

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

---

Институт ИнЭО

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Автоматическое регулирование частоты и перетоков мощности. Анализ и теоретическое исследование процессов

УДК\_ 621.311.15.016-5.001.5:004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2A1	Норенов Уктам Ахматали-угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Разживин Игорь Андреевич			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов Алмаз Омурзакович	к.т.н., доцент		

Томск – 2017г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

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

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

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

---

Институт ИнЭО

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭЭС

\_\_\_\_\_ А.О. Сулайманов

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A2A1	Норенову Уктому Ахматали-угли

Тема работы:

Автоматическое регулирование частоты и перетоков мощности. Анализ и теоретическое исследование процессов
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 574/с от 02.02.17
---	----------------------------

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

**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>В качестве исходных данных использовались основные литературные источники по данной тематике.</p>
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзорно-пояснительная часть: Описание принципа работы устройств регулирования частоты и мощности, законов регулирования частоты в энергосистеме.</li> <li>2. Исследовательская часть: Расчёт переходных процессов при изменении нагрузки и параметры регуляторов в различных видах энергосистем, описание полученных результатов.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Математические модели энергосистем, их реализации в MATLAB;</li> <li>2. Графики переходных процессов регулирования частоты и изменения обменной мощности.</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p style="text-align: center;">Социальная ответственность</p>	<p style="text-align: center;">Дашковский Анатолий Григорьевич</p>
<p style="text-align: center;">Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p style="text-align: center;">Фигурко Аркадий Альбертович</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Разживин Игорь Андреевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2A1	Норенов Уктам Ахматали-угли		

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

---

Институт ИнЭО

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

Уровень образования бакалавр

Период выполнения \_\_\_\_\_ (весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

**Бакалаврская работа**

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.03.2017 г.	Обзор литературы	3
28.03.2017 г.	Объект и методы исследования	2
04.04.2017 г.	Регулирование частоты и мощности в изолированных энергосистемах	7
19.04.2017 г.	Регулирование частоты и мощности в объединенной энергосистеме	7
24.04.2017 г.	Исследование качества вторичного регулирования при совместном, раздельном и встречном регулировании в объединенной энергосистеме	8
05.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
10.05.2017 г.	Социальная ответственность	5
15.05.2017 г.	Оформление работы	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Разживин И.А.			

**СОГЛАСОВАНО:**

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 111 л., 46 рис. , 11 табл., 32 источников.

Ключевые слова: турбина, регулятор частоты вращения, механизм управления турбиной, первичное регулирование частоты, вторичное регулирование частоты, система автоматического регулирования, концентрированная энергосистема, АРЧМ, объединенная энергосистема.

Объектом исследования будут различные модели энергосистем: энергосистема из тепловых станций, гидравлических, из тепловых станций с промежуточным перегревом пара, смешанная, объединенная энергосистема.

Цель работы: получить наглядное представление о том, каким образом свойства ОЭС и ее элементов (энергосистемы в составе ОЭС, связи между ними, турбо- и гидроагрегаты, нагрузка, их первичные регуляторы, вторичные регуляторы) влияют на процессы управления частотой и обменной мощностью.

Для достижения поставленной цели использовалась теория автоматического управления, структурное моделирование в среде Matlab-Simulink.

Построенные структурные модели позволяют исследовать динамику процессов автоматического управления частотой и перетоками мощности, устанавливать зависимость свойств ОЭС от параметров элементов и настройки первичных и вторичных регуляторов, а так же выбирать параметры элементов.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

АРЧМ – автоматическое регулирование частоты и перетоков мощности;

АРЧВ – автоматический регулятор частоты вращения турбины;

АРВ – автоматический регулятор возбуждения;

ГЭС – гидроэлектростанция;

ТЭС – теплоэлектростанция;

ЦС АРЧМ – централизованная система АРЧМ;

ЭС – энергосистема;

ЭЭС – электроэнергетические системы;

ОЭС – объединенная энергосистема;

НКН – начальная коррекция неравномерности;

МУТ – механизм управления турбиной.



