



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Специализация Электрические станции

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование релейной защиты линии 220 кВ ПС Княжево - ПС Заводоуковск Тюменской энергосистемы

УДК 621.316.925.1:621.315.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A8A	Клембовский Дмитрий Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Уфа Руслан Александрович			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доктор экономических наук	Гасанов Магеррам Али оглы	Профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
ОПК(У)-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
ОПК(У)-4	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин
ОПК(У)-5	Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности
ОПК(У)-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции	
ПК(У) -1.	Способен проводить сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности (ПД)
ПК(У) -2.	Способен составить конкурентно-способные варианты технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности
ПК(У) -3.	Способен проводить проектирование в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов
ПК(У) - 4.	Способен контролировать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт по имеющейся технической документации
ПК(У) - 5.	Способен осваивать вводимые в эксплуатацию объекты профессиональной деятельности по имеющейся технической документации



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехникиСпециализация Электрические станции

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

В.В. Шестакова

«___» _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A8A	Клембовский Дмитрий Евгеньевич

Тема работы:

Проектирование релейной защиты линии 220 кВ ПС Княжево - ПС Заводоуковск
Тюменской энергосистемы

Утверждена приказом директора (дата, номер)

27.01.2023.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

16.06.2023

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.).

1. Параметры защищаемого объекта
2. Параметры прилегающей периферии

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).

Выбор и расчет релейной защиты линии 220 кВ ПС Княжево - ПС Заводоуковск Тюменской энергосистемы и проверка чувствительности защит.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1.Схема подключения токовых цепей для линий без реакторов ШЭ 2607 011 2.Схема района энергосистемы для проектирования РЗиА 3.Характеристики срабатывания реле сопротивления ДЗ
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	27.01.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Уфа Руслан Александрович	к.т.н., доцент		27.01.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А8А	Клембовский Дмитрий Евгеньевич		27.01.2023

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту

Группа	ФИО		
3-5A8A	Клембовский Дмитрий Евгеньевич		
Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: -определение трудоемкости работ; -определение структуры работ; -разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - амортизационные отчисления -заработная плата; - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Диаграмма Гантта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доктор экономических наук	Гасанов Магеррам Али оглы	Профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A8A	Клембовский Дмитрий Евгеньевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
3-5A8A		Клембовскому Дмитрию Евгеньевичу	
Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Проектирование релейной защиты линии 220 кВ ПС Княжево – ПС Заводоуковск Тюменской энергосистемы

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения

Объект исследования: проектирование релейной защиты в программном комплексе АРМ СРЗА
Область применения электроэнергетика
Рабочая зона: лаборатория ТПУ.
Размеры помещения 35 м²
Количество и наименование оборудования рабочей зоны ПЭВМ – 5 шт., источник питания, стенд
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: выполнение опытов в специализированных программах, с помощью которых происходит анализ изучаемого объекта

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. От 19.12.2022)
 - ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;

2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:

- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

Анализ выявленных вредных факторов:
 – Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения
 – Отклонение показателей микроклимата;
 – Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума
 - Повышенный уровень электромагнитного излучения
 - Перенапряжение зрительных анализаторов

Анализ выявленных опасных факторов:
 – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:
 – Средства защиты от поражения электрическим током: предохранительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, устройства автоматического отключения.
 – Средства нормализации освещения рабочего места: осветительные приборы, источники света;
 – Средства нормализации воздушной среды рабочего места: устройства для кондиционирования воздуха, отопления;

	– Средства защиты от повышенных или пониженных температур воздуха, температурных перепадов: устройства для обогрева и охлаждения.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	<i>Воздействие на литосферу: образование отходов при выходе из строя ПК. Воздействие объекта на селитебную зону, атмосферу и гидросферу не происходит</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Природного характера – землетрясение; Техногенного характера – пожар (возгорание). Наиболее типичная ЧС: пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А8А	Клембовский Дмитрий Евгеньевич		



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: бакалавр

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2022 /2023 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

16.06.2023

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.23	Описание района энергосистемы	20
21.03.23	Выбор измерительных трансформаторов	10
11.04.23	Расчет дистанционной защиты	10
04.05.23	Расчет ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности	20
26.05.23	Расчет максимально токовой отсечки	20
05.05.23	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
30.05.23	Социальная ответственность	10
		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Уфа Руслан Александрович	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 89 с., 21 рис., 22 табл., 18 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: АРМ СРЗА, релейная защита, уставки, микропроцессорный терминал, ступень защиты, чувствительность, линия.

Объектом исследования является проектирование релейная защита линии 220 кВ ПС «Княжево» - «Заводоуковск» Тюменской энергосистемы.

Цель работы – Проектирование релейной защиты элементов подстанции Княжево – Заводоуковск Тюменская энергосистема.

В процессе исследования определялась роль защищаемого объекта в энергосистеме, проводились анализ защищаемого объекта, выбор и обоснование устройств релейной защиты, выбор измерительных трансформаторов и аппаратной реализации релейной защиты линии электропередачи, расчет уставок и чувствительности релейной защиты линии электропередачи.

В результате исследования выбраны и обоснованы устройства релейной защиты, аппаратная реализация релейной защиты линии электропередачи, рассчитаны уставки и чувствительности релейной защиты линии электропередачи.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

1) технические данные и характеристики шкафа ШЭ2607- 011

предназначен для основной и резервной защиты линии электропередачи напряжением 110–220 кВ. Который содержит комплект защит (дистанционная защиты, токовую отсечку, токовую защиту нулевой последовательности, автоматическое повторное включения и устройство резервирования отказа выключателя).

Область применения:

1) Рассчитанные уставки шкафа ШЭ2607- 011 могут использоваться проективными релейной линии электропередач 220 кВ ПС «Княжево» – «Заводоуковск» Тюменской энергосистемы.

Данное проектирование приведет к экономической эффективности и повысит значимость работы, надежность и бесперебойность работы линии 220 кВ ПС «Княжево» - ПС «Заводоуковск» Тюменской энергосистемы.

Данный проект будет реализован по запланированному графику и заключенным договорам работы с проектными организациями для расчета уставок.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

АПВ - автоматическое повторное включение;

АРМ СРЗА – программный комплекс для расчетов электрических величин при повреждениях сети и уставок релейной защиты;

БНН - блокировки при неисправностях в цепях переменного напряжения;

ДЗ – дистанционная защита;

КЗ – короткое замыкание;

РЗА - релейной защиты и автоматики;

ТЗНП - токовая защита нулевой последовательности;

ТН – трансформатор напряжения;

ТО – токовая отсечка;

ТТ – трансформатор тока;

УРОВ - устройство резервирования при отказе выключателя;

ЭЭС - электроэнергетические системы.

Оглавление

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	11
Введение	14
1. Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений	16
1.1. Общие сведения о релейной защите	16
1.2. Виды повреждений и ненормальных режимов работы	16
1.3. Выбор защит	19
1.4. Выбор аппаратной реализации защиты	21
1.5. Принцип действия защиты	22
1.6. Выбор измерительных трансформаторов	22
1.6.1. Выбор трансформаторов тока	25
1.6.2. Выбор трансформаторов напряжения	27
2. Расчет параметров срабатывания защит	27
2.1. Дистанционная защита	27
2.1.1. Расчет первого комплекта уставок защит I-II-III ступени.	27
2.1.2. Расчет второго комплекта уставок защит I-II-III ступени.	27
2.2. Блокировка при качаниях.	27
2.3. Блокировка при неисправностях в цепях напряжения.....	27
2.4. Расчет уставок и проверка чувствительности междуфазной токовой отсечки.....	28
2.4.1. Расчет первого комплекта уставок.....	28
2.4.2. Расчет второго комплекта уставок.....	28
2.5. Ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности	28
2.5.1. Расчет первого комплекта уставок защит I-II-III-IV ступени.	28
2.5.2. Расчет второго комплекта уставок защит I-II-III-IV ступени.....	28
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	28
3.1. Анализ конкурентоспособности технического решения	28
3.2. SWOT-анализ.	31
3.3. Планирование научно-исследовательских работ.	32
3.4. Определение трудоемкости выполнения работ.....	33
3.5. Разработка графика проведения научного исследования.	34
3.6. Расчет материальных затрат.....	37

3.8.	Основная заработная плата исполнителей темы.	38
3.9.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).	40
3.10.	Накладные расходы.....	41
3.11.	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.	41
3.12.	Ресурсоэффективность.....	42
4.	Социальная ответственность.....	43
4.1.	Правовые и организационные вопросы	43
	обеспечения безопасности.....	43
4.2.	Производственная безопасность.	46
4.2.1.	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.	46
4.2.2.	Отклонение показателей микроклимата.....	47
4.2.3.	Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения.	48
4.2.4.	Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума.	49
4.2.5.	Повышенный уровень электромагнитного излучения.	50
4.2.6.	Перенапряжение зрительных анализаторов.	51
4.2.7.	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.	52
4.3.	Экологическая безопасность.	53
4.4.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	54
	Заключение	57
	Список используемой литературы	60

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетические системы – это системы, которые состоят из электроустановок, линий электропередач, трансформаторных подстанций, генераторов электроэнергии и других элементов, используемых для передачи и распределения электроэнергии от места ее производства до места ее потребления.

