхронизма.

Шкаф имеет все необходимые переключающие элементы, которые позволяют устанавливать его на линиях с одним или двумя выключателями на присоединение.

Успешно эксплуатируются совместно с электромеханическими ДФЗ-201 и ДФЗ-504

В приложении «А» изображена схема цепей переменного тока напряжения шкафа ШЭ 2607 081

Основные технические параметры шкафа ШЭ2706-081 рассмотрены в приложении «А»

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

1.3.1.2 Шкаф ШЭ2607-021 Терминал дистанционной и токовой защит линии с приемом сигналов ТУ

Защита обеспечивается установкой комплекта в радиальных линиях с двумя источниками питания и в кольцевых сетях с одно- и двухсторонним питанием.

Назначение:

Предназначен в качестве резервных дистанционных и токовых защит ВЛ напряжением 110–220 кВ.

Защита действует при следующих видах КЗ:

- дистанционная защита (ДЗ) - при междуфазных КЗ, причем первая ступень обеспечивает защиту при всех видах КЗ, вторая и третья - при междуфазных КЗ;
- токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП)
- при несимметричных КЗ на землю;
- трехфазная токовая отсечка (ТО) – как дополнительная защита при междуфазных КЗ.

Состав:

Шкаф ШЭ2607 021 содержит один комплект, реализующий функции ДЗ, ТНЗНП с ВЧТО, ТО, АРПТ и УРОВ.

Особенности:

Питание оперативным постоянным током каждого комплекта шкафа осуществляется от отдельного автоматического выключателя, устанавливаемого на панели автоматов.

В ДЗ по выбору имеется два алгоритма блокировки при качаниях:

- по скорости изменения токов обратной и прямой последовательности;
- по скорости изменения векторов сопротивления.

Принцип действия:

ДЗ выполнена пятиступенчатой с блокировкой при качаниях и неисправностях в цепях напряжения, причем первая ступень обеспечивает защиту от всех видов КЗ, вторая пятая – от междуфазных КЗ. ТНЗНП содержит шесть направленных ступеней для защиты от КЗ на землю. Реле тока ТО реагирует на линейные величины токов. Предусмотрены возможности ускорения защит: от параллельной линии, при опробовании линии, оперативные и по ВЧ каналу. МТЗ выполнена двухступенчатой с комбинированным пуском по напряжению. РТ МТЗ реагирует на фазные величины. АРПТ содержит три ступени, которые действуют на сигнализацию и на выходные реле.

Функция УРОВ реализует принцип индивидуального устройства, причём

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

возможно выполнение универсального УРОВ как по схеме с дублированным пуском, так и по схеме с автоматической проверкой исправности выключателя.

Шкаф выполнен на базе микропроцессорного терминала БЭ2704 V021.

Комплект содержит следующие пусковые и измерительные органы:

- Дистанционная защита:

- три основные направленные и дополнительную ненаправленную ступени. Каждая из ступеней ДЗ содержит по три реле сопротивления (РС), включенные на междупазные напряжения и на разности фазных токов;
- первая ступень ДЗ дополнительно содержит три РС, реагирующие при однофазных КЗ;
- чувствительное и грубое реле для пуска блокировки при качаниях (БК), контролирующее скорость изменения во времени векторов токов обратной и прямой последовательностей;
- устройство блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- реле минимального напряжения (РНмин), используемое для обнаружения одновременного исчезновения напряжения всех трех фаз.

- ТНЗНП:

- четыре или шесть направленных ступеней в зависимости от типа исполнения шкафа. Каждая из ступеней содержит реле тока нулевой последовательности;
- разрешающее реле направления мощности нулевой последовательности (РНМНPr);
- блокирующее реле направления мощности нулевой последовательности (РНМНПб).

- ТО:

- три реле максимального тока, реагирующие на фазные токи.

- УРОВ:

- три однофазных реле тока.

Кроме функций защиты и автоматики, программное обеспечение терминалов обеспечивает:

- измерение текущих значений токов и напряжений, активной и реактивной мощности по линии электропередачи, частоты;
- регистрацию дискретных и аналоговых событий;
- осциллографирование токов, напряжений и дискретных сигналов;
- определение расстояния до места повреждения (ОМП);
- непрерывную проверку функционирования и самодиагностику.