## Оглавление

Введение.....	11
1. Краткие теоритические сведенья к вопросам регулирования частоты и мощности.....	12
1.1 Общие сведения .....	12
1.2 Регулирующий эффект нагрузки.....	14
1.3 Турбина как объект регулирования .....	18
1.4 Регулятор частоты вращения.....	21
1.5 Механизм управления турбиной .....	28
1.6 Статическое и астатическое регулирование .....	30
1.7 Распределение нагрузки между агрегатами.....	32
1.8 Виды регулирования частоты .....	35
2. Регулирование частоты и мощности в изолированных энергосистемах ....	37
2.1 Регулирование частоты в энергосистеме из тепловых станций .....	37
2.2 Регулирование частоты в энергосистеме из гидравлических станций ..	41
2.3 Энергосистема из тепловых станций с промежуточным перегревом пара	45
2.4 Регулирование частоты в смешанной энергосистеме .....	48
2.5 Назначение и особенности автоматического управления мощности гидро- и турбогенераторов .....	51
2.6 Передаточная функция синхронного генератора .....	52
3. Регулирование частоты и мощности в объединенной энергосистеме .....	57
3.1 Моделирование объединенной энергосистемы для исследования регулирования частоты и мощности.....	57
3.2 Параметры модели ОЭС.....	67
3.3 Определение параметров АРЧВ и АРЧМ.....	69
3.4 Исследование качества вторичного регулирования при совместном, раздельном и встречном регулировании в ОЭС .....	72
3.4.1 Раздельном регулирование частоты и обменной мощности в ОЭС.	72
3.4.2 Совместное регулирование частоты и обменной мощности в ОЭС	75
3.4.3 Псевдослучайное изменение нагрузки при совместном и раздельном регулировании .....	76

3.4.4 Встречное регулирование при отключённом вторичном регуляторе ЭС2 и изменении её нагрузки .....	78
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	81
5. Социальная ответственность .....	94
Заключение .....	107
Список используемой литературы .....	109

## Введение

Автоматическое регулирование частоты и управление активной мощностью является главной задачей автоматического диспетчерского управления режимами работы ЭЭС, ОЭС и ЕЭС. Соответствующие автоматические устройства образуют централизованную автоматическую систему управления частотой и мощностью (ЦАРЧМ).

Основными задачами автоматической системы управления частотой и мощностью ЕЭС является непрерывное поддержание баланса между генерируемой и требуемой мощностями при наиболее экономичном режиме и рациональном использовании энергоресурсов и обеспечение устойчивости параллельной работы ОЭС и надежности электроснабжения. В изучении процессов, связанных с изменением частоты, необходимо уделять внимание вопросам динамики регулирования, устойчивости и качеству переходных процессов.

В ходе работы планируется получить наглядное представление о том, каким образом свойства ОЭС и ее элементов (энергосистемы в составе ОЭС, связи между ними, турбо- и гидроагрегаты, их первичные регуляторы, нагрузка, вторичные регуляторы) влияют на процессы управления частотой и обменной мощностью. Данные задачи будут решаться с помощью теории автоматического управления посредством Matlab-Simulink.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5A2A1	Норенову Уктаму Ахматали-угли

<b>Институт</b>	<b>ИнЭО</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
<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;
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 инженерных решений (ИР)</i>	- Технико-экономическое обоснование, оценка научно-технического уровня
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	- планирование выполнения проекта, формирование бюджета
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	- расчёт капитальных вложений в основные средства

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

1. *График разработки и внедрения ИР*

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры менеджмента	Фигурко Аркадий Альбертович	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-5A2A1	Норенов Уктам Ахматали-угли		

#### **4. Техничко-экономическое обоснование установки блока быстродействующего автоматического включения резерва в РУ-142 «Томскнефтехим»**

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование установки блока быстродействующего автоматического включения резерва (БАВР) 10 кВ «Томскнефтехим».

Преимущества у микропроцессорных защит много: это и меньшие габаритные размеры, постоянная самодиагностика, установка блока повысит надежность электроснабжения потребителей, 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.

Для этого выбираем современное микропроцессорное оборудование с лучшими техническими характеристиками.

Для технико-экономического обоснования проведения реконструкции проведем необходимые расчеты:

1. Расчет трудовых затрат на монтаж блока БАВР в РУ «Томскнефтехим»
2. Расчет затрат на оборудование и монтаж;

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на реконструкцию РУ «Томскнефтехим» в срок при наименьших затратах средств, составляется план-график, в котором рассчитывается поэтапная трудоёмкость всех работ. После определения трудоёмкости всех этапов темы, назначается число участников работы по этапам. При определении трудовых затрат воспользуемся опытно-статистическим методом, а именно вероятностным.

