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

Институт _____Институт электронного образования_____
Специальность_Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем____
Кафедра ____ЭЭС_____

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Проектирование релейной защиты линии электропередач 220 кВ ПС Новокузнецкая – ПС Соколовская Кузбасской ЭЭС

УДК __621.316.925-047.74(571.17) _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-9401	Попцов Николай Васильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Рубан Н.Ю.	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	**Коршунова Лидия Афанасьевна**	**К.Т.Н.**		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	**Амелькович Юлия Александровна**	**К.Т.Н.**		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	**Сулайманов Алмаз Омурзакович**	**К.Т.Н.**		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	**Результат обучения (выпускник должен быть готов)**	**Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон**
Универсальные компетенции		
Р1	*Совершенствовать* и развивать свой *интеллектуальный* и *общекультурный уровень*, добиваться *нравственного и физического совершенствования* своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 3; ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI*
Р2	*Свободно пользоваться русским и иностранным языками* как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.	Требования ФГОС (ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI*
Р3	*Использовать* на практике *навыки и умения* в *организации* научно-исследовательских и производственных работ, в *управлении* коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ОПК-1; ПК-1, 2, 3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI*
Р4	*Использовать* представление о методологических основах *научного познания и творчества*, роли научной информации в развитии науки, с готовностью вести работу с привлечением *современных информационных технологий*, синтезировать и критически резюмировать информацию.	Требования ФГОС (ОК-3; ОПК-1, 4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI*
Профессиональные компетенции		
Р5	*Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания* в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области	Требования ФГОС (ОПК-4; ПК- 4-6)1, Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов

	электроэнергетики и электротехники.	
Р6	Ставить и *решать инновационные задачи* инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.	Требования ФГОС (ПК-1, 7,8), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI.*
Р7	Выполнять *инженерные проекты* с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.	Требования ФГОС (ПК-2, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI.*
Р8	Проводить инновационные *инженерные исследования* в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мирровых информационных ресурсов.	Требования ФГОС (ПК-3, 13, 14, 15, 24-26), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных с

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

Институт ___ИнЭО_____
Направление подготовки (специальность)_____
Кафедра _____

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ _____
_____
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	**ФИО**
3-9401	*Попцов Николай Васильевич*

Тема работы:

Проектирование релейной защиты линии электропередач 220 кВ ПС Новокузнецкая – ПС Соколовская Кузбасской ЭЭС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2016 г. № 577/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	*Объект проектирования - релейная защита ВЛ 220 кВ ПС Новокузнецкая-Пс Соколовская Кузбасской энергосистемы, режим работы-непрерывный, категория пожароопасности – В2, при строительстве ПС должна быть предусмотрена санитарно-защитная зона, при проектировании ПС должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению загрязнения водных объектов сточными водами, экономическая эффективность проекта, составившая 75%. Произведен расчет показателей экономической эффективности. Срок окупаемости проекта составляет 5,7 лет.*

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).*	*Цель работы – модернизация релейной защиты и автоматики воздушной линии, определение экономических показателей эффективности, дающих обоснованную характеристику планируемого объекта и рассмотрение вопросов по охране труда и технике безопасности при эксплуатации устройств РЗА.* *В процессе исследования проводились изучение схемы энергосистемы, выбор оборудования и защит, расчет уставок, принятие проектных решений* *В результате исследования была проанализирована смоделированная в данной среде энергосистема Кузбасса. С учетом взаимных подпиток, обходных связей, индуктивных групп в системе были подготовлены расчетные режимы для расчета токов КЗ для всех линий первой и второй периферий и смежных линий. Для достижения минимального режима были рассмотрены различные варианты генерации, так чтоб они оказались реально возможными. По исследуемым режимам работы системы возможно составление руководящих указаний по выбору режима, в условиях которого может эксплуатироваться установленная защита.* *Для эффективного использования современных автоматических устройств были проанализированы и приняты проектные решения с учетом современной тенденции перехода релейной защиты и автоматики на цифровое оборудование.* *Проведенные исследования поведения энергосистемы в различных режимах и анализ чувствительности уставок как основных, так и резервных позволяют сделать вывод, что спроектированная релейная защита линии 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская отвечает вполне требованиям, предъявляемые ПУЭ. Также были рассмотрены особенности выполнения дистанционной защиты линии на микропроцессорном терминале ШЭ 2607, включая характеристики срабатывания реле сопротивления.* *Спроектированные релейная защита и автоматика линии посторена на современной микропроцессорной аппаратуре производства ООО НПП «Экра».* *Внедрение отечественных микропроцессорных (МП) шкафов защит в настоящее время является актуальной задачей для энергетики страны, так как принципы построения и технические решения данных МП шкафов упрощает замену устаревшего оборудования и ускоряет адаптацию персонала, обслуживающего объект.* *Полученные в проекте результаты могут быть использованы как предварительные для проектирования в расчетных группах РЗА диспетчерского управления.*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	Приложение А. Схема эл.соединений ВЛ-220 кВ Н-С. Приложение Б. Схема структурная

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	**Консультант**
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ Амелькович Юлия Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента Коршунова Лидия Афанасьевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Старший преподаватель	Рубан Николай Юрьевич	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	**ФИО**	**Подпись**	**Дата**
З-9401	*Попцов Николай Васильевич*		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа ___111__ с., __7____ рис., 20___ табл., ___30___источников, _2_ прил.

Ключевые слова: _РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА, ЭНЕРГОСИСТЕМА, ТОК СРАБАТЫВАНИЯ, ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ, МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ ШКАФ, ВОЗДУШНАЯ ЛИНИЯ, СТЗНП, ДЗ, КЗ.

