



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 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование релейной защиты автотрансформатора 220/110/10.5 кВ подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы

УДК 621.311.42:621.316.925.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A93	Казарин Кирилл Викторович		

Руководитель ВКР:

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шестакова Вера Васильевна	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 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

В.В. Шестакова

«__»_____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5A93	Казарин Кирилл Викторович

Тема работы:

Проектирование релейной защиты автотрансформатора 220/110/10.5 кВ подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№30-88/с от 30.01.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

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.).	Объект проектирования: релейная защита автотрансформатора 220/110/10.5 кВ подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы
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).	Анализ видов релейной защиты: классификация, типовые схемы, сравнительный анализ, проектирование релейной защиты; подбор оборудования и элементов; разработка раздела финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения; разработка раздела социальной ответственности; заключение по работе.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		1. Электрическая схема подстанции 2. Схемы подключения защит автотрансформаторов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел		Консультант
Социальная ответственность		Черемискина Мария Сергеевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		Якимова Татьяна Борисовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	07.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Уфа Руслан Александрович	к.т.н., доцент		07.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A93	Казарин Кирилл Викторович		07.02.2023



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:	06.06.2023
--	-------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.23	Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений	25
21.03.23	Расчёт параметров релейной защиты	50
11.04.23	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
04.05.23	Социальная ответственность	10
26.05.23	Оформление пояснительной записки	5
		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Уфа Р.А.	к.т.н., доцент		04.02.2023

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		07.02.2023

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Проектирование релейной защиты автотрансформатора 220/110/10,5 кВ подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы включает 90 с., 8 рис., 22 таблиц, 9 источников, 1 прил.

Ключевые слова: релейная защита, уставка срабатывания, коэффициент чувствительности, подстанция, ступенчатая токовая защита нулевой последовательности, продольная дифференциальная защита, короткое замыкание.

Объектом исследования является релейная защита автотрансформатора 220/110/10,5 кВ подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы.

В данной работе были проведены расчеты параметров защиты автотрансформатора с помощью программно-вычислительного комплекса «АРМ СРЗА».

В результате работы выявлены основные преимущества и недостатки существующих видов релейной защиты, представлены характеристики релейной защиты. Выполнены расчеты, на основе которых осуществлен подбор необходимого оборудования.

Область применения: полученные данные могут быть использованы для реконструкции или установки релейной защиты на указанной подстанции.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АПВ – автоматическое повторное включение

АТ – автотрансформатор

ВЛ – воздушная линия

ВН – высшая сторона

ДЗ – дистанционная защита

КЗ – короткое замыкание

НБ – небаланс

НН – низшая сторона

НПП – научно-производственное предприятие

ПВК – программно – вычислительный комплекс

ПС – подстанция

ПУЭ – правила устройства электроустановок

РЗ – релейная защита

СН – средняя сторона

Т – трансформатор

ТЗНП – токовая защита нулевой последовательности

ТН – трансформатор напряжения

ТО – токовая отсечка

ТСЗ – токовая ступенчатая защита

ТТ – трансформатор тока

УРОВ – устройство резервирования при отказе выключателя

ЭЭС – электроэнергетическая система

Содержание

Введение.....	10
1 Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных данных	11
1.1 Описание района	11
2.2 Выбор аппаратной реализации релейной защиты	15
2.3 Выбор устройств релейной защиты	16
2.4 Выбор измерительных трансформаторов.....	18
2.4.1 Выбор трансформатора тока	18
2.4.2 Выбор трансформатора напряжения.....	20
2 Расчёт параметров релейной защиты.....	22
2.1 Токовая направленная защита нулевой последовательности	22
2.1.1 Расчёт уставок ТНЗНП стороны высшего напряжения автотрансформатора.....	22
2.1.2 Расчёт уставок ТНЗНП стороны среднего напряжения автотрансформатора.....	32
2.2 Продольная дифференциальная защита	42
2.2.1 Выбор тока начала торможения ДТЗ	47
2.2.2 Расчет минимального тока срабатывания ДТЗ	47
2.2.3 Расчет тока торможения блокировки ДТЗ.....	48
2.2.4 Расчет коэффициента торможения ДТЗ.....	49
2.2.5 Выбор параметра срабатывания блокировки по второй гармонике	50
2.2.6 Ток срабатывания дифференциальной отсечки	51
2.3 МТЗ с комбинированным пуском по напряжению	53
2.4 Газовая защита	54
2.6 Функция пуска автоматики пожаротушения	56
3. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....	57
3.1 Анализ конкретных технических решений	58
3.2 SWOT-анализ.....	61
3.3 Планирование научно-технического исследования	62
3.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	63
3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования	64

3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	66
3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	66
3.4.2 Заработная плата исполнителей темы.....	67
3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
3.4.4 Накладные расходы.....	71
3.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования	71
4. «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	73
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
4.2 Производственная безопасность	78
4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов и мероприятия по снижению их влияния	78
4.3 Экологическая безопасность.....	83
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
Заключение	88
Список использованных источников	89

ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых значимых оборудования на подстанции являются силовые трансформаторы. Неисправность данного оборудования приводит к существенным убыткам, техническим проблемам и прерыванию электроснабжения.

Для предотвращения возможных нарушений в работе трансформатора необходимо применять релейную защиту. Для того чтобы она эффективно функционировала, её параметры должны соответствовать нормативным требованиям.

Релейная защита автотрансформатора - это система, которая отслеживает работу автотрансформатора и срабатывает, когда выходные параметры автотрансформатора нарушаются. Релейная защита автотрансформатора применяется для обнаружения и защиты от различных повреждений, таких как короткое замыкание, перегрузка, разрыв обмотки и другие.

