

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



Институт Энергетический  
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электроэнергетических систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проектирование релейной защиты ПС «Троицкая» 110/10кВ г. Анжеро-Судженск</b>

УДК 621.316.925.1:621.3114.00124(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А10	Белецкий Александр Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Андреев М.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.Э.Н., ДОЦЕНТ		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

И.о.зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроэнергетических систем	Сулайманов А.О.	Д.Т.Н., ДОЦЕНТ		

Томск – 2016 г.

## 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 Энергетический  
 Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника  
 Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
--

Студентке:

Группа	ФИО
3-5А10	Белецкому Александру Александровичу

Тема работы:

<b>Проектирование релейной защиты ПС «Троицкая» г.Анежро-Судженск</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.04.2016, №2867/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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 трансформатора                  2. Параметры защищаемой ошиновки 110кВ.                  3. Параметры прилегающей периферии</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Выбор и обоснование видов и состава РЗ заданного                  2. Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ                  3. Расчет параметров настроек и чувствительности РЗ</p>

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Принципиальная схема подключения автоматики и релейной защиты трансформатора Т1 2. Схема подстанции с местом установки терминалов MiCOM 3. Функциональная диаграмма MiCOM 6XX
--	--

**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:**

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	14.02.2016
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Андреев М.В.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A10	Белецкий А.А.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 81 страницы, 12 таблиц, 7 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: трансформатор, релейная защита, короткое замыкание, измерительный орган, уставка срабатывания, максимальная токовая отсечка.

Объектом разработки является релейная защита трансформатора, шин 110кВ, кабельные линии 10кВ

Цель работы – выбор и расчет уставок срабатывания релейной защиты трансформатора, шин 110кВ, кабельных линий 10кВ.

В процессе работы проводились расчёты электрических величин 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.

Экономическая эффективность спроектированных защит очень высока.

## Обозначения и сокращения

АВР	автоматическое включение резерва
АО	автоматика охлаждения
АТ	автотрансформатор
АУВ	автоматика управления выключателем
АПВ	автоматическое повторное включение
БТН	бросок тока намагничивания
ВН	высшее напряжение
ГЗ РПН	газовая защита устройства регулирования напряжения под
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
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

## **Нормативные ссылки.**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты.

1. ПОТ РМ-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
- 4.
5. ГОСТ 12.2.013-91 ССБТ. Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытания.
6. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
7. СП 52.13330.2011 «СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение, нормы проектирования».
8. ПОТ РМ-012-2000. Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте.
9. ПОТ РМ-007-98. Межотраслевых правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов.
10. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
11. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
12. .
13. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
14. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
15. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

## Оглавление

Введение	10
Обзор литературы	12
1. Описание подстанции	13
2. Выбор и обоснование видов и состава	15
3. Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ	20
4. Расчёт защит	17
4.1. Расчёт токов короткого замыкания	21
4.2. Расчёт дифференциальной защиты трансформатора Т1,Т.	30
4.3. Расчёт дифференциальной защиты ошиновки 110кВ	33
4.4. Расчёт токовых защит трансформатора Т1,Т2	36
4.5. Газовая защита трансформатора	37
Задание для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	38
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38-39
5.1. Планирование научно-технического исследования	39
5.2. Расчёт научно-технической эффективности	41
5.3. Расчёт затрат на проектирование РЗ	42
5.4. Бюджет научно-технического исследования	44
5.5. Определение капитальных вложений в РЗА	45
6. Задание для раздела «Социальная ответственность»	48
6.1. Производственная безопасность	55
6.2. Техника безопасности	56
6.3. Производственная санитария	60
6.4. Пожарная безопасность	68
6.5. Экологическая безопасность	70
6.6. Чрезвычайные ситуации	71
Заключение	75
Список используемых источников	77

Приложения	78-81
Приложение А «Схема подключения автоматики и РЗА Т1(Т2)»	79
Приложение Б «Функциональная диаграмма MiCOM 6XX»	80
Приложение В «Общая схема ПС с установкой терминалов РЗА MiCOM (А3)»	81

## Введение

При проектировании и запуске в работу любой энергетической системы приходится мириться с возможными аварийными режимами работы и возникновения в ней повреждений, от которых могут произойти аварийные ситуации в системе, сопровождающиеся недоотпуском электрической энергии потребителям, недопустимым ухудшением характеристик и её качеств или разрушением оборудования.