Все эти компоненты работают в условиях взаимозависимости параметров процессов. Так, параметры процессов в одних элементах системы зависят от параметров процессов в других.

Используются современные компьютерные программы. Они позволяют проводить математическое моделирование электрических цепей, оценивать параметры сети и защитных элементов, а также проверять работу релейной защиты в различных режимах работы электроустановки.

При проектировании релейной защиты учитываются следующие факторы: тип и конструкция электрической сети, режим работы электроустановки, типы возможных аварий и их вероятность, точность и быстрота срабатывания релейной защиты, координация работы различных защитных элементов

Существует несколько типов релейной защиты, каждый из которых специализируется на защите от определенных видов аварий.

При проектировании релейной защиты также учитывается возможность обновления и модернизации защитных элементов, что позволяет адаптировать их к изменению характеристик электросети и внедрять новые технологии.

Существует три поколения устройств РЗА: электромеханические, микроэлектронные и микропроцессорные. Наиболее современным и перспективным является последнее поколение.

В данной статье рассматривается проектирование релейной защиты линии 220 кВ ПС «Княжево» - ПС «Заводоуковск». Для решения этой задачи использовались аналитические расчетные методы и комплекс программ для расчета электрических величин при повреждениях сети и уставок РЗА. АРМ

СРЗА - программно-вычислительный комплекс для автоматизированного расчета токов КЗ, уставок РЗА и проверки электротехнического оборудования.

1. Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений

Проектируемый объект: релейная защита линии 220 кВ ПС «Княжево» - ПС «Заводоуковск» Тюменская энергосистема. ПС Княжево и отходящие линии используются для передачи электроэнергии от Томской ТЭЦ в энергосистему через ПС «Княжево» - ПС «Завоуковск». Для формирования расчётных схем будем использовать разработанную в ПВК АРМ СРЗА схему Томской энергосистемы, фрагмент которой представлен на рис. 1.

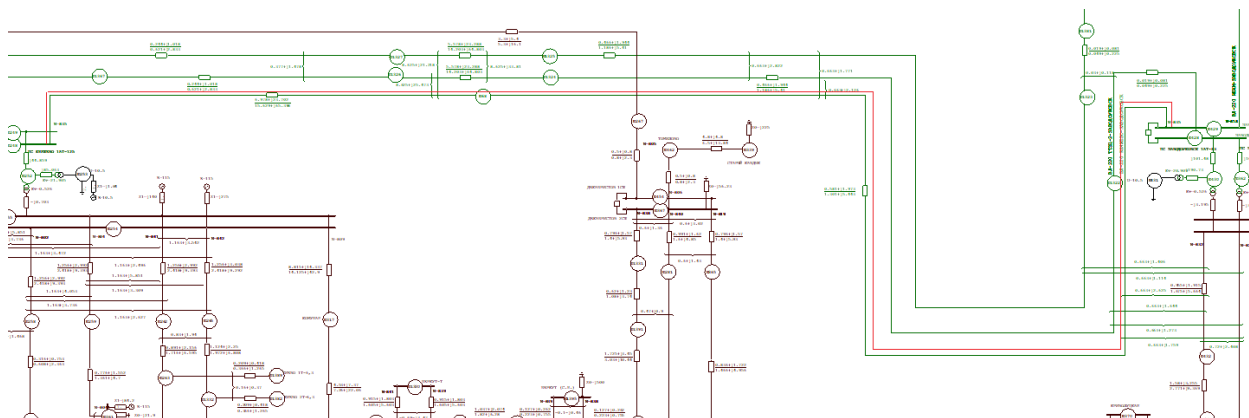


Рисунок 1. Расчетная схема в ПК «АРМ СРЗА»

1.1. Общие сведения о релейной защите

Релейная защита – это способ защиты электрооборудования от перегрузки, короткого замыкания и других аварийных событий в электрических сетях. Релейная защита работает по принципу обнаружения изменений в параметрах электросети и выдачи команд для отключения электрооборудования при обнаружении аварийных событий. Релейная защита является неотъемлемой частью систем автоматического управления и контроля электрических сетей и гарантирует безопасность и надежность работы электрооборудования. Она используется в различных отраслях промышленности, включая электроэнергетику, нефтегазовую, металлургическую, химическую и другие отрасли.

Реле представляет собой аппарат, реагирующий на изменение какой-либо физической величины, например тока, напряжения, давления, температуры. Когда отклонение этой величины оказывается выше допустимого, реле

срабатывает и его контакты, замыкаясь или размыкаясь, производят необходимые переключения с помощью подачи или отключения напряжения в цепях управления электроустановкой.

К релейной защите предъявляются следующие требования:

1. Надежность - релейная защита не должна допускать ложных срабатываний и недетектирования аварийных событий.

2. Быстродействие - релейная защита должна обнаруживать аварийные события и выдавать команды на отключение электрооборудования в кратчайшие сроки.

3. Адаптивность - релейная защита должна учитывать изменения в параметрах электросети и предоставлять оптимальные настройки для каждой ситуации.

4. Эффективность - релейная защита должна работать эффективно в широком диапазоне электрических параметров и на любых уровнях нагрузки.

5. Универсальность - релейная защита должна быть универсальной и применимой в различных типах электрооборудования и на разных уровнях напряжения.

6. Легкость использования - релейная защита должна иметь простой и удобный интерфейс для настройки и управления, а также обеспечивать возможность мониторинга и диагностики оборудования.

Реле характеризуется следующими показателями:

1. Номинальный ток - это максимальный ток, который может протекать через реле при нормальной эксплуатации. Выбор номинального тока реле должен соответствовать электрической нагрузке, которую оно должно обеспечивать.

2. Номинальное напряжение - это максимальное напряжение, которое реле может выдержать при нормальной эксплуатации. Номинальное напряжение также должно соответствовать нагрузке, которую обеспечивает реле.

3. Диапазон регулировки - это диапазон значений тока или напряжения, при которых реле может корректно работать и обеспечивать необходимую защиту.

4. Точность - это показатель, характеризующий соответствие реального значения измеряемого параметра значению, определяемому реле. Чем выше точность, тем более надежно работает реле.

5. Время срабатывания - это время, за которое реле обнаруживает изменение параметров и выдает команду на отключение оборудования. Время срабатывания должно быть как можно меньше, чтобы предотвратить возможный ущерб.

6. Время удержания - это время, в течение которого реле отключает оборудование после срабатывания. Оно должно быть достаточно длительным, чтобы предотвратить случайное включение оборудования.

7. Мощность - это максимальная мощность, которую реле может перенести при работе.

8. Надежность - это показатель, учитывающий возможность возникновения ложных срабатываний (ложная тревога) и ошибок в работе реле.

В настоящее время существует множество схемных реализаций устройств РЗ. Если раньше они производились только на электромеханических схемах, то теперь с необходимостью увеличения быстродействия, селективности и надежности, устройства РЗ изготавливают на полупроводниковых, микроэлектронных и микропроцессорных схемах. Переход на эти схемы позволяет быстрее и точно обнаружить короткие замыкания, а также незамедлительно изолировать поврежденный участок системы. Однако переход к таким схемам имеет и отрицательную сторону. Так, например, чтобы заменить все электромеханические реле в нашей стране, на, предположим, микропроцессорные не обходимо затратить очень большие деньги. С другой стороны, нельзя забывать и о настройке таких устройств, так как при расчетах микропроцессорных РЗ все поправочные коэффициенты, расчеты уставок и т.д. будут иметь другую форму. Так же возникнет необходимость в переподготовке

персонала, получения новых знаний в обращении с микропроцессором. Однако, не смотря на все тонкости и препятствия необходимо внедрять и развивать новые схемы РЗ, так как самое главное в работе реле – защита оборудования и обеспечение надежного электроснабжения потребителей.

1.2. Виды повреждений и ненормальных режимов работы

Согласно ПУЭ, для одиночных линий 220 кВ, имеющих питание с двух или более сторон (последнее — на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, от многофазных замыканий должна быть применена дистанционная защита (преимущественно трехступенчатая), используемая в качестве резервной или основной (последнее — только на линиях 110—220 кВ). В качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени. В отдельных случаях допускается использовать токовую отсечку для действия при ошибочном включении на трехфазную закоротку в месте установки защиты, когда токовая отсечка, выполненная для действия в других режимах, не удовлетворяет требованию чувствительности.

