

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

Институт ИнЭО
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра ЭЭС

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование релейной защиты автотрансформатора 500/220/10,5кВ подстанции «Сомкино» Тюменской ЭЭС

УДК 621.316.925.1.621.314.223

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2A1	Абрамов Анатолий Петрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Бай Ю.Д.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	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
Профессиональные компетенции	
ПК-1	способностью и готовностью использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики, в своей предметной области
ПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-3	готовностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способностью привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ПК-4	способностью и готовностью использовать нормативные правовые документы в своей профессиональной деятельности
ПК-5	владением основными методами защиты производственного персонала и населения от последствий возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК-6	способностью и готовностью анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
ПК-7	способностью формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде отчета с его публикацией (публичной защитой)

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

Институт ИнЭО
 Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
 Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (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
3-5А2А1	Абрамов Анатолий Петрович

Тема работы:

Проектирование релейной защиты автотрансформатора 500/220/10,5кВ подстанции «Сомкино» Тюменской ЭЭС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 02.02.2017 г. № 574/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>1. Параметры защищаемого автотрансформатора 2. Параметры прилегающей периферии</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Краткая характеристика защищаемого объекта 2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ автотрансформатора 3. Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ 4. Определение электрических величин для расчета выбранных РЗ с помощью ПВК «АРМ СРЗА» 5. Расчет параметров настроек и чувствительности РЗ</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Схема расчетного района энергосистемы 2. Схема основных электрических соединений РЗ</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко Аркадий Альбертович
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Бай Ю.Д.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2A1	Абрамов А. П.		

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A2A1	Абрамов Анатолий Петрович

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Релейная защита и автоматика энергосистем

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Капитальные вложения в проект: 435 000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % доп. заработная плата 16% накладные расходы 1,3% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1 отчисления на социальные нужды

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 : - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Фигурко А.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2A1	Абрамов А.П.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 101 страницу, 37 рисунков, 26 таблиц, 16 источников.

Ключевые слова: автотрансформатор, релейная защита, короткое замыкание, измерительный орган, уставка срабатывания, коэффициент чувствительности, фильтр нижних частот.

Объектом разработки является релейная защита автотрансформатора.

Цель работы – выбор и расчет уставок срабатывания релейной защиты автотрансформатора.

В процессе работы проводились замеры электрических величин с помощью программно-вычислительного комплекса и расчеты необходимых параметров по соответствующим выражениям.

Полученными результатами являются значения уставок срабатывания и коэффициентов чувствительности.

Область применения: непосредственная установка защит и задание ее параметров.

Обозначения и сокращения

АВР	автоматическое включение резерва
АО	автоматика охлаждения
АТ	автотрансформатор
АУВ	автоматика управления выключателем
АПВ	автоматическое повторное включение
АПЖ	автоматика пуска пожаротушения
БТН	бросок тока намагничивания
ВН	высшее напряжение
ГЗ РПН	газовая защита устройства регулирования напряжения под нагрузкой
ГЗТ	газовая защита трансформатора
ДЗ	дистанционная защита
ДЗШ	дифференциальная защита шин
ДТЗ	дифференциальная токовая защита
ЗП	защита от перегрузки
ИО	измерительный орган
КЗ	короткое замыкание
КИВ	контроль изоляции вводов
КОН	контроль отсутствия напряжения
МП	магнитное поле
МТЗ	максимальная токовая защита
НН	низшее напряжение
НПП	научно-производственное предприятие
ОАПВ	однофазное автоматическое повторное включение
ОУ	операционный усилитель
ПВК	программно-вычислительный комплекс
ППБ	правила пожарной безопасности
ПУЭ	правила устройства электроустановок
РЗ	релейная защита
РПН	регулирование под нагрузкой
СанПиН	санитарные правила и нормы
СН	среднее напряжение
СНиП	строительные нормы и правила
ТЗНП	токовая защита нулевой последовательности
ТН	трансформатор напряжения
ТО	токовая отсечка
ТТ	трансформатор тока
УЗО	устройство защитного отключения
УРЗ	устройства релейной защиты
УРОВ	устройство резервирования при отказе выключателя
ФНЧ	фильтр нижних частот
ЭП	электрическое поле