Объектом исследования является____релейная защита и автоматика (РЗА) линии 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская Кузбасской энергосистемы.

Цель работы – модернизация релейной защиты и автоматики воздушной линии, определение экономических показателей эффективности, дающих обоснованную характеристику планируемого объекта и рассмотрение вопросов по охране труда и технике безопасности при эксплуатации устройств РЗА.

В процессе исследования проводились изучение диспетчерскую схему РДУ, выбор оборудования и защит, расчет уставок, принятие проектных решений

В результате исследования___была проанализирована смоделированная в данной среде энергосистема Кузбасса. С учетом взаимных подпиток, обходных связей, индуктивных групп в системе были подготовлены расчетные режимы для расчета токов КЗ для всех линий первой и второй периферий и смежных линий. Для достижения минимального режима были рассмотрены различные варианты генерации, так чтоб они оказались реально возможными. По исследуемым режимам работы системы возможно составление руководящих указаний по выбору режима, в условиях которого может эксплуатироваться установленная защита.

Для эффективного использования современных автоматических устройств были проанализированы и приняты проектные решения с учетом современной тенденции перехода релейной защиты и автоматики на цифровое оборудование.

Проведенные исследования поведения энергосистемы в различных режимах и анализ чувствительности уставок как основных, так и резервных позволяют сделать вывод, что спроектированная релейная защита линии 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская отвечает вполне требованиям, предъявляемые ПУЭ. Также были рассмотрены особенности выполнения дистанционной защиты линии на микропроцессорном терминале ШЭ 2607, включая характеристики срабатывания реле сопротивления.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Спроектированные релейная защита и автоматика линии посторена на современной микропроцессорной аппаратуре производства ООО НПП «Экра».

Степень внедрения: ____Внедрение отечественных микропроцессорных (МП) шкафов защит в настоящее время является актуальной задачей для энергетики страны, так как принципы построения и технические решения данных МП шкафов упрощает замену устаревшего оборудования и ускоряет адаптацию персонала, обслуживающего объект.

Область применения: _____Полученные в проекте результаты могут быть использованы как предварительные для проектирования в расчетных группах РЗА диспетчерского управления.

Экономическая эффективность/значимость работы__Экономическая эффективность от установки релейной защиты составляет 75%, при работе одного основного или резервного комплекта указанная эффективность будет ниже

В будущем планируется дальнейшая модернизация оборудования и аппаратуры в соответствии с последними научными разработками.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ПС-подстанция;

ВЛ-воздушная линия;

РЗ- релейная защита;

РЗА - Релейная защита и автоматика;

АПВ-автоматическое повторное включение;

СДЗТН-ступенчатая токовая защита нулевой последовательности;

УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя;

ДЗ – дистанционная защита;

ТТ – трансформатор тока;

ТН – трансформатор напряжения;

АТ – автотрансформатор;

Ссылки на нормативную документацию:

Правила устройств электроустановок (ПУЭ) - 7-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1999.

Содержание

Введение……12
Обзор используемой литературы…….....14
1. Формирование района энергосистемы с точки зрения релейной защиты и автоматики (РЗА) заданных объектов……....15
2. Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений…….17
2.1 Конфигурация, параметры схем элементов, установившихся режимов выбранного района энергосистемы……...17
2.2 Принципы, виды и основные характеристики производимой фирмами аппаратуры РЗА……..18
2.3 Выбор варианта решений по составу и номенклатуре РЗА заданных автоматизируемых объектов…….....23
2.4 Выбор трансформаторов тока и напряжения…….23
3. Резервные защиты воздушной линии 220 кВ «Новокузнецкая –Соколовская» ШЭ2607 022...25
3.1 Мгновенное отключение при больших токах КЗ - токовая отсечка …….....25
4.Основные защиты воздушной линии 220 кВ «Новокузнецкая – Соколовская» ШЭ2607 022 .26
4.1 Дистанционная защита от всех видов КЗ…….26
4.1.1 Выбор уставок I ступени дистанционной защиты……..26
4.1.2 Выбор уставок II ступени дистанционной защиты……..……27
4.1.3 Выбор уставок III ступени дистанционной защиты……..…….....30
4.2 Ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности (СТЗНП)…….30
4.2.1 Подготовка данных по уставкам СТЗНП предыдущих линий первой и второй периферии……..35
4.2.1.1 Расчет уставок I ступени СТЗНП линий первой периферии……..35
4.2.1.2 Расчет уставок I, II ступеней СТЗНП линий, отходящих со средней стороны ПС Соколовская……..36
4.2.1.3 Расчет III ступени СТЗНП автотрансформатора на средней стороне……37
4.2.1.4 Расчет IV ступени СТЗНП автотрансформатора на средней стороне……38
4.2.2 Расчет уставок СТЗНП защищаемой линии 220 кВ «Новокузнецкая- Соколовская».39
4.2.1 Выбор уставок первой ступени защищаемой линии ……39
4.2.2 Выбор уставок второй ступени защищаемой линии ……41
4.2.3 Выбор уставок третьей ступени защищаемой линии ……...44
4.2.4 Выбор уставок четвертой ступени защищаемой линии……46
5. Противоаварийная автоматика ВЛ-220 кВ «Новокузнецкая – Соколовская» ШЭ2607 021..47
5.1. Трехфазное автоматическое повторное включение линии……47