#### 4.1 Оценка научно-технического уровня инженерных решений

Любое проектирование в идеале должно начинаться с выявления потребностей потенциальных потребителей. После такого анализа становится возможным вычислить единичный параметрический показатель

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \quad (36)$$

где  $q$  – параметрический показатель;

$P$  – величина параметра реального объекта;

$P_{100}$  – 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 реальностью вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие объекта потребности в нем (полезный эффект или качество объекта):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i, \quad (37)$$

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.

$$Q_i = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,18 \cdot 0,2 + 0,675 \cdot 0,14 + 0,6 \cdot 0,1 + 0,36 \cdot 0,1 + 0,89 \cdot 0,2 + 0,54 \cdot 0,16 + 0,45 \cdot 0,1 = 0,54$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,13 \cdot 0,2 + 0,45 \cdot 0,14 + 0,3 \cdot 0,1 + 0,27 \cdot 0,1 + 0,89 \cdot 0,2 + 0,45 \cdot 0,16 + 0,45 \cdot 0,1 = 0,45$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_n}{Q_k} = \frac{0,54}{0,45} = 1,195. \quad (38)$$

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.

## 4.2 Оценка технического уровня новшества

Таблица 4.1 оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	Новшество (БАВР таврида)		Конкурент (БАВР экра)		Гипотетический объект	
		$P_i$	$q_i$	$P_i$	$q_i$	$P_{100}$	$q_{100}$
<b>1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), <math>Q</math></b>		$Q_n$		$Q_k$		$Q_{100}=1$	
1.1 Время полного цикла от распознавания аварии и отключения выключателя до включения резерва	0,2	5мс	0,18	7мс	0,13	1мс	1
1.2 Запись и воспроизведение для анализа аварийной ситуации режимов, непосредственно предшествовавших аварии	0,14	15с	0,675	10с	0,45	20с	1
1.3 Передача информации об их состоянии на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи	0,1	4 канала	0,6	2 канала	0,3	6 каналов	1
1.4 Показатели экономичности (экономия энергии)	0,1	40%	0,36	30%	0,27	100%	1
1.5 Чувствительность и надежность	0,2	99	0,89	99	0,89	100	1
1.6 Количество контролируемых параметров	0,16	6	0,54	5	0,45	10	1
1.7 Готовность персонала	0,1	50%	0,45	50%	0,45	100%	1

Несмотря на ряд выгод (цена, готовность персонала и т.п.) электромеханики перед микропроцессорными защитами, вектор развития РЗА направлен в сторону цифровых защит, и иного быть не может. Уже сейчас на очереди следующее поколение РЗА – адаптивные защиты.

### 4.3 Планирование выполнения проекта и формирование бюджета.

Экономический эффект может быть получен за счёт увеличения показателей надёжности и снижения затрат на проведение ремонтов коммутационных аппаратов.

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{о.ж.}$  применим вариант, основанный на использовании трех оценок:  $t_{max}$ ,  $t_{min}$ ,  $t_n$ .

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{нв} + t_{max}}{6} \quad (39)$$

где  $t_{min}$  - кратчайшая продолжительность данной работы (оптимистическая оценка);

$t_{н.в.}$  - наиболее возможная, по мнению экспертов продолжительность работы (реалистическая оценка);

$t_{max}$  - самая длительная продолжительность работы.

Состав и структура основных этапов реконструкции релейной защиты РУ «Томскнефтехим» сведена в таблицу.



Таблица 4.2 этапы выполнения работ

Код работы	Наименование работы	Потребная численность, чел.	Продолжительность работы			
			$t_{mi}$	$t_{н.в}$	$t_{max}$	$t_{ож}$
0-1	Разработка задания	Руководитель Инженер	3	4	5	4
1-2	Подбор кадров	Руководитель Инженер	1	2	3	2
2-3	Сбор и изучение литературы	Руководитель Инженер Инженер конс.	5	6	7	6
3-4	Анализ полученной информации	Руководитель Инженер Инженер конс.	2	3	4	3
4-5	Выбор схемы реконструкции релейной защиты РУ «Томскнефтехим».	Руководитель Инженер Инженер конс.	2	3	4	3
5-6	Моделирование работы БАР на ВМК, расчет уставок.	Руководитель Инженер Инженер конс.	40	41	42	42
5-7	Выбор оборудования – шкафа релейной защиты БАР	Руководитель Инженер Инженер конс.	1	1	2	1
7-8	Анализ и проверка выбранного оборудования	Руководитель Инженер Инженер конс.	6	7	8	7
8-9	Доработка	Руководитель Инженер Инженер конс.	1	2	3	2
9-10	Выводы и предложения по проделанной работе	Руководитель Инженер Инженер конс.	1	1	1	1
10-11	Оформление отчета по проделанной работе	Руководитель Инженер Инженер конс.	10	11	12	11
10-12	Выполнение графической части	Инженер Инженер конс.	14	15	16	15
12-13	Утверждение проекта реконструкции	Руководитель Инженер Инженер конс.	2	3	4	3
Итого: сдача проекта			88	100	122	100