Оглавление

Введение.....	11
1. «ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРА 500/220/10,5 КВ ПОДСТАНЦИИ «СОМКИНО» ТЮМЕНСКОЙ ЭЭС».....	12
1.1 Краткая характеристика защищаемого объекта.....	12
1.2 Выбор и обоснование видов и состава РЗ автотрансформатора.....	14
1.3 Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ.....	15
1.4 Определение электрических величин для расчета выбранных РЗ с помощью ПК «АРМ СРЗА».....	16
1.5 Расчет параметров настроек и чувствительности РЗ.....	35
1.5.1 Продольная дифференциальная токовая защита.....	35
1.5.1.1 Ток начала торможения.....	38
1.5.1.2 Относительный начальный ток срабатывания.....	39
1.5.1.3 Коэффициент торможения.....	39
1.5.1.4 Ток торможения блокировки.....	41
1.5.1.5 Ток срабатывания дифференциальной отсечки.....	41
1.5.1.6 Уровень блокировки по второй гармонике.....	42
1.6 Расчет дистанционной защиты.....	44
1.6.1 Расчет первой ступени.....	44
1.6.2 Расчет второй ступени.....	46
1.7 Расчет максимальной токовой защиты с пуском по напряжению.....	47
1.7.1 Расчет параметра срабатывания максимального ИО тока.....	47
1.7.2 Расчет параметра срабатывания минимального ИО напряжения.....	49
1.7.3 Расчет параметра срабатывания измерительного органа напряжения обратной последовательности.....	51
1.8 Токовая направленная защита нулевой последовательности.....	52
1.8.1 Расчет первой ступени.....	52
1.8.2 Расчет второй ступени.....	55
1.9 Защита от перегрузки.....	57
1.10 Газовая защита.....	58
1.11 Устройство резервирования при отказе выключателя автотрансформатора.....	59
1.12 Функция пуска автомата при пожаре.....	61
2. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ».....	62
2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	62
2.2 Анализ конкурентных технических решений.....	62
2.3 SWOT-анализ.....	66
2.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	68
2.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	68

2.4.2.	Структура работ в рамках научного исследования.....	69
2.4.3.	Разработка графика проведения научного исследования.....	70
2.5.	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	74
2.5.1.	Расчет материальных затрат НТИ.....	74
2.5.2.	Основная заработная плата исполнителей темы; Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	75
2.5.3.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	78
2.5.4.	Накладные расходы.....	79
2.5.5.	Формирование бюджета затрат научно-технического исследования.....	79
3.	«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	81
3.1.	Описание рабочего места.....	81
3.2.	Вредные факторы производственной среды.....	82
3.2.1.	Анализ вредных факторов производственной среды.....	82
3.2.2.	Действие вредных факторов на организм человека.....	85
3.2.3.	Допустимые нормы вредных факторов.....	86
3.2.4.	Предлагаемые средства защиты.....	89
3.3.	Опасные факторы производственной среды.....	91
3.3.1.	Анализ опасных факторов производственной среды.....	91
3.3.1.1.	Механические опасности.....	91
3.3.1.2.	Средства защиты.....	92
3.3.1.3.	Электробезопасность.....	92
3.3.1.4.	Средства защиты.....	93
3.3.1.5.	Пожаровзрывобезопасность.....	93
3.3.1.6.	Средства защиты.....	94
3.4.	Охрана окружающей среды.....	94
3.4.1.	Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу, литосферу.....	94
3.4.2.	Решение по обеспечению экологической безопасности.....	95
3.5.	Защита в чрезвычайных ситуациях.....	96
3.5.1.	Выбор наиболее типичной ЧС.....	96
3.5.2.	Разработка мер по предупреждению ЧС.....	97
3.5.3.	Разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС.....	97
3.5.4.	Разработка действий по ликвидации данной ЧС.....	98
3.6.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	99
	Заключение.....	100
	Список используемых источников.....	101

Введение

Силовые трансформаторы и автотрансформаторы являются одним из самых важных оборудования на подстанции, оказывая большое влияние на процесс передачи и преобразования электроэнергии. Выход из строя данного оборудования несет за собой большие технологические и экономические потери. Избежать или минимизировать последствия данных потерь при аварийных ситуациях, внеплановых отключениях или в ненормальных режимах работы оборудования позволяет правильно выбранная и корректно настроенная релейная защита (РЗ), которая должна отвечать всему комплексу требований, установленных в нормативных документах.

РЗ может быть представлена в различных исполнениях. Последнее время большое применение стали получать реле, выполненные на микропроцессорной технике. Это обусловлено существенными преимуществами последней по сравнению с электромеханическими и электронными РЗ. В частности, они более надежны, имеют меньшую массу и габариты, более совершенную технологию производства. Также данные защиты имеют улучшенные качества защитных функций – РЗ на их основе является более чувствительной, статически и динамически устойчивой. Микропроцессорная техника дает возможность непосредственной регистрации события и дальнейшего анализа возникших повреждений, что также отражается на повышении качества и надежности защиты. Одним из главных преимуществ перед аналоговыми исполнениями РЗ является возможность передавать информацию от защит на географически удаленные уровни управления. [9] Именно поэтому в данной бакалаврской работе будет рассмотрено выполнение релейной защиты автотрансформатора на базе микропроцессорного терминала релейной защиты.

