

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 110 кВ.				

УДК 621.316.98

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Агафонов Василий Михайлович		

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	Василевский М.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 140400 «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
5A2B	Агафонову Василию Михайловичу

Тема работы:

Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 110 кВ.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 653/с от 02.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	В данной работе проектируется грозозащита высоковольтной подстанции на напряжение 110 кВ. $U_{ном} = 110$ кВ; $U_{п} = 600$ кВ; $\tau_{ф} = 0,2$ мкс; $l_{12} = 12$ м; $W_1 = 350$ Ом; $W_2 = 450$ Ом; $C_T = 400$ пФ; тип РВ – РВС. Характеристики линии: $U_H = 110$ кВ; $\alpha = 24$ град; $L_{вл} = 200$ км; $l_{п} = 80$ м; $D_r = 30$ Ом; $\rho_{изм} = 180$ Ом · м; $n = 7$; $R = 1,5$ см; Климатическая зона – III; Тип изолятора – ПС6-А
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	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.
Перечень графического материала	Зоны защиты стержневых молниеотводов, Напряжения на изоляции силового трансформатора

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Василевский Михаил Викторович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Агафонов Василий Михайлович		

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 140400 «Электроэнергетика и электротехника»

Уровень образования бакалавр

Кафедра ЭЭС

Период выполнения весенний семестр 2014/2015 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.	д. т. н., доцент		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Агафонов Василий Михайлович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – 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)	Тема ВКР: Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 150 кВ. Рабочая зона – территория подстанции, опоры ВЛЭП и территория вокруг них. Технологический процесс заключается в приеме, преобразовании и распределении э/э - 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.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	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,

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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)	- 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.
--	--

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)	– 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
3. Охрана окружающей среды: – 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.	– 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.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – 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	– 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.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	– Специальные правовые нормы для вредных и опасных производств регулируются разделом XII ТК РФ; – Мероприятия – правильная планировка ОРУ, применения блокировок, ограждения.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	----

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Василювский Михаил Викторович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Агафонов Василий Михайлович		

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

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

Группа	ФИО
5A2B	Агафонов Василий Михайлович

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	Агафонов Василий Михайлович		

Реферат

Работа содержит 88 листов, 18 рисунков, 19 таблиц, 19 используемых источников.

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

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

Цель работы – рассчитать и спроектировать грозозащиту высоковольтной подстанции на номинальное напряжение 110 кВ.

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

В ходе данной работы были проведены расчеты, характеризующие себестоимость проекта и непосредственной его реализации в реальный объект. В разделе работы «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные факторы, возможные чрезвычайные ситуации и экологические проблемы возникающие непосредственно на территории проектируемой подстанции и ВЛЭП. Предложены средства коллективной и индивидуальной защиты по каждому из пунктов данной части работы.

Данная работа может быть использована, как для построения грозозащиты реальной подстанции под рассматриваемый класс напряжения, так и в научно исследовательских целях.

Работа выполнялась в текстовом редакторе *Microsoft Word 2010*, *Microsoft Excel 2010*. 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 – вентиляльный 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.

Оглавление

Введение.....	12
1. Теоритическое обоснование проблемы	12
1.1. Классификация внешних перенапряжений	12
1.2. Показатели надежности грозозащиты РУ станций и подстанций от набегающих волн.....	14
1.3. Рекомендации ПУЭ по грозозащите подстанций	15
2. Расчет напряжения на изоляции силового трансформатора при заданной волне перенапряжения.....	16
2.1. Порядок расчета	21
2.2. Расчет кривой опасных параметров (КОП).....	29
2.3. Заземлители и их расчет.....	37
2.4. Оценка надежности грозозащиты подстанции от волн, набегающих с линии	38
2.5. Определение напряжения на вентильном разряднике при воздействии волны грозового перенапряжения.	41
2.6. Зоны защиты стержневых молниеотводов	42
2.7. Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередачи..	46
Результаты проделанной работы	51
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
3.1. Анализ конкурентных технических решений	52
3.2. Планирование работ по проектированию	53
3.2.1. Структура работ в рамках проектирования.....	53
3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	55
3.2.3. Разработка графика проведения проектирования	56
3.3. Формирование бюджета затрат на проектирование.....	58
3.3.1. Расчет материальных затрат проектирования.....	58
3.3.2. Определение затрат на реализацию проекта.....	61
3.3.3. Планирование монтажных и пусконаладочных работ, затраты на заработную плату	61

