

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки АБ.13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Релейная защита и автоматика блока генератор-трансформатор на тепловой станции</b>

УДК 621.316.925.1:621.314.21.001.24:621.311.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А11	Крылов Сергей Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Кривова Л.В.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л. А.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
P2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
P4	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.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
P6	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><b>Универсальные компетенции</b></i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
P8	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.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной.
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.

P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	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 ЭНИН

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	Крылову Сергею Александровичу

Тема работы:

Релейная защита и автоматика блока генератор-трансформатор на тепловой станции
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	576/С от 01.02.2016 г.
---	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2016 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<i>Электрическая схема КЭС Паспортные данные основного оборудования.</i>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов .</b>	<i>Расчет токов КЗ; Выбор и обоснование устанавливаемых защит Расчет технико - экономического обоснования; Анализ опасных и вредных факторов; Выводы по работе</i>
<b>Перечень графического материала</b>	<i>Главная схема электрических соединений КЭС; Расчетная схема блока генератор-трансформатор.</i>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Коршунова Л. А. Доцент, к.т.н.
«Социальная ответственность»	Бородин Ю. В. Доцент, к.т.н.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	15.01.2016 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст.преподаватель	Кривова Л.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-5А11	Крылов Сергей Александрович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 93 с., 24 рис., 20 табл., 15 источников, 3 прил.

Ключевые слова: КЭС; РЗА; расчет уставок РЗ; электромеханические реле; микропроцессорная техника.

Объектом исследования являются Релейная защита и автоматика блока генератор-трансформатор на тепловой станции

Цель работы – Расчет и выбор релейной защиты и автоматики блока генератор-трансформатор на тепловой станции

В процессе исследования проводились: расчет токов короткого замыкания, технико-экономическое обоснование проекта, рассмотрение вопросов связанных с обеспечением безопасного функционирования релейной защиты и ТЭЦ в целом.

В результате исследования произведен Расчет и выбор релейной защиты и автоматики блока генератор-трансформатор на тепловой станции

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: выбранная релейная защита полностью соответствуют требованиям РЗ согласно НТД.

Область применения: результаты исследования применимы для предприятий электроэнергетической отрасли.

Экономическая эффективность/значимость работы: проект является экономически выгодным для внедрения, снижает себестоимость обслуживания РЗА, так же повышает компетенции персонала занятого обслуживанием релейной защиты и автоматики.

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52776 – 2007 “Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и характеристики”;

ГОСТ Р 22.0.02-94 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях”;

ГОСТ 12.0.003-74 “ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменением №1)”;

ГОСТ 12.2.013-91 “ССБТ Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытаний”;

ГОСТ 12.2.003-91 “ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности”;

ГОСТ 12.1.003-83(1999) “ССБТ Шум. Общие требования безопасности”;

ГОСТ 12.1.004-91 “ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования”;

ГОСТ 12.1.005-88 “Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”;

ГОСТ 12.1.012-2004 “ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования”;

ГОСТ 12.1.024-81 “Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в заглушенной камере”;

ГОСТ 12.1.029-80 “ССБТ Средства и методы защиты от шума. Классификация”;

ГОСТ 12.1.010-76 “Взрывоопасность. Общие требования”;

ГОСТ 12.4.026-2001 “Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная”;

ГОСТ 12.4.009-83 “Пожарная техника для защиты объектов”;

ГОСТ 17.0.001-76 “Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения (с Изменениями №1,2)”;

ГОСТ 17.2.1.01-76 “Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу (с Изменением №1)”;

ГОСТ 17.1.1.02-77 “Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов (с Изменением №1)”;

СНиП 11-01-95 “Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений”;

СНиП П-89-80 “Генеральные планы промышленных предприятий”;

СНиП 2.01.02.85 “Противопожарные нормы”;

СНиП 2.09.04-87 “Административные и бытовые здания”;

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 “Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов”;

СанПин 2.2.4.584-96 “Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений”;

СН 2.2.4/2.1.8.556-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”;

ПУЭ “Правила устройства электроустановок редакция 7”;

ПОТ Р М-016-2001 “Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок”;

ПОТ Р М-012-2000 “Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте”.