Предотвращение возникновения аварийных ситуаций или её развития в большинстве случаев может быть обеспечено путем быстрого вывода из работы поврежденного элемента. По условиям обеспечения безотказной работы неповрежденной части системы время отключения поврежденного элемента должно быть наименьшим и в большинстве случаев составляет доли секунды.

Совершенно очевидно, что персонал, выполняющий работы по обслуживанию установки, не в силах за такое короткое время отметить возникновение повреждения и устранить его. Поэтому энергосистемы снабжаются специальными электрическими автоматами – реле защиты.

Предназначение релейной защиты является по возможности скорейший вывод из работы поврежденного участка или элемента энергосистемы от ее частей с нормальным режимом работы. В тех случаях, когда повреждение не влечёт за собой немедленные разрушения защищаемого объекта, не представляет угрозы по условиям техники безопасности и не нарушает непрерывности электроснабжения, то устройства релейной защиты могут срабатывать не на отключение, а только на сигнал, предупреждающий дежурный персонал о не нормальных режимах работы.

Требования к релейной защите:

- селективность: характеристика релейной защиты, показывающая способность выявлять поврежденный элемент электроэнергетической системы и отключать этот элемент только ближайшими к нему коммутационными аппаратами.

- быстродействие: свойство релейной защиты, характеризующее скорость выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов;

- чувствительность: свойство, характеризующее способность релейной защиты выявлять повреждения в конце установленной для неё зоны действия в минимальном режиме работы энергосистемы;

- надежность: свойство, характеризующее способность релейной защиты действовать правильно и безотказно во всех режимах контролируемого объекта при всех видах повреждений и ненормальных режимов для действия при которых данная защита предназначена.

В трансформаторах могут возникать следующие повреждения и ненормальные режимы работы: многофазные и однофазные замыкания в обмотках и на выводах, внешние короткие замыкания, перегрузки и «пожар» стали магнитопровода, витковые замыкания в обмотках.

В системе шин могут возникать следующие основные виды повреждений: трехфазные КЗ – это короткие замыкания между фазами А,В,С, трехфазные короткие замыкания на землю и замыкания всех фаз на землю, при которых два или одно место повреждения могут быть вне шин; обрыв фаз, двухфазные КЗ – это короткие замыкания между любыми двумя фазами, двухфазные короткие замыкания на землю и двойные короткие замыкания на землю, причем одно из мест повреждений может находиться вне шин; однофазные короткие замыкания на землю; в том числе с коротким замыканием на землю.

Основные причины коротких замыканий на шинах это: ошибочные действия обслуживающего персонала с шинными разъединителями, перекрытия втулок

выключателей из-за дефектов конструкций, перекрытие изоляторов при грозовых разрядах, загрязнении и гололеде, поломка изоляторов разъединителей.

Из всех повреждений, самыми опасными на шинах считаются КЗ, при которых могут произойти частичные или полные разрушение ошиновки и подключенных к ним электрических аппаратов из-за термического и электродинамического воздействия больших токов КЗ, сопровождающихся электрической дугой.

## Обзор литературы

Релейная защита является одной из самых важных частей автоматики, которая используется в новейшей электроэнергетике. Анализ имеющихся трудов по РЗА показал, что изучению релейной защиты уделяется пристальное внимание. Существует большое количество изданий, содержащих данные для разработки защит энергосистем. Обязательные требования к релейной защите описаны в ПУЭ Но ПУЭ даёт нам только основные понятия. Более детально схемы защит рассмотрены в издании Чернобровов В.Н.[1].