5.2. Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)……..50
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Экономическая эффективность спроектированных релейных защит и автоматики воздушной линии электропередач 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская Кузбасской энергосистемы ……52
6.1 Капитальные вложения в проект релейной защиты и автоматики линии 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская ……52
6.2 Оценка экономической эффективности спроектированных средств РЗ. Релейная защита линии 220 кВ Новокузнецкая – Соколовская.....59
6.2.1 Ущерб при отсутствии на объекте РЗА……60
6.2.2 Ущерб при установке на линии современных моделей защит……..62
6.2.3 Затраты на внедрение и содержание устройств РЗ…….63
6.2.4 Определение ЧДД, и срока окупаемости проекта …….64
7. Социальная ответственность…….. ……...68
Введение…….68
7.1 Производственная безопасность……..68
7.2 Экологическая безопасность …….91
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях…….…….....95
7.4 Правовые и организационные вопросы социальной ответственности…….99
Заключение……106
Список литературы……...107
Приложение А. ФЮРА 371000.191.Э4. Район сети линии 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская Кузбасской энергосистемы. Схема электрическая соединений.
Приложение Б. ФЮРА 371000.192.Э5. Релейная защита линии 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская Кузбасской энергосистемы. Структурная схема.

Введение

Электрические машины и аппараты, линии электропередач и другие части электрических установок и электрических сетей постоянно находятся под напряжением и обтекаются током, вызывающим их нагрев. Поэтому в процессе эксплуатации могут возникать повреждения, приводящие к коротким замыканиям (КЗ). Короткие замыкания могут привести к развитию аварии с нагреванием токоведущих частей, понижением напряжения, остановкой электродвигателей и даже нарушением параллельной работы генераторов. В большинстве случаев авария может быть предотвращена быстрым отключением поврежденного участка электрической установки или сети при помощи специальных автоматических устройств, получивших название релейная защита (РЗ). Ни один силовой элемент не может эксплуатироваться без РЗ, поэтому разработка РЗ для всех компонентов электроэнергетической системы (ЭЭС) является актуальной задачей.

С каждым годом требования к устройствам релейной защиты увеличиваются. Повсеместно по всей стране проводят техническое перевооружение энергообъекта или его части. Основным направлением технического перевооружения устройств РЗА в электроэнергетике является внедрение микропроцессорных устройств, обладающих существенными преимуществами перед электромеханическими и микроэлектронными аналогами. Хотя количество внедренных микропроцессорных устройств в электроустановках незначительно, нет достаточного количества опубликованных учебных материалов, при проектировании РЗА необходимо обращаться к более современным и перспективным микропроцессорным системам.

В связи с необходимостью предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций и применения средств современных устройств РЗА для всех элементов ЭЭС, в представленной работе поставлена задача спроектировать релейную защиту линии 220 кВ «Новокузнецкая- Соколовская», которая в полной мере отвечала бы требованиям селективности, быстродействия и надежности.

Выбор и формирование района сети, включающий автоматизируемый объект, является следующим этапом для выполнения поставленной задачи. Этот

выбор нужно осуществить так, чтобы была возможность достаточно полноценно спроектировать РЗА автоматизируемых объектов. На основе анализа исходных данных и принятых решений по выбору состава РЗА объекта выполняется расчет токов КЗ и уставок срабатывания защит. Для спроектированных устройств РЗА производится оценка экономической эффективности.

В процессе выполнения данного дипломного проекта были использованы следующие программные продукты: для расчета токов короткого замыкания и уставок, моделирования энергосистемы- АРМ СРЗА; для выполнения рисунков, чертежей – AutoCad, для арифметических расчетов- Mathcad, Microsoft Excel, для расчетов перетоков мощностей- Дакар.

В ходе выполнения работы были выявлены следующие результаты и особенности.

При расчете ступенчатой токовой защиты нулевой последовательности (СТЗНП) линии первой периферии «Соколовская - БГРЭС» не прошла по чувствительности 1-ая ступень. Объясняется это тем, что токи замыкания, бегущие по земле, слишком малы для отстройки от них. Таким образом, было принято решение о нецелесообразности дальнейших расчетов следующих ступеней защит и защит линий второй периферии. Но согласование уставок СТЗНП защищаемой линии с данной ступенью допускается, так как в нормальном режиме работы чувствительность обеспечивается.

Обзор литературы:

В процессе выполнения данной курсового проекта было использованое большое количество научно-технической и справочной литературы. Выбор оборудования и типов защит был сделан согласно “Правилам устройства электроустановок” и справочнику “Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования”, также в ходе работы использованы материалы “Руководящие указания по релейной защите”, выпуски 6,7,12. В создании раздела по социальной ответственности использованы материалы действующих нормативных документов по охране труда, стандарты ГОСТ и СанПиН.

Объект и методы исследования:

Объектом исследования в выпуской квалификационной работе является воздушная линия электропередачи напряжением 220 кВ, соединяющая подстанции Новокузнецкая и Соколовская. В работе расчитаны дистанционная, ступенчатая токовая защита нулевой последовательности, токовая отсечка, автоматическое повторое включение, произведены анализы экономической эффективности и вопросы социальной ответственности.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Экономическая эффективность спроектированных релейных защит и автоматики воздушной линии электропередач 220 кВ Новокузнецкая-Соколовская Кузбасской энергосистемы

6.1. Капитальные вложения в проект релейной защиты и автоматики линии 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская Кузбасской энергосистемы.

- Планирование комплекса работ

Капитальные вложения в проектирование релейной защиты выбранного объекта напряжением 220 кВ складываются из стоимости проектирования релейной защиты, из затрат на монтаж и наладку оборудования (комплектов защит) и из стоимости самого оборудования:

$$К = К_{проект} + К_{оборуд} + К_{монтаж};$$

$К_{проект}$ - затраты на выполнение проекта;

$К_{оборуд}$ - стоимость комплектов защит;

$К_{монтаж}$ - затраты на монтаж и наладку оборудования.