## Оглавление

Введение	14
Обзор литературы	15
Объект и методы исследования	16
1 Проектирование КЭС	19
1.1 Общий баланс активных мощностей	19
1.2 Выбор схем электрических соединений электростанций	20
1.2.1 Выбор генераторов главной схемы КЭС	21
1.2.2 Выбор трансформаторов блоков	21
1.2.3 Выбор автотрансформаторов связи КЭС	22
1.3 Расчет токов короткого замыкания.	23
1.3.1 Определение тока КЗ в точке К-1	25
1.3.2 Определение тока КЗ в точке К-2	28
1.3.3 Определение ударного тока КЗ	29
1.4 Выбор электрических аппаратов	29
1.4.1 Выбор выключателей и разъединителей	30
1.5 Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения	34
1.5.1 Выбор трансформаторов тока.	34
1.5.2 Выбор трансформаторов напряжения.	36
1.6 Выбор сборных шин, токопроводов и кабелей.	36
1.6.1 Выбор комплектного токопровода	36
1.6.2 Выбор сборных шин напряжением $U = 220$ кВ	37
1.6.3 Выбор сборных шин напряжением $U = 500$ кВ	38
1.6.4 Выбор гибкого токопровода	39
1.7 Основные конструктивные решения	40
1.8. Выбор и обоснование устанавливаемых защит	41
1.9 Повреждения генераторов	42
1.9.1 Ненормальные режимы работы генераторов	42
2. Выбор защит	43
2.1 Расчет релейной защиты основного оборудования.	44
2.2. Схема замещения станции	45
2.3. Расчет токов коротких замыканий	45
2.4. Защита генератора	46
2.4.1 Поперечная дифференциальная защита	46
2.4.2. Продольная дифференциальная защита	46

2.4.3. Защита от замыканий на землю обмотки статора	47
2.4.4. Защита генераторов от внешних замыканий	49
2.4.4.1. Дистанционная защита	49
2.4.4.2. Четырехступенчатая токовая защита обратной последовательности	51
2.4.5. Защита от симметричной перегрузки обмотки статора	52
2.4.6. Защита цепей возбуждения	52
2.4.6.1. Защита ротора от перегрузки током возбуждения	52
2.4.6.2. Защита от замыканий на землю в цепи возбуждения	53
2.5. Защита трансформатора	54
2.5.1. Газовая защита трансформатора	54
2.5.2. Защита от повреждений на выводах и внутренних повреждениях трансформатора	55
2.5.3. Токовая защита нулевой последовательности от токов внешнего замыкания на землю	56
2.5.4. Защита от перегрузки	57
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	59
3.1 Планирование научно-технического исследования	59
3.2 Расчёт научно-технической эффективности	60
3.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ	63
3.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	63
3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования	66
3.4 Бюджет научно-технического исследования	66
3.4.1 Расчет материальных затрат	66
3.4.2 Заработная плата исполнителей	67
3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	69
3.4.4 Амортизация	69
3.4.5 Прочие неучтенные затраты	70
3.4.6 Накладные расходы	70
3.4.7 Определение капитальных вложений в РЗА	70
4. Введение. Социальная ответственность.	74
4.1. Производственная безопасность	74
4.1.1. Анализ опасных и вредных факторов	74
4.1.2. Производственная санитария	75
4.1.3. Электробезопасность	80
4.1.4. Пожарная безопасность	83
4.2. Экологическая безопасность	88
Заключение	91



## Введение

Конденсационными электрическими станциями (КЭС) называются тепловые электрические станции, предназначенные только для производства электроэнергии. Главной особенностью конденсационных электрических станций является то, что в них обеспечиваются условия максимально полного преобразования энергии пара, выработанного в котле, путем максимально возможного расширения его в рабочих цилиндрах турбины в механическую энергию вращения ротора турбогенератора, а затем и в электрическую энергию.