От замыканий на землю должна быть предусмотрена, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности.

1.3. Выбор защит

В настоящее время существует большое разнообразие устройств релейной защиты, выпускаемых различными компаниями. В настоящее время существует три типа устройств релейной защиты:

- Электромеханические релейные защиты - являются классическими защитными устройствами и работают на основе действия электромагнитных полей.
- Электронные релейные защиты - отличаются тем, что они работают на основе электронных компонентов.

- Цифровые релейные защиты - являются наиболее современным типом релейных защит. Они работают на основе устройств программно-аппаратного комплекса и имеют высокую точность и быстродействие. Они также могут быть настроены для работы с различными типами сетей и обладают функциями мониторинга и диагностики.

Следует сравнить основные преимущества и недостатки этих видов релейной защиты:

- защита на электромеханических реле:

Преимущества защиты на электромеханических реле:

1. Простота и надежность - электромеханические реле очень просты в использовании и защищают от перегрузки и КЗ надежно.

2. Низкая стоимость - стоимость установки защиты на электромеханических реле сравнительно невысока, что делает ее доступной для большинства предприятий.

3. Широкое распространение - защита на электромеханических реле является стандартным методом защиты электрических систем, поэтому она широко используется во многих отраслях промышленности.

Однако у защиты на электромеханических реле есть и недостатки:

1. Ограниченность возможностей - защита на электромеханических реле не обеспечивает возможности удаленного контроля и управления, что снижает эффективность и удобство ее использования.

2. Необходимость ручного восстановления - после срабатывания реле требуется ручное восстановление, что может занять время и привести к простоям в работе электрооборудования.

3. Недостаточная точность - точность реле может быть не такой высокой, как у других методов защиты, что может привести к недостоверным срабатываниям или ложным сигналам.

- микроэлектронная защита:

Преимущества микроэлектронной защиты:

Высокая надежность - благодаря использованию современной электроники. Оперативность - системы микроэлектронной защиты могут очень быстро реагировать на аварийные ситуации. Гибкость - микроэлектронная защита может настраиваться и адаптироваться для конкретных потребностей и условий. Удобство управления - микроэлектронная защита может быть управляема и контролируема удаленно.

Недостатки микроэлектронной защиты:

Более высокая стоимость - из-за использования новых технологий. Сложность установки и эксплуатации - микроэлектронная защита требует технической грамотности при установке и настройке.

- микропроцессорная защита:

Преимущества микропроцессорной защиты:

1. Высокая точность - микропроцессорная защита обеспечивает высокую точность в измерении и анализе параметров электрической сети, что делает ее более надежной и эффективной.

2. Быстродействие - микропроцессорная защита может быстро реагировать на аварийные ситуации и принимать решения о предотвращении негативных последствий.

3. Интеграция с другими системами - микропроцессорная защита может интегрироваться с другими системами управления и контроля электрических сетей, что обеспечивает единый контроль и управление.

4. Гибкость - микропроцессорная защита может быть легко настроена и адаптирована для конкретных нужд и условий.

5. Удобство управления - микропроцессорная защита может быть управляема и контролируема.

1.4. Выбор аппаратной реализации защиты

Устройством РЗА для линий 220 кВ микропроцессорного типа является шкаф защит ШЭ 2607-011. Шкаф дистанционной и токовой защиты типа ШЭ 2607-011 предназначен для использования в качестве основной или резервной защиты ЛЭП 110-220 кВ с двусторонним питанием.

Шкаф ШЭ 2607-011 содержит основной комплект защит, в который входят:

1) дистанционная защита, предназначенная для действия при всех видах многофазных КЗ. Содержит три ступени, каждая из которых выполняется с помощью трех дистанционных измерительных органов, устройство блокировки при неисправностях в цепях напряжения и органы выдержки времени, обеспечивающие требуемое замедление ступеней;

2) четырехступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности, предназначенная для действия при КЗ на землю. Защита содержит по одному измерительному органу тока в первой, второй и третьей ступенях, два измерительных органа тока в четвертой ступени, орган направления мощности двустороннего действия, выполненный в виде двух реле, и органы выдержки времени, обеспечивающие требуемое замедление ступеней;

3) токовая отсечка от многофазных замыканий в двух релейном исполнении;

4) устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ);

5) автоматику повторного включения (АПВ);

6) автоматику управления выключателем (АУВ);

7) автоматику разгрузки при перегрузке по току (АРПТ).

Кроме функций защиты и автоматики, программное обеспечение терминалов обеспечивает:

1) регистрацию дискретных и аналоговых событий;

2) осциллографирование токов, напряжений и дискретных сигналов;

3) определение расстояния до места повреждения (ОМП);

4) непрерывную проверку функционирования и самодиагностику.

1.5. Принцип действия защиты

1) Дистанционная защита

Первая ступень дистанционной защиты имеет возможность быстро и точно определить место нахождения аварии на линии. Она срабатывает при

возникновении короткого замыкания или других критических нагрузок на линии и определяет место аварии.

Например, если защищаемым объектом является линия, изображенная на рисунке 1.

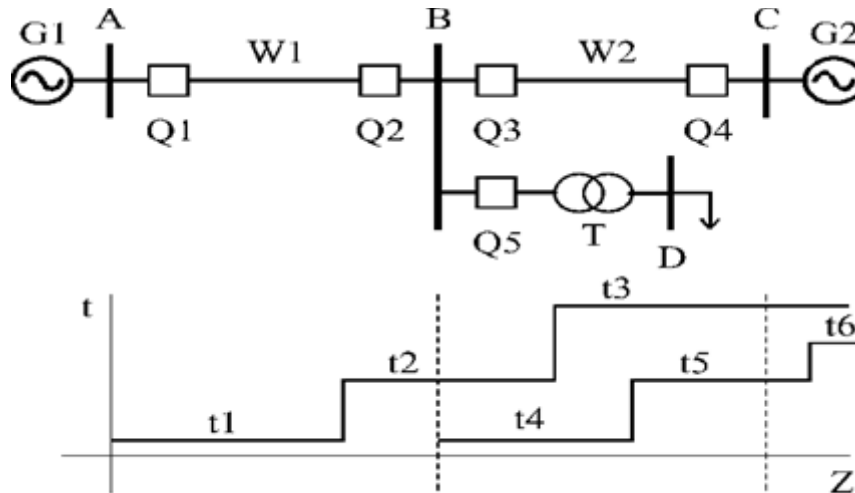


Рисунок 1. Зоны действия дистанционной защиты.

Вторая ступень дистанционной защиты выполняет функцию подтверждения наличия аварии на месте, определенном первой ступенью. Она обеспечивает уточнение места нахождения аварии в зависимости от времени реакции релейного устройства.

Третья ступень включается в работу в том случае, если авария не была устранена первыми двумя ступенями и находится на линии вне зоны их действия. Она работает на принятом месте приема в целях уточнения места аварии.

2) Междупазная токовая защита

Максимальная токовая отсечка (МТО) — это система контроля тока, которая используется для обнаружения и автоматического отключения электроустановок при превышении максимально допустимого значения тока. МТО обычно используется для защиты главных подстанций, которые являются ключевыми узлами в системе электропередачи.

Система МТО представляет собой набор защитных реле, которые устанавливаются на каждой секции электропередачи. Защитные реле

непрерывно мониторят ток на линии и при его превышении автоматически отключают электроустановку. Для реализации этой функции защитные реле получают данные о максимальном значении тока, которое может протекать по данной электроустановке, и при превышении этого значения генерируют сигнал для автоматического отключения.

В качестве примера рассмотрим участок сети, состоящий из двух линий с односторонним питанием, представленный на рисунке 2.

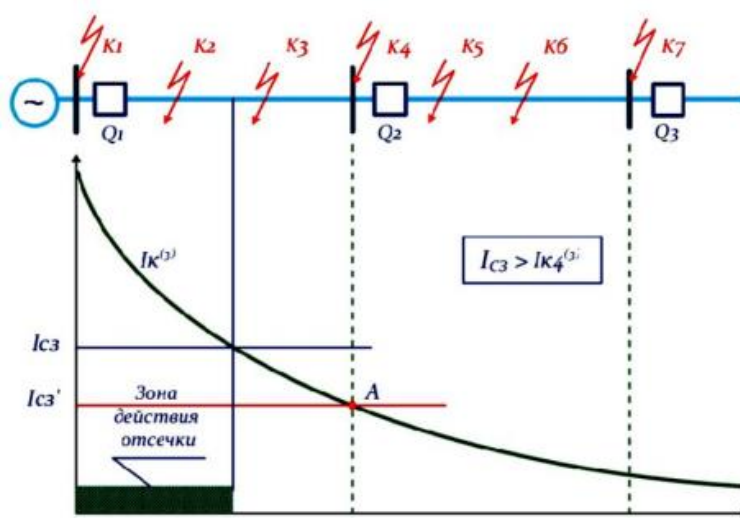


Рисунок 2 Принцип действия токовой отсечки на линии.