Проектирование средств релейной защиты и автоматики включает в себя несколько этапов. Следует отметить, что для вычисления электрических величин, необходимых для определения уставок и проверки чувствительности устройств релейной защиты используется комплекс промышленных программ «АРМ СРЗА».

Для организации проекта применяются различные методы экономического планирования с целью более эффективного использования времени и рабочей силы, снижения трудозатрат. Планирование проекта заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи, определении участников каждой работы, установлении продолжительности в рабочих днях, построения линейного или сетевого графика и его оптимизации. [9]

- Поэтапное распределение проекта

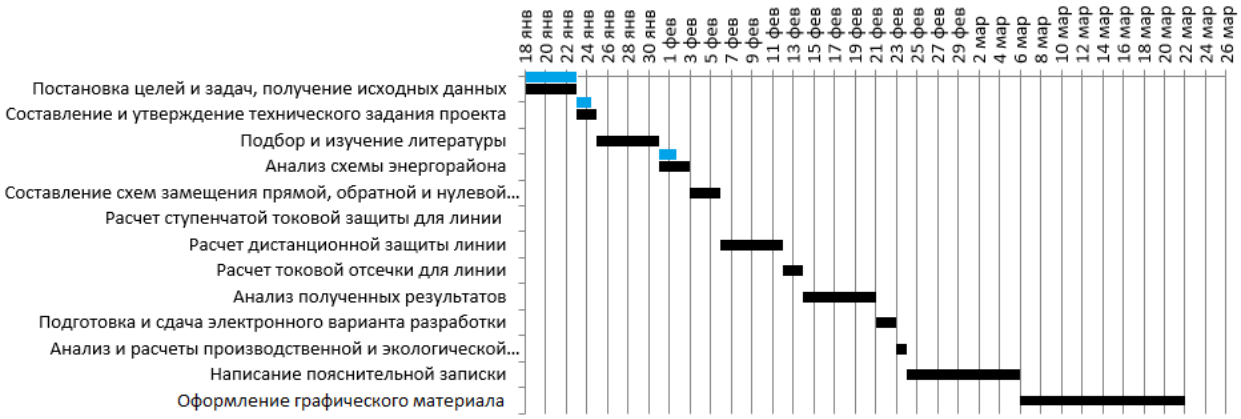
Для проектирования были задействованы исполнители: научный руководитель проекта (НР) – доцент 15 разряда (15 р.) кафедры «Электроэнергетические системы (ЭЭС)»; инженер (И) 9 разряда (9 р.).

Для участников проекта необходимо определить их загрузку. Загрузка исполнителей - это операция, при которой происходит определение нужного количества исполнителей и объема их загрузки в зависимости от количества выполненных работ. Доля загрузки научного руководителя не более 10% от времени, затраченного инженером на проектирование.

В таблице 4 приведен перечень, длительность, исполнители и загрузка основных этапов и работ, имеющих место при проектировании РЗА участка сети.

Таблица 4. Комплекс работ по разработке проекта

№ раб.	Перечень работ	Исполнители	Продолжительность работ, дней	Загрузка дни
Подготовительный этап				
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Инженер Руководитель	2	2 2
2	Составление и утверждение технического задания проекта	Инженер Руководитель	3	3 2
3	Подбор и изучение литературы	Инженер	10	8
Исследование и анализ предметной области				
4	Анализ схемы энергорайона	Инженер Руководитель	4	4 2
5	Составление схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей. Введение в базу данных АРМ СРЗА информации о заданном объекте	Инженер Руководитель	5	5 -
Расчет релейной защиты в комплексе АРМ СРЗА				
6	Расчет ступенчатой токовой защиты для линии	Инженер	8	8
7	Расчет дистанционной защиты линии	Инженер	6	6
8	Расчет токовой отсечки для линии	Инженер	5	5
Оформление документации и подготовка к сдаче проекта				
10	Анализ полученных результатов	Инженер	6	6
11	Подготовка и сдача электронного варианта разработки	Инженер	10	10
12	Анализ и расчеты производственной и экологической безопасности, технико-экономического обоснования проекта	Инженер	15	17
13	Написание пояснительной записки	Инженер	11	11
14	Оформление графического материала	Инженер	5	5
	Итого	Инженер Руководитель	90 6	


18 янв
20 янв
22 янв
24 янв
26 янв
28 янв
30 янв
1 фев
3 фев
5 фев
7 фев
9 фев
11 фев
13 фев
15 фев
17 фев
19 фев
21 фев
23 фев
25 фев
27 фев
2 мар
4 мар
6 мар
8 мар
10 мар
12 мар
14 мар
16 мар
18 мар
20 мар
22 мар
24 мар
26 мар
Постановка целей и задач, получение исходных данных
Составление и утверждение технического задания проекта
Подбор и изучение литературы
Анализ схемы энергорайона
Составление схем замещения прямой, обратной и нулевой...
Расчет ступенчатой токовой защиты для линии
Расчет дистанционной защиты линии
Расчет токовой отсечки для линии
Анализ полученных результатов
Подготовка и сдача электронного варианта разработки
Анализ и расчеты производственной и экологической...
Написание пояснительной записки
Оформление графического материала

- Составление сметы затрат на разработку проекта

Целью данного раздела является экономически обоснованное определение затрат на разработку проекта. В рамках данного проекта создается одна разработка, определение затрат производится путем составления сметы затрат, т.е. группировка проводится по элементам.

Затраты, образующие себестоимость разработки можно сгруппировать следующим образом:

- материальные затраты на проектирование;
- амортизация компьютерной техники;
- затраты на оплату труда;
- отчисления во внебюджетные (социальные) фонды.
- прочие расходы;
- накладные расходы;

а) материальные затраты

Данный элемент включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и, при необходимости, доставку. Материальные затраты на проектирование составляют Имз = 1000 рублей.