Так как основные принципы проектирования релейной защиты остаются неизменными, рассмотрены у таких авторов, как Копьёв В.Н. [2], Гуревич В.И. [4]

Но так как устройства РЗА непрерывно совершенствуются, крайне желательно, как можно чаще обновлять знания обслуживающего персонала для полноценной и безаварийной работы с современным оборудованием РЗА. Эту возможность нам предоставляют производители УРЗА, публикуя документацию на своих официальных сайтах.

Расчёт параметров ЭЭС и уставок релейной защиты в наше время невозможен без использования специализированных компьютерных программ. Описание одной из таких ПО (АРМ «СРЗА») взято с официального сайта ПК «БРИЗ» Экономический раздел ВКР был рассмотрен на основе работ Коршуновой Л.А., Кузьминой Л.Г.[6].

Раздел «Социальная ответственность» написан с помощью нормативных документов, посвящённых теме безопасности жизнедеятельности[9-32].

## **1. Краткая характеристика защищаемого объекта**

Объектом защиты и автоматики являются: силовой трансформатор типа ТДН-160000/110УХЛ1 (далее трансформатор) мощностью 16000кВА с регулированием напряжения под нагрузкой, элегазовые выключатели типа ВЭБ-110П\*-40/2500ХЛ1 и шины 110кВ, установленные на подстанции «Троицкая» Кузбасской ЭЭС. Подстанция построена в 2009 для питания Яйского нефтеперерабатывающего завода филиала ООО «НефтеХимСервис», питание предусматривается шлейфовым заходом одной цепи двухцепной ВЛ 110кВ «ПС 500/220/110кВ «Ново-Анжерская» - ПС 110/10кВ «Иверка»  
Смежные подстанции: ПС «Судженка» 110/10кВ, ПС «Яя» 110/35/6кВ.  
Основные потребители на заводе- асинхронные электродвигатели.  
Распределение электроэнергии на напряжение 10кВ предусматривается по кабельным линиям.