1. «ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРА 500/220/10,5 КВ ПОДСТАНЦИИ «СОМКИНО» ТЮМЕНСКОЙ ЭЭС»

1.1 Краткая характеристика защищаемого объекта

Объектом защиты является группа из двух автотрансформаторов типа АОДЦТН-167000/500/220 (в дальнейшем в целях сокращения именуемой «автотрансформатор») мощностью 167 МВА, напряжением 500/230/11 кВ. Автотрансформатор имеет встроенное регулирование напряжения под нагрузкой на стороне среднего напряжения в пределах $\pm 12\%$ номинального. Автотрансформатор (АТ1) установлен на подстанции «Сомкино», в составе трех автотрансформаторных групп, Тюменской ЭЭС. Подстанция имеет питание со стороны высшего и среднего напряжений.

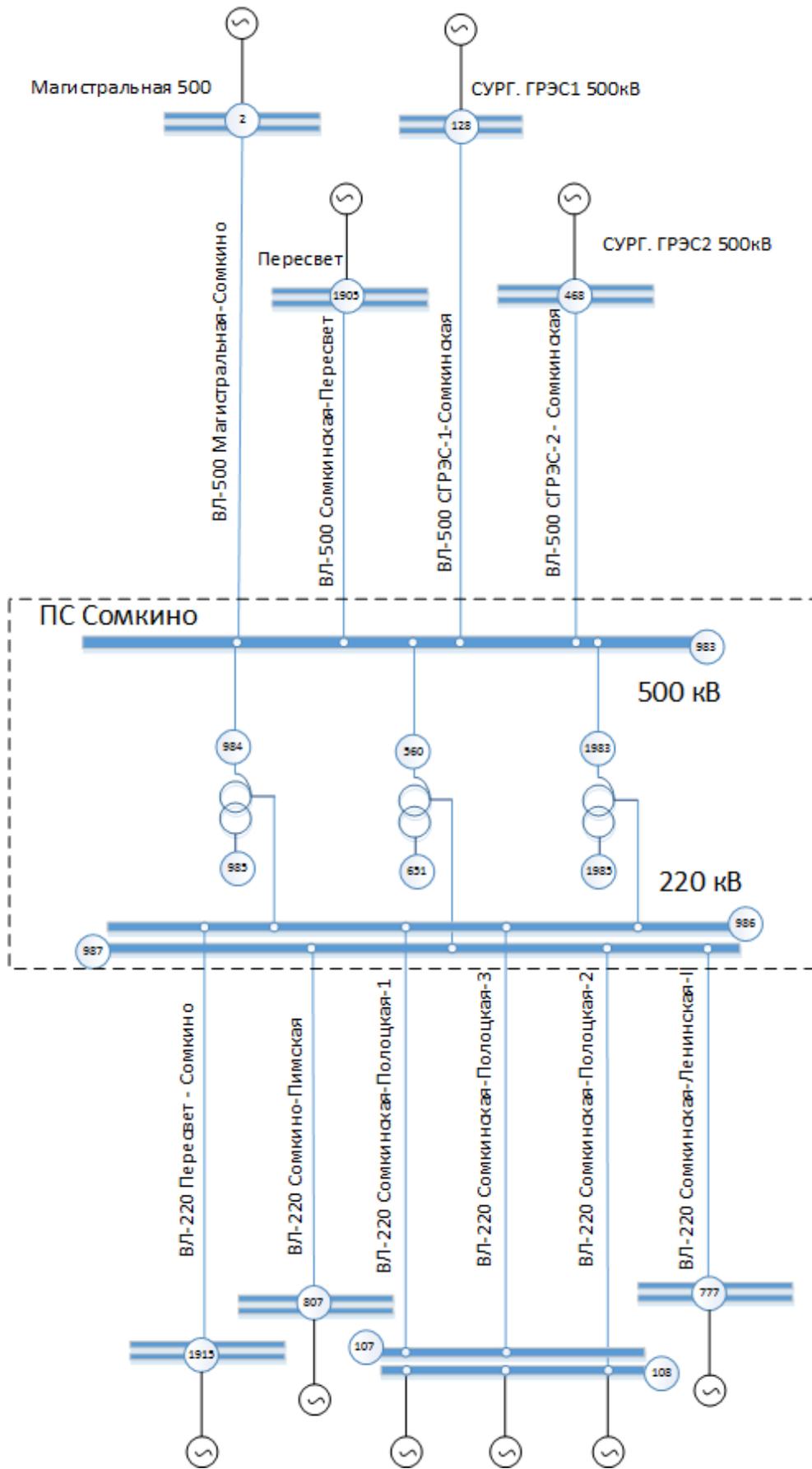


Рисунок 1 - Схема сети

1.2 Выбор и обоснование видов и состава РЗ автотрансформатора

В соответствие с ПУЭ [1]:

Для трансформаторов должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- 1) многофазные замыкания в обмотках и на выводах;
- 2) однофазные замыкания в обмотках и на выводах;
- 3) витковые замыкания в обмотках;
- 4) внешние короткие замыкания;
- 5) повышение напряжения на неповрежденных фазах;
- 6) перегрузка трансформатора;
- 7) понижение уровня масла или отключения принудительной системы охлаждения;
- 8) «пожара» стали магнитопровода.