Таблица 6

Вид затрат	Количество	Стоимость, руб.	Полная стоимость, р.
Тетради для записей	3 шт.	20	60
Бумага для печати	1 упаковка	190	190
Флэш накопитель	1 шт.	400	400
Канцелярия	1 комплект	145	145
Электроэнергия	100 кВт	2,05 руб/кВт*ч	205

Материальные затраты на проектирование:

$$Имат = 60 + 190 + 400 + 145 + 205 = 1000 \text{ руб.}$$

б) амортизация компьютерной техники

Амортизация – это отчисленный в денежном выражении износ основных средств в процессе их применения, производственного использования. Данный

элемент *о*тражает сумму амортизационных издержек на полное восстановление основных средств, используемых при реализации проекта (компьютерной техники).

Основное средство (компьютерная техника и мебель - компьютер – 2 шт., принтер-1 шт., стол – 2 шт., стул – 2 шт.) первоначальной стоимостью 28000 рублей. Срок полезного использования 5 лет. Время работы за компьютером 45 дней. Таким образом, амортизация за весь период проектирования:

Таблица 13.4

Наименование	Количество, шт	Стоимость, руб.	Срок службы, год	Норма амортизации	Отчисление за год, руб.	Отчисление за период проектирования (3 мес), руб.
Компьютер	2	5000	3	33,3%	3330	832,5
Компьютерный стол	2	2000	5	20%	800	200
Стул	2	500	2	50%	500	125
Принтер	1	1000	3	33,3%	1165,5	83,25
ΣИам						1240,75

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$И_{АМ} = \frac{C_{перв} \cdot n}{365 \cdot t},$$

где $C_{перв}$ – первоначальная стоимость объекта;

n – время работы за компьютером.

t – срок полезного использования объекта (срок службы).

Таким образом:

$$И_{АМ} = \frac{C_{перв} \cdot n}{365 \cdot t} = 1240,75 \text{рублей.}$$

в) затраты на оплату труда

Расчёт заработной платы (ЗП) выполняется на основе месячного оклада, коэффициента отпускных, надбавки и районного коэффициента исполнителя. Для

участников проекта предусмотрен только районный коэффициент, который для г. Томска составляет 30%. Издержки на оплату труда:

$$И_{ЗП} = (ЗП_{о} + Д) \cdot К_1 \cdot К_2,$$

где: $ЗП_{о}$ – месячный оклад исполнителя (для инженера 16700 + 2000 руб. надбавка , для руководителя (доцента) 23265 руб. а также надбавка 2200 руб. к окладу руководителя);

$К_1$ - коэффициент учитывающий отпуск, принимается равным 1,1;

Д - надбавка, денежная выплата сверх заработной платы (2200 руб., для доцента);

$К_2$ - районный коэффициент, принимается равным 1,3;

Фактическая заработная плата рассчитывается следующим образом:

$$И^{Ф}_{ЗП} = \frac{И_{ЗП}}{n_1} \cdot n_2,$$

где: $И_{ЗП}$ – заработная плата за месяц;

n_1 - количество рабочих дней (21 день);

n_2 - фактическое количество отработанных дней;

Расчет заработной платы с учетом трудоемкости приведен в таблице 5.

Таблица 5. Затраты на заработную плату

Исполнитель	Зарплата за месяц, руб.	Фактическая зарплата, руб.
Инженер	26741	114604,29
Научный руководитель	36414,95	10404,27
Итого		125008,56

Таким образом, затраты на оплату труда для 2-х участников проектирования за весь период составляют $И^{Ф}_{ЗП}$ = 125008,56 рублей.

г) Отчисления в социальные (внебюджетные) фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя отчисления в различные фонды (пенсионный, обязательного медицинского страхования и др.), которые составляют 30 % от суммы заработной платы (ЗП).

$$И_{СО} = 0,3 \cdot И_{ЗП}^{Ф} = 0,3 \cdot 125008,56 = 37502,57 \; руб.$$

д) Прочие затраты

В прочие расходы могут быть включены: расходы на пользование интернетом, размножение материалов, аренду спецоборудования, командировки, почтовые и телеграфные расходы и т.п.

Прочие расходы составляют 10% от всех предыдущих затрат на реализацию проекта и составляют:

$$И_{ПР} = И_{МЗ} + И_{АМ} + И_{ЗП}^{Ф} + И_{СО} = (1000 + 1240,75 + 125008,56 + 37502,57) \cdot 0,1 = 16475,19$$ рублей.

е) Накладные расходы

Накладные расходы составляют 200% от суммы заработной платы 2-х участников проектирования и составляют:

$$И_{НР} = И_{ЗП}^{Ф} \cdot 2 = 125008,56 \cdot 2 = 250017,1$$ рублей.

Все вышеперечисленные затраты включаются в смету, которая приведена в таблице 6.

Таблица 6. Смета затрат на разработку

Элементы затрат	Условное обозначение	Сумма руб.
Материальные затраты	$И_{МЗ}$	1000
Амортизация компьютерной техники	$И_{АМ}$	1240,75
Затраты на оплату труда	$И_{ЗП}^{Ф}$	125008,56
Социальные отчисления	$И_{СО}$	37502,57
Прочие затраты	$И_{ПР}$	16475,19
Накладные расходы	$И_{НР}$	250017,1
Итого:		207077,06

Таким образом, затраты на реализацию проекта составили Кпр=207077,06 рублей. Прибыль проекта составит 20%

$П = 207077,06 \cdot 0,2 = 41415,41$

Договорная цена проекта определяется с учетом коэффициента нормативной рентабельности разработчик $К_{пр}^{Н}$=1,2

Тогда договорная цена составит:

$Ц_{дог} = 207077,06 + 207077,06 \cdot 0,2 = 248492,47$

Капиталовложения в основные средства.