В приложении «Б» изображена схема входных и выходных цепей шкафа 2607-021, и основные технические характеристики шкафа 2607-021

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

3 Технико-экономическое обоснование инновационного проекта

Цель:

Спроектировать релейную защиту для линии электропередач 220 кВ «Томская - ТЭЦ - 3».

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос разработки и последующей замены релейной защиты линии 220 кВ «Томская ТЭЦ 3» на более современную и надежную релейную защиту. Замена старой защиты ЭП31636 с электромеханическими реле на шкаф с РЗА на микропроцессорной основе серии ШЭ 2607. Это позволит повысить надежность, бесперебойность питания потребителей защищаемой линии и уменьшить ущерб при аварийных ситуациях.

Для определения целесообразности установки современной релейной защиты линии 220 кВ произведем расчет технико-экономического обоснования, сравнение полученных данных и анализ.

Для технико-экономического обоснования проведения модернизации Проект должен содержать все этапы инновационного процесса:

- Научный
- Технический
- Технологический
- Эксплуатационный

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	А.Ю. Ярцев				3Технико-экономическое обоснование инновационного проекта	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Е.О. Кулешова						75	110
Консульт.	Л.А. Коршунова					ТПУ ИнЭО гр. 3-9401		
Н.Контр								
Утвердил								

3.1 Оценка научно-технического уровня инженерных решений

Для оценки научно-технического эффекта можно используется количественный и качественный анализ. Количественный анализ производится путем расчета и сравнения количественных результатов научной деятельности и технических параметров разрабатываемой техники, приборов, методов. Качественный анализ состоит в сопоставлении преимуществ и недостатков инженерных решений на основе экспертных оценок «хуже-лучше», «больше-меньше», «выше-ниже» и т.п. Оценка дается в баллах, например, по шкале от 1 до 10 или 100 баллов.

Оценка научно-технического уровня рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{НТУ}} = K_{\text{ТУ}} \cdot K_{\text{НУ}}, \quad (3.1)$$

где $K_{\text{ту}}$ – коэффициент технического уровня энергетического объекта;

$K_{\text{ну}}$ – коэффициент результативности НИР.

9.1.1 Оценка технического уровня

Любое проектирование в идеале должно начинаться с выявления потребностей потенциальных потребителей. После такого анализа становится возможным вычислить единичный параметрический показатель

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \quad (3.2)$$

где q – параметрический показатель;

P – величина параметра реального объекта;

P_{100} – величина параметра гипотетического (идеального) объекта, удовлетворяющего потребность на 100%;

p – вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта.

Каждому параметрическому показателю по отношению к объекту в целом (т.е. обобщенному удовлетворению потребности) соответствует некий вес d , разный для каждого показателя. После вычисления всех единичных показателей становится реальностью вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие объекта потребности в нем (полезный эффект или качество объекта):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i, \quad (3.3)$$

где Q – групповой технический показатель (по техническим параметрам);

q_i – единичный параметрический показатель по i -му параметру;

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

d_i – вес i -го параметра;

n – число параметров, подлежащих рассмотрению.

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{к}}}, \quad (3.4)$$

где $K_{\text{ту}}$ – показатель конкурентоспособности нового объекта по отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня);

$Q_{\text{н}}$, $Q_{\text{к}}$ – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Определим групповые технические показатели новшества и конкурента

$$Q_{\text{н}} = \sum_{i=1}^n q_i * d_i = 0,495 * 0,1 + 0,855 * 0,2 + 1,5 * 0,11 + 0,792 * 0,12 + 0,828 * 0,12 + 2,07 * 0,11 + 0,031 * 0,14 + 0,98 * 0,1 = 0,995$$

$$Q_{\text{к}} = \sum_{i=1}^n q_i * d_i = 0,36 * 0,1 + 0,765 * 0,2 + 0,9 * 0,11 + 0,99 * 0,12 + 0,99 * 0,12 + 2,61 * 0,11 + 0,018 * 0,14 + 1,8 * 0,1 = 0,895$$

Данные рассчитанные по формулам для оценки конкурентоспособности разрабатываемого новшества приведем в таблице 8

