

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

Институт ЭНИН(Ин ЭО)

Специальность Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Кафедра Электроэнергетических систем

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Проектирование релейной защиты и автоматики ПС 35/10 кВ «Восточная» Узбекстанской электроэнергетической системы

УДК 621.316.925.1:621.311

Студенту

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З– 9401	Умаров Сардор Ахмаджонович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Суворов А.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Юлия Александровна	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Заместитель зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов Алмаз Омурзакович.	Доцент		

Томск – 2016 г.

Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электронного Обучения
Специальность 140203.65 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭЭС

_____ Сулайманов А.О.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта/работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-9401	Умарову Сардору Ахмаджоновичу

Тема работы:

**Проектирование релейной защиты и автоматики ПС 35/10 кВ
«Восточная» Узбекстанской электроэнергетической системы**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	577/С, 01.02.2016 г
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Схема сетевого района Узбекской энергосистемы. 2. Параметры оборудования. 3. Материалы УИР.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Краткая характеристика защищаемого объекта 2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ. 3. Выбор аппаратной реализации РЗ шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ. 4. Выбор измерительных трансформаторов. 5. Расчет уставок и чувствительности РЗ шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых

	трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ. 6. Финансовый менеджмент 7. Социальная ответственность
Перечень графического материала	1. Нормальная схема электрических соединений сетевого района ПС Восточная 35/10 кВ Узбекской энергосистемы. 2. Совмещенная схема замещения прямой, обратной и нулевой последовательности сетевого района ПС Восточная 35/10 кВ Узбекской энергосистемы.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
--	--

Раздел	Консультант

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

1. Краткая характеристика защищаемого объекта (на рус. языке)
2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ (на рус. языке)
3. Выбор аппаратной реализации РЗ шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ. (на рус. языке)
4. Выбор измерительных трансформаторов (на рус. языке)
5. Расчет уставок и чувствительности РЗ шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ (на рус. языке)
6. Финансовый менеджмент
7. Социальная ответственность

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Суворов А.А.	Ассистент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9401	Умаров Сардор Ахмаджонович		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные компетенции		
Р1	<i>Совершенствовать</i> 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.	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</i> как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.	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</i> 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.	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</i> 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.	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</i> в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.	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</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.	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</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.	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</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.	Требования ФГОС (ПК-3, 13, 14, 15, 24-26), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартах

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 136 с., 21 рис., 24 табл., 2 прил.

Ключевые слова: установившийся режим релейная защита, уставка, чувствительность, селективность, надежность.

Объектом исследования являются релейная защита шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ.

Цель работы – Расчет релейной защиты и автоматики ПС Восточная 35/10 кВ

В процессе исследования проводились анализ защищаемого объекта, обоснование и выбор видов и состава релейной защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов, аппаратной реализации релейной защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов, расчет уставок и чувствительности релейной защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов.

В результате исследования обоснованы и выбраны виды и состав релейной защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов, аппаратной реализации релейной защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов, осуществлен расчет уставок и чувствительности релейной защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

1) Шкаф ШЭ2607 185

- Предназначен для защиты линии 35 кВ;
- Шкаф ШЭ2607 185 содержит один комплект защит, который реализует функции трехступенчатой дистанционной защиты от междуфазных замыканий и двухступенчатой защиты от двойных замыканий на землю.
- Шкаф ШЭ2607 186 содержит два комплекта, шкаф ШЭ2607 187 – три комплекта, шкаф ШЭ2607 188 – четыре комплекта защит.

2) Терминал ЭКРА 217 1401

- Предназначен для использования в качестве дифференциальной защиты шин на 4 присоединения, автоматики, управления и сигнализации секционного выключателя;

Степень внедрения:

1) Рассчитанные уставки могут использоваться проектными или энергетическими компаниями для обеспечения защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ Узбекской энергосистемы.

Область применения:

1) Рассчитанные уставки могут использоваться проектными или энергетическими компаниями для обеспечения защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ Узбекской энергосистемы.

Экономическая эффективность/значимость работы обеспечение надежной и бесперебойной работы шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ Узбекской энергосистемы

В будущем планируется рекомендовать проективным или энергетическим компаниями рассчитанные уставки.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ЭЭС - электроэнергетические системы;

РЗА - релейной защиты и автоматики;

АРМ СРЗА – программный комплекс для расчетов электрических величин при повреждениях сети и уставок релейной защиты;

КЗ – короткое замыкание;

ТТ – трансформатор тока;

ТН – трансформатор напряжения;

МТО – междуфазная токовая отсечка

ТЗНП - токовая защита нулевой последовательности

ДЗ – дистанционная защита;

БНН - блокировки при неисправностях в цепях переменного напряжения;

ОЗЗ – однофазное замыкание на землю;