На этом же рисунке кривая показывает изменение тока трехфазного короткого замыкания в зависимости от расстояния до точки короткого замыкания.

3) Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТЗНП).

Токовая направленная защита нулевой последовательности — это система токовой защиты, которая используется для обнаружения и автоматического отключения электроустановок при возникновении замыканий на заземление. Она работает на основе определения направления потока тока нулевой последовательности и сравнения его с установленным пороговым значением.

Для реализации этой системы на каждой станции устанавливаются токовые трансформаторы, которые контролируют токи нулевой последовательности на линии электропередачи. Защитное реле сравнивает

полученные данные с установленным пороговым значением и при превышении автоматически отключает электроустановку.

Работа системы более сложна, чем у других систем дистанционной защиты, так как ток нулевой последовательности имеет два вектора направления: от заземления к фазам и от фаз к заземлению. При нормальной работе электроустановки токи последовательности на всех фазах должны быть равны, но, если появится замыкание на заземление, ток нулевой последовательности на заземленной фазе увеличится, и защитное реле это обнаружит.

Таким образом, токовая направленная защита нулевой последовательности является надежным средством обеспечения безопасности работы электрических установок в случае замыкания на землю. Она позволяет быстро обнаружить аварию и автоматически отключить электроустановку, что способствует сохранности персонала и оборудования.

1.6. Выбор измерительных трансформаторов

1.6.1. Выбор трансформаторов тока

Трансформатор тока (ТТ) предназначен для преобразования первичного тока до вторичного значения, наиболее удобных для измерительных приборов и реле (1 и 5А), для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

ТТ состоит из проводящей обмотки, которая устанавливается внутри обмотки высокого напряжения (обычно в силовых трансформаторах и высоковольтных выключателях) и измерительной обмотки, соединенной с приборами для измерения тока. Обмотки ТТ разделены магнитно-изолирующим экраном, который обеспечивает электромагнитную изоляцию обмоток от силовой цепи.

Использование ТТ в электрических сетях играет важную роль при выполнении измерений тока. Они также используются в релейной защите электрических устройств для определения текущего состояния электрической

сети и автоматического отключения оборудования в случае аварийных ситуаций.

ТТ имеют номинальные значения тока, которые определяют их мощность и точность измерения. Номинальные значения тока ИТТ могут варьироваться от нескольких ампер до нескольких тысяч ампер, в зависимости от применения.

Выбор измерительного трансформатора тока ТТ зависит от нескольких факторов, включая электрические параметры и характеристики сети, а также требования к точности измерений.

1. Электрические параметры и характеристики сети:

- Номинальный ток: необходимо выбрать ТТ, которой может измерять токовые значения, соответствующие номинальному току сети.

- Диапазон изменения тока: необходимо выбрать ТТ, которой может измерять токи в пределах изменения величины тока сети.

- Частота: ТТ должна быть выбрана в соответствии с частотой сети, в которой она будет использоваться.

- Количество фаз: ТТ может быть однофазной (для однофазных сетей) или трехфазной (для трехфазных сетей).

2. Точность измерения:

- Класс точности: ТТ имеют различные классы точности, определяющие их точность измерения. Обычно класс точности ТТ выбирается в зависимости от требований к точности измерений в конкретном приложении.

3. Требования к безопасности:

- Уровень изоляции: выбирается на основе требований к безопасности и нормам, которым соответствует сеть, в которую ТТ будет установлен.

Выбор правильного ИТТ является важным шагом при проектировании электрической сети. Неправильный выбор может привести к неправильным измерениям, низкой точности и даже повреждению ИТТ.

$$Z_{2ном} \geq Z_2$$

где $Z_{2ном}$ - номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности, Ом; z_2 - вторичная нагрузка трансформатора тока, Ом.

Выбираем ТТ для наружной установки ТФЗМ 110:

Таблица 1 – Основные параметры ТФЗМ 220

$U_{ном}, \text{кВ}$	$I_{ном.пер}, \text{А}$	$I_{ном.втор}, \text{А}$
220	600	5

1.6.2. Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения (ТН) - измерительный трансформатор напряжения (ТН) представляет собой устройство, которое используется для измерения напряжения в электрических цепях. Он является одним из важнейших измерительных инструментов в электротехнике.

Основная задача ТН заключается в том, чтобы уменьшить высокое напряжение на линиях и обеспечить безопасность работы персонала. Измерительный трансформатор напряжения снижает уровень напряжения на линии до безопасного уровня и преобразует его во входной сигнал для измерительного прибора.

Выбираем НКФ-220-58.

2. Расчет параметров срабатывания защит

2.1. Дистанционная защита

2.1.1. Расчет первого комплекта уставок защит I-II-III ступени.

2.1.2. Расчет второго комплекта уставок защит I-II-III ступени.

2.2. Блокировка при качаниях.

2.3. Блокировка при неисправностях в цепях напряжения.

2.4. Расчет уставок и проверка чувствительности междуфазной токовой отсечки.

2.4.1. Расчет первого комплекта уставок.

2.4.2. Расчет второго комплекта уставок.

2.5. Ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности

2.5.1. Расчет первого комплекта уставок защит I-II-III-IV ступени.

2.5.2. Расчет второго комплекта уставок защит I-II-III-IV ступени.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью финансового менеджмента является оценка проектируемой модели в рамках работы релейной защиты линии 220 кВ ПС Княжево – ПС Заводоуковск Тюменской энергосистемы с точки финансового менеджмента и ресурсоэффективности. Для решения цели были поставлены следующие задачи:

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать конкурентные технические решения проекта;
- выполнить планирование и организацию научного исследования;
- создать диаграмму Ганта
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

3.1. Анализ конкурентоспособности технического решения

В качестве комплекса основных и резервных защит линий принимаем микропроцессорные шкафы: ШЭ2607 011 и ШЭ2607 021, данный вид защиты принадлежит компании ООО НПП «ЭКРА». Также, защита автотрансформатора может быть выполнена и на аналоговом оборудовании.

В связи с этим необходимо провести экспертную оценку и убедиться в том, что микропроцессорные устройства компании ООО НПП «ЭКРА» является лидером перед ранее действующими релейными защитами.

Для сравнения аналогов и выявления наиболее подходящего шкафа, с применением которого будет выполняться защита, составим оценочную карту, в которой произведем оценку ресурсоэффективности с использованием технических и экономических критериев шкафов серий ШЭ и ШЭРА. Соответственно производителей ООО НПП «ЭКРА» и ЗАО «РАДИУС Автоматика».

Предпочтение было отдано исключительно шкафам Российского производства, руководствуясь, прежде всего их низкой стоимостью, относительно зарубежных аналогов, а также тем, что в последнее время они очень хорошо себя зарекомендовали в плане надежности и простоты программирования.

Модель экспертной оценки будет строиться по следующим техническим критериям:

1. Помехоустойчивость (специальный фильтр в цепи постоянного оперативного тока). Наличие – 5 баллов, отсутствие – 0 баллов.

ШЭ – есть фильтр, 5 баллов.

ШЭРА – есть фильтр, 5 баллов.

2. Надежность – резервирование специальными защитами. 5 резервных защит – 10 баллов.

ШЭ – 5 защит, 10 баллов.

ШЭРА – 3 защиты, 5 баллов.

3. Уровень шума – шум во время работы шкафа, 40 дБ – 10 баллов.

ШЭ – 55 дБ. – 7 баллов.

ШЭРА – 70 дБ. - 6 баллов.

4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности) – количество защит, предоставляемых шкафом. 20 защит – 10 баллов.

ШЭ – 20 защит – 10 баллов.

ШЭРА – 15 - 7 баллов.

5. Возможность подключения к ПК. Имеется – 10 баллов, отсутствует – 0 баллов.

ШЭ – 10 баллов.

ШЭРА – 10 баллов.

И по следующим экономическим критериям:

1. Цена. 1 млн. руб – 10 баллов.

ШЭ – 2380098 – 5 баллов.

ШЭРА – 2620000 – 4 баллов.

2. Предполагаемый срок эксплуатации. 25 лет – 10 баллов.

ШЭ – 10 баллов.

ШЭРА – 10 баллов.

3. Наличие сертификации разработки – 5 баллов, отсутствие – 0 баллов.

ШЭ – 10 баллов.