Примем следующий перечень защит и сведем данные в таблицу 1.

Таблица 1 - Перечень защит автотрансформатора

Название защиты	Описание защиты
Газовая защита	Используется как чувствительная защита от повреждений в кожухе АТ. Выполняется в виде устройства газового реле, сигнал от которого принимается микропроцессорной защитой.
Продольная дифференциальная токовая защита	Предназначена для защиты от всех видов КЗ в обмотках и на выводах
Максимальная токовая защита (МТЗ) с возможностью пуска по напряжению	Предназначена для защиты АТ от внешних КЗ и резервирования основных защит АТ.
Защита от перегрузки (ЗП)	Защищает АТ от симметричной перегрузки. Защита действует на сигнал.
Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП)	Предназначена для резервирования отключения замыканий на землю на смежных элементах. Для обеспечения селективности выполняется направленной.
Дистанционная защита (ДЗ)	Используется для обеспечения дальнего резервирования сетей на стороне СН и согласования защит смежных напряжений при внешних многофазных КЗ.

1.3 Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ

Для защиты автотрансформатора принимаем микропроцессорные шкафы защиты производства ООО НПП «ЭКРА»: ШЭ2710 542 и ШЭ2710 544 предназначены для защиты автотрансформатора с высшим напряжением 330 кВ и выше. Комплекс основных защит АТ предназначен для защиты трехфазных и групп однофазных автотрансформаторов с высшим напряжением 500 (330)-750 кВ.

Данная компания существует на рынке более 20 лет и зарекомендовала себя как поставщик качественной и надежной продукции при достаточно невысокой стоимости. ООО НПП «ЭКРА» является надежным партнером генерирующих, промышленных предприятий и распределительных компаний по всей России и за рубежом.

Шкаф состоит из двух комплектов. Первый комплект реализует функции основных защит автотрансформатора и содержит:

- дифференциальную токовую защиту автотрансформатора;
- максимальную токовую защиту АТ с пуском по напряжению;
- защиту от перегрузки (ЗП).

Кроме того, первый комплект обеспечивает прием сигналов от

- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты АТ;
- газовой защиты РПН АТ;
- датчиков повышения температуры масла;
- понижения и повышения уровня масла, отсечного клапана.

Второй комплект обеспечивает прием сигналов от отключающих ступеней газовых защит АТ, РПН АТ и действует на отключение АТ через промежуточные реле.

Шкаф типа ШЭ2710 544 предназначен в качестве резервной защиты одной стороны АТ с высшим напряжением выше 330кВ. Содержит один комплект, реализующий функции ДЗ, ТНЗНП, МТЗ и ТО.

2. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Целью данного раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Основным рассматриваемым объектом релейной защиты и автоматики подстанции «Сомкино» Тюменской ЭЭС будет являться релейная защита автотрансформаторной группы «АТГ – 167 МВт», отходящих от РУ 500 кВ.

Защита автотрансформатора «АТГ – 167 МВт», выполнена на микропроцессорном устройстве ШЭ2710, данный вид защиты автотрансформатора принадлежит компании ООО НПП «ЭКРА». Также защита автотрансформатора может быть выполнена и на аналоговом оборудовании.

В связи с этим необходимо провести экспертную оценку и убедиться в том, что микропроцессорное устройство ШЭ2710 является лидером перед ранее действующими релейными защитами.

2.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Данный анализ произведём с помощью оценочной карты (таблица 1).

Экспертная оценка будет происходить по следующим техническим и экономическим критериям:

- **Технические**

- 1) **Удобство в эксплуатации** (соответствует требованиям потребителей). Да – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ШЭ2710 – да – 5 б.

RET 541 – нет – 0 б.

MiCOM Alstom P63* – да – 5б.

2) Помехоустойчивость. Есть – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ШЭ2710 – есть – 5 б.

RET 541 – есть – 5 б.

MiCOM Alstom P63* – есть – 5б.

3) Надежность – заключается в быстровременном отключении короткого замыкания и резервирование специальными защитами, для сохранения оборудования. 2 и более защит – 5 баллов; 1 и менее – 3 балла.

ШЭ2710 – быстровременное отключение, 2 резервных защиты – 5 б.

RET 541 – быстровременное отключение, 1 резервная защита – 3 б.

MiCOM Alstom P63* – быстровременное отключение, 2 резервных защиты – 5 б.