Схема электроснабжения подстанции «Троицкая» на рисунке 1

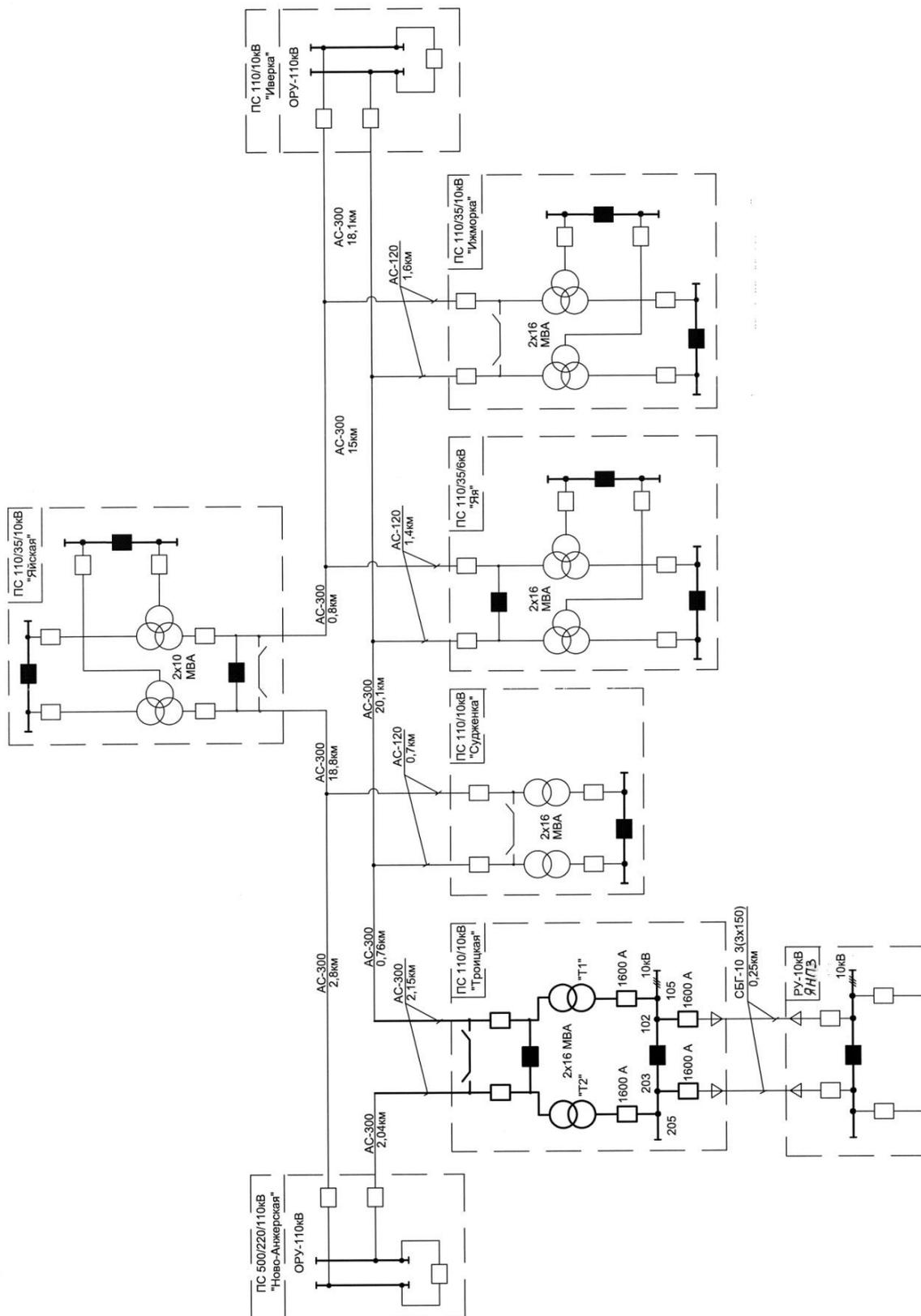


Рис. 1

## 2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ

В соответствии с ПУЭ [1]:

3.2.51. Для трансформаторов должны быть установлены устройства РЗ от следующих видов повреждений, аварийных и неправильных режимов работы:

- 1) многофазных замыканий в обмотках трансформатора и на его выводах;
- 2) однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;
- 3) витковых замыканий в обмотках;
- 4) токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;
- 5) токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;
- 6) понижения уровня масла;
- 7) однофазных замыканий на землю в сетях 3-10 кВ с изолированной нейтралью, если трансформатор питает сеть, в которой отключение однофазных замыканий на землю необходимо по требованиям безопасности.

Принимаем следующие типы защит:

Газовая защита.

Используется как защита от повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа, и от понижения уровня масла. Защита действует на сигнал при слабом газообразовании и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании и дальнейшем понижении уровня масла. Для защиты контакторного устройства РПН с разрывом дуги в масле предусматривается отдельное газовое реле и реле давления.

Продольная дифференциальная токовая защита. Предназначена для защиты от всех видов КЗ в обмотках и на выводах при включении на встроенные трансформаторы тока без выдержки времени. Защита должна быть выполнена с применением специальных реле тока, отстроенных от бросков тока намагничивания, переходных и установившихся токов небаланса.

Защита от перегрузки. Представляет собой максимальную токовую защиту от токов перегрузки и действует на сигнал.

### 3. Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ

Согласно технических условий выданных ОАО «Кузбассэнерго-РСК» на проектирование постоянного электроснабжения Яйского нефтеперерабатывающего завода устройства РЗА должны быть выполнены на базе микропроцессорной технике.

В настоящее время ассортимент производимой аппаратуры различными фирмами для устройств релейной защиты достаточно широк.

На данный момент в релейной защите используются устройства трёх видов: защита на электромеханических реле, микроэлектронная защита и микропроцессорная защита. Причём последняя стала внедряться в эксплуатацию сравнительно недавно, что обусловлено высокой ценой продукции.