ШЭРА – 10 баллов.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		С учетом весовых коэф.	
		ШЭ	ШЭРА	ШЭ	ШЭРА
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Помехоустойчивость	0,10	5	5	0,5	0,5
2. Надежность	0,13	10	5	1,3	0,65
3. Уровень шума	0,08	7	6	0,56	0,48
4. Функциональная мощность (количество защит)	0,15	10	7	1,5	1,05
5. Возможность подключения к ПК	0,13	10	10	1,3	1,3
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена	0,15	5	4	0,75	0,6
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	10	10	1	1
3. Наличие сертификации	0,15	5	5	0,75	0,75

разработки					
Итого	1,00	62	52	7,66	5,33

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

Исходя из оценки конкурентоспособности ($K=1,44$), можно сказать, что шкафы компании ЭКРА, подходят наилучшем образом, поэтому выбираем их.

3.2. SWOT-анализ.

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 3 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Большой срок эксплуатации шкафа; С2. Удовлетворение желаний потребителя (выбор любой защиты); С3. Максимальная чувствительность к различным аварийным режимам сети; С4. Уменьшение времени на контроль и наладки защит; С5. Минимальный вред окружающей среде.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Высокая стоимость шкафов; Сл2. Требуется опытный специалист для работы со шкафами; Сл3. Сложность подключения в сеть; Сл4. Требуются отдельные цепи постоянного тока для измерительных трансформаторов; Сл5. Для настройки шкафа требуется подключение к ПК на устаревшей базе.
Возможности: В1. Возможность защиты и замены более дорогостоящего оборудования; В2. Внедрение наиболее развитых технологий на базе шкафов ШЭ2607; В3. Улучшение программных обеспечений для	Сильные стороны и возможности: Из-за сохранности дорогостоящего энергооборудования, внедрение шкафов ШЭ2607 приведет к привлечению инвесторов, для финансирования более развитых технологий.	Слабые стороны и возможности: Из – за высокой стоимости шкафа возможен отказ инвесторов в финансировании, что приведёт к снижению спроса; Для сохранности энергооборудования

пользования шкафами персоналу; В4. Применение энергопредприятиями данного шкафа, как основную защиту главных схем электростанций; В5. Повышение спроса.	Долгий срок службы шкафов позволит увеличить спрос, что обеспечит экономию при покупке новых.	потребуется время для обучения персонала пользования шкафом ШЭ2607 и его программными комплексами.
Угрозы: У1. Снижение спроса на технологии нового образца; У2. Отсутствие финансирования на получение новых технологий (шкафов); У3. Дополнительная государственная сертификация шкафа; У4. Неустойчивая ситуация в стране; У5. Конкуренция зарубежных, аналоговых продуктов;	Сильные стороны и угрозы: Благодаря долгому сроку эксплуатации и высокой чувствительностью к авариям, шкаф затмевает зарубежных конкурентов. Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой шкаф может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий.	Слабые стороны и угрозы: Использование шкафов ШЭ2607 на базе Windows 2000/ XP может привести к снижению спроса. В виду того, что шкафы ШЭ2607 обладают высокой стоимостью, также требуются затраты на подключение отдельных цепей для измерительных трансформаторов, возможен отказ на финансирование более новых технологий.

Анализируя полученную матрицу проекта, видим, что интегрирование микропроцессорных реле в энергосистему и, заменяя ими устаревшие модели, будет увеличена надежность режима передачи электроэнергии. Чтобы не получить большой убыток от аварии, лучше повысить надежность оборудования, путем инвестирования в более новое, современное и эффективное оборудование.

3.3. Планирование научно-исследовательских работ.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
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
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	Инженер
	7	Расчет уставок защит	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Контроль и координирование проекта	10	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

3.4. Определение трудоемкости выполнения работ.

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

В приведённой ниже таблице приведены расшифровки величин, которые используются в таблице 5.

Таблица 5 – Обозначение величин

Обозначение	Расшифровка	Единицы измерения
$t_{ожі}$	Ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы	чел.-дни
t_{mini}	Минимально возможная трудоемкость	чел.-дни

	выполнения заданной i -ой работы	
t_{maxi}	Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы	чел.-дни
T_{ki}	Продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях	дни
T_{pi}	Продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях	дни

Для определения ожидаемого значения трудоемкости следующую формулу:

Ожидаемое значение трудоемкости:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел} - \text{дней};$$

Затем определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ дней};$$

3.5. Разработка графика проведения научного исследования.

Для этого раздела необходимо понимать, что такое трудоемкость.

Трудовые затраты – это основная часть стоимости разработки, поэтому определение трудоемкости каждой из работ участников научного исследования является важным моментом.

Трудоемкость выполнения работ научного исследования оценивается экспертным путем и оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер, потому что зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22;$$

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3 \text{ дня}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – Временные показатели проекта

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{mini} человеко- дни		t_{maxi} человеко- дни		t_{oji} человеко- дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	0	4	0	2,8	0	2,8	0	3	0
Подбор и изучение материалов по теме	0	8	0	12	0	9,6	0	9,6	0	14
Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	1	1
Календарное планирование работ по теме	1	0	2	0	1,4	0	1,4	0	2	0
Анализ исходных данных	0	5	0	8	0	6	0	6	0	8
Предваритель ный выбор защит	0	5	0	8	0	5	0	5	0	7

Расчет уставок защит	0	20	0	29	0	25	0	25	0	37
Оценка эффективности и полученных результатов	0	4	0	6	0	4,8	0	4,8	0	7
Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8	0	10	0	8,8	0	8,8	0	11	0
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	0	6	0	8	0	6,8	0	6,8	0	10
Составление пояснительной записки	0	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	12

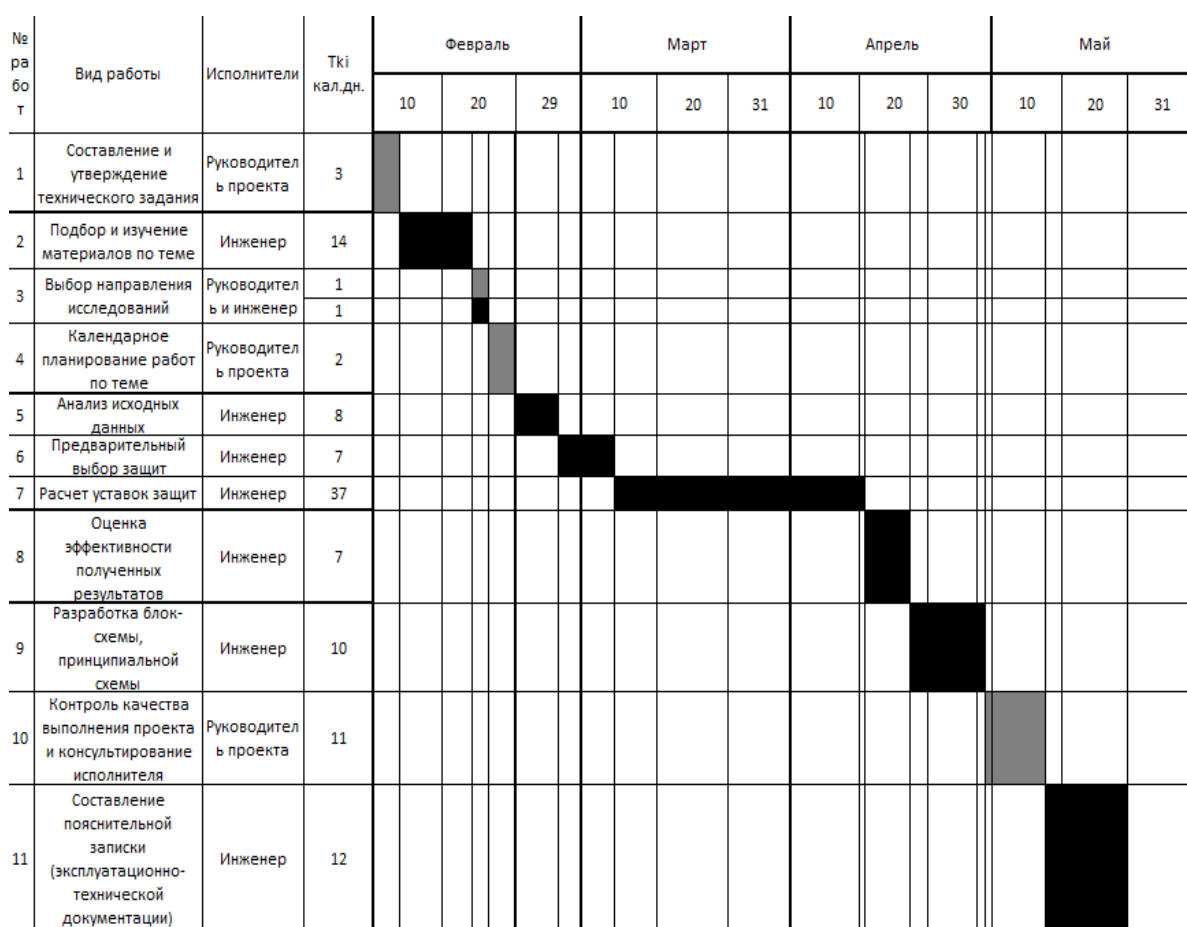


Рисунок 4 – График Гантта

 - Руководитель

 - Инженер

Таким образом на данном этапе работы был спланирован поэтапный график выполнения НИОКР, для которого были определены сроки выполнения каждой стадии работ. Построена диаграмма Ганта, которая наглядно показывает следование выполнения этапов дипломного проектирования, исходя из отведенных сроков.