Таблица 8 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	ШЭ2607		ЭП31636		Гипотетический объект	
		P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}	q_{100}
1 Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), Q		$Q_{\text{н}}$		$Q_{\text{к}}$		$Q_{100}=1$	
1.1 Рабочая температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$	0,1	55	0,495	40	0,36	50	1
1.2 Коэффициент безотказности	0,2	95	0,855	85	0,765	90	1
1.3 Термическая стойкость, А/с	0,11	200	1,5	100	0,9	200	1
1.4 Напряжение питания постоянного тока, В	0,12	88	0,792	110	0,99	90	1
1.5 Напряжение питания переменного тока, В	0,12	92	0,828	110	0,99	95	1
1.6 Коммутируемое напряжение постоянного или переменного тока, В	0,11	230	2,07	290	2,61	220	1
1.7 Электрическая прочность, кВт	0,14	3,5	0,031	2,0	0,018	3	1
1.8 Масса, кг	0,1	100	0,98	200	1,8	120	1

Определим показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту по формуле 9.4

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{к}}} = \frac{0,995}{0,895} = 1,112$$

3.1.2 Оценка научного уровня

Количественная оценка научного или научно-технического уровня может быть произведена путем расчета результативности участников разработки по формуле:

$$K_{\text{ну}} = \sum_{i=1}^n (K_{\text{дyi}} \cdot d_i) \quad (3.5)$$

где $K_{\text{ну}}$ – коэффициент научного или научно-технического уровня;

$K_{\text{дyi}}$ – коэффициент достигнутого уровня i -го фактора;

d_i – значимость i -го фактора;

n – количество факторов.

Для удобства расчетов составим таблицу 9 и определим коэффициент научного уровня

Таблица 9 - Оценка научного уровня

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение i -го фактора
	d_i	$K_{\text{дyi}}$	$K_{\text{дyi}} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов	0,2	0,2	0,04
2. Перспективность использования результатов	0,3	0,3	0,09
3. Завершенность полученных результатов	0,2	1	0,2
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов	0,3	0,2	0,06
Результативность	$K_{\text{ну}} = \sum_{i=1}^n (K_{\text{дyi}} \cdot d_i) = 0,39$		

Максимальный показатель равен $K_{\text{ну}} = 1$

В данной оценки показатель научного уровня разработки $K_{\text{ну}} = 0,39$, что является ниже среднего показателя

3.2 Организация и планирование научно-исследовательских и проектных работ

Планирование заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи;

- определении участников каждой работы;
- установлении продолжительности работ в рабочих днях;
- построении линейного или сетевого графика и его оптимизации

Таблица 10 - Организация и структура основных этапов НИОКР

№ этапов	Наименование этапов	Продолжительность этапов в %
А. Научно-теоретические исследования		
1	Подготовительный этап	10
2	Выбор литературы для разработки проекта	3
3	Разработка теоретической части проекта	12
4	Расчет токов КЗ	10
5	Внесение корректив в расчеты	6
6	Анализирование полученных результатов	6
7	Выводы и предложения	4
8	Выбор оборудования	5
9	Изучение и анализ ШЭ2607	3
10	Изучение и анализ ЭП31636	4
11	Сопоставление выбранных вариантов	3
12	Расчет дистанционной защиты	5
13	Расчет МТЗ	5
14	Расчет ТНЗП	6
15	Расчет ДФЗ	6
16	Проверка и анализ выбранных ставок	5
17	Составление отчетов, документации	5
18	Утверждение документации	2
	Всего	100

Наиболее ответственной частью экономических расчетов по теме является расчет трудоемкости работ, т.к. трудовые затраты составляют основную часть стоимости научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работ. Удельный вес заработной платы в общей сметной стоимости работ составляет 35–65%, а иногда и более.