#### **4.4 Расчет затрат на проектирование**

Рассчитаем себестоимость проделанной работы. Необходимые статьи затрат:

1. Материальные затраты;
2. Затраты на оплату труда;
3. Отчисления в социальные фонды;
4. Амортизационные затраты;
5. Прочие затраты;
6. Накладные расходы.

##### **4.4.1 Материальные затраты**

В элементе «материальные затраты» отражается стоимость приобретенных со стороны сырья и материалов, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя её основу.

Комплекующие:

- диски -30 руб. (10шт.)
- бумага – 250 руб. (500 листов)
- канцтовары - 1000 рублей

$$И_k = (30 \cdot 10) + 250 + 1000 = 15500 \text{ рублей}$$

##### **4.4.2 Затраты на оплату труда**

В состав затрат на оплату труда включаются:

1. Выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из сделанных расценок, тарифных ставок и должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии формами и системами оплаты труда;
2. Выплаты стимулирующего характера по системам положения;

3. Выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда (выплаты по районным коэффициентам);

4. Оплата в соответствии с действующим законодательством очередных ежегодных и дополнительных отпусков;

5. Другие виды выплат за исключением расходов по оплате труда, финансируемых за счет прибыли предприятия.

Организация заработной платы основана на тарифной системе. Тарифный фонд для бюджетных работ рассчитывается по единой тарифной сетке. Она предусматривает 18 разрядов. Тарифная сетка применяется для установления соотношений в оплате труда в зависимости от квалификации рабочего определяемой присвоенным разрядом. Каждому разряду соответствует определенный тарифный коэффициент.

Таблица 4.4 Расчет заработной платы исполнителей

Исполнитель	Оклад,руб. (ЗП <sub>Т</sub> )	плата за неотработанное время (0,16;0,1;0,08 ЗП <sub>Т</sub> )	Районный коэффициент (0,3 ЗП <sub>Т</sub> )	Месячная зарплата
1	2	3	4	5
Руководитель (снс)	25000	4000	7500	36500
Инженер конструктор	20000	2000	6000	28000
Инженер	18000	1440	5400	24840

Рассчитывается плановый фонд заработной платы научных, инженерно-технических работников, выполняющих заказы по данной разработке, в соответствии с построенным графиком выполнения работ. Величина планового фонда заработной платы определяется по формуле:

$$ЗП = ЗП_{Т} + ЗП_{д} + ЗП_{п}, \quad (40)$$

где ЗП<sub>Т</sub> – тарифный фонд заработной платы (по окладам);

ЗП<sub>д</sub> – дополнительная заработная плата за неотработанное время (отпуск);

$$ЗП_{д} = (0,08 - 0,16) ЗП_{Т} \quad (41)$$

$ЗП_{\text{п}}$  – доплаты за условия работы и проживания (0,3-0,5)  $ЗП_{\text{т}}$  (учитывается поясной коэффициент и доплата за вредные и опасные условия работы).

$T$  - количество трудодней - 100- 4,6 мес. (в 1 мес. -22 рабочих дня);

$$T_{\text{рук}} = 85 \text{ дней} = 3,86 \text{ мес}$$

$$T_{\text{инж.кон.}} = 93 \text{ дня} = 4,22 \text{ мес}$$

$$T_{\text{инж}} = 100 \text{ дней} = 4,54 \text{ мес}$$

$$ЗП_{\text{рук.}} = 36500 \cdot 3,86 = 140890 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{инж-к.}} = 28000 \cdot 4,22 = 118160 \text{руб.}$$

$$ЗП_{\text{инж}} = 24840 \cdot 4,54 = 112773 \text{руб.}$$

$$ЗП_{\text{фонд}} = ЗП_{\text{рук.}} + ЗП_{\text{инж-к.}} + ЗП_{\text{инж}} = 371823 \text{ руб.}$$

#### 4.4.3 Отчисление в социальные фонды

Социальный налог включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от элемента «Затрат на оплату труда».

