

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 330 кВ.

УДК 621.316.98

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2В	Прохоренко Алексей Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пичугина М.Т.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Потехина Н.В.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	К.Т.Н., ДОЦЕНТ		

Томск – 2016 г.

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Сулайманов А.О..
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Прохоренко Алексею Владимировичу

Тема работы:

Анализ гроззащиты высоковольтной подстанции на напряжение 330 кВ.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Приказ № 653/с от 02.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

В данной работе проектируется гроззащита высоковольтной подстанции на напряжение 330 кВ. $U_{НОМ} = 330$ кВ; $U_{П} = 1750$ кВ; $\tau_{\phi} = 0,7$ мкс; $l_{12} = 42$ м; $W_1 = 450$ Ом; $W_2 = 350$ Ом; $C_T = 2800$ пФ; тип РВ – РВМГ. Характеристики линии: $U_H = 330$ кВ; $\alpha = 26$ град; $L_{ВЛ} = 450$ км; $l_{П} = 280$ м; $D_r = 45$ Ом; $\rho_{ИЗМ} = 160$ Ом · м; $n = 18$; $R = 1,75$ см; Климатическая зона – IV; Тип изолятора – ПС6-А

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расчет напряжения на изоляции при заданной волне перенапряжения 2. Определение длины защитного подхода к подстанции. 3. Определение эффективности грозозащиты подстанции от волн перенапряжения, набегающих с линии. 4. Расчет напряжения на вентильном разряднике для заданной волны перенапряжения. 5. Выбор места установки и расчет зон защиты стержневых молниеотводов для заданной подстанции 6. Оценка эффективности молниезащиты подстанции. Мероприятия повышающие эффективность молниезащиты. 7. Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередачи.
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Зоны защиты стержневых молниеотводов, Напряжения на изоляции силового трансформатора</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Романцов Игорь Иванович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Потехина Нина Васильевна</p>

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

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>доцент</p>	<p>Пичугина М.Т.</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>5A2B</p>	<p>Прохоренко Алексей Владимирович</p>		

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Уровень образования бакалавр

Кафедра ЭЭС

Период выполнения весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.03.2016 г.	Расчет напряжений на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения	5
03.04.2016 г.	Расчет кривой опасных параметров	5
14.04.2016 г.	Расчет заземлителей	4
21.05.2016 г.	Расчет зон защиты стержневых молниеотводов	3
23.05.2016 г.	Оценка надежности грозозащиты подстанции от волн, набегающих с линии	3
10.05.2016 г.	Расчет грозозащиты ЛЭП	4
07.03.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	4
27.05.2016 г.	Социальная ответственность	4
06.06.2016 г.	Оформление работы	8
09.06.2016 г.	Итог	40

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Пичугина М.Т.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Прохоренко Алексей Владимирович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Тема ВКР: Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 150 кВ.</p> <p>Рабочая зона – территория подстанции, опоры ВЛЭП и территория вокруг них. Технологический процесс заключается в приеме, преобразовании и распределении э/э</p> <ul style="list-style-type: none"> - Вредные факторы производственной среды: отклонение показателей микроклимата, переменчивые метеоусловия на ОРУ, шумы и вибрации, освещение, электромагнитные поля и ионизирующие излучения; - Опасные факторы производственной среды: механической природы – падение с высоты, термического происхождения – ожоги, электрическая природа – электрический ток, пожарная и взрывная природа – пожар на маслонаполненном оборудовании, взрывы оборудования; - Влияние на окружающую среду: Санитарно-защитные зоны, загрязнение литосферы вследствие аварийных сливов трансформаторных масел; - ЧС: техногенного характера – пожары, взрывы, аварии; экологического – загрязнение литосферы сбросами трансформаторных масел.
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 12.2.024-87 ССБТ, СН 2.2.4/2.1.8.562-96, ГОСТ 12.1.012-90, СН 2.2.4/2.1.8.566-96, СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.4.1191-03, ГОСТ 12.1.002.-84, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, , СНиП 41-03-2003, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03,</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<ul style="list-style-type: none"> - Вредные факторы на подстанции возникают использования энергетического оборудования; - Негативное влияние обусловлено наличием электромагнитного поля и ионизирующего излучения. Данные факторы негативно воздействуют на персонал. Ухудшение здоровья. Повышенная утомляемость, головные боли и боли в сердце; - Нормирование излучений осуществляется по СанПиН 2.2.4.1191-03; - Средства коллективной защиты: ограничение продолжительности пребывания в МП, экранирование. Индивидуальные – СИЗ.
--	--