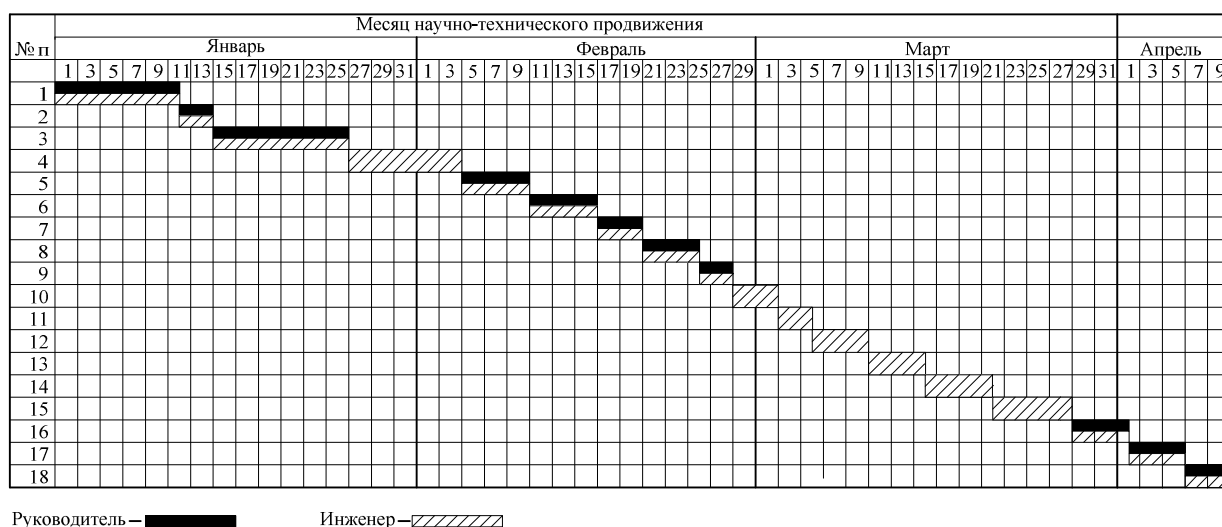
3.3 Линейное планирование

Календарное планирование обычно осуществляется с помощью построения планов-графиков проведения работ по каждому проекту. На практике они часто называются ленточными графиками *Гантта*. В линейном (ленточном) графике производственный процесс делится на отдельные операции, изображаемые в виде полос в масштабе времени построчно, причем начало последующей операции совпадает с окончанием предыдущей.

Таблица 11 - Состав информации для построения календарного графика

№ п/п	Перечень работ	Труд-ть работ, чел.-час.	Количество исполнителей	Длитель. выполнен. работ, дней
1	Подготовительный этап	2*8	Руководитель Инженер	10
2	Выбор литературы для разработки проекта	1*8	Руководитель инженер	3
3	Разработка теоретической части проекта	2*8	Руководитель Инженер	12
4	Расчет токов КЗ	2*8	Инженер	10
5	Внесение корректив в расчеты	2*8	Руководитель Инженер	6
6	Анализирование полученных результатов	2*8	Инженер Руководитель	6
7	Выводы и предложения	2*8	Инженер Руководитель	4
8	Завершающий этап расчета токов КЗ	2*8	Инженер Руководитель	5
9	Выбор оборудования	1*8	Руководитель инженер	3
10	Изучение и анализ ШЭ2607	1*8	Инженер	4
11	Изучение и анализ ЭП31636		Инженер	3
12	Расчет дистанционной защиты	1*8	Инженер	5
13	Расчет МТЗ	1*8	Инженер	5
14	Расчет ТНЗП	1*8	Инженер	6
15	Расчет ДФЗ	1*8	Инженер	6
16	Проверка и анализ выбранных ставок	2*8	Инженер Руководитель	5
17	Составление отчетов, документации	2*8	Инженер Руководитель	5
18	Утверждение документации	2*8	Руководитель инженер	2
Итого дней работ		Руководитель		61
		Инженер		100

Составим график по линейному планированию трудоемкости работ изображенного на рисунке 18



3.4 Расчет затрат и договорной цены на проектирование и проведение НИОКР

Обычно затраты на любой вид деятельности рассчитываются по следующим элементам расходов с последующим суммированием:

1. Материальные затраты (за вычетом стоимости возвратных отходов).
2. Затраты на оплату труда.
3. Отчисления на социальные нужды (страховые взносы).
4. Амортизация основных фондов и нематериальных активов.
5. Прочие затраты.