Следует сопоставить основные положительные качества и недостатки этих видов релейной защиты:

- защита на электромеханических реле:

Данный вид защиты морально устарел, хотя и повсеместно используется. Перспективы развития данного вида аппаратуры отсутствуют, поэтому нет видимых причин для проектирования УРЗА на основе электромеханических реле;

- микроэлектронная защита:

Достаточно распространена и имеет средние показатели в работе. Основное достоинство данной аппаратуры, что заметно отличает её от предыдущего вида, это удобство в обслуживании и регулировке уставок. К недостаткам можно отнести не достаточную надёжность и помехоустойчивость.

- микропроцессорная защита:

Данный вид аппаратуры наиболее перспективен. Основные достоинства: компактность, малые габариты и вес, удобство в обслуживании, считывании информации, регулировке уставок. К недостаткам можно отнести высокую цену продукции. Трудности эксплуатации, в связи с чувствительностью к электромагнитным излучениям.

Учитывая то, что в современной энергосистеме ведется процесс по внедрению микропроцессорных реле, то в выпускной работе будем рассматривать применение микропроцессорных устройств. Т.к. на строящемся нефтеперерабатывающем заводе для защиты электродвигателей используются микропроцессорные модули MiCOM, останавливаем свой выбор на них. Также, сравнение MiCOM с электромеханическими реле, приведено в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Устройства РЗА были выбраны на базе MiCOM, завода Schneider Electric, а именно: MiCOM P633, MiCOM P632, MiCOM P126, MiCOM P127, MiCOM P922, MiCOM P143.

Устройства MiCOM P63X(2 и 3 стороны соответственно) реализуют функции:

- Дифференциальная защита
- Дифференциальная защита нулевой последовательности (от замыканий на землю)
- Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени
- Максимальная токовая защита синверсной время-токовой характеристикой
- Защита от тепловой перегрузки
- Защита от понижения/повышения напряжения с выдержкой времени
- Защита от понижения/повышения частоты
- Стабилизация дифференциального тока при перевозбуждении защищаемого объекта
- Функция контроля трансформатора Тока
- Контроль исправности цепей измерений
- Контроль наличия предельных величин

Таким образом, с помощью одного устройства могут быть выполнены основные защитные функции трансформатора.

Устройства MiCOM P126 реализуют функции:

- Ненаправленная 3-фазная МТЗ от междуфазных КЗ
- Токовая защита от замыканий на землю

- Направленная защита от замыканий на землю
- 3-фазная защита минимального тока
- Максимальная защита по току обратной последовательности
- Ваттметрическая защита от замыканий на землю
- Защита от теплового перегруза
- АПВ
- Логика блокирования (защит)
- Местное/дистанционное управление выключателем
- Контроль цепи отключения и мониторинг технического состояния выключателя

Устройства MiCOM P127 дополнительно реализуют функции:

- 3-фазная направленная МТЗ от междуфазных КЗ
- МТЗ с контролем по напряжению
- Защита по повышению/понижению напряжения фаз (режимы «ИЛИ» или «И»)
- Направленная защита по мощности
- Защита по повышению/понижению частоты
- Блокировка от броска тока намагничивания

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

Студенту:

<b>Группа</b> 3-5А10	<b>ФИО</b> Белецкому Александру Александровичу
-------------------------	---

<b>Институт</b>	ЭНИН	<b>Кафедра</b>	ЭСПП
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- отчисления в социальные фонды.

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- формирование вариантов решения с учётом научного и технического уровня
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- планирование выполнения проекта; - расчёт бюджета на проектирование; - расчёт капитальных вложений в основные средства.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- определение научно-технической эффективности - план график

### 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		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А10	Белецкий Александр Александрович		

## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование выбора релейной защиты и автоматики трансформатора ТДН-16000/110УХЛ1. Реконструкция позволит повысить быстродействие, селективность, чувствительность и надежность релейной защиты и, как следствие, повысить надежность электроснабжения потребителей. Для достижения этих целей выбираем современное микропроцессорное оборудование.