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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) 	<ul style="list-style-type: none"> - Механические опасности – падение с высоты; - Термические опасности – ожоги о нагретые части электроустановок; - Электробезопасность – существует опасность поражения электрическим током. Средства защиты от поражения электрическим током: соблюдение ТБ, защитное заземление, молниеотводы; - Причины пожаров и взрывов: неисправность маслonaполненного оборудования, захламление ОРУ, ЗРУ. Профилактические мероприятия: соблюдение правил и норм противопожарной безопасности. Первичные средства пожаротушения: ящики с песком и лопатами, огнетушители
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – Защита селитебной зоны – установка санитарно-защитной зоны; – Воздействия объекта на атмосферу не выявлено. Выбросов нет; – Воздействий объекта на гидросферу не выявлено. Сбросов нет; – Воздействия объекта на литосферу присутствуют. Загрязнение-происходит при аварийном сбросе трансформаторного масла, отчуждение территории под подстанцию; – Решения: замена маслonaполненных на сухие трансформаторы.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – 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 	<ul style="list-style-type: none"> – Пожары, взрывы, аварии на производстве; – Наиболее типичная ЧС – пожар; – Превентивные меры по повышению устойчивости – проведение противопожарных инструктажей, обучение персонала; – Меры по повышению устойчивости: периодические осмотры оборудования, свободный доступ к оборудованию.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> – Специальные правовые нормы для вредных и опасных производств регулируются разделом XII ТК РФ; – Мероприятия – правильная планировка ОРУ, применения блокировок, ограждения.
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>----</p>

<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал консультант:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>доцент</p>	<p>Романцов И.И.</p>	<p>К.Т.Н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>5А2В</p>	<p>Прохоренко Алексей Владимирович</p>		

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

Тема работы: Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 110 кВ.

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Прохоренко Алексей Владимирович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление /специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	20 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1 % отчисления в социальные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентоспособности технического решения с позиции ресурсоэффективности (SWOT – анализ)
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки НИ: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на НИ: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности НИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Оценочная карта конкурентных технических решений
Календарный план-график проектирования грозозащиты (диаграмма Ганта)
Схема затрат на проектирование
Капиталовложения в проект

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.03.2016
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Нина Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Прохоренко Алексей Владимирович		

Реферат

Работа содержит 82 листа, 12 рисунков, 20 таблиц, 19 используемых источников.

Ключевые слова: молниеотвод, вентильный разрядник, грозозащита, кривая опасных параметров, волна перенапряжения, заземлитель, длина защитного подхода, стержневые молниеотводы, показатель грозоупорности .

Цель данной работы расчет и проектирование грозозащиты высоковольтной подстанции на номинальное напряжение 330 кВ.

Объектом исследования в данной работе является подстанция и прилегающая к ней ВЛЭП.

В ходе данной работы были проведены следующие расчеты: расчет кривой опасных параметров; определение надежности грозозащиты подстанции и напряжения на вентильном разряднике при воздействии волн, набегающих с линии; расчет и построение зон защиты стержневых молниеотводов; произведен расчет числа грозовых отключений линии электропередач ;расчет напряжения на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения.

Также в процессе выполнения данной работы были проведены расчеты, характеризующие капиталовложение в проект и непосредственной его реализации в реальный объект. В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены опасные и вредные факторы, возможные чрезвычайные ситуации, экологические проблемы, возникающие непосредственно на территории проектируемой подстанции и ВЛЭП.

Работа выполнялась в текстовом редакторе Microsoft Word 2016, Microsoft Excel 2016. Расчеты производились при помощи MathCad 15.

Обозначения и сокращения

ЭЭС – электроэнергетическая система;
ПС – подстанция;
ОПУ – оперативный пункт управления;
ОРУ – открытое распределительное устройство;
ЗРУ – закрытое распределительное устройство;
ВЛЭП – воздушная линия электропередачи;
РЗиА – релейная защита и автоматика;
КОП – кривая опасных параметров;
ВАХ – вольт-амперная характеристика;
РВ – вентильный разрядник;
ОПН – ограничитель перенапряжения;
ПУМ – прямой удар молнии;
ЗУ – заземляющее устройство;
ЧС – чрезвычайная ситуация;
СИЗ – средство индивидуальной защиты;
МП – магнитное поле;
ПУЭ – правила устройства электроустановок;
НТД – нормативно-техническая документация.