ДЗШ- дифференциальная защита шин;

Оглавление

Оглавление

Введение.....	9
1. Описание района энергосистемы.....	11
2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ.....	12
3. Выбор аппаратной реализации РЗ	Ошибка! Закладка не определена.
3.1. Защита линии	Ошибка! Закладка не определена.
3.2. Защита шины.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2. Защита трансформатора	Ошибка! Закладка не определена.
4. Выбор измерительных трансформаторов.	Ошибка! Закладка не определена.
5. Расчет уставок и чувствительности релейной защиты линии электропередачи ..	Ошибка! Закладка не определена.
5.1. Защита линии	Ошибка! Закладка не определена.
5.2. Дифференциальная защита шин	Ошибка! Закладка не определена.
5.3. Защита трансформатора	Ошибка! Закладка не определена.
Финансовый менеджмент.....	14
Социальная ответственность.....	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	Ошибка! Закладка не определена.
Список литературы	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Б	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

Релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможна надежная работа современных энергетических систем. Она осуществляет непрерывный контроль за состоянием и режимом работы всех элементов энергосистемы и реагирует на возникновение повреждений и ненормальных режимов. При возникновении повреждений защита выявляет и отключает от системы поврежденный участок. При возникновении ненормальных режимов защита выявляет их и в зависимости от характера нарушения производит операции необходимые для восстановления нормального режима или подает сигнал дежурному персоналу.

Устройства релейной защиты и автоматики в совокупности представляют собой сложную многоступенчатую систему, предназначенную для сохранения устойчивой работы синхронных генераторов, трансформаторов и бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии. Выполнить свою задачу эти устройства могут лишь в случае, если они отвечают комплексу требований, изложенных в нормативных материалах. Соответствие реальных устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) этим требованиям обеспечивается в основном на стадии проектирования, которое при правильной его организации обязательно должно быть комплексным. Устойчивая бесперебойная работа электроэнергетических систем (ЭЭС) возможна лишь при условии эффективного функционирования всех частей, входящих в комплекс РЗА.

В данной работе поставлена задача выбора и расчета уставок релейной защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ.

Для выполнения поставленной задачи использовался вычислительный расчетный комплекс «АРМ СРЗА» (ПК «БРИЗ», г.Новосибирск), который принят в промышленную эксплуатацию в качестве основного программного средства в ЦДУ ЕЭС, ОДУ Востока, ОДУ Сибири, ОДУ Урала, ОДУ Средней Волги, ОДУ Центра, ОДУ Северного Кавказа, ОДУ Северозапада, всеми РДУ этих ОДУ. АРМ СРЗА передан в эксплуатацию во все МЭС Федеральной сетевой компании, а также в энергетические компании Белоруссии, Казахстана, Латвии, Литвы, Монголии.

АРМ СРЗА позволяет:

- Строить математическую модель электрической сети с неограниченным объемом узлов и связей, как в графическом, так и в табличном виде. Экспортировать графическое изображение сети в формат CorelDRAW, AutoCAD. Производить экспорт/импорт электрической части модели сети (ветви и её параметры) в формат программы Excel.
- Производить расчеты электрических величин в сети неограниченного объема, при повреждениях любой сложности, с учетом групп ветвей взаимоиндукции, активной составляющей сопротивлений, отличия величины сопротивлений прямой и обратной последовательностей и фактических групп соединения обмоток трансформаторов в трехфазной симметричной сети любого напряжения. Получать выходные документы в формате Word и Excel.
- Производить расчет уставок микропроцессорных защит, токовых ступенчатых защит от замыканий на землю, дистанционных защит типа ЭПЗ-1636, ДЗ-503, ПЗ-5,

ПДЭ-2001, ШДЭ-2801,БРЭ-2801, токовых защит от междуфазных К.З., микропроцессорных дистанционных защит НПП «ЭКРА», SIEMENS, ALSTOM. Получать выходные документы в формате пакета Word, производить экспорт релейного фонда в формат программы Excel.

- Получать новую сеть на базе эквивалента сети. Производить расчет параметров производной схемы замещения (шунтов) для повреждений любой сложности, с учетом параметров взаимоиנדукции ветвей нулевой последовательности.
- Производить расчеты по определению места повреждения сети:
 - расчет таблиц для определения мест повреждений сети;
 - расчет места повреждения сети (ОМП) по показаниям приборов.

1. Описание района энергосистемы

Объект: релейная защита шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС Восточная 35/10 кВ Узбекской ЭЭС. Для формирования расчётных схем будем использовать диспетчерскую схему Кузбасской ЭЭС, которая фактически является схемой электрических соединений для нормального оперативного режима.

Район для проектирования РЗ должен содержать кроме заданных автоматизируемых элементов также два уровня периферий из предыдущих элементов в направлении действия комплектов РЗ защита шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов.