4) Уровень шума – шум, появляющийся при работе шкафов. Есть – 0 баллов; Нет – 5 баллов.

ШЭ2710 – есть – 0 б.

RET 541 – есть – 0 б.

MiCOM Alstom P63* - есть – 0 б.

5) Безопасность – заключается в заземление и отсутствии оголённых, токопроводимых частей. Есть – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ШЭ2710 – есть – 5 б.

RET 541 – есть – 3 б.

MiCOM Alstom P63* – есть – 4 б.

6) Функциональная мощность – количество защит, предоставляемых шкафом. 5 защит – 5 баллов; 4 защиты – 3 баллов.

ШЭ2710 – 4 защит – 3 б.

RET 541 – 5 защит – 5 б.

MiCOM Alstom P63* – 4 защит – 3 б.

7) Качество интеллектуального интерфейса – наличие пульта управления на лицевой панели и его простота. Есть – 5 баллов; Малая функциональность (недочёты) – 3 балла; Нет – 0 баллов.

ШЭ2710 – есть – 5 б.

RET 541 – недочёты – 3 б.

MiCOM Alstom P63* – отсутствие пульта (нет) – 0 б.

8) Возможность подключения к ПК. Имеется – 5 баллов; Не имеется – 0 баллов.

ШЭ2710 – имеется – 5 б.

RET 541 – имеется – 5 б.

MiCOM Alstom P63* – имеется – 5 б.

- Экономические

1) Конкурентоспособность продукта – основывается на наличии похожих шкафов релейной защиты. Есть – 5 баллов; Нет – 2,5 баллов.

ШЭ2710 – есть – 5 б.

RET 541 – нет – 2,5 б.

MiCOM Alstom P63* – нет – 2,5 б.

2) Цена: 300 000 руб. – 5 баллов

ШЭ2710 – 944 000 руб. – 2 б.

RET 541 – 300 000 руб. – 5 б.

MiCOM Alstom P63* – 500 000 руб. – 4 б.

3) Предполагаемый срок эксплуатации. 25 лет - 5 баллов.

ШЭ2710 – 25 лет – 5 б.

RET 541 – 20 лет – 3,5 б.

MiCOM Alstom P63* – 20 лет – 3,5 б.

4) Наличие сертификации разработки. Есть – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ШЭ2710 – есть – 5 б.

RET 541 – есть – 5 б.

MiCOM Alstom P63* – есть – 5 б.

Таблица 10 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		ШЭ2710	RET 541	MiCOM Alstom P63*	ШЭ2710	RET 541	MiCOM Alstom P63*
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,07	5	0	5	0,35	0	0,35
2. Помехоустойчивость	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
3. Надежность	0,09	5	3	5	0,45	0,27	0,45
4. Уровень шума	0	0	0	0	0	0	0
5. Безопасность	0,09	5	3	4	0,45	0,27	0,36
6. Функциональная мощность	0,085	3	5	3	0,255	0,425	0,255
7. Качество интеллектуального интерфейса	0,058	5	3	0	0,29	0,174	0
8. Возможность подключения к ПК	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,074	5	2,5	2,5	0,37	0,185	0,185
2. Цена	0,087	2	5	4	0,174	0,435	0,348
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	3,5	3,5	0,45	0,315	0,315
4. Наличие сертификации разработки	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
Итого	1	50	40	41,9	4,589	3,874	4,063

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,07 \cdot 5 = 0,35$$

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 шкафов типа ШЭ2710 производителя ООО НПП «ЭКРА» над своими конкурентами. Наиболее выгодно и эффективно при проектировании защиты будет использование шкафов данного типа.

2.3.SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

1) **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

2) **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей

3) **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.

4) **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер.

Результаты SWOT-анализа представляем в табличной форме.