3.6. Расчет материальных затрат

К материальным затратам или расходным материалам относятся: бумага, картриджи для принтера, плоттера, канцелярские принадлежности, носители информации и др.

В таблице 7 представлены статьи материальных затрат, связанных с выполнением проекта.

Таблица 7 – Материальные затраты

Материал	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб
Бумага для принтера	упаковки	1	205	205
Скоросшиватели	штуки	1	56	56
Бумага писчая	упаковки	1	100	100
Картридж для принтера	штуки	1	450	450
Мультифоры	штуки	50	1	50
Ручки, карандаши	штуки	2	20	40
Степлер	штуки	1	85	85
Итого:				986

По таблице 6 материальные затраты на выполнение данного научно-технического исследования составляют 986 рублей.

3.7. Расчет затрат на программное обеспечение.

Осуществим анализ необходимого оборудования, который потребуется для выполнения научного исследования.

Таблица 8 – Затраты на программное обеспечение

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на оборудование,
--------------	-------------------	------------	------------------	--------------------------

				руб.
Программный комплекс АРМ СРЗА	шт.	1	681 400	681 400
ПК	шт.	1	16 990	16 990
Принтер	шт.	1	6 990	6 990
Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	шт.	1	3500	3500
Итого:				708 880

В связи с длительностью использования, учитывается стоимость программного обеспечения с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дней использ.}}}{\text{Срок службы} \cdot 365} = \frac{708\,880 \cdot 67}{5 \cdot 365} = 26\,024,6 \text{ руб.}$$

Таким образом затраты на амортизацию составляют 26 024,6 руб.

3.8. Основная заработная плата исполнителей темы.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ и дополнительную заработную плату:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($З_{\text{осн}}$):

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}.$$

где $З_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{ТС}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Среднедневная заработная плата:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d},$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн.

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Месячный должностной оклад работника:

• Руководитель

$$З_m = З_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 23\,269,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 48401,3 \text{ руб.}$$

• Инженер

$$З_m = З_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 14\,584,32 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 30335,4 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

• Руководитель

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{48401,3 \cdot 10,4}{248} = 2029,7 \text{ руб.,}$$

- Инженер

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}} = \frac{30335,4 \cdot 10,4}{248} = 1272 \text{ руб.},$$

Основная заработная плата ($З_{осн}$) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

- Руководитель

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p = 2029,7 \cdot 17 = 34504,9 \text{ руб.},$$

- Инженер

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p = 1272 \cdot 96 = 122112 \text{ руб.},$$

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

- Руководитель

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,13 \cdot 34504,9 = 4485,6 \text{ руб.};$$

- Инженер

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,13 \cdot 122112 = 15874,56 \text{ руб.};$$

Таблица 9 – Баланс рабочего времени

	Руководитель	Инженер
Заработная плата по тарифной ставке, ($З_{тс}$), руб.	31 000	17 000
Премияльный коэффициент ($k_{пр}$)	0,3	
Коэффициент доплат и надбавок ($k_{д}$)	0,3	
Районный коэффициент ($k_{р}$)	1,3	
Месячная заработная плата ($З_{м}$), руб.	48 401,3	30 335,4
Среднедневная заработная плата работника ($З_{дн}$), руб.	2 029,7	1 272
Продолжительность выполнения данного проекта (T_p), раб. дни	17	96
Основная заработная плата, начисленная за выполнения данного проекта ($З_{осн}$), руб	34 504,9	122 112
Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	0,13	
Дополнительная заработная плата исполнителей, ($З_{доп}$), руб	4 485,6	15 874,56
Итого, руб:	38 990,5	137 986,56

Таким образом, итоговая сумма оплаты труда получилась 137 986,56 руб.

3.9. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

В этом пункте отражаются 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 исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2020 году равен 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 10).

Таблица 10. Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер.
Основная заработная плата, руб.	34 504,9	122 112
Дополнительная заработная плата, руб.	4 485,6	15 874,56
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого:	10 566,4	37 394,4

3.10. Накладные расходы.

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

$$\begin{aligned} З_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = (З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб} + З_{м} + А) \cdot 0,16 = \\ &= (156616,9 + 20360,16 + 47960,8) \cdot 0,16 = 35990 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом накладные расходы составили 35 990 руб.

3.11. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

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.

Для формирования итоговой величины затрат суммируются все ранее рассчитанные затраты по отдельным статьям как в отношении руководителя, так и инженера (дипломника). Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 11.

Таблица 11 – Бюджет затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1	Материальные затраты НТИ	986,0	1,0
2	Амортизация	26 024,6	7,8
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	156 616,9	54,7
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20 360,16	7,1
5	Отчисления во внебюджетные фонды	47 960,8	16,8
6	Накладные расходы	35 990	12,6
7	Бюджет затрат НТИ	287 938,5	100

Наибольшей статьей расходов оказалась зарплата (основная и дополнительная). Итоговая сумма необходимая на выполнение проекта составила 287 938,5 рублей.

3.12. Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность научного исследования определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 12 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
----------	---------------------	----------------------------

1. Высокая точность измерения	0,3	5
2. Безопасная и надёжная эксплуатация	0,25	5
3. Многофункциональность	0,13	5
4. Малые габариты	0,12	4
5. Высокий срок эксплуатации	0,20	4
Итого:	1	4,45

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,3 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,13 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 = 4,68$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности научного исследования дает достаточно хороший результат (4,68 из 5), что свидетельствует об эффективности его реализации.

4. Социальная ответственность.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно «ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», место для работы за ПК и взаиморасположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. При обустройстве рабочего места инженера, необходимо соблюсти основные условия: выбрать наилучшее местоположение оборудования и обеспечить свободное рабочее пространство.

Эргономическими аспектами проектирования рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте, характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Сидячее положение вызывает минимальное утомление рабочего. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой

досягаемости рабочего пространства (рисунок 2)

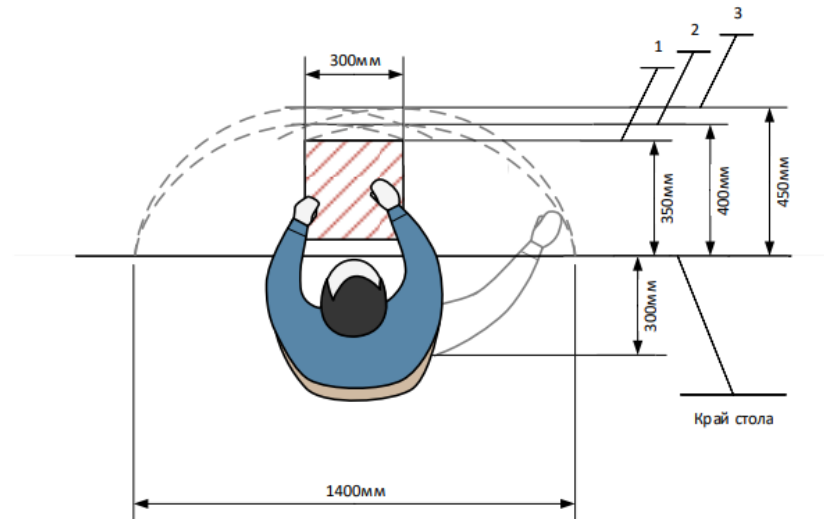


Рисунок 5. –Зоны досягаемости рук: 1 – оптимальная, 2 – нормальная, 3 – максимальная

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости, рисунок 3:

- 1) персональный компьютер размещается в центре;
- 2) «мышь» – в оптимальной зоне справа;
- 3) документация в зоне справа;
- 4) испытательный стенд в зоне слева;
- 5) рабочая зона.