3.3.4. Ресурсоэффективность	64
4. Социальная ответственность	66
4.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	67
4.1.1. Микроклимат	67
4.1.2. Производственный шум	68
4.1.3. Вибрации.....	68
4.1.4. Освещенность	69
4.1.5. Электромагнитное излучение	70
4.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	72
4.3. Охрана окружающей среды	74
4.3.1. Защита селитебной зоны.	74
4.3.2. Анализ воздействия объекта на атмосферу.....	74
4.3.3. Анализ воздействия объекта на гидросферу.....	74
4.3.4. Анализ воздействия объекта на литосферу	75
4.4. Защита в чрезвычайных ситуациях	75
4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
4.5.1. Правовые нормы трудового законодательства	77
4.5.2. Организационные мероприятия	78
Заключение	79
Список использованных источников	81
Приложение А	83
Приложение В.....	84
Приложение С.....	85
Приложение D	86
Приложение E.....	87
Приложение F	88

Введение

Проблема реализации защиты сетей от перенапряжений ограничителями ОПН приобретает всё большую актуальность. Важен правильный подбор соответствующих устройств для защиты электрических сетей.

Целью работы является рассмотрение основного ряда вопросов по проблеме ограничения перенапряжений в электросетях 110 кВ при применении вентильного разрядника. Широкое внедрение электрической энергии в технологические процессы производства требует высокой надёжности электроснабжения потребителей качественной электроэнергией. В её обеспечении большое значение имеет правильная организация защиты электрооборудования от перенапряжений.

Импульсные перенапряжения в настоящее время приводят к целому ряду негативных последствий, таких как:

- разрушение вводных цепей как на платах, так и на корпусах микросхем;
- сбои и ложные срабатывания в работе оборудования;
- изменение параметров полупроводникового прибора, и вследствие этого некорректная работа схемы, собранной на базе этого прибора.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.2. Анализ конкурентных технических решений

Целью данного раздела ВКР является технико-экономическое обоснование проектирования грозозащиты подстанции рассчитанной на номинальное напряжение 110 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 110 кВ.

Важнейшим элементом грозозащиты является разрядник. Выбор базового объекта конкурента производится аналогичного: по назначению и условиям эксплуатации с объектом, оценка которого предоставлена далее. Для рассматриваемого разрядника РВС-110 мною выбран конкурент – РВМГ-110; Анализ произведён с помощью оценочной карты (таблица 1), по 5 бальной шкале, в которой 1 – наиболее слабая позиция разрядника, а 5 – наиболее сильная. Вес всех показателей в сумме равен 1.

Таблица 5 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		РВС-110	РВМГ-110	РВС-110	РВМГ-110
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 5

Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Наибольшее допустимое U	0,2	4	4	0,8	0,8
2. Габариты	0,1	3	2	0,3	0,2
3. Масса	0,06	2	2	0,12	0,12
4. Гарантийный срок	0,16	4	4	0,64	0,64
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	4	4	0,44	0,44
2. Цена	0,13	4	3	0,52	0,39
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,24	4	3	0,96	0,72
Итого	1	25	22	3,78	3,31

Анализ конкурентных технических решений можно определить по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,25 \cdot 4 = 1$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_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.

3.3. Планирование работ по проектированию

3.3.1. 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

3.3.2. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

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

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

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

3.3.3. 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	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ к календарным дням, T_{ki}	
	t_{min} , чел. дни		t_{max} , чел. дни		t_{oji} , чел. дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
1. Составление ТЗ	3		7		5		5		7	
2. Ознакомление с технической документацией		7		11		9		9		11
3. Выбор направления		2		5		4		4		5
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		1		3		2		2		3
7. Проверка полученных результатов	1		1		1		1		2	
8. Нахождение длительности фронта волны перенапряжения		1		2		2		2		3
9. Расчет КОП в программе		1		3		2		2		3
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		3	
15. Расчет параметров зон защиты молниеотводов		1		1		1		1		2
16. Проверка полученных результатов	1		2		2		2		3	
17. Расчет удельного числа грозовых отключений		1		3		2		2		3
18. Составление пояснительной записки		2		5		4		4		5
19. Оформление чертежей		1		3		2		2		3
20. Проверка готовой работы	1		3		2		2		3	

Диаграмма Ганта приведена в таблице F.1, приложения F.
В качестве примера приведем расчет для пункта работы 1.
Определяем величину ожидаемой продолжительности работ.

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 11}{5} = 8 \text{ чел. -дн.}$$

Определим продолжительность работы в рабочих днях.

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{8}{1} = 8 \text{ раб. дн.}$$

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

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 8 \cdot 1,22 = 9,76 \text{ чел. дн. (принимаем } = 10 \text{ чел. дн.)}$$

Итого длительность работ в календарных днях руководителя проекта равняется 23 дней, а инженера 50 дней.

3.4. Формирование бюджета затрат на проектирование

3.4.1. 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 8 – 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 9 – Затраты на технические средства и программное обеспечение

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
ПЭВМ	Штука	1	25000	25000
Принтер	Штука	1	5000	5000
Специализированное программное обеспечение для расчета грозозащиты подстанции «RastrWin3»	Штука	1	2000	2000
Итого				32000

Исходя из вышесказанного суммарные материальные затраты исполнителей на проектирование равняются $\sum M_z = 32500$ руб.

3. Затраты на оплату труда

Согласно данным ТПУ, оклад исполнителей будет составлять следующие величины.

Месячный должностной оклад для руководителя:

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

Месячный должностной оклад для инженера:

$$З_m = З_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.}$$

где $З_{мс}$ – 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 потребуется исполнителям проекта для выполнения работ, (длительность работ руководителя проекта равняется 15 дням, а инженера 36 дням) рассчитаем отчисления заказчика работ в фонд заработной платы (ФЗП), отчисления на социальные нужды (ОСН), прочие непредвиденные расходы (Пр.) и накладные расходы (Нр.).

$$\Phi ЗП_{\Pi} = \sum ЗП_{\text{рук.}} + \sum ЗП_{\text{инж.}} = \frac{15}{25} \cdot 45366 + \frac{36}{21} \cdot 29250 = 77362,46 \text{ руб.}$$

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

$$ОСН_{\Pi} = 0,271 \cdot 77362,46 = 20965,23 \text{ руб.}$$

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

$$\sum И_{\Pi} = \sum М_3 + \Phi ЗП_{\Pi} + ОСН_{\Pi} = 32500 + 77362,46 + 20965,23 = 130827,69 \text{ руб}$$

$$Пр_{\Pi} = 0,1 \cdot \sum И_{\Pi} = 0,1 \cdot 130827,69 = 13082,77 \text{ руб.}$$

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

$$Нр_{\Pi} = 0,16 \cdot \sum И_{\Pi} = 0,16 \cdot 130827,69 = 20932,43 \text{ руб.}$$

Сведем все полученные результаты в таблицу 10.

Таблица 10 – Смета затрат на проектирование

п/п	Вид затрат	Величина, руб	%
1	Материальные затраты	500	0,3
2	Затраты на технические средства и программное обеспечение	32000	19,42
3	Затраты на оплату труда	77362,46	46,94
4	Отчисления на социальные нужды	20965,23	12,7
5	Прочие непредвиденные расходы	13082,77	7,94
6	Накладные расходы	20932,43	12,7
7	Суммарная себестоимость (C_{Π})	164842,89	100

Из данной таблицы можно увидеть смету затрат проекта. Так как затраты на проектирование равны 164842,89, что является значением ниже среднего, по отношению к подобным проектам. Что говорит о высокой эффективности проекта.