Содержание

Введение.....	12
1. Способы защиты подстанции	13
1.1.1 Классификация внешних перенапряжений	13
1.1.2 Задачи и критерии грозозащиты подстанций.....	14
1.1.3 Рекомендации ПУЭ по грозозащите подстанций	16
1.1.4 Отказ от грозозащитных тросов	17
1.2 Грозозащита подстанции.....	18
1.2.1 Расчет напряжения на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения.....	18
1.2.2 Расчет кривой опасных параметров (КОП).....	26
1.2.3 Заземлители и их расчет	32
1.2.4 Оценка надежности грозозащиты подстанции от волн, набегающих с линии	33
1.2.5 Определение напряжения на вентильном разряднике при воздействии волны грозового перенапряжения	35
1.2.6 Зоны защиты стержневых молниеотводов	36
1.3 Грозозащита ЛЭП.....	40
1.3.1 Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередачи..	40
1.4 Результаты проделанной работы	45
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	47
2.1 Анализ конкурентных технических решений	47
2.2 Планирование работ по проектированию.....	48
2.2.1 Структура работ в рамках проектирования.....	48
2.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	50
2.2.3 Разработка графика проведения проектирования.....	51
2.3 Формирование бюджета затрат на проектирование.....	54
2.3.1 Расчет материальных затрат проектирования.....	54
2.3.2 Определение затрат на реализацию проекта	56
2.3.3 Планирование монтажных и пусконаладочных работ, затраты на заработную плату	57
2.4 Ресурсоэффективность	59
3 Социальная ответственность.....	62

3.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	.63
3.1.1 Микроклимат .....	.63
3.1.2 Производственный шум .....	.63
3.1.3 Вибрации .....	.64
3.1.4 Освещенность .....	.65
3.1.5 Электромагнитное излучение .....	.66
3.1.6 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	.67
3.2 Охрана окружающей среды .....	.69
3.2.1 Защита селитебной зоны. ....	.69
3.2.2 Анализ воздействия объекта на атмосферу.....	.69
3.2.3 Анализ воздействия объекта на гидросферу.....	.69
3.2.4 Анализ воздействия объекта на литосферу .....	.70
3.3 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	.70
3.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	.72
3.4.1 Правовые нормы трудового законодательства .....	.72
3.5 Организационные мероприятия.....	.72
Заключение .....	.74
Список использованных источников .....	.76
Приложение А .....	.78
Приложение В.....	.79
Приложение С.....	.80
Приложение D .....	.81
Приложение E.....	.82

Введение

Надежность работы электрической сети непосредственно связана с эффективностью молниезащиты ее элементов. В данной работе рассмотрена организация молниезащиты подстанции и ВЛЭП на номинальное напряжение 330 кВ.

Электрооборудование устанавливаемое и используемое на подстанциях подвергается воздействию атмосферных перенапряжений. Данные перенапряжения могут возникать как при прямых ударах молнии непосредственно в объект (трансформатор и иные элементы, находящиеся на ОРУ), так и при набегании волн грозовых перенапряжений с линий электропередач.

Наибольшую опасность для изоляции оборудования подстанции представляют импульсные волны перенапряжения, приходящие по ЛЭП. Число таких волн за грозовой сезон может быть достаточно большим. Для защиты от таких набегающих волн в данной работе было рассмотрено применение вентильного разрядника. Для защиты площади подстанции от ПУМ стрежневые молниеотводы.

На сегодняшний день для защиты подстанционного оборудования от волн перенапряжения набегающих с линии используется широкий спектр специализированных мер и оборудования. К таким мерам относятся: применение ограничителей перенапряжения, вентильных разрядников, молниеотводов; установка грозозащитных тросов, контуров заземления распорядительного устройства, заземлителей опор высоковольтных линий электропередач.

Грозозащита подстанции должна исключать приход на подстанцию волн с крутым фронтом. Это достигается выбором соответствующей длины защитного подхода ВЛЭП к высоковольтной подстанции. Защитный угол троса и сопротивление опор на подходе должны иметь как можно меньшие значения.

Организация правильной и надежной грозозащиты подстанционного оборудования является важной задачей высоковольтной электроэнергетики.

2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1 Анализ конкурентных технических решений

Целью данного раздела ВКР является технико-экономическое обоснование проектирования грозозащиты подстанции рассчитанной на номинальное напряжение 330 кВ и проведения планирования комплекса работ в рамках данного проектирования.

Постройка грозозащиты подстанции с рассчитанными и полученными характеристиками позволит повысить надежность электроснабжения потребителей, а также избежать дорогостоящих ремонтов трансформаторного оборудования, возникающих вследствие набегания на оборудование подстанции волн атмосферных перенапряжений.

В ходе данной работы мною будет произведено распределения исполнителей по видам работ на всем этапе производства проектирования грозозащиты. Будет произведен расчет капиталовложений на проектирование, монтаж и наладку оборудования для грозозащиты проектируемой подстанции на номинальное напряжение 330 кВ.

Важнейшим элементом грозозащиты является разрядник. Производится выбор базового объекта конкурента, аналогичного по назначению и условиям эксплуатации с оцениваемым объектом. Конкурентом рассматриваемому разряднику РВМГ-330 является разрядник РВТ-330; Данный анализ произведём с помощью оценочной карты (таблица 1). Оценка будет происходить по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Таблица 5- Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		РВМГ-330	РВТ-330	РВМГ-330	РВТ-330
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 5

Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Наибольшее допустимое U	0,25	5	5	1,25	1,25
2. Габариты	0,10	4	3	0,40	0,30
3. Масса	0,04	3	2	0,12	0,08
4. Гарантийный срок	0,12	4	4	0,48	0,48
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,10	4	4	0,40	0,40
2. Цена	0,17	4	3	0,68	0,51
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,22	4	3	0,88	0,66
Итого	1	25	22	3,81	3,68

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,25 \cdot 5 = 1,25$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В ходе проведения данного анализа было выявлено превосходство разрядников типа РВС перед разрядниками типа РВМГ. Поэтому при проектировании грозозащиты использованы разрядники типа РВС.

2.2 Планирование работ по проектированию

2.2.1 Структура работ в рамках проектирования

Планирование комплекса предполагаемых работ будет производиться в следующем порядке:

- ✓ определение структуры работ в рамках проектирования;
- ✓ определение участников каждой работы;
- ✓ установление продолжительности работ;

✓ построение графика проведения проектирования.

Для выполнения работ по проектированию формируется группа, в состав которой входят преподаватели и студенты, численность которой может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования, распределение работ, в зависимости от вида работ приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по ним

Основные этапы работы	№ раб.	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление, утверждение и выдача технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Ознакомление с технической документацией	Инженер
	3	Подбор технической литературы	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Расчет напряжения на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения	5	Описание схемы замещения подстанции, электрической схемы и выбор параметров РВ	Инженер
	6	Нахождение напряжения на изоляции силового трансформатора графическим методом	Инженер
	7	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет кривой опасных параметров (КОП)	8	Нахождение длительности фронта волны перенапряжения при 4 значениях параметра М	Инженер
	9	Расчет КОП в специализированной программе	Инженер
	10	Расчет длины защитного подхода	Инженер
	11	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет заземлителей	12	Расчет сопротивления заземления опоры	Инженер
	13	Оценка надежности грозозащиты подстанции	Инженер
	14	Анализ полученных результатов	Руководитель
Расчет зон защиты стержневых молниеотводов	15	Расчет параметров зон защиты стержневых молниеотводов. Составление эскизов	Инженер
	16	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет грозозащиты ЛЭП	17	Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередач	Инженер

Продолжение таблицы 6

Разработка технической документации	18	Составление пояснительной записки	Инженер
	19	Составление принципиальных электрических схем, оформление чертежей	Инженер
	20	Проверка готовой работы	Руководитель

2.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Важным моментом, при проектировании, является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования.

Трудоемкость работ будет оцениваться экспертным путем в человеко-днях, что будет носить вероятностный характер. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

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

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

2.2.3 Разработка графика проведения проектирования

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48 \text{ (для 5-тидневной раб. недели)}$$

Для руководителей данный коэффициент принимает значение равное 1,22 (поскольку руководители работают по 6-тидневной раб. неделе)

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляются до целого числа. После произведения всех расчетов, полученные значения, сводятся в таблицу. (Таблица 7)

На основе таблицы 7 строится календарный план-график.

Таблица 7-Временные показатели по каждой из произведенных работ

№ и Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ к календарным дням, T_{ki}	
	t_{min} , чел. дни		t_{max} , чел. дни		$t_{ож}$, чел. дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
1. Составление ТЗ	4		9		6		6		8	
2. Ознакомление с технической документацией		7		11		9		9		11
3. Выбор направления		1		3		2		2		3
4. Календарное планирование работ по теме	1		1		1		1		2	
5. Описание схемы замещения подстанции, электр. схемы		1		3		2		2		3
6. Нахождение напряжения на изоляции трансформатора		2		4		3		3		5
7. Проверка полученных результатов	1		1		1		1		2	
8. Нахождение длительности фронта волны перенапряжения		1		1		1		1		2
9. Расчет КОП в программе		1		1		1		1		2
10. Расчет длины защитного подхода		1		3		2		2		3
11. Проверка полученных результатов	1		3		2		2		3	
12. Расчет сопротивления заземления опоры		1		3		2		2		3
13. Оценка надежности грозозащиты подстанции		1		3		2		2		3
14. Анализ полученных результатов	1		2		2		2		2	
15. Расчет параметров зон защиты молниеотводов		1		1		1		1		2
16. Проверка полученных результатов	1		3		2		2		3	
17. Расчет удельного числа грозовых отключений		1		3		2		2		3
18. Составление пояснительной записки		1		3		2		2		3
19. Оформление чертежей		1		3		2		2		3
20. Проверка готовой работы	1		3		2		2		3	

Таблица 8- Календарный план-график проектирования грозозащиты

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				февраль			март			апрель				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление, утверждение и выдача ТЗ	Руководитель проекта	8	■										
2	Ознакомление с технической документацией	Инженер	11		■									
3	Подбор технической литературы	Инженер	3			■								
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта	2				■							
5	Описание схемы замещения подстанции, электрической схемы и выбор параметров РВ	Инженер	3					■						
6	Нахождение напряжения на изоляции силового трансформатора графическим методом	Инженер	5						■					
7	Проверка полученных результатов	Руководитель проекта	2							■				
8	Нахождение длительности фронта волны для 4 значений М	Инженер	2								■			
9	Расчет КОП в специализированной программе	Инженер	2									■		
10	Расчет длины защитного подхода	Инженер	3										■	
11	Проверка полученных результатов	Руководитель проекта	3											■
12	Расчет сопротивления заземления опоры	Инженер	3											■
13	Оценка надежности грозозащиты подстанции	Руководитель проекта	3											■
14	Анализ полученных результатов	Инженер	2											■
15	Расчет параметров зон защиты стержневых молниеотводов. Составление эскизов	Инженер	2											■
16	Проверка полученных результатов	Руководитель проекта	3											■
17	Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередачи	Инженер	3											■
18	Составление пояснительной записки	Инженер	3											■
19	Составление принципиальных электрических схем, оформление чертежей	Инженер	3											■
20	Проверка готовой работы	Инженер Руководитель	3											■

В качестве примера приведем расчет для пункта работы 1.

Определяем величину ожидаемой продолжительности работ.

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 9}{5} = 6 \text{ чел. - дн.}$$

Определим продолжительность работы в рабочих днях.

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{6}{1} = 6 \text{ раб. дн.}$$

Переведем рабочие дни в календарные используя коэффициент календарности $k_{кал} = 1,22$.

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 6 \cdot 1,22 = 7,32 \text{ чел. дн. (принимаем = 8 чел. дн.)}$$

Итого длительность работ в календарных днях руководителя проекта равняется 23 дней, а инженера 46 дней.

2.3 Формирование бюджета затрат на проектирование

2.3.1 Расчет материальных затрат проектирования

В данном пункте приведены все виды затрат, необходимых для разработки данного проекта. Взяты средние рыночные цены товаров.

1. Материальные затраты

В таблице 8 приведены затраты на канцелярские товары.

Таблица 9 – Затраты на канцелярские товары

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага для принтера, формат А4	Лист	165	2	330
Карандаш механический	Штука	2	35	70
Стержни на карандаш	Упаковка	1	20	20
Тетрадь	Штука	2	25	50
Ручка	Штука	2	15	30
Итого				500

2. Затраты на технические средства и программное обеспечение

Затраты на технические средства приняты исходя из необходимого оборудования и специального программного обеспечения.

Таблица 10 – Затраты на технические средства и программное обеспечение

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
ПЭВМ	Штука	1	25000	30000
Принтер	Штука	1	5000	5000
Специализированное программное обеспечение для расчета грозозащиты подстанции «RastrWin3»	Штука	1	2000	2000
Итого				37000

Исходя из вышесказанного суммарные материальные затраты исполнителей на проектирование равняются $\sum M_3 = 37500$ руб.

3. Затраты на оплату труда

Месячный должностной оклад для руководителя:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 23264,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45366 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.}$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

Исходя из количества дней, которое исполнители проекта были заняты (длительность работ руководителя проекта равняется 16 дней, а инженера 31 дня) рассчитаем отчисления заказчика работ в фонд заработной платы (ФЗП),

$$\Phi ЗП_{\pi} = \sum ЗП_{\text{рук.}} + \sum ЗП_{\text{инж.}} = \frac{16}{25} \cdot 45366 + \frac{31}{21} \cdot 29250 = 72212,81 \text{ руб.}$$

Определяем отчисления на социальные нужды (27,1%).

$$ОСН_{\pi} = 0,271 \cdot 72212,81 = 19569,67 \text{ руб.}$$

Определяем величину прочих непредвиденных расходов (10 % от И.).

$$\sum И_{\pi} = \sum М_3 + \Phi ЗП_{\pi} + ОСН_{\pi} = 37500 + 72212,81 + 19569,67 = 129282,48 \text{ руб}$$

$$Пр_{\pi} = 0,1 \cdot \sum И_{\pi} = 0,1 \cdot 129282,48 = 12928,24 \text{ руб.}$$

Определим величину накладных расходов исходя из того, что они составляют 16 % от $\sum И_{\pi}$.

$$Нр_{\pi} = 0,16 \cdot \sum И_{\pi} = 0,16 \cdot 129282,48 = 20685,19 \text{ руб.}$$

Сведем все полученные результаты в таблицу 11.

Таблица 11 – Смета затрат на проектирование

п/п	Вид затрат	Величина, руб	%
1	Материальные затраты	500	0,3
2	Затраты на технические средства и программное обеспечение	37000	22,7
3	Затраты на оплату труда	72212,81	44,3
4	Отчисления на социальные нужды	19569,67	12,1
5	Прочие непредвиденные расходы	12928,24	7,9
6	Накладные расходы	20685,19	12,7
7	Суммарная себестоимость (C_{π})	162895,91	100

Из данной таблицы можно увидеть смету затрат проекта. Так как затраты на проектирование равны 162895,91, что является значением ниже среднего, по отношению к подобным проектам. Что говорит о высокой эффективности проекта.

2.3.2 Определение затрат на реализацию проекта

Для осуществления данного проекта, необходимо произвести покупку необходимого оборудования для грозозащиты подстанции, рассчитанное на номинальное напряжение 330 кВ.

Цены оборудования и материалов взяты из источников [5] и [6]. Информационный портал является информационно-аналитической и торгово-

операционной системой, которая предоставляет подробную информацию о рынке продукции, предоставляемых услугах и технологиях в области электроэнергетики. Согласно данным проектируемой системы стоимость необходимого, для монтажа, оборудования представлена в таблице 11.

Таблица 12 – Смета на необходимое оборудование

Наименование	Количество, шт.	Цена, руб.	Итого, руб.
Вентильный разрядник РВМГ - 330	1	70000	70000
Опоры	4	31801	127204
Грозозащитный трос	2432 м	196	476672
Заземлители	4	12085	48340
Итого			722216

2.3.3 Планирование монтажных и пусконаладочных работ, затраты на заработную плату

Монтаж и наладку грозозащиты подстанции, номинальное напряжение которой равно 330 кВ, будет осуществляться специалистами компании ООО “ПКФ Ресурс”.

Работа, производимая при монтаже и наладке грозозащиты, будет производиться в несколько этапов:

- Изучение схем и чертежей, подготовка к работе – 3 дня;
- Монтаж грозозащитного оборудования – 25 дней;
- Наладка грозозащитного оборудования – 3 дня;
- Проверка работоспособности оборудования, всего комплекса установленных защит – 5 дней.

В итоге работа по монтажу и вводу в эксплуатацию грозозащиты подстанции продолжится в течении 36 дней бригадой, состоящей из 8 человек. В бригаду входят: руководитель работ, производитель работ, наблюдающий и 5 членов бригады.

Данные о величинах окладов, каждого задействованного работника монтажной бригады предоставлены в таблице 13.