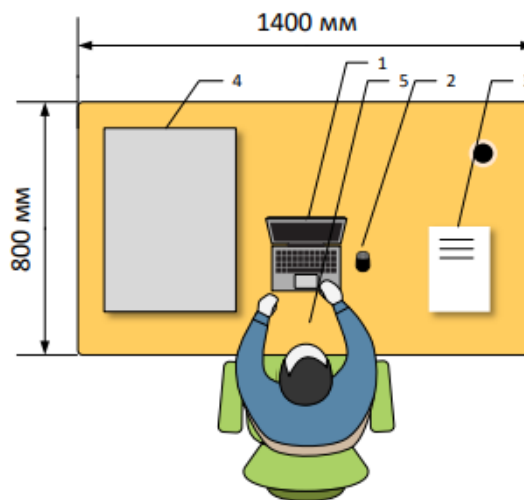


Рисунок 6. – Размещение основных и периферийных составляющих рабочего места

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- Высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- Нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы человек мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- Поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения работника;
- Высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680 – 760мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420-550мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки – регулируемый.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20 градусов ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению. Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до +20° относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях.

Требования к рабочей позе пользователя следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20 градусов;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти - под углом 80° ...100°.

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50-60 см от глаз. Специалисты также считают, что

верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем, когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости. Пример правильного расположения работника за ПК представлен на рисунке 4.

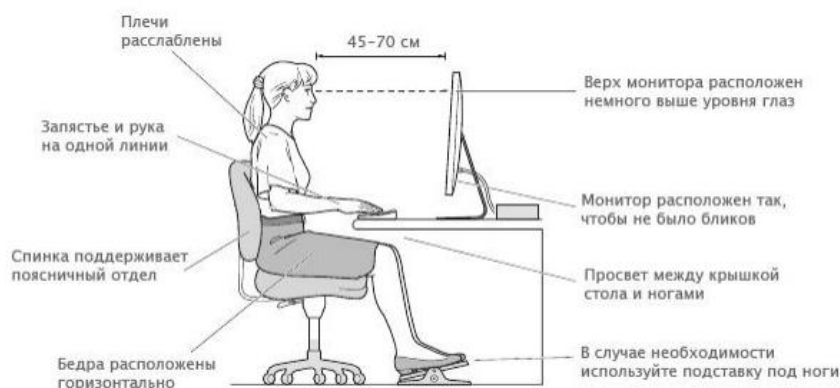


Рисунок 7 – Пример правильного расположения работника за персональным компьютером

4.2. Производственная безопасность.

4.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

Для идентификации опасных и вредных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для данной производственной среды представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте в аудитории 8 корпуса ТПУ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенный уровень электромагнитного излучения	СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические

Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи». СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	-СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
Отклонение показателей микроклимата	-СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	-ГОСТ12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. - СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Перенапряжение зрительных анализаторов	- МР 2.2.9.2311-07 Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при

4.2.2. Отклонение показателей микроклимата

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны (температура, влажность и скорость движения воздуха).

Для создания и поддержания в лаборатории, независимо от наружных условий, оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период	Категория работ	Температур	Относительная	Скорость
--------	-----------------	------------	---------------	----------

года	по уровню энергозатрат, Вт	а воздуха, °С	влажность воздуха, %	движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	20-23	60-40	0,2
Теплый	Ia (до 139)	22-25	60-40	0,2

Научно-исследовательская лаборатория восьмого корпуса ТПУ является помещением I а категории (таблица 3), согласно СанПиН 2.4.2.2821-10. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) представлены в таблице 4. Для оценки воздействия параметров микроклимата в целях осуществления мероприятий по защите, работающих от возможного перегрева, используется ТНС-индекс, нормативные величины которого приведены в таблице 3.

Таблица 15 – Допустимые величины ТНС-индекса

Категория работ по уровню энергозатрат, Вт.	Величины интегрального показателя, °С
Ia (до 139)	22,2-26,4

В лаборатории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы.

4.2.3. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения.

Неудовлетворительное освещение может исказить информацию, кроме того, оно вызывает утомление всего организма в целом. Освещение должно обеспечивать выполнение работы без напряжения зрения. Применяют два вида освещения: естественное и искусственное. Для искусственного освещения применяют электрические люминесцентные лампы. Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

По нормативу СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03 освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего оборудования должна быть

300 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

4.2.4. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума.

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания приводит к неблагоприятным для организма последствиям. Шум создает значительные нагрузки на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения от ЭВМ. Уровень шума колеблется от 20 до 30 дБА. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [8], при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Следовательно, можно считать, что рабочее место соответствует указанным нормам.

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма [8]. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. Предельно допустимые уровни шума для объектов типа аудитории для теоретических разработок нормируются ГОСТ 12.1.003-2014, СанПиН 2.2.4/2.4.1340-03. Значения представлены в табл. 3 (для постоянных шумов).

Таблица 16 – Значения ПДУ шума

Рабочее место	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Меры снижения шума на рабочем месте. Один из способов снизить шум на рабочем месте, можно с помощью уменьшение шума в источнике. Рекомендуются такие мероприятия, как использование наименее шумного оборудования. В частности, установку вентиляторов меньшей мощности, удовлетворяющих условиям работы оборудования.

В данной работе уровень шума на рабочем месте соответствует указанным нормам.

4.2.5. Повешенный уровень электромагнитного излучения.

Контакт с электромагнитными излучениями представляет существенную опасность для человека, по сравнению с другими вредными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы). В рассматриваемом случае источником электромагнитного излучения является компьютерная техника. Длительное воздействие интенсивных электромагнитных излучений промышленной частоты может вызывать повышенную утомляемость, появление сердечных болей, нарушение функций центральной нервной системы.

Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В. В ходе работы использовалась ПЭВМ со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В.

Согласно ГОСТ 12.1.007-76., конструкция ПЭВМ должна обеспечивать

мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч (100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

Для снижения излучений необходимо выполнить следующее: сертифицировать ПЭВМ (ПК) и аттестовать рабочие места; применить экраны и фильтры; произвести организационно-технические мероприятия.

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в табл. 4, в соответствии с СП 2.4.3648-20.

Таблица 17 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряжённость электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

4.2.6. Перенапряжение зрительных анализаторов.

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха СП 2.4.3648-20.

Основные меры по уменьшению влияния монотонности и эмоциональной напряженности на человека:

- Осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;
- Применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня. Т.е. в течение смены работник обязательно должен иметь перерывы для

отдыха. Потребность в отдыхе обусловлена понижением работоспособности в связи с утомлением, приводящим к снижению выработки и качества работы.

- Делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела.

4.2.7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека.

Во время нормального режима работы оборудования опасность поражения электрическим током практически отсутствует, однако существуют аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека током может произойти в следующих случаях: при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ; при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции; при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением; при возникновении короткого замыкания в электроприборе.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

изоляция токоведущих частей, исключаящее возможное соприкосновение с ними; установки защитного заземления; наличие общего рубильника; своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Значения напряжения прикосновения и силы тока, протекающего через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы

электроустановки, не должны превышать значений, приведенных в табл. 18.

Таблица 18 – Предельно допустимые значения напряжения соприкосновения и силы тока

Род и частота тока	Наибольшие допустимые значение	
	$U_{пр}$, В	I_h , мА
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4

4.3. Экологическая безопасность.

Работа в лаборатории сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения.

Отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014): бытовой мусор после предварительной сортировки складируют в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах.

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация

возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцево-кислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцево-кислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из не адсорбирующего ртуть материала (винипласта).

Несмотря на кажущуюся малость вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В лаборатории, где проводились эксперименты, возможен такой вид техногенной чрезвычайной ситуации, как пожар.

Для повышения устойчивости работы экспериментальной установки в ЧС предусмотрена установка источника бесперебойного питания, которое обеспечивает безопасную остановку работы установки в условиях нарушения электро- и водоснабжения. Также предусматривается формирование запасов медицинских и прочих санитарных средств.

Основную опасность представляет возгорание. Пожар в рабочем помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнём (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся: короткое замыкание,

перегрузка проводов, искрение, статическое электричество.

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС:

В качестве превентивных мер по предотвращению пожаров в помещении используются такие меры как: не менее одного раза за полгода необходимо проводить со всеми работниками противопожарный инструктаж; необходимо проводить обучение всех работников правилам противопожарной безопасности; внедрение инструктивных материалов наглядной агитации, регламентов и норм ведения технологического процесса в помещении; необходимо устраивать противоаварийные работы с распределением выполнения работ при аварийных ситуациях [12].

В рассматриваемой рабочей зоне (открытое распределительное устройство), для увеличения противопожарной устойчивости: периодический осмотр состояния оборудования, при необходимости вывод его в ремонт; содержание в исправном состоянии токоведущих проводников, обеспечение беспрепятственного подхода, подъезда и отхода от оборудования; благоустройство территории открытого распределительного устройства, скашивание травы.

В помещениях для оповещения рабочего персонала о наличии ЧС предусмотрено звуковое оповещение, происходящее при срабатывании датчиков на задымление в помещениях.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" Помещение по степени пожароопасности относится к классу В-4. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м.