Для ТЭО проведения анализа произведем необходимые расчеты:

1. Планирование научно-технического исследования;
2. Расчёт научно-технической эффективности;
3. Расчет затрат на проектирование релейной защиты трансформатора подстанции;
4. Расчет затрат на оборудование и монтаж.

### 5.1 Планирование научно-технического исследования

Таблица 13.1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	
	7	Расчет уставок дифференциальной защиты трансформатора	
	8	Расчет защиты ошиновки 110 КВ	
	9	Расчет уставок МТЗ	
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Контроль и координирование проекта	11	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель

Разработка технической документации и проектирование	12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

## 5.2 Расчёт научно-технической эффективности

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

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \quad (13.1)$$

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):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i, \quad (13.2)$$

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.

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,9 \quad (13.3)$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,135 \quad (13.4)$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ты}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{б}}} = \frac{0,9}{0,135} = 6,67 \quad (13.5)$$

где  $K_{\text{ты}}$  – 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 13.2 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	MiCOM		эл.механич.УРЗА		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, (%)	0,2	100	0,9	50	0,45	100	0,9
1.2 Срок службы (Год)	0,3	12	0,4	25	0,9	25	0,9
1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9

Таблица 13.3 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: MiCOM	Конкурент: Устаревшие эл.механич.УРЗА
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую.	Широкий спектр выбора изменяемых уставок с возможностью оперативного изменения характеристик.	Узкий спектр выбора изменяемых уставок без возможности оперативного изменения характеристик.
Срок службы	Заявленный срок службы	Срок службы 25 лет

	12 лет.	
Возможность ведения отчёта о срабатывании защит.	Есть возможность	Нет возможности
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Есть возможность	Нет возможности
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Есть возможность	Нет возможности

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.

Таблица 13.4. - Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение $i$ -го фактора
	$d_i$	$K_{дvi}$	$K_{дvi} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов (критерий оценки: обобщен имеющийся опыт)	0,1	0,3	0,03
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

### 5.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ

#### 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:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел} - \text{дни} \quad (13.6)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{\text{р}}$ , учитываем параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{\text{р}i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ дней} \quad (13.7)$$

где  $T_{\text{р}i}$  – 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.

#### Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (13.8)$$

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:

$$T_{\text{к}i} = T_{\text{р}i} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3,4 \text{ дней}, \quad (13.9)$$

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.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

Таблица 13.5 - Временные показатели проведения научного исследования

№ п/п	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
		$t_{\text{min}}$ , человеко-дни		$t_{\text{max}}$ , человеко-дни		$t_{\text{ож}}$ , человеко-дни		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер				
1	Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8	0	2,8	0	3	0
2	Подбор и изучение литературы по теме		8		12	0	9,6	0	9,6	0	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	1	2	1	1,4	1,4	1,4	1,4	2	2
5	Анализ исходных данных		5		8	0	6	0	6	0	7
6	Предварительный выбор защит		5		8	0	5	0	5	0	6
7	Расчет уставок дифференциальной защиты трансформатора		5		8	0	6,2	0	6,2	0	9
8	Расчет дифференциальной защиты ошиновки 110 КВ		4		6	0	4,8	0	4,8	0	5
9	Расчет уставок МТЗ		7		10	0	8,2	0	8,2	0	11
10	Анализ полученных результатов		4		6	0	4,8	0	4,8	0	6

11	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8		10		8,8	0	8,8	0	11	11
12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		6		8	0	6,8	0	6,8	0	8
13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		7		10	0	8,2	0	8,2	0	10
14		Итого:								17	88

Таблица 13.6 – Календарный план проведения научного исследования по теме

№ работ	Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3
2	Подбор, изучение литературы	Инженер	15
3	Выбор направления исследований	Инженер Руководитель	16
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер	18
5	Анализ исходных данных	Инженер	25
6	Предварительный выбор защит	Инженер	31
7	Расчет уставок дифференциальной защиты трансформатора	Инженер	40
8	Расчет дифференциальной защиты ошиновки 110 КВ	Инженер	45
9	Расчет уставок МТЗ	Инженер	56
10	Анализ полученных результатов	Инженер	62
11	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель Инженер	73
12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	81
13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	91

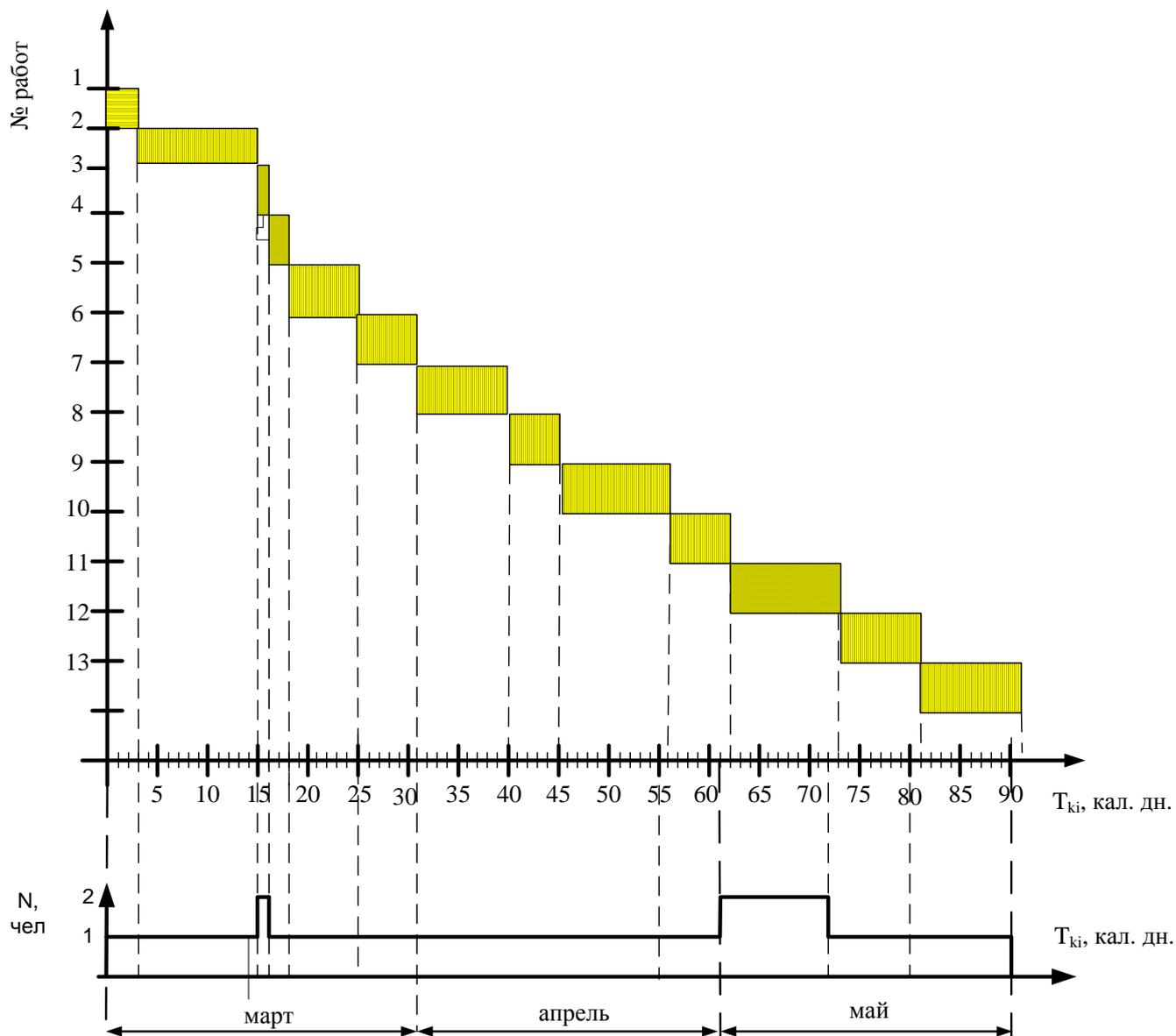


Рисунок 13.1 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме

Где

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

#### 5.4 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.

### 5.5 Расчет материальных затрат

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

Таблица 13.7 – Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	2	150	300
2. Карандаш	17	3	51
3. Ластик	15	2	30
4. Ручка	30	6	180
5. Линейка	25	1	25
6. Калькулятор	350	1	350
7. Картридж	2000	1	2000
Итого			2936

### 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 приведён ниже.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{ТС} \cdot k_D \cdot k_P \quad (13.10)$$

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.:

$$Z_M = (16751 + 2000) \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 26326,4$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{26326,4}{30} = 877$$

Заработная плата инженера, руб.:

$$Z = 877 \cdot 88 = 77176$$

Месячный должностной оклад руководителя, руб.:

$$Z_M = (26326,4 + 2200) \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 43017,8$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{43017,8}{30} = 1433,9$$

Заработная плата руководителя, руб.:

$$Z = 1433,9 \cdot 17 = 24376,3$$

Итого по зарплате:  $77176 + 24376,3 = 101552,3$  руб.

### **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:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z, \quad (13.11)$$

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

На 2016 г., в соответствии с Федеральным законом от 28.11.2015 №347-ФЗ, установлен размер страховых взносов, равный 30%. Отчисления во внебюджетные фонды, руб.:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z = 0,3 \cdot 101552,3 = 30465,63$$

## 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 13.8.

Таблица 13.8. Расчет бюджета затрат на приобретение основных средств

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	3	4500	13500
2	Оргтехника, комплект	3	55000	165000
3	Мебель, комплект	2	30000	60000
Итого:				238500

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

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{днейиспользования}}}{\text{срокслужбы} \cdot 365} \quad (13.12)$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$A_{\text{комп}} = \frac{(165000 + 13500) \cdot 90}{5 \cdot 365} = 8802,7 \text{ руб.}$$

Амортизация мебели

$$A_{\text{меб}} = \frac{20000 \cdot 90}{10 \cdot 365} = 493,15 \text{ руб.}$$

Итого: 9295,85 руб.

## Прочие расходы

Прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов и т.д.

$$Z_n = (Z_M + Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{внеб}} + Z_a) \cdot 0,1 \quad (13.13)$$

$$Z_n = (2902 + 101522,3 + 30465,63 + 9295,85) \cdot 0,1 = 14418,578$$

Накладные расходы составляют 400% от заработной платы исполнителей.

Их величина определяется по следующей формуле:

Накладные расходы, руб.:

$$Z_{накл} = 3 \cdot 4 \text{ (13.13)}$$

$$Z_{накл} = 101552,1 \cdot 4 = 406208,4$$

### Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

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

Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 13.9.

Таблица 13.9 – Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	2902
2. Затраты по заработной плате исполнителей темы	101522,3
3. Отчисления во внебюджетные фонды	30465,63
4. Амортизация	9295,85
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	14418,578
6. Накладные расходы	406208,4
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	564812,785
8. Прибыль (п. 7*0,2)	112962,5516
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	677775,3366

### Определение капитальных вложений в РЗА

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики, трансформаторов тока и напряжения, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет:

$$\sum M_{ЗМ} = 1\,750\,000 \text{ руб. (цены договорные по данным за 2015 год).}$$

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{проект} + K_{оборуд} + K_{монт} \text{ (13.14),}$$

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

$$K = 677775,3366 + 1\,750\,000 + 1\,750\,000 \times 0,2 = 2777775 \text{ руб.}$$