Таблица 11 – Матрица SWOT – анализа

<p style="text-align: center;">Внутренние факторы</p> <p style="text-align: center;">Внешние факторы</p>	<p style="text-align: center;">Сильные стороны:</p> <p>С1. Легкость в обслуживании и простота в эксплуатации;</p> <p>С2. Обеспечение мгновенного срабатывания на аварийные режимы;</p> <p>С3. Высокий срок службы шкафа;</p> <p>С4. Повышенный функционал.</p>	<p style="text-align: center;">Слабые стороны:</p> <p>Сл1. ШЭ2710 обладает высокой стоимостью;</p> <p>Сл2. Требуется дополнительный опыт работы и знания по эксплуатации данного шкафа;</p> <p>Сл3. Сложность подключения в сеть;</p> <p>Сл4. Требуется доп. оборудование (вторич. цепи постоянного тока)</p>
<p style="text-align: center;">Возможности:</p> <p>В1. Использование новых технологий, шкафа ШЭ2710, энергетическими комплексами;</p> <p>В2. Модернизация существующих оборудования на энергетических объектах и использование данного шкафа, как основную релейную защиту;</p> <p>В3. Развитие программных обеспечений для удобства пользования шкафом ШЭ2710;</p> <p>В4. Повышение спроса на данное оборудование</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Благодаря своей простоте шкаф ШЭ2710 можно использовать везде на станциях обладающих энерг. оборудованием, это приведёт к высокому спросу из-за лёгкости в обслуживании и простоте в эксплуатации; 2. Высокий срок службы шкафов способствует развитию программных обеспечений для пользования шкафом, а также даёт повод руководству задуматься о замене существующего оборудования, на более новое (ШЭ2710) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая стоимость оборудования может привести к отказу финансирования со стороны инвесторов, а это обязательно повлияет на спроса отрицательно. 2. Для обеспечения безопасности работы со шкафом требуется допуск персонала к устройству, чтобы обеспечить сохранность оборудования.
<p style="text-align: center;">Угрозы:</p> <p>У1. Спад спроса на будущие технологии новейшего образца;</p> <p>У2. Появление более новых конкурентно-замещающих разработок и аналоговых продуктов;</p> <p>У3. Сворачивание производства шкафов данного типа, из-за негативной экономической ситуации в стране;</p> <p>У4. Прекращение поступления финансов для апгрейдинга (усовершенствования) шкафов ШЭ2710.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Из-за мгновенного срабатывания на аварийные режимы, данный шкаф, обеспечит свою востребованность, и затмит аналоговых производителей; 2. Обладая высоким сроком службы и высокой чувствительностью к авариям, шкафу будут поступать средства для изучения и усовершенствования данного оборудования. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Из-за сложности подключения шкафа ШЭ2710 в сеть, возможно снижение спроса, и обеспечит сворачивание производства шкафов данного типа; 2. В виду того, что шкафы ШЭ2710 обладают высокой стоимостью, а также требуют дополнительные вторичные цепи, возможен отказ на финансирование более новых технологий.

2.4. Планирование научно-исследовательских работ

2.4.1. 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.

Для того чтобы выполнить данное научное исследование, необходимо сформировать рабочую группу, в которой будет состоять руководитель темы (проекта) и инженер (студент – бакалавр). После формирования группы, перейдем к составлению перечня этапов и работ в рамках проведения научного исследования, а также произведем распределение исполнителей по видам работ. Полученные результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов, включая нормативные документы по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель темы
			Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы
Инженер			
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Ознакомление с программным комплексом АРМ СРЗА	
	7	Работа с принципиальной схемой подстанции «Сомкино» Тюменской ЭЭС	
	8	Предварительный выбор защит РЗ для АТ	

	9	Расчет параметров РЗ для АТ	
	10	Планирование аварийных режимов для АТ	Руководитель темы
			Инженер
11	Расчет уставок защит для АТ	Инженер	
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы
Проведение ОКР			
Контроль и координирование проекта	13	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель темы
Разработка технической документации и проектирование	14	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Руководитель темы
			Инженер
	15	Выбор и расчёт всех составляющих принципиальной схемы	Руководитель темы
			Инженер
16	Технико-экономические расчеты	Инженер	
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	17	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

2.4.2. Структура работ в рамках научного исследования

Трудовые затраты являются важным моментом определения трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Для определения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8 \approx 5 \text{ чел.-дн.}$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , по формуле:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{5}{1} = 5 \text{ дня}$$

2.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным построением ленточного графика проведения научных работ является построение в форме диаграммы Ганта.

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

$$T_{ki} = T_{p_i} \cdot k_{кал} = 5 \cdot 1,55 = 7,75 \text{ дня}$$

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118 - 14} = 1,55$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведем в таблицу 14, а общее количество календарных дней в таблицу 13.

Таблица 13. Итоговая таблица

Итого	Общее количество календарных дней для выполнения выпускной работы	169
	Общее количество календарных дней, в течении которых работал инженер (студент)	126
	Общее количество календарных дней, в течении которых работал руководитель	43

Таблица 14. Временные показатели проведения научного исследования

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		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	4	0	6	0	5	0	5	0	8	0
Подбор и изучение материалов, включая нормативные документы по теме	0	4	0	6	0	5	0	5	0	8
Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	2,4	2,4	4	4
Календарное планирование работ по теме	3	3	4	4	3,4	3,4	3,4	3,4	5	5
Анализ исходных данных	0	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	7
Ознакомление с программным комплексом АРМ СРЗА	0	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	12
Работа с принципиальной схемой подстанции «Сомкино» Тюменской ЭЭС	0	5	0	8	0	6,2	0	6,2	0	10
Предварительный выбор защит РЗ для АТ	0	4	0	9	0	6	0	6	0	9
Расчет параметров РЗ для АТ	0	10	0	12	0	11	0	11	0	17
Планирование аварийных режимов для АТ	1	3	3	6	1,8	4,2	1,8	4,2	3	7
Расчет уставок защит для АТ	0	7	0	11	0	8,6	0	8,6	0	13
Оценка эффективности полученных результатов	3	0	5	0	3,8	0	3,8	0	6	0
Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	5	0	7	0	5,8	0	5,8	0	9	0
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	2	4	4	6	2,8	4,8	2,8	4,8	4	8
Выбор и расчёт всех составляющих принципиальной схемы	2	5	3	8	2,4	6,2	2,4	6,2	4	9
Технико-экономические расчеты	0	6	0	9	0	7,2	0	7,2	0	11
Составление пояснительной записки	0	2	0	6	0	3,6	0	3,6	0	6