Таблица 12 - Материальные затраты и затраты на оплату труда

Элементы текущих затрат		Ед.изм.	Кол.	Цена за ед., руб.	Сумма затрат, руб.	
3.4.1 Материальные затраты						
Бумага А4		упаковка	2	340	680	
Картридж для принтера «Samsung»		шт	1	2400	2400	
Чертежный набор: ручка, циркуль, карандаш, линейка		шт	2	160	320	
Инженерный калькулятор		шт	1	600	600	
ИТОГО $Z_{\text{мат}}$					4000	
3.4.2 Затраты на оплату						
Исполнитель	Оклад, руб	Доплата за интенсив, руб	Коэффициент за не отработ. время (отпуск)	Доплата за не отработ. время (отпуск)	Время работ, дней	Заработная плата, руб
Руководитель	23000	2200	0,16	4784	61	125020,1
Инженер	16000	2000	0,08	1664	100	132741,82
ИТОГО за выполненных дней работ $Z_{\text{фзп}}$						257761,92

Рассчитывается плановый фонд заработной платы научных, инженерно-технических работников, выполняющих заказы по данной разработке. Величина планового фонда заработной платы определяется по формуле:

$$\begin{aligned} Z_{\text{зарп.мес}}^{\text{рук}} &= (Z_{\text{оклад}}^{\text{рук}} + Z_{\text{доп.интенс}}^{\text{рук}} + Z_{\text{доп.отс}}^{\text{рук}}) * k_{\text{услов.прож,руб}} \quad (3.6) \\ Z_{\text{доп.отс}}^{\text{рук}} &= (Z_{\text{оклад}}^{\text{рук}} + Z_{\text{доп.интенс}}^{\text{рук}}) * 0,16 = 4784 \text{ руб} \\ Z_{\text{зарп.мес}}^{\text{рук}} &= (23000 + 2200 + 4784) * 1,3 = 45089,2 \text{ руб} \end{aligned}$$

В месяце 22 рабочих дня из этого дневная зарплата составляет:

$$Z_{\text{зарп.день}}^{\text{рук}} = \frac{Z_{\text{зарп.мес}}^{\text{рук}}}{22} = 2049,51 \text{ руб}$$

За 61 день выполненных работ руководитель получит:

$$Z_{\text{зарп.61день}}^{\text{рук}} = Z_{\text{зарп.день}}^{\text{рук}} * 61 = 125020,1 \text{ руб}$$

где $Z_{\text{окл}}$ – тарифный фонд заработной платы (по окладам);

$Z_{\text{доп.от}} = 0,08 \div 0,16$ - дополнительная плата за не отработанное время (отпуск)

$k_{\text{услов.прож}} = 1,3$ – доплаты за условия работы и проживания.

Аналогичным путем рассчитаем зарплату Инженера

$$\begin{aligned} Z_{\text{доп.отс}}^{\text{инж}} &= (Z_{\text{оклад}}^{\text{инж}} + Z_{\text{доп.интенс}}^{\text{инж}}) * 0,08 = 1664 \text{ руб} \\ Z_{\text{зарп.мес}}^{\text{инж}} &= (16000 + 4800 + 1664) * 1,3 = 29203,2 \text{ руб} \end{aligned}$$

В месяце 22 рабочих дня из этого дневная зарплата составляет:

$$Z_{\text{зарп.день}}^{\text{инж}} = \frac{Z_{\text{зарп.мес}}^{\text{инж}}}{22} = 1327,42 \text{ руб}$$

За 100 день выполненных работ инженер получит:

$$Z_{\text{зарп.100дн}}^{\text{инж}} = Z_{\text{зарп.день}}^{\text{инж}} * 100 = 132741,82 \text{ руб}$$

Затраты на зарплату составят:

$$Z_{\text{ФЗП}} = Z_{\text{зарп.61день}}^{\text{рук}} + Z_{\text{зарп.100дн}}^{\text{инж}} = 257761,92 \text{ руб}$$

3.4.3 Отчисления в социальные фонды

Социальный налог включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от ФЗП.