Стоимость проектирования, оборудования, установки и наладки средств РЗ:

$К = К_{пр} + К_{об} + К_{ун} = 207077,06 + 1300000 + 260000 = 1767077$ руб.,

где $К_{пр}$=234,095 тыс. руб. – стоимость проектирования;

$К_{об}$ – стоимость релейной защиты (шкаф ШЭ2607 011 – 2 комплекта защит: основная защита и резервная, 2*650 тыс. руб. Итого: 1300 тыс. руб.);

Монтаж, наладка оборудования составляет 15-20% от стоимости оборудования.

$К_{у.н.}$=0,2*Коб=260 тыс. руб. – стоимость установки и наладки комплектов защиты.

6.2 Оценка экономической эффективности спроектированных средств РЗ. Релейная защита линии 220 кВ Новокузнецкая - Соколовская

Экономическая эффективность релейной защиты на определяется предотвращённым ущербом вследствие внедрения средств РЗА

Сведем в таблицу перечень оборудования и его стоимость. Проведем расчет стоимости оборудования.

Таблица 7. Оборудование и стоимость РЗА.

Наименование	Количество	Цена за шт., тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
Шкаф микропроцессорный ЭКРА ШЭ2607 021	2	300	600
Трансформаторы	6	100	600

тока ТФЗМ 220Б-600/5			
Провода управления и сигнализации			100
Итог			1300 т. р.

:

$$Э = У - У^{РЗА}$$

где У – экономический ущерб до внедрения средств РЗА; $У^{РЗА}$ – экономический ущерб после внедрения РЗА.

Ущерб при отсутствии на объекте РЗА складывается из ущерба вследствие разрушительного действия токов КЗ ($У_{кз}$) (разрушение может заключаться в физическом ущербе и режимном разрушении, вследствие снижения напряжения прямой последовательности), ущерба от небаланса активной мощности в узлах, объединенных автоматизируемым элементом ($У_{нб}$) и ущерба от прекращения перетоков ($У_{п}$):

$$У = У_{кз} + У_{нб} + У_{п}$$

Ущерб от действия КЗ при наличии на объекте РЗА, складывается из ущербов вследствие отказов срабатывания, излишних и ложных срабатываний РЗ, а также расчетные затраты на установку и содержание устройств РЗА:

$$У^{РЗА} = У^{РЗА}_{ОС} + У^{РЗА}_{ИС} + У^{РЗА}_{ЛС} + С^{РЗА}.$$

В итоге имеем:

$$Э = У_{КЗ} + У_{НБ} + У_{П} - У^{РЗА}_{ИС} - У^{РЗА}_{ЛС} - У^{РЗА}_{ОС} - И_{РЗА}.$$

6.2.1 Ущерб при отсутствии на объекте РЗА

1) ущерб, обусловленный разрушительным действием КЗ на линии

$$У_{КЗ} = Ц_{КЗ} \cdot \omega^{о}_{л} \cdot t_{р} \cdot q_{л},$$

где $Ц_{КЗ}$ - цена восстановления линии после аварийного разрушения вследствие протекания тока КЗ, может быть оценена как стоимость сооружения одного пролета линии, $Ц_{КЗ}$ = 200 тыс. руб.;

$\omega^{o}_{л}$ - параметр потока КЗ на линии, принимается равным параметру потока повреждения линии, который находится как произведение удельной величины данного потока на 100 км линии данного класса напряжения $\omega^{o}_{и}$ на длину линии «Новокузнецкая - Сокловская» l=57,6 км, т.е.

$\omega^{o}_{л} = \omega^{o}_{и} \cdot l/100 = 1 \cdot 57,6/100 = 0,576$ 1/год;

где $\omega^{o}_{и}$ - параметр потока повреждений 100 км линии, равен 1,00;

$t_р$ - расчетный срок = 1 год;

$q_л$ - вероятность включенного состояния линии (отсутствия планового ремонта), на рассматриваемой линии:

$q_л = 1 - p^{п}_{л} = 1 - \omega^{п}_{л} \cdot m(T^{П})_л$,

где $p^{п}_{л}$ и $m(T^{П})_л$ – вероятность и средняя продолжительность планового ремонта линии; $\omega^{п}_{л}$- параметр потока вывода линии в плановый ремонт.

Показатели $\omega^{п}_{л}$ и $m(T^{П})_л$ вычисляются через параметры потока и средние продолжительности соответственно текущего $\omega^{пт}_{л}$, $m(T^{ПТ})_л$ и капитального $\omega^{пк}_{л}$, $m(T^{ПК})_л$ ремонтов:

$\omega^{п}_{л} = \omega^{пт}_{л} = 1$,

$m(T^{П})_л = [\omega^{пк}_{л} \cdot m(T^{ПК})_л + (\omega^{пт}_{л} - \omega^{пк}_{л}) \cdot m(T^{ПТ})_л] / \omega^{п}_{л}$,

$\omega^{пк}_{л,} = 0,18$ 1/год,

$m(T^{ПТ})_л = 3,4 \cdot 10^{-3}$ год, $m(T^{ПК})_л = 37 \cdot 10^{-3}$ год,

$m(T^{П})_л = \frac{0,18 \cdot 37 \cdot 10^{-3} + (1 - 0,18) \cdot 3,4 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,00944$ год,

$q_л = 1 - p^{п}_{л} = 1 - \omega^{п}_{л} \cdot m(T^{П})_л = 0,99056$.

Ущерб, обусловленный разрушительным действием КЗ на линии:

$У_{КЗ} = Ц_{КЗ} \cdot \omega^{o}_{л} \cdot t_р \cdot q_л = 114,11$ тыс. руб.

2) ущерб, от небаланса активной мощности

$У_{НБ} = q_л \cdot \omega^{o}_{л} \cdot (p_1 Ц_1 + p_2 Ц_2) \cdot t_р$,

$У_{НБ} = 3,971$ тыс. руб.

3) ущерб от прекращения перетока активной мощности по защищаемому элементу

$У_П = q_л \cdot a \cdot m(N_{ijk}) \cdot m(T^O)$

$У_П$ =728,9 тыс. руб.

Сведем результаты расчетов в таблицу 7:

Таблица 7. Составляющие базового ущерба

Составляющая	Величина, тыс. руб.
$У_{КЗ}$	114,11
$У_{НБ}$	728,9
$У_П$	3,1

6.2.2 Ущерб при установке на линии современных моделей защит

1) Ущерб, обусловленный отказами срабатывания РЗ:

$$У_{ос}^{рз} = (q^п q_р^п p p_р + p^п q_р^п p_р + q^п p_р^п p) \cdot (У_{кз} + У_{нб})$$

$У_{ос}^{рз} = 21 \cdot 10^{-12}$ тыс. руб.

2) ущерб, вследствие излишних срабатываний:

$$У_и^{рз} = \left[q^п q_р^п q q_р \left(\omega_и + \omega_{ри} \right) + \left(q^п q_р^п p + q_р^п p^п \right) q_р \omega_{ри} + \left(q^п q_р^п p_р + q^п p_р^п \right) q \omega_и \right] У_п t_р$$

$У_и^{рз} = 0,0775$ тыс. руб.

3) ущерб, вследствие ложных срабатываний:

$$У_л^{рз} = \left[q^п q_р^п q q_р \left(\omega_л + \omega_{рл} \right) + \left(q^п q_р^п p + q_р^п p^п \right) q_р \omega_{рл} + \left(q^п q_р^п p_р + q^п p_р^п \right) q \omega_л \right] У_п t_р$$

$У_л^{рз} = 0,0992$ тыс. у.д.е.

Таблица 8. Составляющие ущерба после внедрения РЗА

Составляющая	Величина, тыс. руб.
$У_{ос}^{рз}$	$21 \cdot 10^{-12}$
$У_{и}^{рз}$	0,0775
$У_{л}^{рз}$	0,0992

6.2.3 Затраты на внедрение и содержание устройств РЗ

Стоимость проектирования, оборудования, установки и наладки средств РЗ:

$$К_{вл} = К_{пр} + К_{об} + К_{ун} = 207077,06 + 1300000 + 260000 = 1767077 \text{ руб.},$$

где $К_{пр}$=234,095 тыс. руб. – стоимость проектирования;

$К_{об}$ – стоимость релейной защиты (шкаф ШЭ2607 011 – 2 комплекта защит: основная защита и резервная, 2*650 тыс. руб. Итого: 1300 тыс. руб.);

Монтаж, наладка оборудования составляет 15-20% от стоимости оборудования.

$К_{у.н.}$=0,2*Коб=260 тыс. руб. – стоимость установки и наладки комплектов защиты.

Расчетные затраты на внедрение и содержание устройства РЗА:

И – эксплуатационные издержки,

$И = А \cdot К_{влож} = 0,02 \cdot 1767077 = 35341,54$ тыс. руб.

А = 0,02 - коэффициент эксплуатационных издержек,

$К_{вл}$ = 1767077 руб - стоимость установки и наладки основного и резервного комплектов защиты ВЛ-220 кВ;

$И_{рза} = И_{ам} + И_{обсл} = (Н_а + Н_{обсл})*К = (0,05+0,02)*1767077 = 123695,39$р

Где $И_{ам} = Н_а*К$, $И_{обсл} = Н_{обсл}*К$

$Н_{ам}$=0,05 – коэффициент амортизации,

$Н_{обсл}$ = 0,02 - коэффициент эксплуатационных издержек,

$К_{вл}$ = 1767077 руб - стоимость установки и наладки основного и резервного комплектов защиты ВЛ-220 кВ;

$И_{рза}$ – эксплуатационные издержки,

В итоге имеем экономический эффект для комплектов защиты фирмы Экра:

$У = У_{КЗ} + У_{НБ} + У_П = 114,11+728,9+3,1 = 846,11$ тыс.руб.

$У_Н^{РЗА} = У_{ос}^{рз} + У_И^{РЗА} + У_Л^{РЗА} = 0 + 0,0775 + 0,0992 = 0,1767$ тыс.руб.

$Э = У - У_Н^{РЗА} - И_{рза} = 846,11 - 212,18 - 123,695 = 510,235$ тыс.руб.

6.2.4. Определение чистого дисконтированного дохода и срока окупаемости

Показателями экономической эффективности проекта являются чистый дисконтированный доход, индекс доходности, окупаемость инвестиций и внутренняя норма доходности. Произведем расчет указанных параметров.

Чистый дисконтированный доход.

$$ЧДД = \sum_{t=0}^{T} (R_t - З_t) \frac{1}{(1+Е)^t},$$

где R_t – результаты, достигнутые на *t*-ом шаге расчета (шаг расчета – 1 год);

$З_t$ – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения;

Т – горизонт расчета, равен сроку службы основного оборудования (10 лет);

Е – норма дисконта (12%).

Доход за год:

$$\frac{Э * 0{,}8}{Т} + Иам$$

- где 0,8 это коэффициент, учитывающий налог на прибыль, а Иам – амортизационные отчисления за год.

Коэффициент дисконта:

$$Кдиск = (1 - Е)^{1-t}$$

Таблица 9. Определение ЧДД.

Доход за год	Вложения	Год	Кдиск	ДД, тыс. руб.	Нарастание ДД, тыс. руб.	ЧДД
0	1767	1	1	0	0	-1767,00
510,23	0	2	0,89	455,56	455,56	455,56
510,23	0	3	0,80	406,75	862,31	406,75
510,23	0	4	0,71	363,17	1225,49	363,17
510,23	0	5	0,64	324,26	1549,75	324,26
510,23	0	6	0,57	289,52	1839,26	289,52
510,23	0	7	0,51	258,50	2097,76	258,50
510,23	0	8	0,45	230,80	2328,57	230,80
510,23	0	9	0,40	206,07	2534,64	206,07
510,23	0	10	0,36	183,99	2718,63	183,99
510,23	0	11	0,32	164,28	2882,91	164,28
510,23	0	12	0,29	146,68	3029,59	146,68
				3029,59		1262,59

Индекс доходности:

$$ИД = \frac{3029{,}59}{1767} = 1{,}71$$

Так как индекс доходности больше единицы, то проект удовлетворителен и не отвергается.

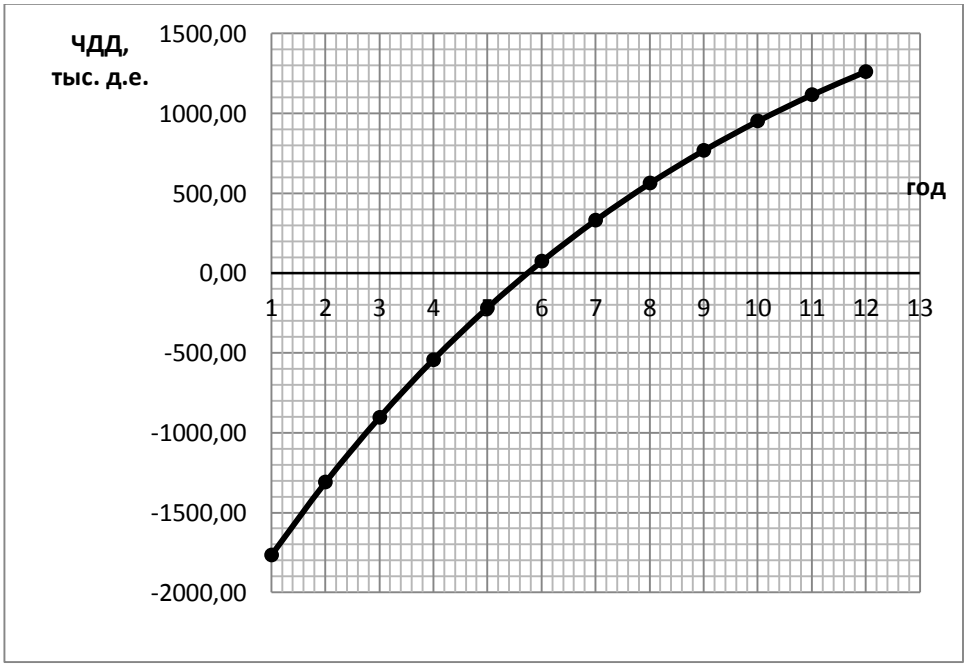
Срок окупаемости Ток определим из графика ЧДД.

$$\text{ЧДД}(\text{график}) = -8780 + \text{ЧДД}(t)$$

Таблица 10. Построение графика ЧДД.

ЧДД, тыс. руб.	t, год
-1767,00	1
-1311,44	2
-904,69	3
-541,51	4
-217,25	5
72,26	6
330,76	7
561,57	8
767,64	9
951,63	10
1115,91	11
1262,59	12

Рисунок 2. График ЧДД для определения срока окупаемости.



Из графика видно, что срок окупаемости составляет:

$$\text{Ток} = 5{,}7 \text{ лет}$$

Внутренняя норма доходности ВНД (*IRR*) равна ставке дисконтирования Евн, при которой чистый дисконтированный доход (ЧДД) проекта равен нулю. Внутренняя норма доходности $E_{вн}$ рассчитывается по формуле для рассчитанных ЧДД при двух дисконтных ставках, при которых ЧДД положителен (E_1) и отрицателен (E_2):

$$E_{вн} = E_1 + \frac{ЧДД_1}{ЧДД_1 - (-ЧДД_2)} \cdot (E_2 - E_1).$$

Для определения ВНД примем норму дисконта Е=55%.

Таблица 12. Данные для расчета ВНД.

Кдиск	ДД, тыс. руб.	Нарастание ДД, тыс. руб.	ЧДД, тыс. руб.
1,00	0	0	-1767,00
0,65	329,18	329,18	329,18
0,42	212,37	541,56	212,37
0,27	137,02	678,57	137,02
0,17	88,40	766,97	88,40
0,11	57,03	824,00	57,03
0,07	36,79	860,79	36,79
0,05	23,74	884,53	23,74
0,03	15,31	899,85	15,31
0,02	9,88	909,73	9,88
0,01	6,37	916,10	6,37
0,01	4,11	920,21	4,11
Итого	920,21		-846,79

$$\text{ВНД} = 34\%$$

Вывод по главе.

Проведено сравнение технического уровня выбранного микропроцессорного блок-реле защит с аналогом и правильность выбора REF-615 подтверждена показателем конкурентоспособности. Произведен расчет капитальных вложение в производство проекта и его реализацию. Определена экономическая эффективность проекта, составившая 75%. Произведен расчет показателей экономической эффективности ЧДД, ИД, ВНД. Срок окупаемости проекта составляет 5,7 лет