Для повышения термического к.п.д. стремятся максимально повысить температуру и давление пара на входе в турбину, применить вторичный перегрев пара, а также снизить долю теплоты, теряемой в конденсаторе, путем использования скрытой теплоты парообразования недоработавшей части пара, отобранной из турбины, в подогревателях питательной воды системы регенерации.

Максимальные температура и давление пара на КЭС ограничиваются жаропрочностью и жаростойкостью сталей, применяемых в конструкциях пароперегревателей котла, паропроводов, элементов проточной части турбины. Современные мощные тепловые электростанции работают при давлении пара на входе в турбину до 26 МПа и его температуре порядка 540–568°C.

Современная конденсационная электрическая станция – это сложный технологический комплекс зданий, сооружений и агрегатов с блочной схемой установки оборудования, при которой блок «котел – турбина – генератор» является независимо включенной и самостоятельно регулируемой производственной единицей. В качестве примера рассмотрим работу электростанции, сжигающей уголь (рис. 4.1).

Для снабжения электроэнергией электродвигателей, осветительных устройств и приборов электростанции используется распределительное устройство собственных нужд.

Отработавший в турбине пар поступает в конденсатор. Образовавшийся там конденсат подается конденсатными насосами через регенеративные подогреватели низкого давления в деаэратор. Здесь при температуре, близкой к температуре насыщения, происходит удаление растворенных в воде газов, вызывающих коррозию оборудования, и подогревается вода до температуры насыщения. Потери конденсата (утечки через неплотности в трубопроводах станции или в линиях потребителей) восполняются химически очищенной (обессоленной) в специальных установках водой, добавляемой в деаэратор.

Деаэрированная и подогретая питательная вода подается питательными насосами в регенеративные подогреватели высокого давления, а затем в экономайзер котла. Цикл преобразования рабочего тела повторяется.

Устройства для химической обработки добавочной воды находятся в химическом цехе.

Охлаждающая вода от источника технического водоснабжения подается в конденсатор циркуляционными насосами, расположенными в насосной станции. Подогретая охлаждающая вода (циркуляционная) сбрасывается в систему охлаждения или в природный водоем на некотором расстоянии от места забора, достаточном для того, чтобы подогретая вода не подмешивалась к забираемой. В схемах может быть предусмотрена небольшая сетевая подогревательная установка для теплофикации электростанции и прилегающего поселка. К сетевым подогревателям такой установки пар поступает от отборов турбины.

Газы, образующиеся при сгорании топлива в котле, проходят последовательно топочную камеру, поверхности пароперегревателя и водяного экономайзера, где отдают теплоту рабочему телу, а в воздухоподогревателе – подаваемому в паровой котел воздуху. Затем в золоуловителях (электрофилтрах) газы очищаются от летучей золы и через дымовую трубу дымососами выбрасываются в атмосферу.

Шлак и зола из-под топочной камеры, воздухоподогревателя и золоуловителей смываются водой и по каналам поступают к багерным насосам, которые перекачивают их на золоотвалы.

Воздух, необходимый для горения, подается в воздухоподогреватели парового котла дутьевым вентилятором. Забор воздуха осуществляется из верхней части котельного отделения или снаружи.

Контроль и управление работой тепловой станции осуществляются с пульта управления.

В настоящее время в эксплуатации на территории Украины находятся в основном блоки мощностью 200 МВт, работающие на начальных параметрах пара 12,7 МПа, 540°C и блоки мощностью 300 и 800 МВт с параметрами 23,5 МПа, 545°C.