Для выбранного района расчетной схемы (рис.1) составляется совмещенная схема замещения прямой, обратной и нулевой последовательности для расчетов вынужденных синусоидальных электрических величин при повреждениях в сверхпереходный период и при необходимости в установившемся режиме КЗ.

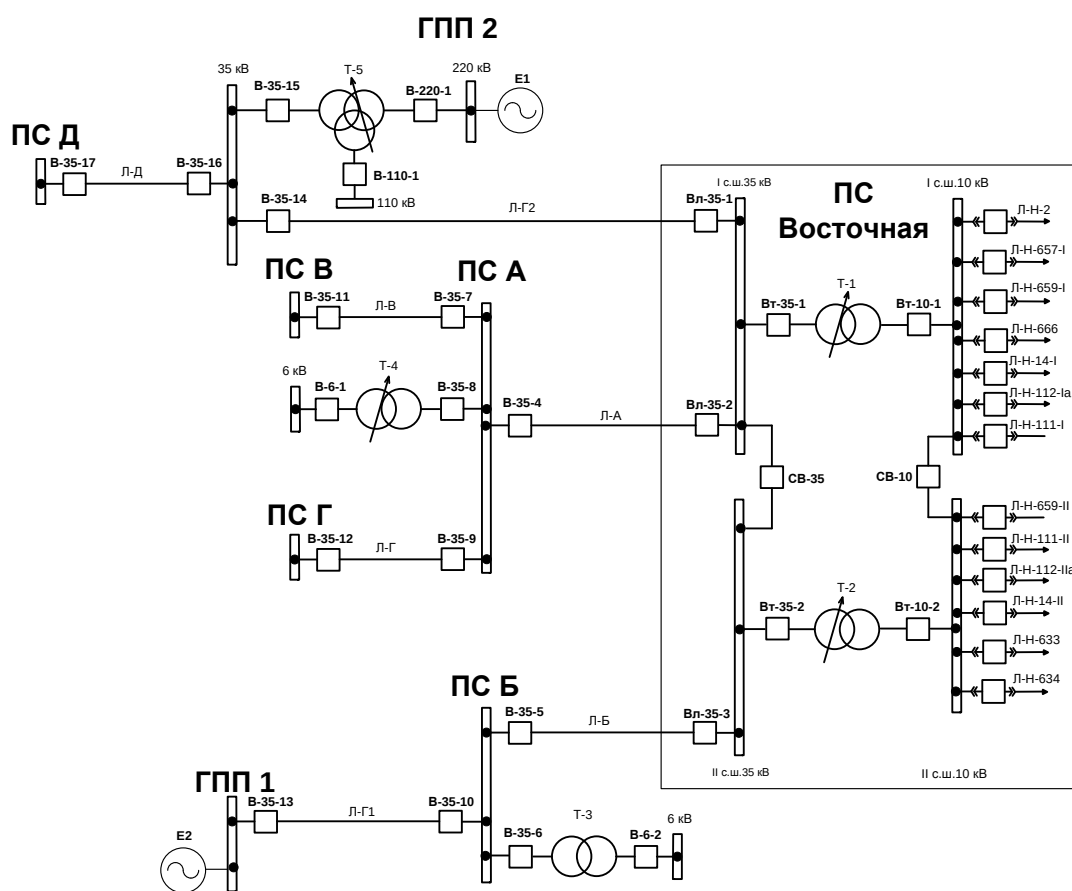


Рис.1. Расчетная схема района ПС Восточная 35/10 кВ Узбекской ЭЭС, где: СВ – секционный выключатель; Вт – выключатели трансформатора; Вл – выключатель защищаемой линии; В – выключатели смежных присоединений; Т – трансформатор; Л – линии электропередач; Е – система.

2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ

Согласно [1, 2, 3] для линий в сетях 35 кВ с изолированной нейтралью должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

Для одиночных линий Л-А, Л-Б, Л-Г в качестве основных защит будет использоваться дистанционные ступенчатые защиты преимущественно с пуском по току. В качестве дополнительных защит – токовые отсечки без выдержки времени.

Защита от однофазных замыканий на землю согласно [1] реализуется с помощью устройства контроля изоляции с действием на сигнал.

Для проведения расчетов составим расчетную схему района в АРМ СРЗА (рис.2).