Важную роль при возникновении ЧС играет успешная эвакуация людей. Для того чтобы чётко обозначить пути эвакуации, эвакуационные выходы, обеспечивающие безопасность процесса организованного самостоятельного движения людей из помещений, а также указать расположение пожарного оборудования и средств оповещения о пожаре и напомнить о первоочередных действиях при пожаре применяется план эвакуации.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия: 1. Использование только исправного оборудования;

2. Проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности; 3. Назначение ответственного за пожарную безопасность помещений; 4. Издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности 5. Отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ; 6. Курение в строго отведенном месте; 7. Содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Заключение

Исследование заключалось в выборе и расчете параметров устройства релейной защиты для защиты параллельных линий 220 кВ с двунаправленным питанием, согласно правилам устройства электроустановок.

Релейная защита выполнена на базе микропроцессорного комплекса ШЭ-2607 011. Основными преимуществами микропроцессорного терминала являются универсальность и измерение электрических величин, поскольку он может позаботиться о другом преимуществе-точности измерений.

В качестве основных защитных функций были выбраны трехступенчатая дистанционная защита и защита по току нулевой последовательности. Последний выбор обусловлен режимом работы нейтрали, характеризующимся высокими токами замыкания на землю. В качестве опции было выбрано срабатывание по фазному току без выдержки времени.

В результате работы были выработаны практические навыки проектирования релейной защиты на примере линии 220 кВ

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1.

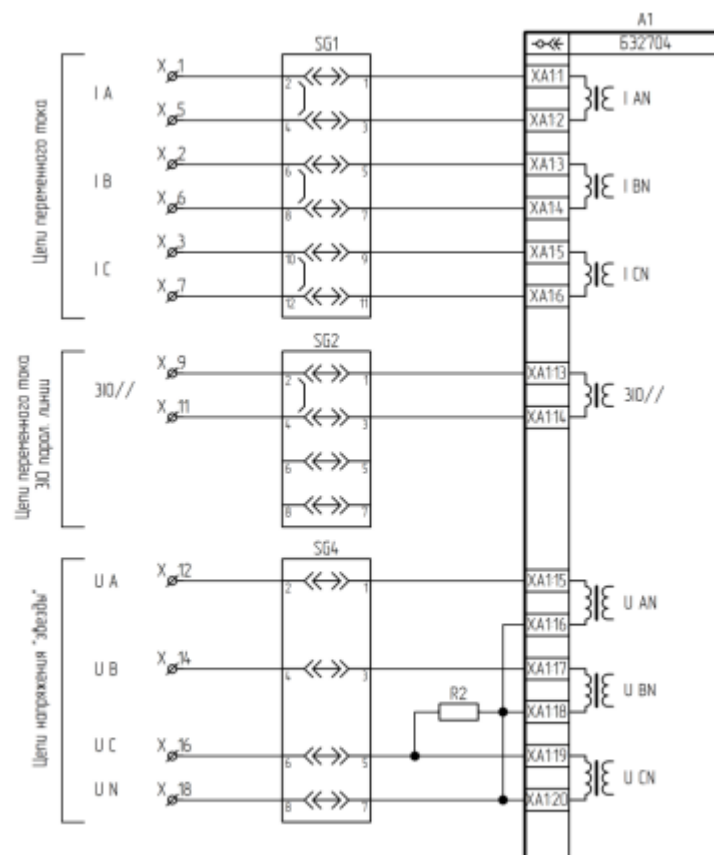


Рисунок 20 – Схема подключения токовых цепей для линий без реакторов ШЭ
2607 011

Приложение 2

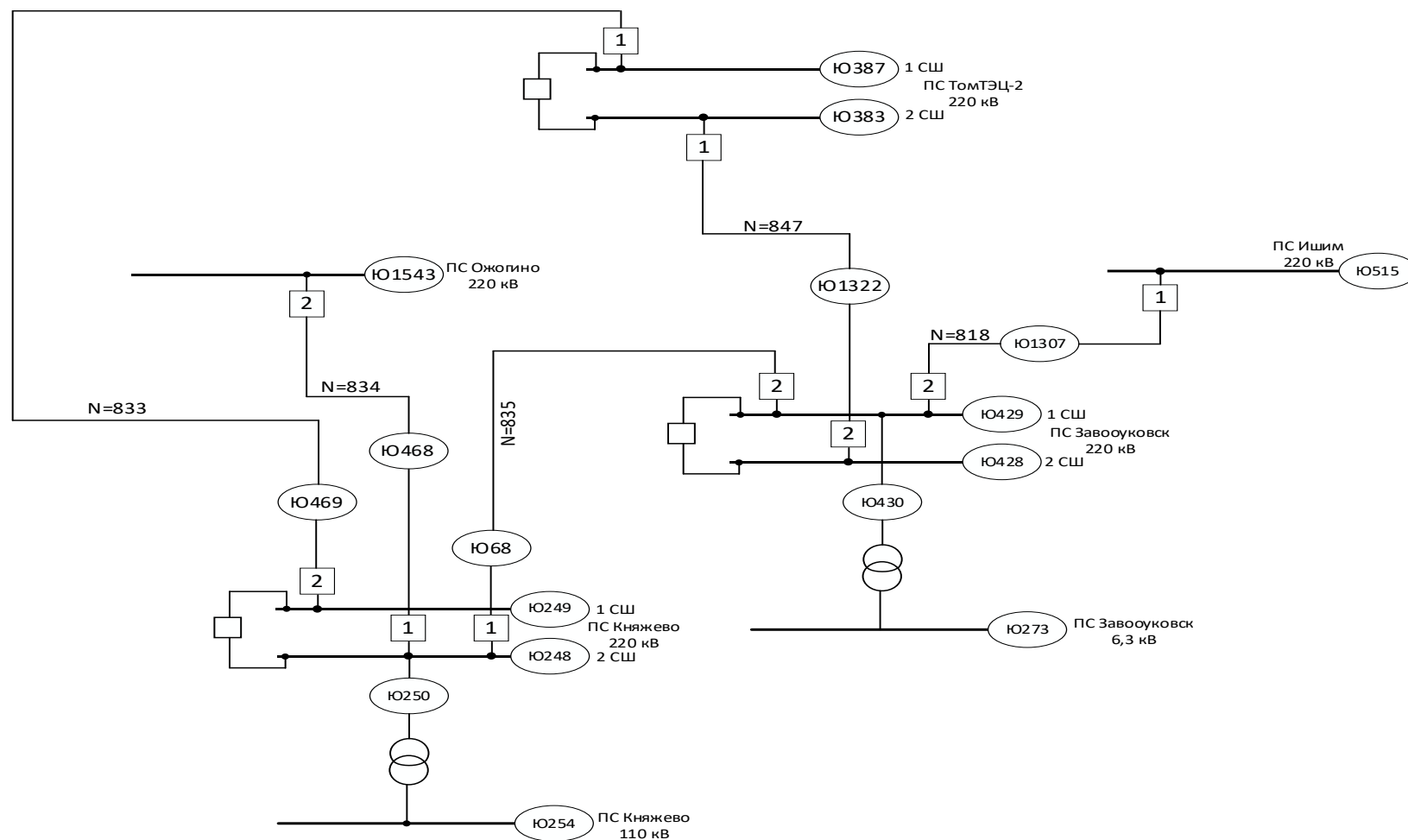


Рисунок 21 – Схема электрических соединений сетевого района подстанции «Княжево-Заводоуковск» Тюменская энергосистема

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. Утверждено Министерством энергетики РФ, приказ от 8 июля 2002 г. N 204.
2. Релейная защита электроэнергетических систем: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / А. М. Федосеев, М. А. Федосеев – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.: ил.
3. Руководящие указания по релейной защите: Дистанционная защита линий 35-330 кВ. – выпуск 7. – М.: Энергия, 1966.
4. Руководящие указания по релейной защите: Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. – выпуск 12. – М.: Энергия, 1980.
5. ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
6. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 19.12.2022).
7. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016.
8. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиеническими требованиями к микроклимату производственных помещений»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 13.06.2003 г.
9. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
10. СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».
11. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 г.

12. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.— М.: ИПК Издательство стандартов, 1976

13. ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров

14. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2004

15. "Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники" подготовлена в соответствии с п.4 Протокола совещания у Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации от 9 июля 1999 года N ИК-П8-5пр.

16. Влияние освещенности на организм человека [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://fbuz14.ru/portfolio-view/osveshenie>, свободный, дата обращения: 27.04.21 г.

17. Шум современных компьютерных систем охлаждения [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.ixbt.com/cpu/shum1metod.shtml>, свободный, дата обращения: 18.05.21 г.

18. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность