

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 структуры и функционирования цифровых подстанций
УДК <u>621.311.4:004.9</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2А	Цыбиков Баясхалан Баяндаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шмойлов Анатолий Васильевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н. В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	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		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области для решения коммуникативных задач.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства коллективом исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты профессиональной деятельности.
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
P7	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники.
P8	Способность применять стандартные методы расчета и средства автоматизации проектирования; принимать участие в выборе и проектировании элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники в соответствии с техническими заданиями.
P9	Способность применять современные методы разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах.
P10	Готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины на электроэнергетическом и электротехническом производствах; осваивать новые технологические процессы производства продукции; обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции.
P11	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.

Код результата	Результат обучения
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.
P14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
<i>Специальные профессиональные компетенции</i>	
<i>Профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»</i>	
P7	Способностью моделировать режимы работы релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем с использованием профессиональных программ; проводить экспериментальные исследования функционирования элементной базы системной автоматики.
P8	Способностью определить параметры срабатывания релейной защиты энергообъекта; оценивать защитную способность проектируемой релейной защиты.
P9	Способностью оценивать влияние аварийных ситуаций в энергосистемах на безопасность жизнедеятельности людей; последствия от прекращения электроснабжения на функционирование предприятий и возможного ущерба.
P10	Способностью обеспечить соблюдение заданных параметров при производстве устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматики энергосистем.
P11	Способностью планировать работу персонала и фондов оплаты труда при разработке релейной защиты и автоматики объектов электроэнергетических систем.
P12	Способностью использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров. Готовностью к участию в исследовательских работах по автоматизации энергообъектов; к участию во внедрении результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов; использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров.
P13	Готовностью к участию в исследовательских работах и внедрению результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов.
P14	Готовностью к участию в работе по монтажу и наладке устройств автоматики; способностью к участию в монтаже устройств релейной защиты и автоматики энергообъектов. Способностью к участию в натурных испытаниях и сдаче в эксплуатацию смонтированного оборудования релейной защиты и автоматики.
P15	Способностью к обслуживанию устройств релейной защиты и автоматики; способностью к оценке состояния и условий эксплуатации релейной защиты и автоматики энергообъекта. Готовностью к участию в работах по модернизации устройств релейной защиты и автоматики энергообъекта.
P16	Способностью к проведению анализа результатов работы и составлению отчетной документации.

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

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭЭС
_____ А. О. Сулайманов

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5A2A	Цыбикову Баясхалану Баяндаевичу

Тема работы:

Анализ структуры и функционирования цифровых подстанций	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.2016 г. №653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none">1. Электрическая схема Тюменской энергосистемы2. База данных Тюменской энергосистемы в РК «АРМ СРЗА»
---------------------------------	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исследовать и проанализировать структуру цифровой подстанции, ее функционирование, выявить преимущества и недостатки по сравнению с традиционными подстанциями. 2. Выбор и расчет релейной защиты района линии 110 кВ Сомкинская – Пересвет Тюменской энергосистемы и проверка чувствительности защит.
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Электрическая схема района защищаемого объекта Тюменской энергосистемы</p> <p>Схема параметров защит района линии</p> <p>Схема замещения района защищаемого объекта Тюменской энергосистемы</p> <p>Схема подключения терминалов РЗА</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>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2А	Цыбиков Баясхалан Баяндаевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоит из 116 страниц, 8 рисунков, 13 таблиц, 42 источников, 4 приложений.

Ключевые слова: ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ, ШИНА ПРОЦЕССА, АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИКА, АВАРИЙНЫЙ РЕЖИМ, УСТАВКА, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, СОГЛАСОВАНИЕ, ОТСТРОЙКА, ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ, ЭНЕРГОСИСТЕМА.

Объектом исследования является технология “Цифровая подстанция” энергосистема, а также линия 220кВ от подстанции «Сомкинская» до «Пересвет», и отходящие линии.

Цель работы – анализ структуры и функционирования Цифровой подстанции, анализ организации преобразования и передачи данных внутри подстанции, выявление технических, эксплуатационных и экономических преимуществ технологии ЦПС. Кроме того, в рамках данной работы необходимо проектирование релейной защиты линии 220 кВ «Сомкинская» – «Пересвет» тюменской энергосистемы, оценка конкурентоспособности альтернативных технических решений с позиции ресурсоэффективности и планирование проектных работ, исследование рабочего места инженера-проектировщика с задачей выявления опасных и вредных производственных и экологических факторов и средств защиты от них.

В ходе выполнения работы использовались программные комплексы «АРМ СРЗА» и «MathCAD», а также программный пакет Microsoft Office (Word, Excel, Visio).

Полученные в проекте результаты могут быть использованы, как предварительные в расчетных группах РЗА центрального, объединенного или регионального диспетчерского управления, в техническом ведении которых находится рассматриваемая линия.

Оглавление

Введение	12
1. МЭК 61850.....	14
2. Цифровая подстанция. Структура цифровой подстанции.....	16
3. Обоснованность внедрения Цифровой Подстанции	22
3.1 Преимущества реализации технологии ЦПС	22
3.1.1 Преимущества передачи сигналов в цифровом виде	22
3.1.2 Уменьшение капитальных затрат	22
3.1.3 Уменьшение эксплуатационных затрат (на техобслуживание)	23
3.2 Существующие проблемы внедрения технологии.....	24
4. Релейная защита и автоматика линии 220 кВ Сомкинская - Пересвет Тюменской энергосистемы	26
4.1 Введение.....	26
4.2 Формирование района энергосистемы с точки зрения релейной защиты и автоматики (РЗА) заданных объектов	29
4.3. Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений.....	30
4.3.1 Конфигурация, параметры схем элементов, установившихся режимов выбранного района энергосистемы	30
4.3.2 Выбор и обоснование аппаратных средств РЗА	31
4.3.3 Принятие варианта решений по составу и номенклатуре РЗА заданных автоматизируемых объектов.....	36
4.3.4 Выбор измерительных трансформаторов	37
4.4 Ступенчатая токовая защита нулевой последовательности (СТЗНП) ШЭ 2607 072М	38
4.4.1 Подготовка данных по уставкам СТЗНП предыдущих линий первой и второй периферии.....	42
4.4.1.1 Расчет уставок I ступени защиты СТЗН линии второй периферии	42
4.4.1.2 Расчет уставок I ступени СТЗНП линии первой периферии	43
4.4.2 Ступенчатая токовая защита нулевой последовательности (СТЗНП) ШЭ 2607 072М	48
4.4.2.1 Расчет уставок I ступени СТЗНП линии «Сомкино – Пересвет».....	48
4.4.2.2 Расчет уставок	50

4.4.2.3 Расчет уставки третьей ступени СТЗНП линии «Сомкино – Пересвет»	53
4.4.2.4 Определение уставок и проверка чувствительности IV ступени СТЗНП линии «Сомкино - Пересвет»	55
4.5 Дистанционная защита (ДЗ) ШЭ 2607 072М	57
4.5.1 Расчет уставок I ступени ДЗ линии «Сомкино – Пересвет»	57
4.5.2 Расчет уставки второй ступени СДЗ линии 220 кВ Сомкино – Пересвет	59
4.5.3 Расчет уставок III ступени ДЗ линии «Сомкино – Пересвет»	62
4.6 Дифференциально-фазная высокочастотная защита ШЭ 2607 081М	64
4.6.1 Исходные данные для расчёта защиты	66
4.6.2 Выбор уставки токового органа с пуском по вектору разности фазных токов I_L , действующего на блокировку	68
4.6.3 Выбор уставки токового органа с пуском по вектору разности фазных токов I_L , действующего на отключение	68
4.6.4 Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности I_2 , действующего на блокировку	69
4.6.5 Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности I_2 , действующего на отключение	70
4.6.6 Определение коэффициента чувствительности токового отключающего органа I_2	70
4.6.7 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DI_2 , действующего на блокировку	71
4.6.8 Уставка токового органа с пуском по приращению DI_2 , действующего на отключение	71
4.6.9 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DI_1 , действующего на блокировку	72
4.6.10 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DI_1 , действующего на отключение	72
4.6.11 Орган манипуляции. Коэффициент комбинированного фильтра токов	73
4.7 Вывод	75
5. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	77
Введение	77
5.1 Анализ конкурентных технических решений	78
5.2 Технология QuaD	80
5.3. Планирование научно-исследовательских работ	81

5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	81
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	82
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	83
5.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	88
5.4.1. Основная заработная плата исполнителей	88
5.4.2. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	90
5.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды	91
5.4.4. Накладные расходы	92
5.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования	93
Вывод	94
6. Социальная ответственность	97
6.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	98
6.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	102
6.3 Охрана окружающей среды	104
6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	105
6.5 Организационные мероприятия	106
6.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	107
Заключение	108
Список литературы	109
Нормативная литература	111
Приложение А	113
Приложение Б	114
Приложение В	115
Приложение Г	116

Введение

Условия современного развития человечества требуют постоянного роста производства электроэнергии. По оценкам Shell (концерн Shell – один из мировых лидеров энергетического сектора – играет ключевую роль в обеспечении растущих глобальных потребностей в энергоресурсах), в 2050 году человечеству понадобится в 3 раза больше энергии, чем производится в наше время. Поэтому развитие энергетики сегодня осуществляется в направлениях всеобщей электрификации страны и увеличении генерируемых мощностей для покрытия постоянно растущего спроса на электроэнергию. Наравне с этим, технологии в сфере электроэнергетики развиваются в сторону повышения качества отпускаемой электроэнергии. Это невозможно представить без целого комплекса устройств измерительной подсистемы, автоматики и релейной защиты.

С другой стороны, наряду с развитием энергетики в последние десятилетия идет опережающее развитие информационных технологий и повсеместной компьютеризации, затрагивающей все отрасли, в том числе и энергетику. Начинают внедряться новые стандарты коммуникаций. Получили широкое распространение цифровые устройства РЗА. Были существенно модернизированы аппаратные и программные комплексы средств систем управления. Развитие современных информационных технологий и появление новых международных стандартов в этой сфере открывает возможности инновационных подходов к решению задач автоматизации и управления энергообъектами, позволяя создать подстанцию следующего поколения — цифровую подстанцию (ЦПС). Подстанция нового поколения должна быть оснащена комплексом цифровых устройств, обеспечивающих функционирование систем релейной защиты и автоматики, учета электроэнергии, АСУ ТП, регистрации аварийных событий по протоколу МЭК 61850. Внедрение МЭК 61850 дает возможность связать всё технологическое оборудование подстанции единой информационной сетью, по которой

передаются не только данные от измерительных устройств к терминалам РЗА, но и сигналы управления. В современных условиях развития электроэнергетики России задача создания цифровой подстанции (ЦПС) является первоочередной в общей концепции развития информационно-технологических (ИТС) и управляющих систем современных подстанций Единой национальной электрической сети (ЕНЭС). [1]

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

Студенту:

Группа	ФИО
5A2A	Цыбикову Баясхалану Баяндаевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	бакалавр	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	Оклад руководителя - 20 389,99 руб. Оклад инженера - 14874,45 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации – 50%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды - 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; Технология QuaD.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование научно-исследовательских работ: -Определение трудоемкости работ Расчёт бюджета НИ: • Амортизация; • Заработная плата; • Отчисления во внебюджетные фонды; • Накладные расходы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Календарный план-график НИИ
3. Расчет бюджета затрат НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	Цыбиков Баясхалан Баяндаевич		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Условия современного развития человечества требуют постоянного роста производства электроэнергии. Поэтому развитие энергетики сегодня осуществляется в направлениях всеобщей электрификации страны и увеличении генерируемых мощностей для покрытия постоянно растущего спроса на электроэнергию. Наравне с этим, технологии в сфере электроэнергетики развиваются в сторону повышения качества отпускаемой электроэнергии. Это невозможно представить без целого комплекса устройств измерительной подсистемы, автоматики и релейной защиты.

С другой стороны, наряду с развитием энергетики в последние десятилетия идет опережающее развитие информационных технологий и повсеместной компьютеризации, затрагивающей все отрасли, в том числе и энергетику. Внедряются современные коммуникационные стандарты обмена информацией. Широко применяются цифровые устройства защиты и автоматики. Произошло существенное развитие аппаратных и программных средств систем управления. Развитие современных информационных технологий и появление новых международных стандартов в этой сфере открывает возможности инновационных подходов к решению задач автоматизации и управления энергообъектами, позволяя создать подстанцию следующего поколения — цифровую подстанцию (ЦПС). Подстанция нового поколения должна быть оснащенная комплексом цифровых устройств, обеспечивающих функционирование систем релейной защиты и автоматики, учета электроэнергии, АСУ ТП, регистрации аварийных событий по протоколу МЭК 61850.

Целью данного раздела является анализ структуры и особенностей функционирования “Цифровой подстанции”, анализ и сравнение различных технических решений в проектировании цифровых подстанций с точки зрения

ресурсоэффективности. в области устройств релейной защиты, составить план научно – исследовательской работы, определить трудоемкость выполнения работ и рассчитать бюджет научно – технического исследования. Так же необходимо сформировать план и график разработки, сформировать приблизительный бюджет на научное исследование.