Социальные отчисления ( $И_{\text{со}}$ ) составляет 30 от фонда заработной платы (ФПЗ).

$$И_{\text{со}} = ЗП_{\text{фонд}} \cdot 0,3 = 371823 \cdot 0,3 = 111547 \text{ рублей} \quad (42)$$

#### 4.4.4 Амортизационные отчисления

Расчет амортизационных отчислений, на полное восстановление основных средств, производится по нормам амортизации утвержденными в действующим законодательством порядке, и определенным в зависимости от балансовой стоимости оборудования.

Стоимость оборудования:

-мебель 20000 руб.

- компьютер(2шт) - 35000 руб.
- МФУ - 14000 руб.
- Вычислительно машинный комплекс -350000 руб.
- Программное обеспечение - 150000 руб.

$$C_{\text{ОБОР}} = 70000 + 14000 + 350000 + 150000 + 20000 = 604000 \text{ руб.}$$

$$N_{\text{ам}} = \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{1}{3} = 0,33\% \quad (44)$$

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп}}}{T_{\text{г}}} \cdot N_{\text{ам}} \cdot C_{\text{обор}} = \frac{100}{365} \cdot 604000 \cdot 0,33 = 54608 \text{ руб.}$$

где  $T_{\text{исп}}$  - время использования оборудования = 100 дней;

$T_{\text{г}}$  - количество использования в год = 365 дней;

$C_{\text{ОБОР}}$  - стоимость оборудования;

$T_{\text{сл}}$  - срок службы оборудования = 3 года.

#### 4.4.5 Прочие неучтенные затраты

К ним относятся отчисления на подготовку кадров, оплата услуг связи и т.п.

Прочие расходы составляют 10 % от всех издержек.

$$Pr = 0,1 \cdot (I_{\text{к}} + 3П_{\text{фонд}} + I_{\text{СО}} + I_{\text{АМ}}) \quad (45)$$

$$Pr = 0,1 \cdot (15500 + 371823 + 111547 + 54608) = 55348 \text{ руб.}$$

#### 4.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы - это расходы, связанные с производством, управлением и хозяйственным обслуживанием организации, которые в равной степени относятся ко всем разрабатываемым темам (оплата административных расходов, расходов на содержание зданий и помещений, оплата труда административно управленческого персонала). Величина накладных расходов определяется как 200 % от фонда заработной платы. Данные для расчета получены из проектного бюро.

$$Np = 200 \% \cdot 3П_{\text{фонд}}, \quad (46)$$

$$Np = 200 \% \cdot 371823 = 743646 \text{ руб.}$$

Таблица 4.5 Смета затрат

Виды затрат	Затраты, руб.
Материальные затраты	15500
Затраты на оплату труда	371823
Отчисления в социальные фонды	111547
Амортизационные затраты	54608
Прочие неучтенные расходы	55348
Накладные расходы	743646
Себестоимость	1352472
Прибыль	256969
Договорная цена	1609441

Договорная цена должна обеспечить получение прибыли, достаточной для отчисления средств в виде налогов и фиксированных платежей в специальные фонды и бюджеты разного уровня в соответствии с утвержденными экономическими нормативами, а также для развития предприятия-разработчика (или кафедры и т.д.) и поощрения исполнителей.

Величина договорной цены должна устанавливаться с учетом эффективности, качества и сроков исполнения разработки на уровне, отвечающем экономическим интересам заказчика (потребителя) и исполнителя.

Если разработка носит прикладной характер, то договорная цена должна рассчитываться с учетом потенциального экономического эффекта у потребителя:

$$C_d = C_{nl} \cdot (1 + K_{my}), \quad (47)$$

#### 4.4.7 Расчет затрат на оборудование и монтаж

Стоимость оборудования, монтажных работ (составляет 30% от стоимости оборудования). Данные для расчета взяты из проектного бюро.

Таблица 4.6 - Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Ед.изм	Кол-во	Сметная стоимость (тыс. руб.)	
			оборуд.	монтаж
Пусковое устройство быстродействующего автоматического ввода резервного электропитания БАВР	шт.	1	280	84
Сверхбыстродействующий выключатель ВВ/TEL серии Q для систем БАВР	шт.	3	1050	315
Блок управления СМ_1501_01 (04)	шт	3	75	22,5

$$K_{об} + K_{монт} = 1405 + 421,5 = 1826,5 \text{ тыс. руб. (48)}$$

Капиталовложения:

$$K_{кап.} = K_{ИР.} + K_{ОБ} + K_{монт} = 2321 + 1405 + 421,5 = 4147 \text{ тыс. руб. (49)}$$