Таблица 13 – Заработная плата бригады монтажников

Состав бригады	Количество	Оклад, руб
Руководитель работ	1	25000
Производитель работ	1	20000
Наблюдающий	1	17000
Член бригады	5	15000

При расчете будет учитываться, что среднее количество рабочих дней в месяце равняется 21.

Для проведения работ по монтажу требуется техника для расчистки территории под строительство и техника для поднятия людей и материалов на высоту. В подготовки территории под строительство будет использоваться бульдозер, подъемный кран (автовышка) для выполнения высотных работ.

Все машины будут арендованы для бригады, так как покупка техники экономически нецелесообразна для выполнения единичных работ.

В таблице 14 приведены арендные затраты на технику.

Таблица 14 – Затраты на аренду машин.

Оборудование	Задействовано, дни	Стоимость, в день	Итого, руб
Бульдозер	15	16000	240000
Автовышка	25	7200	180000
Материальные затраты на оборудование, $\sum M_3$			420000

Рассчитаем суммарные затраты на монтаж оборудования и пусконаладочные работы грозозащиты подстанции.

Фонд заработной платы, включает районный коэффициент 1,3, премию за своевременное выполнение обязательств по договору – 60 %, доплаты и надбавки составляющие 10 %.

$$\begin{aligned} \text{ФЗП} &= ((25000 + 20000 + 17000 + 5 \cdot 15000) \cdot (1 + 0,6 + 0,1) \cdot 1,3) \cdot \frac{36}{21} \\ &= 519034,29 \text{ руб} \end{aligned}$$

Отчисления на социальные нужды – 30,2 %.

$$\text{ОСН} = 0,302 \cdot \text{ФЗП} = 0,302 \cdot 519034,29 = 155710,29 \text{ руб.}$$

Прочие непредвиденные расходы (составляют примерно 1 % от $\sum И$).

$$\begin{aligned}\sum И_{\Pi} &= \sum М_3 + \text{ФЗП} + \text{ОСН} = 420000 + 519034,29 + 155710,29 \\ &= 1094744,58 \text{ руб}\end{aligned}$$

$$\text{Пр}_M = 0,01 \cdot \sum И_{\Pi} = 0,01 \cdot 1094744,58 = 10947,44 \text{ руб}$$

Величина накладных расходов (16 % от $\sum И_{\Pi}$)

$$\text{Нр}_M = 0,16 \cdot \sum И_{\Pi} = 0,16 \cdot 1094744,58 = 437897,83 \text{ руб.}$$

Общая себестоимость монтажа грозозащиты подстанции:

$$\begin{aligned}C_M &= \sum И_{\Pi} + \text{Пр}_M + \text{Нр}_M = 1094744,58 + 10947,44 + 437897,83 \\ &= 1543589,85 \text{ руб}\end{aligned}$$

Сведем все данные по капиталовложениям в проект в таблицу 15.

Таблица 15 – Капиталовложения в проект

Наименование затрат	Вложения, руб
Затраты на оборудование и комплектующие	722216
Затраты на проектирование	162895,91
Затраты на монтаж	1543589,85
Итого	2428701,76

2.4 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность автоматизированной системы определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Надежность	0,25	5
3. Удобство в эксплуатации)	0,20	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,20	4
5. Энергоэкономичность	0,10	3
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта: $I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,4$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает достаточно хороший результат (4,4 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.

2.5 Вывод

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет немаловажное значение при выполнении раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Его высокое значение говорит о эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности и надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы.

В ходе выполнения заданий раздела «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение», была произведена оценка конкурентоспособности вентильного разрядника типа РВМГ-330 по отношению к разряднику типа РВТ-330. При проведении данного анализа было выявлено превосходство разрядников типа РВС, поэтому при проектировании грозозащиты использованы разрядники именно этого типа. Длительность проектировочных работ в календарных днях, составила 69 дней. На основе временных показателей, по каждой из произведенных работ, был построен календарный план-график (Диаграмма-Ганта), по которому можно увидеть продолжительность всех произведенных работ.

При формировании бюджета были учтены все необходимые затраты: канцелярские товары, технические средства и программное обеспечение, оплату труда; отчисления на социальные нужды, непредвиденные расходы и накладные расходы; затраты на реализацию проекта, строительные и монтажные работы. После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили **2 428 701,76 руб.** Для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи, с точки зрения ресурсной эффективности, был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, поскольку он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,4).