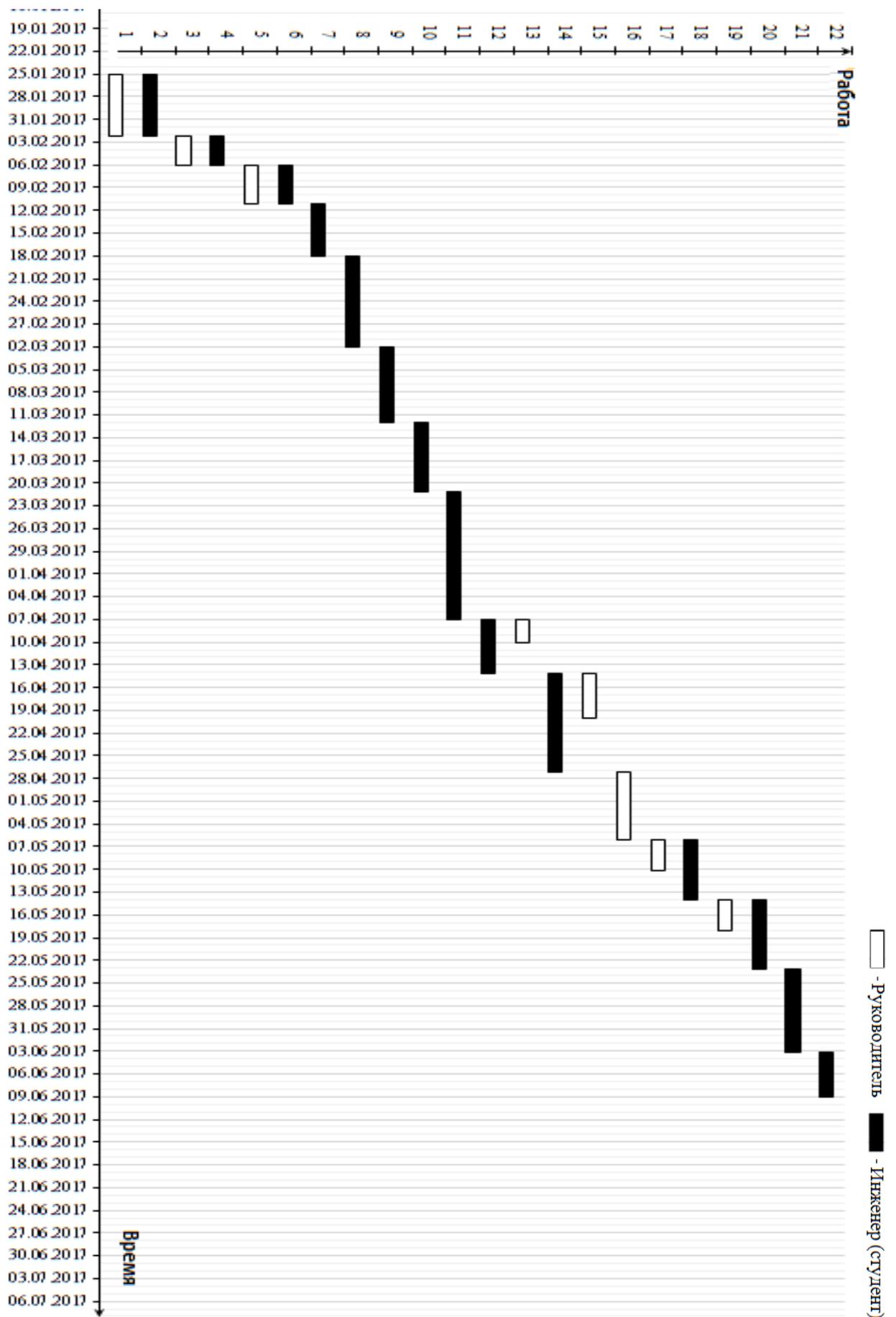


Рисунок 36 – график Ганта

2.5. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

2.5.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}$$

где m – количество видов материальных ресурсов; $N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию; C_i – цена приобретения единицы i -го вида.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Программный комплекс АРМ СРЗА	1	1 500 000	1 500 000
2	Испытательный комплекс РЕТОМ - 51	1	1 236 000	1 236 000
4	Ноутбук Acer Aspire E5-722G-66MC	1	29 680	29 680
3	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	1	5 000	5 000
Итого				2 770 680