Социальные отчисления $Z_{\text{сф}}$ составляет 30% от ФЗП.

$$Z_{\text{сф}} = \text{ФЗП} * 0,3, \text{ руб}$$

$$Z_{\text{сф}} = 257761,92 * 0,3 = 77328,58 \text{ руб.}$$

3.4.4 Амортизация основных фондов

Амортизация учитывает восстановление оборудования после длительного использования, рассчитывается по формуле:

$$З_{аморт} = \frac{T_{исп}}{T_{сл}} \cdot H_{ам} \cdot C_{обор} \quad (3.7)$$

где $T_{исп}$ - время использования оборудования = 100 дней

$C_{обор.}$ - стоимость оборудования;

$T_{сл}$ - срок службы оборудования 5 лет

Норма амортизации составляет:

$$H_{ам} = \frac{1}{T_{сл}} = 0,2 \quad (3.8)$$

По таблице 13 определим полную стоимость оборудования $C_{обор}$

Таблица 13 - Стоимость оборудования для Амортизации

№	Наименование	Кол-во, ед.	Цена, руб	Сумма, руб
1	Компьютер переносной	2	13000	26000
2	Принтер	1	5000	5000
3	Программирование	2	15000	30000
4	Стол компьютерный	2	3100	6200
5	Кресло офисное	2	1300	2600
ИТОГО $C_{обор}$				69800

Рассчитаем амортизацию

$$З_{аморт} = \frac{100}{365} * 0,2 * 69800 = 3824,65 \text{ руб.}$$

3.4.5 Прочие затраты

Прочие затраты составляют 10% от предыдущих пунктов расходов

$$З_{проч} = (З_{мат} + З_{аморт} + З_{сф} + З_{фзп}) * k_{неуч.}, \text{руб} \quad (3.9)$$

$$З_{проч} = (4000 + 3824,65 + 77328,58 + 257761,92) * 0,1 = 34291,515 \text{ руб}$$

3.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы принимаются 30% от ФЗП

$$З_{наклад} = 0,3 * З_{фзп}, \text{руб} \quad (3.10)$$

$$З_{наклад} = 0,3 * 257761,92 = 77328,58 \text{ руб}$$

3.4.7 Себестоимость разработки

$$З_{себест.раз} = З_{мат} + З_{аморт} + З_{сф} + З_{фзп} + З_{наклад} + З_{проч}, \text{руб} \quad (3.11)$$

$$З_{себест.раз} = 4000 + 3824,65 + 77328,58 + 257761,92 + 77328,58 + 34291,515 = 454535,25 \text{ руб}$$

3.4.8 Прибыль

Прибыль составит 30% от себестоимости разработки

$$P_{\text{разр}} = Z_{\text{себест.раз}} * 0,3 = 454535,25 * 0,3 = 136360,58 \text{ руб}$$

3.4.9 Договорная цена научно-технической разработки

Цена разработки определяется как сумма себестоимости и прибыли

$$C_{\text{разр}} = Z_{\text{себест.раз}} + P_{\text{разр}} = 1797365,17 + 593130,5 = 2390495,68 \text{ руб}$$

Отообразим все расчеты в сметной таблице 14

Таблица 14 - Смета НИОКР

Наименование статьи	Затраты, руб.
Материальные затраты $Z_{\text{мат}}$	4000
Затраты по заработной плате $Z_{\text{фзп}}$	257761,92
Затраты в социальные фонды $Z_{\text{сф}}$	77328,58
Амортизация $Z_{\text{аморт}}$	3824,65
Прочие затраты $Z_{\text{проч}}$	34291,515
Накладные расходы $Z_{\text{наклад}}$	77328,58
Себестоимость разработки $Z_{\text{себест.раз}}$	454535,25
Прибыль $P_{\text{разр}}$	136360,58
Цена разработки $C_{\text{разр}}$	2390495,68

3.5 Определение затрат на осуществление проекта

3.5.1 Расчет капитальных вложений в основные средства

Составим таблицу оборудования и цены

Таблица 15 - Стоимость и монтаж оборудования

Наименов. Оборудов.	Ед. изм	Кол-во	Стоимость оборуд., руб.	Монтаж оборуд., руб.	Сумма, руб.
Шкаф РЗА ШЭ2607 021	шт.	2	958326	203477	2120129
Шкаф РЗА ШЭ2607 081	шт.	2	998253	253688	2250194
ИТОГО И _{оборуд}					4370323

3.6 Расчет издержек по эксплуатации энергетического объекта

3.6.1 Материальные затраты

Таблица 16 - Материальные затраты

Элементы текущих затрат	Ед.изм.	Кол.	Цена за ед., руб.	Сумма затрат, руб.
Ветошь	кг	2	100	200
Олово	кг	0,1	230	23
Краска	кг	1	160	160
Зажимы	шт	20	30	600
ИТОГО $I_{\text{мат}}$				983

3.6.2 Затраты на оплату обслуживающего персонала

Рассчитаем зарплату обслуживающего персонала аналогично пункту 3.4

И занесем в таблицу 17

Таблица 17 - Затраты на зарплату

Должность	Разряд	Оклад, руб	Доплата за интенсивн, руб (0,3)	Плата за не отрабо. время, (отпуск)руб (0,11÷0,08÷0,08)	Месячная заработная плата, руб	Годовая заработная плата, руб
Мастер энергоучастка	8	21000	6300	3003	39393,9	433332,9
Дежурный эл.монтер	6	18000	5400	1872	32853,6	361389,6
Эл. монтер	5	14000	4200	1456	25552,8	281080,8
ИТОГО $I_{\text{ФЗП}}$						1075803,3

3.6.3 Отчисления в социальные фонды

Затраты на страховые взносы составляют 30% от ФЗП

$$I_{\text{С.вз.}} = I_{\text{ФЗП}} \cdot 0,3 = 1075803,3 \cdot 0,3 = 322740,9 \text{ руб}$$

3.6.4 Годовые амортизационные отчисления

Амортизация учитывает восстановление оборудования после длительного использования, рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{аморт}} = \frac{T_{\text{исп}}}{T_{\text{сл}}} \cdot H_{\text{ам}} \cdot I_{\text{оборуд}} = 174812,92 \text{ руб}$$

$$H_{\text{АМ}} = \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{1}{25} = 0,04$$

3.6.5 Прочие затраты

Прочие затраты составляют 10% от предыдущих пунктов расходов

$$I_{\text{проч}} = (I_{\text{мат}} + I_{\text{оборуд}} + I_{\text{С.вз.}} + I_{\text{аморт}} + I_{\text{ФЗП}}) \cdot k_{\text{неуч.}}, \text{ руб}$$

$$I_{\text{проч}} = (983 + 4370323 + 322740,9 + 174812,92 + 1075803,3) \cdot 0,1 \\ = 594466,32 \text{ руб}$$

3.6.6 Эксплуатационные затраты

$$I_{\text{экспл}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{оборуд}} + I_{\text{с.вз.}} + I_{\text{аморт}} + I_{\text{фзп.}} + I_{\text{проч.}}, \text{ руб}$$
$$I_{\text{экспл}} = 983 + 4370323 + 322740,9 + 174812,92 + 1075803,3 + 594466,312 = 6539129,44 \text{ руб}$$

3.6.7 Экономическая эффективность

Таблица 18 - Экономические показатели вариантов

Экономические показатели	ШЭ 2607	ЭПЗ 1636
Стоимость оборуд.	4370323	6325483
Материальные затраты	983	1453
Затраты на зарплату.	1075803,3	1110500
Затраты на страховые взносы.	322740,9	345852
Годовые амортизационные отчисления, Руб.	174812,92	185632,45
Прочие затраты, Руб.	594466,32	605235,62
Эксплуатационные затраты	6539129,44	7574156,07

При оценке экономической эффективности воспользуемся методом приведенных затрат, суммы издержек производства и приведенных капиталовложений. Критерием выбора варианта является минимум приведенных затрат

$$Z_{\text{пр}} = E_n K_1 + I_1 \quad (3.12)$$

где E_n – Нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

K_1 – Капиталовложения первого варианта (с новым оборудованием).

I_1 – Издержки по эксплуатации первого варианта

$$Z_{\text{пр1}} = 0,12 * 4370323 + 6539129,44 = 7063568,2 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{пр2}} = 0,12 * 6325483 + 7574156,07 = 8333214,03 \text{ руб}$$

Выбираем вариант с минимальными затратами – ШЭ 2607

Выводы по разделу:

В ходе планирования научного исследования было выявлено ряд работ по достижению поставленной цели и произведен их анализ, с точки зрения трудоемкости выполнения каждой работы. Были рассчитаны затраты материальные и нематериальные.

Результатом данной работы является проектирование современной релейной защиты для линии 220 кВ «Томская ТЭЦ3», которая удовлетворяет поставленным критериям качества, на основе использования современных подходов и расчетов. Проектируемая релейная защита на микропроцессорной основе экономически эффективна, технически эффективна и надежна.

					ДП ФЮРА.3710000.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86