На блоках мощностью 200 МВт используются питательные насосы с электроприводом, а на более мощных, начиная с 300 МВт – питательные турбонасосы (питательные электронасосы применяются как резервные). Блоки с турбиной К-300-240 оснащены одним питательным насосом с приводной турбиной с противодавлением, а на блоке с турбиной К-800-240 установлены две приводные турбины с собственными конденсаторами. Мощность электропривода на блоках с турбинами К-200-130 составляет около 2% мощности блока. Мощность турбопривода блока с турбиной К-300-240 – 9,0 МВт, а две приводные турбины, установленные на блоке мощностью 800 МВт, развивают при номинальной нагрузке блока мощность около 27 МВт.

## **Обзор литературы**

Неотъемлемой частью современной жизни является электроэнергетика. Она находит широкое распространение во всех областях жизнедеятельности человека, а так же на производственных площадках, где к электричеству предъявляются большое количество требований, касающихся его качества и бесперебойности питания. Данные требования периодически пересматриваются и актуализируются в соответствии с современными реалиями, и предоставляются конечному пользователю в виде издания под названием ПУЭ. Как следует из названия, ПУЭ предъявляет требования устройству электроустановок.

При обслуживании электроустановок особые требования предъявляются к безопасному выполнению работ персоналом. Данные требования сведены в “Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок” ПОТ Р М-016-2001. Рассматривая непосредственно тему ВКР “Расчет уставок релейной защиты оборудования собственных нужд Северской ТЭЦ”, можно сказать, что в рамках электроэнергетической отрасли данный вопрос находит широкое распространение в литературе. Примеров тому можно привести много. Мною при выполнении ВКР были использованы такие издания как “Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов” Андреев В.А. 2006; “Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пособие для вузов” Дьяков А.Ф 2008; “Релейная защита электроэнергетических систем: Учеб. для вузов” 1992 Федосеев А.М. и Федосеев М.А.

Не сложно заметить, что данная тема остается актуальной на протяжении многих лет. В свою очередь вышеперечисленные издания в полной мере освещают вопросы расчета уставок релейной защиты, как современных терминалов микропроцессорной релейной защиты, так и релейной защиты выполненной на основе электромеханических реле.

### **Объект и методы исследования**

Перед тем, как выполнять расчёты режимов КЗ, формируем базу данных. Ниже приводится главная схема электрических соединений КЭС, а также план схема распределения релейных защит блока генератор-трансформатор.

Общая схема электрических соединений КЭС изображена на рисунке 1. Преобразуем схему электрических соединений КЭС, оставив только необходимые для расчета элементы (рисунок 2).

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A11	Крылову Сергею Александровичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСИП
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

	<i>основные средства.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>- определение научно-технической эффективности</i>
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей):</i>	
1. <i>График проведения НИ</i>	

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Крылов Сергей Александрович		



### 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью этого проекта является расчёт параметров устройств РЗА, для защиты оборудования ТЭЦ. Во многом от них зависит надежность и правильность работы электрооборудования.

Ожидаемые результаты работы:

- 1) определение параметров и типов аппаратов релейной защиты;
- 2) решение сложных задач надёжности работы оборудования ТЭЦ;
- 3) рост квалификации инженерно-технических работников;
- 4) повышение качества выполнения расчетных работ;
- 5) показать научно-техническую и практическую ценность результатов работы.

#### 3.1 Планирование научно-технического исследования

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ этапа	Наименование работ на текущем этапе	Количество исполнителей	Продолжительность чел. – дн	
			Руководитель	Инженер
Научно – теоретическая часть				
1	Разработка технического задания	Руководитель	2	-
2	Подбор персонала	Руководитель	2	-
3	Определения объема работ	Руководитель Инженер	1	1
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	Инженер	-	4
5	Анализ и подготовка схемы	Инженер	-	2
6	Анализ исходных данных	Инженер	-	2
Практические работы				
7	Расчет уставок для разных состояний внешней системы электроснабжения	Инженер	-	4
8	Оперативные расчеты режимов коротких замыканий	Инженер	-	2
9	Выбор расчетных нагрузок	Инженер	-	3
10	Сопоставление результатов расчетов с теоретическими исследованиями	Инженер	-	2
11	Расчет возмущенных режимов	Инженер	-	3
12	Анализ полученных результатов	Руководитель Инженер	3	3
13	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	-	1

14	Внесение корректировок	Инженер	-	1
15	Выбор оптимального режима	Руководитель Инженер	2	2
16	Анализ результатов расчетов	Инженер	-	2
17	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель	14	-
18	Оформление отчета	Инженер	-	3
19	Выполнение графической части	Инженер	-	9
20	Рассмотрение результатов	Руководитель	4	-

### 3.2 Расчёт научно-технической эффективности

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{б}}} = \frac{0,864}{0,486} = 1,77$$

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

$Q_{\text{н}}$ ,  $Q_{\text{б}}$  – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 14 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	Микропроцессорные устройства РЗ		Электромеханические устройства РЗ		Идеальное УРЗА	
		$P_i$	$q_i$	$P_i$	$q_i$	$P_{100}$	$q_{100}$
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), Q		$Q_{\text{н}}$		$Q_{\text{б}}$		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,3	100	0,9	60	0,54	100	0,9
1.2 Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи, (%)	0,2	90	0,81	40	0,36	100	0,9
1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,2	100	0,9	70	0,63	100	0,9
1.4 Возможности выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,2	90	0,81	70	0,63	100	0,9
1.5 Возможность подключения в	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9

сеть ЭВМ, (%)							
---------------	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 15 – Объяснение величин параметров.

Характеристики:	Микропроцессорные устройства РЗ	Электромеханические устройства РЗ
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую.	Возможно, при определенных условиях.	Возможно, но проблематично.
Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи	Возможно, при определенных условиях.	Возможно, но проблематично.
Возможность ведения отчёта о срабатывании защит.	Возможно	Невозможно
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Возможно, при определенных условиях.	Возможно, при определенных условиях.
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Возможно	Невозможно

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 16 - 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	0,1	0,3	0,03

предполагаемых результатов (критерий оценки: обобщен имеющийся опыт)			
2.Перспективность использования результатов (критерий оценки: использование для предварительного рабочего проектирования в расчётных группах РЗА ОДУ, РДУ)	0,4	0,1	0,04
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	$K_{\text{пу}} = \sum(K_{\text{дyi}} \cdot d_i) = 0,14$		

### 3.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ

#### 3.3.1 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  $t_{\text{ож}i}$  используем следующую формулу:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 2}{5} = 2 \text{ чел} - \text{дни}$$

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

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

$t_{\text{max}i}$  – 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

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{ч_i} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дней}$$

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

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни.

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

$ч_i$

### 3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

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

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,22 = 2,44 \text{ дня}$$

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

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

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

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

Таблица 17 – Календарный план проведения научного исследования по теме  
(с нарастающим итогом)

№	Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ кал. дн.
1	Разработка технического задания	Руководитель	2
2	Подбор персонала	Руководитель	4
3	Определения объема работ	Руководитель Инженер	5
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	Инженер	9
5	Анализ и подготовка схемы	Инженер	11
6	Анализ исходных данных	Инженер	13
7	Расчет уставок для разных состояний внешней системы электроснабжения	Инженер	17
8	Оперативные расчеты режимов коротких замыканий	Инженер	19
9	Выбор расчетных нагрузок	Инженер	22
10	Сопоставление результатов расчетов с	Инженер	24

	теоретическими исследованиями		
11	Расчет возмущенных режимов	Инженер	27
12	Анализ полученных результатов	Инженер Руководитель	30
13	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	31
14	Внесение корректировок	Инженер	32
15	Выбор оптимального режима	Инженер Руководитель	34
16	Анализ результатов расчетов	Инженер	36
17	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель	50
18	Оформление отчета	Инженер	53
19	Выполнение графической части	Инженер	62
20	Рассмотрение результатов	Руководитель	66

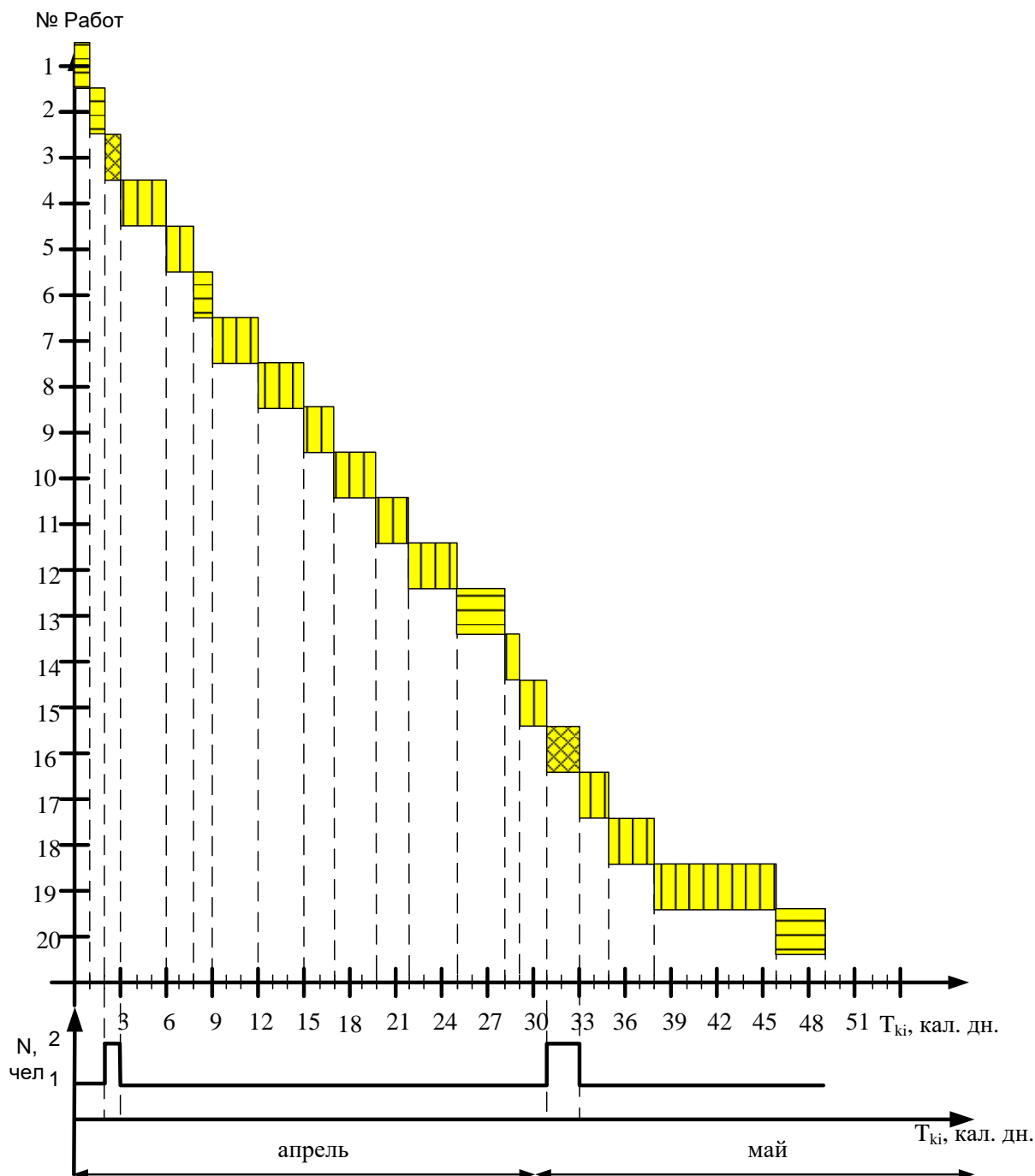




Рисунок 23 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме.

Где

-  – руководитель;
-  – инженер;

### 3.4 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.

### 3.4.1 Расчет материальных затрат

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

Таблица 18 - Затраты на комплектующие изделия и материалы:

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	240	2 уп.	480
2. Флешкарта	420	1 шт.	420
3. Карандаш	45	5 шт.	225
4. Ластик	50	2 шт.	100
5. Ручка	70	5 шт.	350
6. Картридж	960	1 шт.	960
7. Линейка	40	1 шт.	40
8. Папка для бумаг	90	10 шт.	900
Итого ( $U_{МЗ}$ ):			3 475

### 3.4.2 Заработная плата исполнителей

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 приведён ниже.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot k_D \cdot k_P$$



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.

Месячная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_M = 19700 \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 27658,60 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{27658,60}{30} = 927,96 \text{ руб.}$$

Зная, что инженер работает 51 дней рассчитаем оплату инженеру

$$Z_{\text{и}} = 927,96 \cdot 51 = 47019,96 \text{ руб}$$

Месячная заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_M = 25400 \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 38303,2 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{38303,2}{30} = 1276,77 \text{ руб.}$$

Зная, что руководитель работает 28 дней рассчитаем оплату руководителя

$$Z_P = 1276,77 \cdot 28 = 35749,47 \text{ руб}$$

Итого суммарная заработная плата работников составит 82768,75 рубля.

### 3.4.3 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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

– 30%

Отчисления во внебюджетные фонды, руб.:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 82768,75 = 24830,62 \text{ руб.}$$

### 3.4.4 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 7.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат на приобретение основных средств

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Компьютер	1	32 000	64000
2.	Принтер	1	13 000	13 000
3.	Компьютерное кресло	1	14 000	28 000
4.	Стол компьютерный	1	9 000	18 000
Итого:				123 000

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

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{днейиспользования}}}{\text{срокслужбы} \cdot 365} \quad (5.12)$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$\text{Зам}_{\text{компьютер}} = \frac{64000 \cdot 66}{10 \cdot 365} = 1157,63 \text{ руб/день}$$

$$\text{Зам}_{\text{принтер}} = \frac{13000 \cdot 66}{5 \cdot 365} = 470,14 \text{ руб/день}$$

$$\text{Зам}_{\text{кресло}} = \frac{28000 \cdot 66}{7 \cdot 365} = 773,64 \text{ руб/день}$$

$$\text{Зам}_{\text{стол}} = \frac{1800 \cdot 66}{10 \cdot 365} = 325,74 \text{ руб/день}$$

Зам = 2726,37 руб.

### 3.4.5 Прочие неучтенные затраты

К элементу «Прочие затраты» себестоимости продукции относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи, вознаграждения. Рассчитываются как 10% от суммы материальных затрат, заработной платы, амортизации и отчислений во внебюджетный фонд.

Зпр = 7 662,80 рублей

### 3.4.6 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:

$$З_{\text{накл}} = З_{\text{зп}} \cdot 4$$

Накладные расходы, руб.:

$$З_{\text{накл}} = 225271,00 \text{ руб.}$$

Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 10.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	3475,00
2. Затраты по заработной плате исполнителей	56317,75
3. Отчисления во внебюджетные фонды	15262,11
4. Амортизация	2726,36
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	7778,80
6. Накладные расходы	225271,00
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	310831,81
8. Прибыль (п. 7*0,3)	93249,54
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	404081,35

### 3.4.7 Определение капитальных вложений в РЗА

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики на ТЭЦ, микропроцессорного терминала ЭКРА, трансформаторов тока и напряжения, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет:  
 $\sum I = 2\,245\,180 \text{ руб.}$  (цены договорные по прейскуранту ООО НПО «ЭКРА»).

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{оборуд}} + K_{\text{монт}}$$

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

$$K = 404081,1 + 2\ 245\ 180 + 449\ 036 = 3\ 098\ 297,1 \text{ руб.}$$