В связи с длительностью использования учитывается стоимость аппаратуры и программного обеспечения с помощью амортизации:

$$A_{\text{комплекта}} = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней использования}}}{\text{срок службы} \cdot N_{\text{дней в году}}} = \frac{2770680 \cdot 80}{10 \text{ лет} \cdot 365} = 60727,2$$

Таблица 16 – Расчет материальных затрат на амортизацию

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Карандаш	50	2	100
2. Ластик	75	2	150
3. Ручка	150	3	450
4. Степлер	300	2	600
5. Мультифоры	20	9	180
6. Линейка	60	2	120
7. Скоросшиватели	55	6	330
8. Калькулятор	1000	1	1000
Итого			2930

$$A_{\text{комплекта}} = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней использования}}}{\text{срок службы} \cdot N_{\text{дней в году}}} = \frac{2930 \cdot 90}{1 \text{ года} \cdot 365} = 722,47$$

2.5.2. Основная заработная плата исполнителей темы; Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

- Руководитель

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 64333,16 + 8363,3 = 72696,46 \text{ руб}$$

- Инженер

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 153880,02 + 20004,4 = 173884,42 \text{ руб}$$

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

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

- Руководитель

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{он}} \cdot T_p = 1496,12 \cdot 43 = 64333,16 \text{ руб}$$

- Инженер

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1221,27 \cdot 126 = 153880,02 \text{ руб}$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

- Руководитель

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{35532,822 \cdot 10,4}{247} = 1496,12 \text{ руб.},$$

- Инженер

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{29005,177 \cdot 10,4}{247} = 1221,27 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.:

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	63	63
• выходные дни и праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:	55	55
• отпуск и невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	247

Месячный должностной оклад работника:

- Руководитель (Ассистент)

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 18221,96 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 35532,822 \text{ руб.}$$

- Инженер

$$Z_{.m} = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 14874,45 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29005,177 \text{ руб.}$$

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);

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. Дополнительная зарплата:

- Руководитель

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,13 \cdot 64333,16 = 8363,3 \text{ руб.};$$

- Инженер

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,13 \cdot 153880,02 = 20004,4 \text{ руб.};$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы 0,13

Таблица 18 - Расчёт основной заработной платы

	Руководитель	Инженер
Заработная плата по тарифной ставке, ($Z_{тс}$), руб.	18 221, 96	14 874, 45
Премиальный коэффициент (k_{np})	0,3	
Коэффициент доплат и надбавок (k_d)	0,2	
Районный коэффициент (k_p)	1,3	
Количество месяцев работы без отпуска в течение года (M), месяцы	10,4	
Месячная заработная плата (Z_m), руб.	35 532,822	29 005,177
Среднедневная заработная плата работника ($Z_{дн}$), руб.	1 496, 12	1221, 27
Продолжительность выполнения данного проекта (T_p), раб. дни	43	126

Основная заработная плата начисленная за выполнения данного проекта ($Z_{осн}$), руб	64 333, 16	153 880, 02
Коэффициент дополнительной заработной платы (кдоп)	0,13	
Дополнительная заработная плата исполнителей, ($Z_{доп}$), руб	8 363, 3	20 004, 4
Итого, руб	72 696, 46	173 884, 42

2.5.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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:

- Руководитель

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (64333,16 + 8363,3) = 19700,7 \text{ руб.};$$

- Инженер

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (153880,02 + 20004,4) = 47122,7 \text{ руб.},$$

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

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 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель темы	64 333, 16	8 363, 3

Инженер-дипломник	153 880, 02	20 004, 4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления во внебюджетные фонды		
Руководитель темы	19 700,7	
Инженер-дипломник	47 122,7	
Итого	66 823,4	

2.5.4. 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:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр} = (Z_{спец} + Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ = (61449,67 + 218213,18 + 28367,7 + 66823,4) \cdot 0,16 = 59976,632 \text{ руб.},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

2.5.5. 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.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
Затраты на специальное оборудование для научных работ	61 449,67	14,1

Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	218 213,18	50,18
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	28 367,7	6,52
Отчисления во внебюджетные фонды	66 823,4	15,4
Накладные расходы	59 976,632	13,8
Бюджет затрат НИИ	434 830,582	100

Вывод: В данном разделе было произведено планирование научно-исследовательских работ и проверена конкурентоспособность шкафа ШЭ2710 . 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 расчета бюджета научно-технических исследований. В итоге для проведения научного исследования необходимо 435 000 руб.