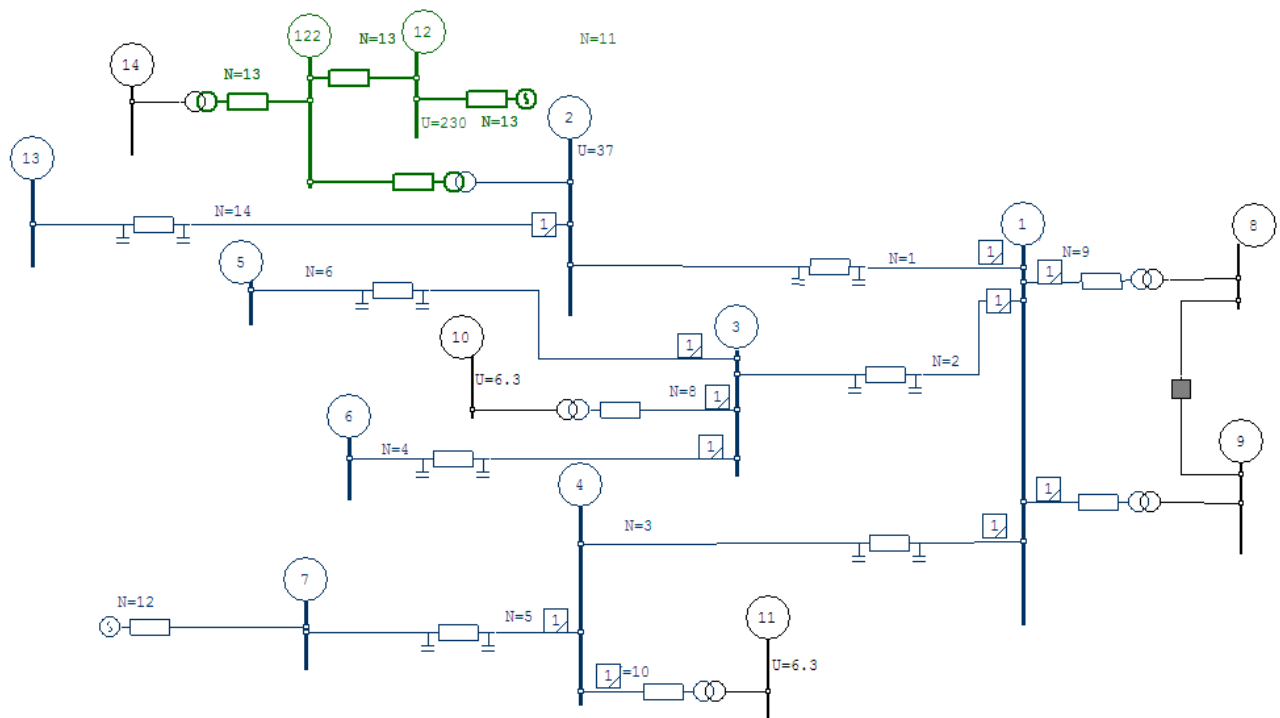


Рис.2. Расчетная схема района в АРМ СРЗА.

Согласно [1] на ПС 35—220 кВ для обеспечения параллельной работы трансформаторов секционный выключатель замкнуты, то при подготовке расчетной схемы в АРС СРЗА шина 1 и 2 35 кВ будут представлены одной шиной.

Таблица 1. Параметры линий расчётной схемы.

	Марка провода	Удельное активное сопротивление	Удельное индуктивное сопротивление	Длина линии	R_1 , Ом	X_1 , Ом
Л-Г2	АС 70/11	$r_0 = 0,428 \text{ Ом/км}$	$x_0 = 0,432 \text{ Ом/км}$	$l_1 = 10,5 \text{ км}$	4.494	4.441
Л-А	АС 70/11	$r_0 = 0,428 \text{ Ом/км}$	$x_0 = 0,432 \text{ Ом/км}$	$l_2 = 19,2 \text{ км}$	8.218	8.122
Л-Б	АС 70/11	$r_0 = 0,428 \text{ Ом/км}$	$x_0 = 0,432 \text{ Ом/км}$	$l_3 = 9,3 \text{ км}$	3.98	3.934

Л-В	АС 70/11	$r_0 = 0,428 \text{ Ом} / \text{км}$	$x_0 = 0,432 \text{ Ом} / \text{км}$	$l_4 = 14 \text{ км}$	5.992	5.922
Л-Г	АС 70/11	$r_0 = 0,428 \text{ Ом} / \text{км}$	$x_0 = 0,432 \text{ Ом} / \text{км}$	$l_5 = 15,3 \text{ км}$	6.548	6.472
Л-Г1	АС 70/11	$r_0 = 0,428 \text{ Ом} / \text{км}$	$x_0 = 0,432 \text{ Ом} / \text{км}$	$l_6 = 5,8 \text{ км}$	2.482	2.453
Л-Д	АС 70/11	$r_0 = 0,428 \text{ Ом} / \text{км}$	$x_0 = 0,432 \text{ Ом} / \text{км}$	$l_6 = 4,1 \text{ км}$	1.755	1.734

Таблица 2. Параметры двухобмоточных трансформаторов расчетной схемы.

	Тип	$S_{\text{НОМ}}$, МВ·А	$U_{\text{НОМ}}$, кВ			$u_{\text{к}}$, %	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт	$I_{\text{х}}$, %	R Ом	X Ом
			ВН	СН	НН						
T1-T2	ТМН-6300/35	6,3	35	-	11	7,5	46,5	8,0	0,8	1.43	14.58
T3-T4	ТМН-4000/35	4	35	-	6.6	7,5	33,5	5,6	0,9	2.56	22.97
T-5	ТДТН-25000	25	220	35	11		130	45			

Таблица 3. Параметры трехобмоточного трансформатора расчетной схемы.

Тип															
	S _{НОМ} , МВА	U,кВ			P _{XX} ,кВт	P _{КЗ} ,кВт	U _К ,кВ			R _{ВН} = R _{СН} = R _{НН} , Ом	X, Ом			K _T	
		ВН	СН	НН			ВН-СН	ВН-НН	СН-НН		ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН
ТДТН-40000/220/110	40	230	38,5	11	54	220	11	22	9,5	3,6369	155,394	-9,919	135,556	5,974	20,909

Финансовый менеджмент

Задание для раздела дипломной работы специалиста
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-9401	Умарову Сардору Ахмаджоновичу

Институт	Кафедра	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность

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)	- расчёт капитальных вложений в основные средства
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	- Определены основные статьи затрат, наибольшими из которых оказались затраты на заработную плату. - Формирование бюджет затрат
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
1. График разработки и внедрения ИР	Бюджет затрат на научное исследование

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-9401	Умаров Сардор Ахмаджонович		

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование выбора и расчета установок релейной защиты шины 35 кВ, трех отходящих линий и силовых трансформаторов ПС «Восточная» Узбекской ЭЭС.

Выбора данного устройства релейной защиты и автоматики в совокупности представляет собой сложную многоступенчатую систему, предназначенную для сохранения устойчивой работы синхронных генераторов, трансформаторов и бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии. Выполнить свою задачу эти устройства могут лишь в случае, если они отвечают комплексу требований, изложенных в нормативных материалах. Соответствие реальных устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) этим требованиям обеспечивается на стадии проектирования.

Для проведения ТЭО следует провести необходимые расчеты:

1. Расчет затрат на проектирование РЗ и автоматики ПС «Восточная» Узбекской ЭЭС;
2. Расчет затрат на оборудование и монтаж;
3. Расчет эксплуатационных расходов ПС «Восточная».

6.1. Планирование научно-технического исследования

Таблица 6.1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержания работ	Исполнитель
Разработка технического задания, принятые технического решения, составление перечня необходимых видов защит	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Подготовка материально технической базы, планирование времени	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер

предполагаемых видов работ	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Проведение теорических расчетов и обоснований выбранных защит	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	
	7	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов проделанной работы, оценка эффективности, выполнения требований руководящих указаний	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составления пояснительной записки (эксплуатационной технической документации)	Инженер

6.2. Расчет научно-технической эффективности

В идеале, любое проектирование должно начинаться с выявления требований потенциальных потребителей. После такого анализа становится возможным вычислить единичный параметрический показатель

Единичный параметрический показатель рассчитывается по формуле:

$$q = \frac{P}{P_{100}},$$

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 элементом случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта, $p=0,9$

Каждому параметрическому показателю по отношению к объекту 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):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i,$$

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

q_i – единичный параметрический показатель по i -му параметру;

d_i – вес i -го параметра;

n – число параметров, подлежащих рассмотрению

$$Q_i = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,532$$

$$Q_i = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,442$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{к}}}$$

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{к}}} = 1,2$$

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.

Таблица 6.2 Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателя	Новшество ЭКРА ШЭ2607		Конкурент SIEMENS Siprotec4		Гипотетический объект	
	d_i	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}	
2. Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую (%)	0,3	60	0,54	40	0,36	100	0,9
3. Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты	0,2	50	0,45	30	0,27	100	0,9

через специальные каналы связи (%)							
4. Возможность ведения отчета о срабатывании защит, %	0,2	80	0,72	80	0,72	100	0,9
5. Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, %	0,1	0,9	0,9	100	0,9	100	0,9

Таблица 6.3 – Объяснение величин параметров

Характеристики	Новшество ЭКРА ШЭ2607	Конкурент SIEMENS Siprotec4
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую	Большой выбор задаваемых уставок, регулируемый отечественной аппаратурой	Большой выбор задаваемых уставок регулируемый только зарубежной аппаратурой
Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы	Передача данных осуществляется по каналам связи, используя основные кабельные линии ЛЭП, так и используя опто-волоконные линии связи, если последний вид связи приветствуется на данном участке воздушной линии.	Передача данных осуществляется по каналам связи, используя основные кабельные линии ЛЭП, так и используя опто-волоконные линии связи, если последний вид связи присутствует на данном участке воздушной линии при использовании кабельных линий в качестве канала связи, возможность погрешность в показаниях,

