

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

Институт Энергетический

Специальность АБ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования блока генератор – трансформатор мощностью 200 МВт.

УДК_621.925.1:621.316.027.3:621.311.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Никшин Алексей Борисович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коломиец Н.В.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л.А.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроэнергетические системы	Сулайманов А.О.	к.т.н.		

Томск-2016

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественнонаучные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях - потенциальных работодателях.
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники.
Р8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

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

Институт Энергетический

Направление подготовки АБ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

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
3-5А11	Никшин Алексей Борисович

Тема работы:

Анализ устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования блока генератор – трансформатор мощностью 200 МВт.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2016, № 576/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объектом исследования является блок генератор – трансформатор мощностью 200 МВт конденсационной электростанции. Выполнен анализ устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования. Рассмотрены виды повреждений и нарушений нормального режима энергоблока. Произведен выбор и расчет основных защит.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).	-краткая характеристика принципиальной схемы и электрооборудования станции; -выбор и обоснование устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования; - постановка задачи проектирования; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	- схема релейной защиты и автоматики основного оборудования блока генератор – трансформатор мощностью 200 МВт.(приложение 1)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Коршунова Лидия Афанасьевна
«Социальная ответственность»	Бородин Юрий Викторович

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
Доцент	Коломиец Н.В.	к.т.н.,доцент.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Никшин А.Б.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 91 - страниц, 13-рисунков, 23- таблицы, 34- источника, 2- приложения.

Ключевые слова: энергосистема, короткое замыкание, подстанция, автотрансформатор, релейная защита, автоматика, дистанционная защита, токовая направленная защита нулевой последовательности, токовая отсечка, газовая защита, повреждение, реле, шкаф защит, уставка, чувствительность.

Объектами проектирования являются: анализ релейной защиты и автоматики основного оборудования энергоблока генератор – трансформатора мощностью 200Мвт.

Цель работы: Проанализировать устройство релейной защиты и автоматики основного оборудования энергоблока генератор – трансформатор мощностью 200 МВт.

На основании основного оборудования электрической конденсационной станции, релейной защиты и автоматики энергоблока генератор – трансформатор мощностью 200Мвт, расчет уставок выбранных защит.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью программ: MatCAD, Компас-10, VISIO, текстовый редактор MSWord 2010.

Определения, обозначения, сокращения

АВР – автоматический ввод резерва;

АПВ – автоматическое повторное включение;

АТ – автотрансформатор;

ВН – высокое напряжение;

ДЗТ – дифференциальная защита трансформатора;

ДО – дифференциальная отсечка;

КЗ – короткое замыкание;

МТЗ – максимальная токовая защита;

НН – низкое напряжение;

ОВПФ – опасные и вредные производственные факторы;

ОПУ – общеподстанционный пункт управления;

ОРУ – открытое распределительное устройств;

ПА – противоаварийная автоматика;

ПС – подстанция;

ПТЭ – правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

РЗА – релейная защита и автоматика;

РПН – регулировка напряжения под нагрузкой;

СН – среднее напряжение;

СТЗНП – ступенчатая токовая защита нулевой последовательности;

ТЗНП – токовая защита нулевой последовательности;

ТЗОП – токовая защита обратной последовательности;

ТЭО – технико-экономическое обоснование;

УРЗА – устройство релейной защиты и автоматики;

УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя.

Оглавление

	Введение	10
	Обзор литературы	11
1	Краткая характеристика защищаемого объекта	12
2	Принципиальная схема электрических соединений	14
	2.1.Параметры коммутационных аппаратов	16
	2.2.Схема распределительных устройств электростанции	16
3	Проектирование релейной защиты энергоблока генератор-трансформатора мощностью 200 МВт	17
	3.1. Виды повреждений и ненормальных режимов работы блока	18
	3.2. Выбор защит энергоблока генератор-трансформатор	21
	3.3. Расчет токов КЗ	22
	3.4.Расчет защит	27
	3.4.1.Поперечная дифференциальная защита	27
	3.4.2.Продольная дифференциальная защита	27
	3.4.3. Дистанционная защита	28
	3.4.4. Защита обратной последовательности	29
	3.4.5.Защита от замыканий на землю в обмотке статора	29
	3.4.6. Защита от симметричных перегрузок обмотки статора	30
	3.4.7. Защита от потери возбуждения	30
	3.4.8. Защита от перегрузки ротора	31
	3.4.9. Защита от замыканий на землю в обмотке ротора	31
	3.4.10. Защита от повреждений на выводах	31
	3.4.11. Токовая отсечка от междуфазных коротких замыканий	34
	3.4.12. Защита от внешних КЗ на землю	35
	3.4.13.Защита от повреждений на выводах и внутренних повреждениях трансформатора	36
	3.4.14. Дистанционная защита	38
	3.5. Итоговая таблица уставок	39
4	Микропроцессорная защита энергоблока-генератор-трансформатор типа ШЭ-1111	40
	4.1. Комплекс защит	44

5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
	5.1. Расчёт научно-технической эффективности	48
	5.2. Расчёт затрат на проектирование РЗ	52
	5.2.1. Определение трудоемкости выполнения работ	52
	5.2.2. Разработка графика проведения научного исследования	52
	5.3. Бюджет научно-технического исследования	58
	5.3.1 Расчет материальных затрат	58
	5.3.2. Заработная плата исполнителей темы	59
	5.3.3.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	60
	5.3.4. Амортизация	61
	5.3.5. Накладные расходы	62
	5.3.6. Формирование бюджета затрат на техническом проекте	62
	5.4. Определение капитальных вложений в РЗА	63
6	Социальная ответственность	66
	6.1.Производственная безопасность	66
	6.1.1. Вредные производственные факторы	66
	6.1.2. Опасные производственные факторы	66
	6.1.2.1. Опасность поражения электрическим током	67
	6.3. Производственная санитария	69
	6.3.1. Микроклимат	69
	6.3.2 Виброакустические вредные факторы	75
	6.4. Пожарная безопасность	76
	6.5 Экологическая безопасность	82
	6.6. Чрезвычайные ситуации	84
	Заключение	85
	Перечень использованных источников	86
	Приложение	89
	А.	90
	Б.	91

Введение

Промышленность нашего государства претерпевает колоссальные изменения, которые были ожидаемы, ведь те промышленные объекты, которые были построены ещё в Советском Союзе, исчерпали свой срок, вышли из строя, не отвечают современным техническим требованиям, то есть морально и физически устарели. Происходит строительство новых промышленных объектов, разрабатываются новые месторождения нефти и газа, разрастаются крупные промышленные города.

Необходимо обеспечить построенные объекты электрической энергией, которая является универсальной, может быть легко преобразована в другие виды энергии, широко используется, не только для собственных нужд промышленных объектов, но и в качестве неотъемлемой части любого технологического процесса.

Таким образом, необходимо строить новые генерирующие мощности, то есть электростанции, ввиду того, что старые выходят из строя, а оставшиеся не могут обеспечить растущих требований промышленности. Однако для того, чтобы построить отвечающую всем требованиям электростанцию, ее необходимо правильно спроектировать.

В данной работе необходимо выполнить проектирование электрической части электростанции конденсационного типа. Другими словами, имея в наличии, основные параметры электрических объектов электростанции, необходимо подобрать оборудование, способное обеспечить потребителей бесперебойным снабжением качественной электроэнергией.

Необходимо рассчитать баланс мощностей, выбрать наиболее рациональную электрическую схему, выбрать типы трансформаторов и генераторов, произвести расчет токов короткого замыкания, выбрать выключатели и разъединители, измерительные трансформаторы, выбрать схему РУ, предусмотреть требования экологической безопасности.

Кроме того, в работе также необходимо спроектировать и проанализировать релейную защиту энергоблока генератор-трансформатора мощностью 200 МВт, которая бы отвечала всем требованиям,

предъявляемым к данному типу автоматики. Сделать краткие выводы по всей проделанной работе.

Обзор литературы

Релейная защита является одной из самых важных и ответственных частей автоматики, которая применяется в современных энергосистемах.

Анализ имеющихся исследований показал, что изучению релейной защиты уделяется большое внимание. Существует большое количество изданий, содержащих данные для разработки защит электроустановок.

Обязательные требования к релейной защите описаны в ПУЭ [6]. Но этот источник даёт нам только основные понятия. Более подробно схемы защит рассмотрены в работе Бурнашева А.Н.[11]. Так как основные принципы релейной защиты остаются неизменными, всё ещё актуальны труды таких авторов, как Копьев В.Н.[9-10], Федосеев А.М., Федосеев М. А. [12], Вавин В.Н [8]. Тем не менее, устройства РЗА непрерывно совершенствуются, поэтому необходимо постоянно обновлять знания персонала для работы с современным оборудованием. Такую возможность предоставляют производители УРЗА, публикуя документацию на своих официальных сайтах.

Экономический раздел ВКР был рассмотрен на основе работ Коршуновой Л.А. Кузьминой Л.Г.[13]. Раздел «Социальная ответственность» был разработан с помощью нормативных документов, посвящённых теме безопасности жизнедеятельности [15-34].

1. Краткая характеристика защищаемого объекта.

Тема данной ВКР -«Анализ релейной защиты и автоматики основного оборудования энергоблока генератор – трансформатора мощностью 200МВт.

Блочный трансформатор также является ответственным оборудованием, так как от его надежной работы зависит бесперебойное электроснабжение потребителей. Учитывая мощность, выдаваемую блоком, можно сделать вывод о высокой значимости данного энергообъекта для энергосистемы в целом, поэтому его защита должна отвечать всему комплексу требований, установленных в нормативных документах.

Защищаемый объект – энергоблок генератор-трансформатор находится на конденсационной электростанции.

КЭС строятся по возможности ближе к местам добычи топлива и водоёмам, удобным для водоснабжения.

КЭС выполнена из блочных агрегатов (котел – турбогенератор – повышающий трансформатор) мощностью 200 МВт, выдающих выработанную энергию в сети 220 и 500 кВ. Установленная мощность электростанции составляет $8 \times 200 = 1600$ МВт. Два блока присоединены к РУ-220 кВ и шесть блоков к РУ-500 кВ.

По справочнику [2] удовлетворяет условию автотрансформатор АТДЦТН-500000/500/220. Схема электрических соединений станции представлена на рисунке– 1.

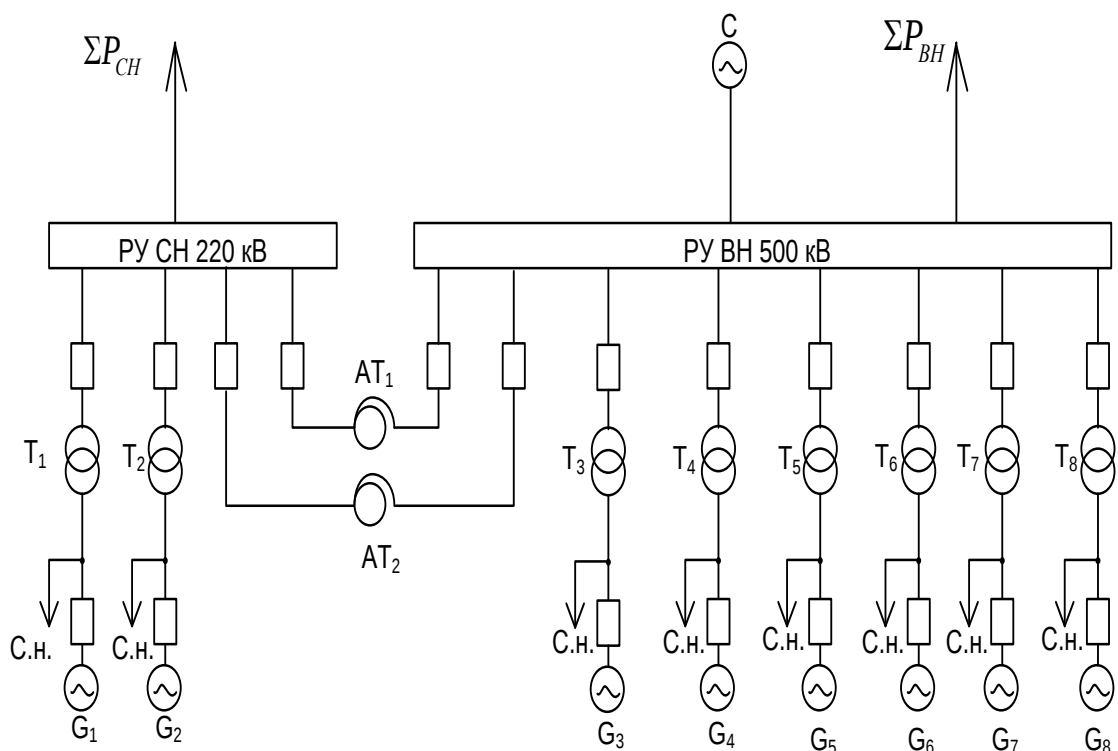


Рисунок 1- Принципиальная схема КЭС на которой находится защищаемый объект

Защищаемым объектом является энергоблок генератор-трансформатор Г1-Т1. Тип турбогенератора – ТВВ-200-2АУЗ: [2, стр. 76, табл. 2.1]:

Таблица 1 – Параметры турбогенератора.

Маркировка	$S_{ном}$	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$\cos\varphi$	$I_{ном}$	x''_d	x_d	x_2	T_{a3}	Схема соединения обмоток статора
	МВ· А	МВт	кВ		кА	о.е.	о.е.	о.е.	с	
ТВВ-200- 2АУЗ	235,3	200	15,75	0,85	8,62 5	0,190 6	1,84	0,232	0,298	YY

Таблица 2 – Параметры турбогенератора

Маркировка	Виды систем возбуждения	Описание системы охлаждения (охлаждаемая среда)		
		Статора		ротора
		Обмотки и	Стали	Обмотки
ТВВ-200-2АУЗ	ВЧ, ВТ-4000-2УЗ	Н/Водой	Н/В	Н/В

Расшифровка обозначений:

Т – турбогенератор;

В – непосредственное охлаждение обмотки статора водой;

В – непосредственное охлаждение обмотки ротора водородом;

200 – номинальная активная мощность генератора, МВт;

2 – число полюсов;

А – обозначает, что генератор принадлежит унифицированной серии;

У – генератор принадлежит к использованию для “умеренного” климата;

З – в закрытом помещении с естественной вентиляцией.

Тип блочного трансформатора – ТДЦ-250000/220:

Таблица 3 – Параметры блочного трансформатора

Тип	$S_{ном}$, МВА	$U_{ном}$ кВ		P_{xx} , кВт	$P_{кз}$, кВт	U_k %	I_{xx} %
		ВН	НН				
ТДЦ- 250000/220	250	242	15,75	207	600	11	0,5

Расшифровка обозначений:

Т – трансформатор трехфазный двухобмоточный;

ДЦ – охлаждение с принудительной циркуляцией воздуха и масла с ненаправленным потоком масла;

250000 – номинальная мощность, кВ·А;

220 – класс напряжения стороны ВН, кВ.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А11	Никшин Алексей Борисович

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроэнергетических систем
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	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.

3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- отчисления в социальные фонды.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- формирование вариантов решения с учётом научного и технического уровня
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- планирование выполнения проекта; - расчёт бюджета на проектирование; - расчёт капитальных вложений в основные средства.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- определение научно-технической эффективности
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
1. График проведения НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	НикшинАлексейБорисович		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование анализа реконструкции релейной защиты и автоматики основного оборудования энергоблока генератор-трансформатор мощностью 200 МВт. Реконструкция позволит повысить быстродействие, селективность, чувствительность и надежность релейной защиты и, как следствие, повысить надёжность электроснабжения потребителей. Для достижения этих целей выбираем современное микропроцессорное оборудование типа ШЭ 1111.

Для ТЭО проведения анализа произведем необходимые расчеты:

1. Планирование научно-технического исследования;
2. Расчёт научно-технической эффективности;
3. Расчет затрат на проектирование релейной защиты основного оборудования энергоблока генератор-трансформатор мощностью 200 МВт.
4. Расчет затрат на оборудование и монтаж.

5.1. Расчёт научно-технической эффективности.

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

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \quad (5.1)$$

где q – параметрический показатель;

P – величина параметра реального;

P_{100} – величина параметра гипотетического (идеального) объекта, удовлетворяющего потребность на 100%;

p – вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта, принимаем $p=0,9$

Каждому параметрическому показателю по отношению к объекту соответствует некий вес d , разный для каждого показателя. После вычисления всех единичных показателей становится реальным вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие объекта потребности в нем (полезный эффект или качество объекта):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i, \quad (5.2)$$

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

q_i – единичный параметрический показатель по i -му параметру;

d_i – вес i -го параметра;

n – число параметров, подлежащих рассмотрению.

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i d_i = (0.54 \cdot 0.6 + 0.45 \cdot 0.5 + 0.18 \cdot 0.2 + 0.72 \cdot 0.8 + 0.9 \cdot 1) = 2.06 \quad (5.3)$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_i d_i = (0.36 \cdot 0.4 + 0.27 \cdot 0.3 + 0.09 \cdot 0.1 + 0.45 \cdot 0.5 + 0.9 \cdot 1) = 1.36 \quad (5.4)$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен.

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_n}{Q_k} = 1,5 \quad (5.5)$$

где $K_{\text{ту}}$ – показатель конкурентоспособности нового объекта по отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня);

Q_n , Q_k – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 13 - Оценка технического уровня новшества.

Характеристики	Веспоказателей	Новшество		Конкурент		Идеальное УРЗА	
	d_i	P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}	q_{100}
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), Q .		Q_n		Q_k		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%).	0,6	60	0,54	40	0,36	100	0,9
1.2 Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи, (%).	0,5	50	0,45	30	0,27	100	0,9

Таблица -13.

1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%).	0,2	20	0,18	10	0,09	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%).	0,8	80	0,72	50	0,45	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%).	1	100	0,9	100	0,9	100	0,9

Таблица 14 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: Шкаф цифровой защиты ШЭ1111 НПП «ЭКРА».	Конкурент: SIEMENS
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую.	Широкий спектр выбора изменяемых уставок с возможностью регулировки с помощью реле времени отечественного производителя.	Широкий спектр выбора изменяемых уставок, но реле времени отечественного производителя может не подойти. Необходимо доп. оборудование.
Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи.	Обеспечивается передача информации по каналам связи, прокладываемым при установке оборудования. Не требуются доп. каналы связи.	Требуются дополнительные каналы связи.
Возможность ведения отчёта о срабатывании защит.	Возможно	Возможно
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики	Полностью удовлетворяет требованиям надежности, указанных в руководящих указаниях.	Обладает высокой чувствительностью и надежностью, но возможны сбои в

первичного оборудования.		работе, связанные с старевшим ПО для данного устройства.
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Возможно	Возможно

Превосходство над оппонентами обеспечивается за счет того, что продукция данного производителя широко распространена на отечественном рынке и пользуется заслуженной популярностью. Этого удалось достичь, в первую очередь, за счет надежности и качества. Преимуществ у микропроцессорных защит много: это меньшие габаритные размеры, постоянная самодиагностика, совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий, возможность интеграции в АСУ ТП, оперативное внесение изменений в программы защит, в том числе и для исправления проектных ошибок и прочее. Если учесть все эти составляющие, то можно смело утверждать, что цена функций в таких изделиях сопоставима с электромеханическими защитами (а чаще – ниже) и это выбивает главный аргумент сторонников электромеханики.

Таблица 15 - Оценка научного уровня разработки.

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение i -го фактора
	d_i	$K_{дyi}$	$K_{дyi} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов (критерий оценки: обобщен имеющийся опыт)	0,2	0,3	0,06
2. Перспективность использования результатов (критерий оценки: использование для предварительного рабочего проектирования в расчётных группах РЗА ОДУ, РДУ)	0,03	0,2	0,06
3. Завершенность полученных результатов (критерий оценки: написан отчет по теме)	0,3	0,1	0,03
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов	0,2	0,1	0,02
Результативность	$K_{ny} = \sum(K_{дyi} \cdot d_i) = 0,17$		

5.2. Расчёт затрат на проектирование РЗ.

5.2.1. Определение трудоемкости выполнения работ.

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используем следующую формулу:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макси}}{5} = \frac{3*2 + 2*4}{5} = 2.8 \text{ чел} - \text{дни} \quad (5.6)$$

Где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы человеко-дни;

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{макси}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитываем параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} = \frac{2.8}{1} = 2.8 \text{ дней} \quad (5.7)$$

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

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни.

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

$Ч_i$

5.2.2. Разработка графика проведения научного исследования.

Таблица. 16-Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы №		Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	2	Разработка инструктажей по выполнению работы	Руководитель Инженер

Таблица-16.

Выбор направления исследований	3	Сбор информации и изучение материалов по данной теме	Инженер
	4	Выбор эффективности направления исследований	Руководитель Инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	6	Ознакомление с технической литературой и источниками	Руководитель
	7	Изучение и рассмотрение новых технологий в энергетике	Руководитель
	8	Планирование проектировании задачи	Руководитель
Проведение теоретических расчетов обоснований и	9	Анализ исходных данных	Инженер
	10	Краткая характеристика защищаемого объекта	Инженер
	11	Выбор и обоснование устанавливаемых защит Составление схем замещения	Инженер
	12	Планирование и расчет типичных аварийных режимов	Инженер
	13	Расчет уставок защит и оценка их чувствительности	Инженер

Таблица- 16.	14	Структурная схема подключения защиты	Инженер
Обобщение и оценка результатов	15	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	16	Заключение	Инженер
Контроль и координирование проекта	17	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	18	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	19	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22, \quad (5.8)$$

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.

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо

воспользоваться следующей формулой:

$$T_{\text{ки}} = T_{\text{ри}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 * 1,22 = 3 \text{ дней}, \quad (5.9)$$

где $T_{\text{ки}}$ – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

$T_{\text{ри}}$ – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе $T_{\text{ки}}$ округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

Таблица.17-Временные показатели проведения научного исследования.

Таблица- 17.

№ п/п	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T _{pi}		Длительность работ в календарных днях T _{ki}	
		t _{min} , человеко- дни		t _{max} , человеко- дни		t _{ожк} человеко- 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 литературы по теме		8		12		9,6		9,6		12
3	Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	1	1
4	Календарное планирование работ по теме	1		2		1,4	0	1,4	0	2	0
5	Анализ исходных данных		5		8	0	6	0	6	0	7
6	Краткая характеристика защищаемого объекта		1		1		1,4		1,4		2
7	Составление расчетной схемы		2		3		2,4		2,4		3
8	Составление схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей		2		3		2,4		2,4		3
9	Предварительный выбор защит		5		8		6		6		7
10	Обоснование варианта выбранных релейной защиты		2		3		2,4		2,4		3
11	Планирование и расчет типичных аварийных режимов		10		16		12,4		12,4		15
12	Расчет уставок защит		10		16		12,4		12,4		15

Таблица- 17.

13	Анализ полученных результатов		4		6		4,8		4,8		6
14	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8		10		8,8		8,8		11	
15	Составление структурной схемы защит		3		5		3,8		3,8		5
16	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		6		8		6,8		6,8		8
17	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		7		10		8,2		8,2		10
18		ИТОГО:								17	105

Таблица 18 – Календарный план проведения научного исследования по теме(с нарастающим итогом).

№ работ	Содержание работы	Исполнители	T_{ki} , кал.дн.
1	Составление и утверждение технического задания.	Руководитель	3
2	Подбор, изучение литературы.	Инженер	12
3	Выбор направления исследований.	Инженер Руководитель	1 1
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	2
5	Анализ исходных данных.	Инженер	7
6	Краткая характеристика защищаемого объекта.	Инженер	2

Таблица -18.			
7	Составление расчетной схемы.	Инженер	3
8	Составление схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей.	Инженер	3
9	Предварительный выбор защит.	Руководитель Инженер	7
10	Обоснование варианта выбранных релейной защиты.	Инженер	3
11	Планирование и расчет типичных аварийных режимов.	Инженер	15
12	Расчет уставок защит.	Инженер	15
13	Анализ полученных результатов.	Инженер	6
14	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя.	Руководитель	11
15	Составление структурной схемы защит.	Инженер	5
16	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы.	Инженер	8
17	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации).	Инженер	10

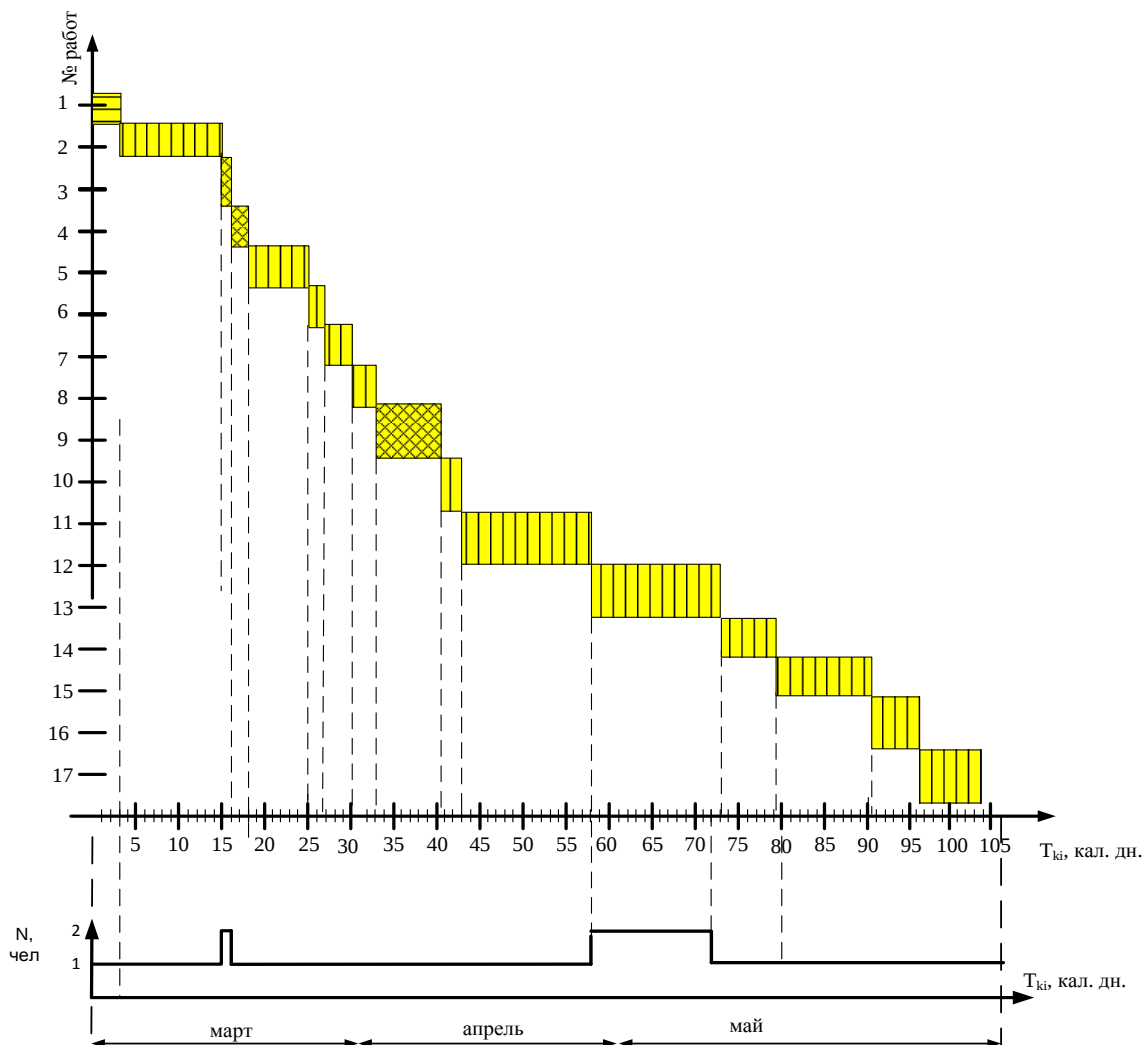


Рисунок 12 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме.

Где

-  – руководитель;
-  – инженер;
-  – руководитель и инженер.

5.3. Бюджет научно-технического исследования.

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

- материальные затраты научного исследования;
- оплата труда;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- амортизация;
- прочие расходы;

- накладные расходы.

5.3.1. Расчет материальных затрат.

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

Таблица 19 – Расходы на канцелярские товары.

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага.	250	1	250
2. Карандаш.	20	5	100
3. Ластик.	15	4	60
4. Ручка.	30	4	120
5. Картридж.	700	1	700
6. Линейка.	25	1	25
7. Калькулятор.	400	1	400

Итого:1655

5.3.2. Заработная плата исполнителей темы.

В данную тему включается заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Расчет заработной платы приведен ниже.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot k_D \cdot k_P \quad (5.10)$$

Где

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

$k_D = 1,16$ – коэффициент дополнительной заработной платы руководителя;

$k_D = 1,08$ – коэффициент дополнительной заработной платы инженера;

$k_P = 1,3$ – районный коэффициент для Томска.

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 18751 \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 26326,4$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{26326,4}{30} = 877,55$$

Заработная плата инженера, руб.:

$$Z = 27000$$

Месячный должностной оклад руководителя, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 25464,9 \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 38401,1$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{38401,0}{30} = 1280$$

Заработная плата руководителя, руб.:

$$Z = 39000$$

Итого по зарплате: 66000

5.3.3. 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 по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z, \quad (5.11)$$

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

На 2014 г., в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ, установлен размер страховых взносов, равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды, руб.:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z = 0,271 \cdot 66000 = 17886$$

Итого: 17886 руб.

¹Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

5.3.4. Амортизация.

Затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье занесён в таблицу- 20.

Таблица- 20. Расчет бюджета затрат на приобретение основных средств.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Программный комплекс АРМ СРЗА	1	681 400	681 400
2	Лицензия на программное обеспечение MicrosoftOffice	1	3 500	3 500
3	Оргтехника, комплект	2	30000	60000
4	Мебель, комплект	2	20000	40000
Итого:				786400

В связи с длительностью использования, стоимость основных средств учитывается с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней использования}}}{\text{срок службы} \cdot 365} \quad (5.12)$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения.

$$A_{\text{комп}} = \frac{786400 \cdot 105}{5 \cdot 365} = 45244,93 \text{ руб.}$$

Амортизация мебели

$$A_{\text{меб}} = \frac{40000 \cdot 105}{10 \cdot 365} = 1150,68 \text{ руб.}$$

Итого: 46395,61 руб.

5.3.5. 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, копирование документов и т.д. и составляют 400% от заработной платы исполнителей. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = Z \cdot 4 \quad (5.13)$$

Накладные расходы, руб.:

$$Z_{\text{накл}} = 66000 \cdot 4 = 264000$$

5.3.6. Формирование бюджета затрат на технический проект.

Рассчитанная величина затрат на технический проект работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается технической организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции. Определение бюджета затрат на технический проект приведено в таблице -21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат на технический проект.

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты Тех.Проект.	1655
2. Затраты по заработной плате исполнителей темы.	66000
3. Отчисления во внебюджетные фонды.	17886
4. Амортизация.	46395,61
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1).	8555
6. Накладные расходы.	264000
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6).	358112
8. Прибыль (п. 7*0,2).	71622
9. Договорная цена (п. 7+п. 8).	429734

5.4. Определение капитальных вложений в РЗА.

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики на КЭС 1600 МВт, для энергоблоков генератор-трансформатор мощностью 200 МВт, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет:

$$\sum M_{зм} = 26000000 \text{ руб.} \text{ (цены договорные по прейскуранту НПП «ЭКРА»)}.$$

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{оборуд}} + K_{\text{монт}} \quad (5.14),$$

Где: $K_{\text{монт}} = 20\% \text{ от } K_{\text{оборуд}}$

$$K = 429734 + 26000000 + 26000000 \cdot 0,2 = 3549734 \text{ руб.}$$