5.1 Анализ конкурентных технических решений

Целью данного раздела является сравнение конкурентных технических решений с помощью оценочной карты. Сравнивая и анализируя эти решения с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения можно оценить эффективность той или иной научной разработки.

Для анализа целесообразно воспользоваться всеми имеющимися данными о продукте, обозначить его сильные и слабые стороны, проанализировать опыт зарубежных энергетических компаний на основе отзывов.

Данный анализ отобразим в виде оценочной карты, которая представлена в таблице 5.1.1.

В рамках данной работы произведем сравнение относительно молодой и перспективной технологии “Цифровая Подстанция” (ЦПС) с уже существующей, так называемой, традиционной подстанцией.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.1.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		ЦПС	Трад.ПС	ЦПС	Трад.ПС
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Удобство эксплуатации	0,15	5	4	0,75	0,6
2. Надежность работы	0,2	5	4	1	0,8
3. Функциональность (спектр возможностей)	0,2	5	4	1	0,8
4. Электромагнитная совместимость вторичного оборудования	0,1	5	3	0,5	0,3
5. Алгоритмическая надежность функционирования РЗА	0,15	5	4	0,75	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Стоимость вторичного оборудования	0,09	3	5	0,27	0,45
2. Затраты на кабельные сооружения и кабельную продукцию	0,04	5	3	0,2	0,12
3. Затраты на проектирование	0,04	5	3	0,2	0,12
4. Стоимость модернизации терминалов ПС	0,03	5	4	0,15	0,12
Итого	1			4,82	3,91

По результатам расчетов, представленных в таблице 5.1.1, можно сделать вывод, что по техническим и экономическим критериям технологии “Цифровых подстанций” предпочтительней традиционных.

5.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности разработки были подобраны исходя из выбранного объекта исследования.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Составим оценочную карту разработки.

Таблица 5.2.1 – Оценочная карта «ЦПС»

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Эффективность	0,1	90	100	0,9	0,09
2. Надежность	0,1	95	100	0,95	0,095
3. Ремонтопригодность	0,07	85	100	0,85	0,0595
4. Удобство эксплуатации	0,1	95	100	0,95	0,095
5. Функциональность	0,07	90	100	0,9	0,063
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Наличие аналогов	0,07	90	100	0,9	0,063
7. Цена	0,17	50	100	0,5	0,085
8. Новизна, изобретательский уровень	0,15	90	100	0,9	0,135
9. Платёжеспособный спрос со стороны рынка	0,07	70	100	0,7	0,049
10. Окупаемость	0,1	70	100	0,7	0,07
Итого	1				0,8045

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. По результатам оценочных карт трех компаний

видно, что значение показателя P_{cp} получилось 0.8045, что говорит о значительном коммерческом потенциале разработки.

5.3. Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Необходимо наметить основные работы и установить исполнителей по каждой работе. Исполнители выбираются из состава рабочей группы. Для данной работы состав рабочей группы следующий: руководитель, инженер.

Таблица 5.3.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов и нормативных документов	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Проектирование электрической части	5	Расчет баланса мощностей	Инженер
	6	Расчет продолжительных режимов	Инженер
	7	Расчет условий для выбора аппаратуры и оборудования	Инженер
	8	Выбор аппаратуры и оборудования	Инженер

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Проектирование релейной защиты и автоматики	9	Выбор необходимых защит и средств автоматики	Инженер
	10	Расчет уставок защит и настройка автоматики	Инженер
	11	Проверка чувствительности выбранных защит	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	13	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	14	Технико-экономические расчеты	Инженер
	15	Составление и оформление пояснительной записки	Инженер

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

где $t_{ожи}$ – 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.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность 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.

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для иллюстрации плана, графика работ по какому-либо проекту, воспользуемся ленточным графиком в форме 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.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей 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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведем в таблицу 5.3.3.1

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел.-дн.}$$

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\mathcal{U}} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ дн.}$$

Руководитель:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3,42 \approx 3 \text{ дн.}$$

Инженер:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 4,8 \cdot 1,48 = 7,104 \approx 7 \text{ дн.}$$

Сведем все временные показатели проведения научного исследования в таблицу 5.3.1.1.

Таблица 5.3.3.1 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб.	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер				
1	Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8		2,8		3	
2	Подбор и изучение материалов и нормативных документов		4		6		4,8		4,8		7
3	Выбор направления исследований	2		3		2,4		2,4		3	
4	Календарное планирование работ по теме	1		2		1,4		1,4		2	
5	Расчет баланса мощностей		5		8		6,2		6,2		9
6	Расчет продолжительных режимов		5		7		5,8		5,8		9
7	Расчет условий для выбора аппаратуры и оборудования		5		8		6,2		6,2		9
8	Выбор аппаратуры и оборудования		5		7		5,8		5,8		9
9	Выбор необходимых защит и средств автоматики		6		8		6,8		6,8		10
10	Расчет уставок защит и настройка автоматики		4		6		4,8		4,8		7
11	Проверка чувствительности выбранных защит		10		12		10,8		10,8		16
12	Оценка эффективности полученных результатов	8		10		8,8		8,8		11	

Продолжение таблицы 5.3.3.1

№ раб.	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожсi}$, чел-дни		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер				
13	Вопросы безопасности и экологичности проекта		2		4		2,8		2,8		3
14	Технико-экономические расчеты		2		4		2,8		2,8		3
15	Составление и оформление пояснительной записки		7		10		8,2		8,2		10
Итого	Общее количество календарных дней для выполнения выпускной работы									98	
	Общее количество календарных дней, в течении которых работал инженер									79	
	Общее количество календарных дней, в течении которых работал руководитель									19	

На основании таблицы 5.3.3.1 строим календарный план-график, представленный на рисунке 5.3.3.1:

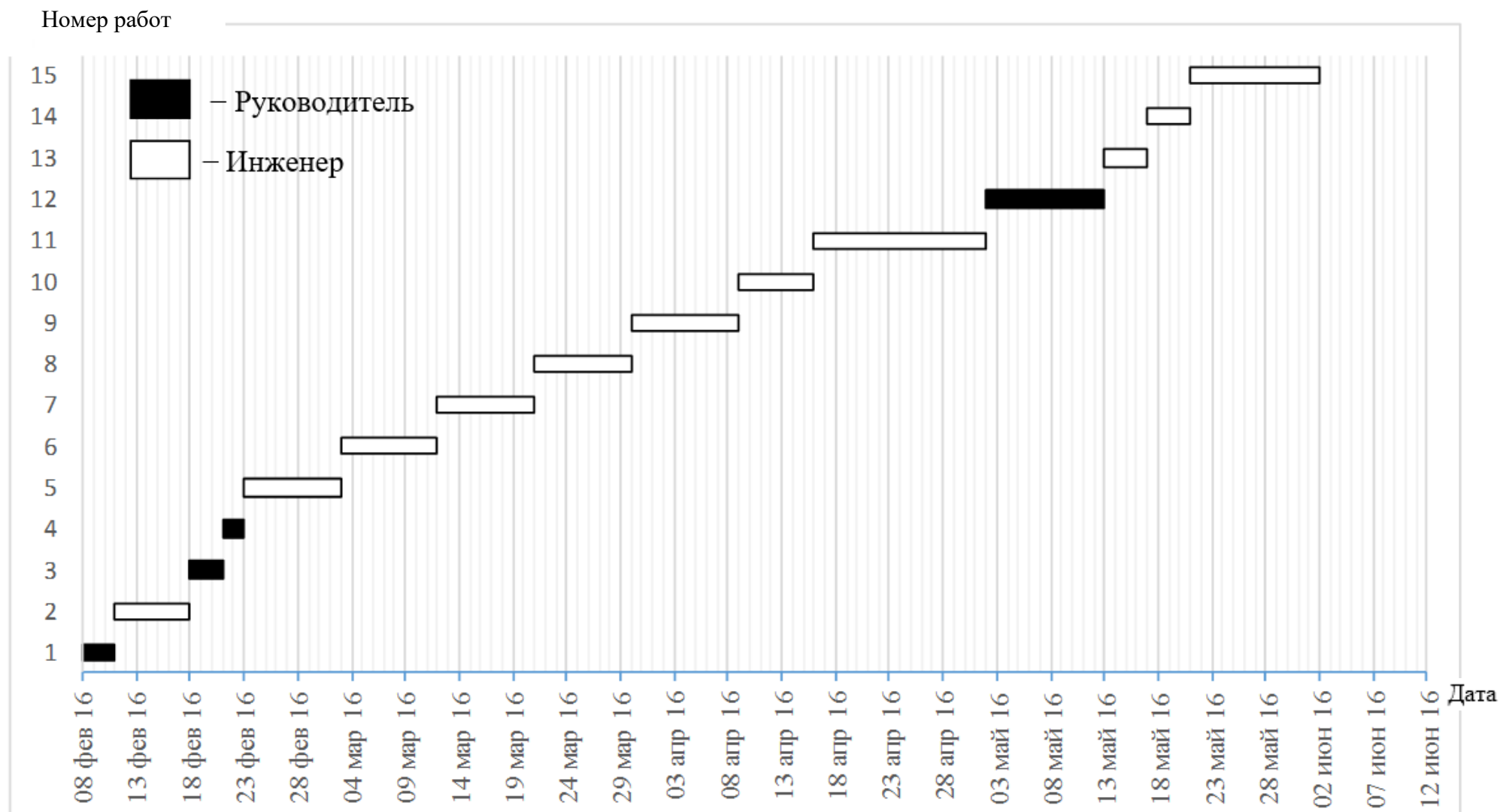


Рисунок 5.3.3.1 – Календарный план-график выполнения НИР

5.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета научно-технического исследования (НТИ) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- Материальные затраты;
- Оклады работников;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы);
- Амортизация;
- Накладные расходы.

5.4.1. Основная заработная плата исполнителей

В настоящую статью включается основная заработная плата работников, занятых при выполнении НТИ. Она рассчитывается исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Кроме того, в состав основной заработной платы так же включается и премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (20 – 30 % от тарифа или оклада).

Статья состоит из основной заработной платы (включая премии, доплаты) и дополнительной заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 5.3.3.1);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_о} = \frac{39760,5 \cdot 10,4}{248} = 1667,4 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.:

Пример расчета для Руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) \cdot k_p = 20389,99 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 39760,5 \text{ руб.}$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 48 раб. дней – $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;
- при отпуске в 24 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

$F_о$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.4.1.1).

Таблица 5.4.1.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней: • выходные дни и праздничные дни	66	119
Потери рабочего времени: • отпуск и невыходы по болезни	52	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	219

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.4.1.2:

Таблица 5.4.2.2 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	20 389,99	0,3	0,2	1,3	39 760,5	1 667,4	15,4	25677,96
Инженер	14 874,45	0,3	0,2	1,3	29 005,2	1 483,4	65	96421
Итого:								122098,96

5.4.2. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы производится по следующей формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет для Руководителя и Инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 25677,96 = 3851,694 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 96421 = 14463,15 \text{ руб.},$$

5.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп})$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (25677,96 + 3851,694) = 8002,54 \text{ руб.};$$

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (96421 + 14463,15) = 30049,6 \text{ руб.},$$

На основании пункта 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2015 году вводится пониженная ставка на размер страховых взносов – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представим в таблице 5.4.3.1:

Таблица 5.4.3.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	25677,96	3851,7
Инженер	96421	14463,15
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления во внебюджетные фонды		
Руководитель	8002,54	
Инженер	30049,6	
Итого	38052,14	

5.4.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = CC \cdot k_{нр}$$

где CC – сумма статей;

$$\begin{aligned} Z_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр} = (Z_{спец} + Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ &= (0 + 122098,96 + 18314,85 + 38052,14) \cdot 0,16 = 28554,55 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

5.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Рассчитанная величина затрат научно-технического исследования является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.4.5.1:

Таблица 5.4.5.1 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	122098,96	59
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18314,85	8,83
Отчисления во внебюджетные фонды	38052,14	18,38
Накладные расходы	28554,55	13,79
Бюджет затрат НТИ	207020,5	100

В данном разделе было произведено планирование научно-исследовательских работ. В ходе работы была сформирована группа и сформулированы этапы выполнения последовательных работ, построена диаграмма Ганта, в которой указаны максимальные по длительности работы каждого из участников. Затем был произведен расчет бюджета научно-технических исследований. В итоге для проведения НИР необходимо 207020,5 руб.

Вывод

В ходе выполнения данной части выпускной работы мы проанализировали экономические аспекты НИР, провели сравнительный анализ конкурентных решений. Было произведено сравнение Цифровой подстанции и традиционной по техническим и экономическим критериям эффективности. По результатам анализа было доказано преимущество новой технологии. Далее был проделан QuaD анализ технологии, на основании которого можно сказать, что разработка имеет высокий технический и экономический потенциал. План работ НТИ подразумевает выполнение в 98 дней. Также был посчитан бюджет НТИ равный 207 тыс.руб, основная часть которого приходится на основную заработную плату исполнителей – 59%. Это объясняется тем, что НТИ состоит из разработки и расчетов в программных комплексах.