		рекомендовано производителем использовать оптоволоконные линии связи для передачи информации.
Возможность ведения отчета о срабатывании защит	Архивирование и хранение изменений аналоговых и дискретных сигналов, команд пользователя и других событий происходящих в системе в размере 200 МБ	Архивирование и хранение изменений аналоговых и дискретных сигналов, команд пользователя и других событий происходящих в системе в размере 150 МБ
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Самодиагностика выявляет и сигнализирует о неисправности в системе мониторинга	Самодиагностика выявляет и сигнализирует о неисправности в системе мониторинга
Возможность подключения в сеть ЭВМ	Подключение терминала к сети Ethernet	Подключение терминала к сети Ethernet

Превосходство над оппонентами обеспечивается за счет того, что продукция данного производителя широко распространена на Российском рынке и пользуется большей популярностью. Этого удалось достичь, в первую очередь, за счет надежности, доступности и качества. Кроме этого, немаловажным фактором выборе защитного терминала производителя ЭКРА послужило то, что выпускают его Российский производитель. Стоимость продукции не будет привязана к курсу Рубля, в отличии от зарубежных производителей, что актуально при условиях нынешней рыночной экономики. Достоинство у микропроцессорных защит очень много: это меньше габаритные размеры, постоянная диагностика, совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрация событий, возможность интеграции в АСУ ТП, оперативное внесение изменений в программе защит. Учитывая эти факторы то можно утвердить, что цена в таких изделиях

сопоставима с электромеханическими защитами, это главный аргумент сторонников электромеханики.

Таблица 6.4 – Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение i -го фактора
	d_i	$K_{дvi}$	$K_{дvi} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов	0,1	0,3	0,03
2. Перспективность использования результатов (Критерий оценки: использование для предварительного рабочего проектирования в расчетных группах РЗА ОДУ, РДУ)	0,4	0,1	0,04
3. Завершенность полученных результатов (критерий оценки: написан отчет по теме)	0,3	0,1	0,03
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов (критерий оценки: Тюменская энергосистема)	0,2	0,1	0,02
Результативность	$K_{нv} = \sum(K_{дvi} \cdot d_i) = 0,14$		

6.3 Расчет затрат на проектирование РЗ

6.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Одной из частей суммарной стоимости разработки являются трудовые затраты, для ее подсчета необходимо для каждого участника научного исследования определить трудоемкость работ.

Трудоемкость выполнения научного исследования носит вероятностный характер и оценивается экспертным путем в человеко-днях, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2.8 \text{ чел} - \text{дни}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – мин. возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – макс. возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Продолжительной каждой работы в рабочих днях T_p . учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, определяется исходя из ожидаемой трудоемкости работ. Такие вычисления необходимы для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2.8}{1} = 2.8 \text{ дней}$$

где T_{pi} – продолжительность выполнения одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

6.4 Разработка Графика проведения проектного исследования

Для построения ленточного графика проведения научных работ, воспользуемся формой диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляются до целого числа.

Для примера расчета, рассчитаем продолжительность выполнения работы в календарных днях работы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3 \text{ дней}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе

T_{ki} округляем до целого числа.

Все расчётные значения сводим в таблицу 6.5

Таблица 6.5

№ п/п	Перечень работ	Трудоемкость, чел.-дней.	Количество исполнителей	Длительность, чел.-дней.
----------	----------------	-----------------------------	----------------------------	-----------------------------

1	Составление и утверждение технического задания, разработка технического задания, принятые технического решения, составление перечня необходимых видов защит	4,8	2	5
2	Подбор и изучение материалов по теме, подготовка к материально технической базы предстоящей работы	4,8	1	5
3	Выбор направления нужной области	2,8	2	3
4	Планирование затрат времени, на все предполагаемые виды работ	9,8	1	10
5	Анализ исходных данных, Анализ принятых технический решений	5,6	1	6
6	Выбор защит воздушной линии согласно руководящим указанием	13	1	13
7	Расчет уставок срабатывания защит реле сопротивления	19	1	19
8	Анализ полученных результатов	2,8	2	3
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя по рассчитанным уставкам	11,4	1	11

	срабатывания реле сопротивления выбранных щит			
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	13	1	13
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно- технической документации)	5,4	2	5
12	Сдача проекта	2,4	2	2
	Суммарное количество рабочих дней	Руководитель	10	
		Инженер	95	

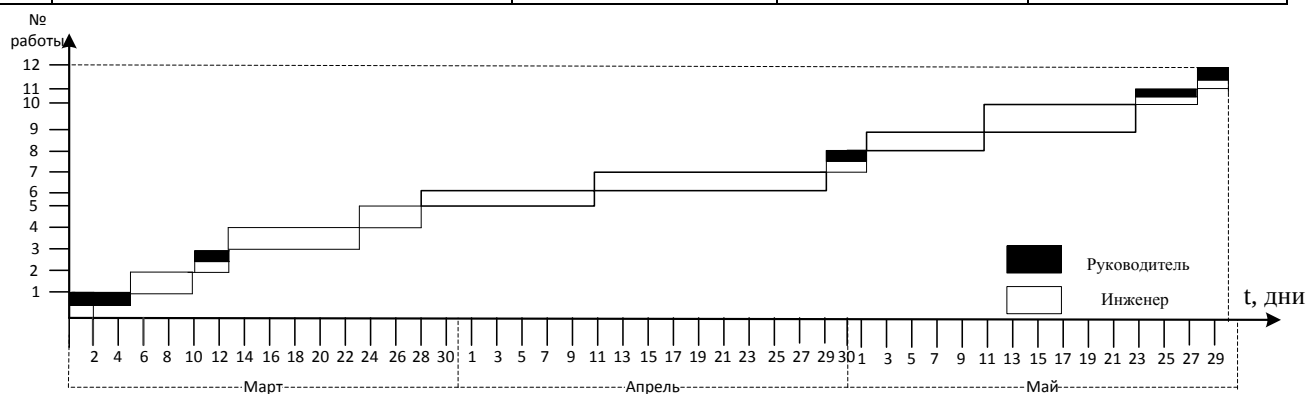


Рисунок 6.1 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме.

В этом пункте был рассчитан календарный график выполнения работ по выполнению проекта. Для этого привлекается 2 человека: инженера и руководитель проекта. По графику видно, что инженер работает большее количество дней, чем руководитель. Это можно объяснить тем, что цель руководителя ставить задачи для инженера. Также на руководителе лежит ответственность за выполнение проекта. В свою очередь проектировщик должен выполнять работу не нарушая календарного плана.

Составление сметы затрат на разработку проекта

Целью данного раздела является экономически обоснованное определение затрат на разработку проекта. В рамках данного проекта создается одна разработка, определение затрат производится путем составления сметы затрат, т.е. группировка проводится по элементам.

а) Амортизационные отчисления

Данный вид отчислений рассчитывается по установленным нормам в % от стоимости электротехнического оборудования. Отчисления рассчитываются по формуле:

$$I_{AM} = \frac{C_{перв} \cdot n}{365 \cdot t},$$

где $C_{перв}$ – первоначальная стоимость объекта;

n – время работы.

t – срок полезного использования объекта (срок службы).

В таблице 6.6 приведем расчет амортизационных отчислений.

Таблица 6.6 Расчет амортизационных отчислений.

Наименование	Количество, шт	Общая стоимость, руб	Время работы, день	Срок полезного использования, год	I_{AM} , руб.
Компьютер	2		39	5	1495,89
Принтер	1		2	5	5,48
Сканер	1		4	5	10,96
Компьютерный стол	2		64	10	350,68
Офисное кресло	2		64	10	245,48
Итого					2108,49

б) Материальные затраты

Данная статья расходов включает в себя стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Комплекующие:

- диски - 50 руб. (5шт.)
- бумага – 200 руб. (500 листов)
- канцтовары - 650 рублей

$$И_{мз} = (50 \cdot 5) + 200 + 650 = 900 \text{ руб.}$$

в) Затраты на оплату труда

Расчёт заработной платы (ЗП) выполняется на основе месячного оклада, коэффициента отпускных, надбавки и районного коэффициента исполнителя. Для участников проекта предусмотрен только районный коэффициент, который для г. Томска составляет 30%. Издержки на оплату труда:

$$И_{зп} = (ЗП_o \cdot K_1 + Д) \cdot K_2,$$

где $ЗП_o$ – месячный оклад исполнителя (для инженера 14500 руб., для руководителя (доцента) 23600 руб. а также надбавка 2200 руб. к окладу руководителя);

K_1 - коэффициент учитывающий отпуск, принимается равным 1,1;

$Д$ - надбавка, денежная выплата сверх заработной платы (2200 руб. для руководителя);

K_2 - районный коэффициент, принимается равным 1,3;

Фактическая заработная плата рассчитывается следующим образом:

$$И_{зп}^{\Phi} = \frac{И_{зп}}{n_1} \cdot n_2,$$

где $И_{зп}$ – заработная плата за месяц;

n_1 - количество рабочих дней (21 день);

n_2 - фактическое количество отработанных дней;

Расчет заработной платы с учетом трудоемкости приведен в таблице 6.7

Таблица 6.7 Затраты на заработную плату

Исполнитель	Зарплата за месяц, руб.	Фактическая зарплата, руб.
Инженер	20735	63192,4
Научный руководитель	36615	10461,4
Итого		73653,8

Таким образом, затраты на оплату труда для 2-х участников проектирования за весь период составляют **73653,8** рублей.