3.4.2. Определение затрат на реализацию проекта

Для осуществления данного проекта, необходимо произвести покупку необходимого оборудования для грозозащиты подстанции, рассчитанное на номинальное напряжение 110 кВ.

Цены оборудования и материалов взяты из источников [3] и [4]. 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 11 – Смета на необходимое оборудование

Наименование	Количество, шт.	Цена, руб.	Итого, руб.
Вентильный разрядник РВС - 110	1	32000	32000
Опоры	4	31801	127204
Грозозащитный трос	4432 м	196	868700
Заземлители	4	12085	48340
Итого			1076000

3.4.3. Планирование монтажных и пусконаладочных работ, затраты на заработную плату

Монтаж и наладку грозозащиты подстанции, номинальное напряжение которой равно 110 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 12.

Таблица 12 – 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 13 приведены арендные затраты на технику.

Таблица 13 – 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 %.

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

Отчисления на социальные нужды – 30,2 %.

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

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

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

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

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

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

Общая себестоимость монтажа грозозащиты подстанции:

$$\begin{aligned}C_{\Pi} &= \sum И_{\Pi} + Пр_{\Pi} + Нр_{\Pi} = 1094744,58 + 10947,44 + 437897,83 \\ &= 1543589,85 \text{ руб}\end{aligned}$$

Сведем все данные по капиталовложениям в проект в таблицу 14.

Таблица 14 – Капиталовложения в проект

Наименование затрат	Вложения, руб
Затраты на оборудование и комплектующие	1076000
Затраты на проектирование	213674,88
Затраты на монтаж	1543589,85
Итого	2833264,73

3.4.4. 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 15 – 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.

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 РВС-110 по отношению к разряднику типа РВМГ-110. 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 73 дня. 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 **2 833 264,73 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).

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены основные задачи проектирования и расчета устройства грозозащиты подстанции на номинальное напряжения 110 кВ.

В результате проделанной работы были закреплены знания полученные при изучении теоретического курса по молниезащите. Приобретен начальный опыт в проектировании грозозащиты элементов ЭЭС.

В рамках дополнительного задания к данной ВКР были рассмотрены особенности молниезащиты подстанций при низкой проводимости грунтов. Были охарактеризованы различные факторы влияющие на нее.

Для рассматриваемого варианта подстанции на номинальное напряжение 110 кВ был произведен расчет грозозащиты как подстанции так и для ЛЭП подходящей к ней. Количество лет без грозовых отключений для рассчитываемой подстанции составило 94 года. Данный показатель находится в пределах нормы.

Расчет грозозащиты ЛЭП показал, что требуется наличие резервирования на линиях вследствие того, что число аварийных отключений ВЛ составило 0,621. Данное значение оказалось меньше допустимого числа аварийных отключений, т.е. меньше 1. Поэтому и надо применять резервирование.

По полученным величинам были построены зоны защиты стержневых молниеотводов. Молниеотводы расположены в форме прямоугольника. Данный чертеж представлен в приложении.

При выполнении экономической части было дано технико – экономическое обоснование выполняемо проекта. В ходе работы была рассчитана продолжительность выполнения проектирования для инженера и руководителя. Составлен календарный план выполнения работ.

Кроме этого были рассчитаны капиталовложения необходимые для реализации проекта в виде реального объекта. Капиталовложения в оборудование необходимое для постройки грозозащиты и его комплектующие

составили 1076000 руб. Капиталовложения непосредственно в проектирование грозозащиты подстанции и ЛЭП составили 213674,88 руб. Капиталовложения необходимые для производства монтажа рассматриваемой системы грозозащиты составили 1543589,85 руб. Общие капиталовложения в рассматриваемый проект составили 2833264,73 руб.

При выполнении раздела «Социальная ответственность» было произведено исследование рабочей зоны. Были выявлены опасные и вредные производственные факторы негативно влияющие на состояние рабочих в рассматриваемой рабочей зоне. Рассмотрены различные виды чрезвычайных ситуаций, возможных на объекте. Разработаны меры по защите людей от производственных и техногенных опасностей.