г) Социальные отчисления от заработной платы

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя отчисления в различные фонды (пенсионный, обязательного медицинского страхования и др.), которые составляют 30 % от суммы заработной платы (ЗП).

$$I_{CO} = 0,3 \cdot I_{ЗП}^{\Phi} = 0,3 \cdot 73653,8 = 22096,14 \text{ руб.}$$

д) Прочие затраты

В прочие расходы могут быть включены: расходы на пользование интернетом, размножение материалов, аренду спецоборудования, командировки и т.п.

Прочие расходы составляют 10% от всех предыдущих затрат на реализацию проекта и составляют:

$$I_{IP} = I_{МЗ} + I_{АМ} + I_{ЗП}^{\Phi} + I_{CO} = (1000 + 748 + 73653,8 + 22096,14) \cdot 0,1 = 9749,8 \text{ руб.}$$

е) Накладные расходы

Накладные расходы составляют 200% от суммы заработной платы 2-х участников проектирования и составляют:

$$I_{HP} = 2 \cdot I_{3П}^{\Phi} = 2 \cdot 73653,8 = 147307,6 \text{ рублей.}$$

Договорная цена C_d может быть рассчитана по следующей формуле:

$$C_d = C_{пл} \cdot K_{ту},$$

где $C_{пл}$ – плановая себестоимость разработки;

$K_{ту}$ – коэффициент технического уровня, определенный ранее.

Все вышеперечисленные затраты включаются в смету, которая приведена в таблице 6.8

Таблица 6.8 Смета затрат на разработку

Элементы затрат	Условное обозначение	Сумма руб.
Амортизация компьютерной техники	I_{AM}	2108,49
Затраты на оплату труда	$I_{3П}^{\Phi}$	73653,80
Социальные отчисления	I_{CO}	22096,14
Прочиезатраты	$I_{ПР}$	9749,80
Накладные расходы	I_{HP}	147307,60
Себестоимость	$C_{пл}$	155715
Договорная цена	C_d	347391,60
Бюджет затрат		758 022,43

Таким образом, затраты на проектирование составили $K_{проект} = 758022,43$

6.5 Определение затрат на осуществление проекта

Определение капитальных вложений в подстанцию производится суммированием всех составляющих затрат. Стоимость оборудования, монтажных работ (при приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены). Данные для расчета взяты из проектного бюро.

Расчеты бюджета затрат на приобретение основного и вспомогательного оборудования представлены в таблице 6.9

Таблица 6.9 Расчёт затрат на строительство

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудов ания	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудова ния, руб.
1	Трансформатор ТДТН- 40000/220/110	2 шт	20 000 000	40 000 000
2	Программный комплекс АРМ СРЗА	1 шт	681 500	681 500
3	Шкаф ШЭ2607 185	1 шт	2 278 000	2 278 000
4	Линия Л-Г2 АС 70/11	10,5 км	46,5	488 250
5	Линия Л-А АС	19,2 км	46,5	892 800
6	Линия Л-Б АС	9,3 км	46,5	432 450
7	Секция шин 35кВ	2 шт	79 414	158 828

8	Выключатели 35кВ	6 шт	750 000	4 500 000
9	Реле РНТ 565	1 шт	5200	5 200
Итого				49 437 028
10	Противоаварийная автоматика	1 шт	1 570 000	21 007 028
11	Стоимость постоянного отвода земельного участка	-	2,5x10 ³ x7	17 500
			0,5 x10 ³ x7	3500
Итого				70 465 056
12	Доставка	-		341 700
13	Монтаж	-		341 700
Итого				683 400

Таким образом, капитальные вложения в проект составили:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{оборуд}} + K_{\text{монтаж}} = 758022,43 + 49\,437\,028 + 683\,400 = \mathbf{50878450,43 \text{ руб}}$$

Основную часть раздела составляет формирование бюджета, поскольку затраты на осуществление проекта играют одну из ключевых ролей в его реализации. Из данной статьи следует, что главными затратами помимо приобретения оборудования являются затраты на заработную плату исполнителям проекта, на специальное оборудование для научных работ и амортизационные отчисления. Руководитель должен выполнять роль куратора проекта и контролировать, чтобы выполнение работ соответствовало календарному плану. Также на плечах руководителя лежит ответственность перед заказчиком.

Затем я подвел итог все вычислениям привел окончательную сумму необходимую на выполнение проекта. Она составила 508,7 тыс. рублей.