В данной работе будет использоваться микропроцессорная защита вместо других видов защиты, так как она обладает большей чувствительностью, надежностью, устойчивостью и удобством настройки. Еще одним преимуществом является меньшая масса и габариты, а также ее способность передавать информацию на удаленные уровни управления.

Микропроцессорная защита также предпочтительнее для будущих цифровых сетей России. Исходя из всех этих преимуществ, релейная защита автотрансформатора будет выполнена на базе микропроцессорного терминала релейной защиты.

1 Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных данных

1.1 Описание района

В данной работе осуществлялось проектирование релейной защиты автотрансформатора ПС «Ново-Анжерская» 220/110/10.5 кВ Кузбасской электроэнергетической системы.

ПС «Ново-Анжерская» 220 кВ питается от шины 500 кВ ПС «Ново-Анжерская» через два автотрансформатора АТ-1 мощностью 500 МВА 500/220/10,5 кВ № 24 и 25.

Подстанция «Ново-Анжерская» 220 кВ питает:

- ПС «Заискитимская» 220 кВ через линию №269;
- ПС «Крохалевская» 220 кВ через линию №270;
- ПС «Восточная» 220 кВ через линию №271;
- ПС «Зональная» 220 кВ через линию №272;

ПС «Корхалевская» 220 кВ осуществляет питание ПС «Ново-Анжерская» 220 кВ посредством одно цепной воздушной линии электропередачи (ВЛЭП) №270.

На ПС «Ново-Анжерская» 220 кВ установлено два автотрансформатора 220/110/10,5 кВ.

Автотрансформатор имеет встроенное регулирование напряжения под нагрузкой на стороне среднего напряжения в пределах $\pm 12\%$ номинального.

Согласно ПУЭ [1, 3.2.111] на линию необходимо установить АПВ (устройства АПВ должны предусматриваться для быстрого восстановления питания потребителей или межсистемных и внутрисистемных связей путем автоматического включения выключателей, отключенных устройствами релейной защиты. Должно предусматриваться автоматическое повторное включение: 1) воздушных и смешанных (кабельно-воздушных) линий всех типов напряжением выше 1 кВ.). Устройства трехфазного АПВ (ТАПВ) должны осуществляться преимущественно с пуском при несоответствии между ранее поданной оперативной командой и отключенным положением выключателя; допускается также пуск устройства АПВ от защиты.

Расчет релейной защиты осуществлен при помощи компьютерного моделирования в программном комплексе «АРМ СРЗА» ПВК по расчету токов коротких замыканий и выбору параметров релейной защиты. Исходные данные взяты из базы данных программного комплекса.

Современные достижения в области микропроцессорных технологий заставили появиться и полноценно работать устройства релейной защиты и автоматики, представляющие собой альтернативу электромеханическим устройствам.

Прекращение использования электромеханических и статических реле с большими размерами позволило разместить оборудование на панелях РЗА в более компактном виде. Новые конструкции занимают гораздо меньше места, а управление через сенсорные кнопки и дисплей предоставляет более удобный и наглядный интерфейс.

Все защиты трансформатора можно разделить на две группы: основные и резервные защиты.

Основные защищают трансформатор от внутренних повреждений и ненормальных режимов в самом трансформаторе или на его ошиновках.

Резервные механизмы защищают обмотки трансформатора от перегрузок, вызванных внешними короткими замыканиями на соединениях сети, и при необходимости заменяют основные механизмы защиты трансформатора.

Основными защитами трансформатора и АТ являются:

- дифференциальная токовая защита трансформатора,
- газовая защита трансформатора,
- газовая защита РПН,
- токовая отсечка, устанавливаемая со стороны питания на трансформаторах малой мощности,
- дифференциальная токовая защита ошиновки низшего напряжения АТ,

- дифференциальная токовая защита ошиновки высшего и среднего напряжения АТ.

Устройства релейной защиты должны быть предусмотрены для трансформаторов и автотрансформаторов, чтобы предотвратить следующие виды повреждений и аномальных режимов работы [1]:

- многофазных и однофазных замыканий обмоток и выводов;
- витковых замыканий обмоток;
- внешних коротких замыканий;
- увеличения напряжения на неповрежденных фазах (в случае трансформаторов 110 кВ, работающих в режиме изолированной нейтрали);
- частичных пробоев изоляции вводов с напряжением 500 кВ и выше;
- перегрузки трансформатора;
- понижения уровня масла или отключения принудительной системы охлаждения;
- возникновения "пожара" стали магнитопровода.

Защита трансформаторов и автотрансформаторов должна выполнять следующие функции [2]:

- отключать трансформатор при его повреждении от всех источников питания;
- отключать трансформатор при внешних замыканиях в случае отказа защит или выключателей смежных присоединений;
- подавать сообщения дежурному персоналу о возникновении перегрузок или выполнять необходимые операции для их устранения.

Для защиты автотрансформаторов и трансформаторов от повреждений и аномальных режимов должны быть предусмотрены такие типы релейной защиты:

1. Продольная дифференциальная защита - от повреждений на выводах и внутренних повреждениях;

2. Газовая защита с действием на сигнал и отключение - от повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа и (или) понижением уровня масла;

3. Максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению - от токов внешних коротких замыканий;

4. Максимальная токовая защита нулевой последовательности - от токов внешних замыканий на землю при наличии заземленной нейтрали для трансформаторов мощностью 1000 кВА и более, для обеспечения требований дальнего резервирования при несимметричных коротких замыканиях.

Шкаф типа ШЭ2607 011 предназначен для защиты линий 110-220 кВ и управления выключателем, как с трёхфазным, так и пофазным приводом.

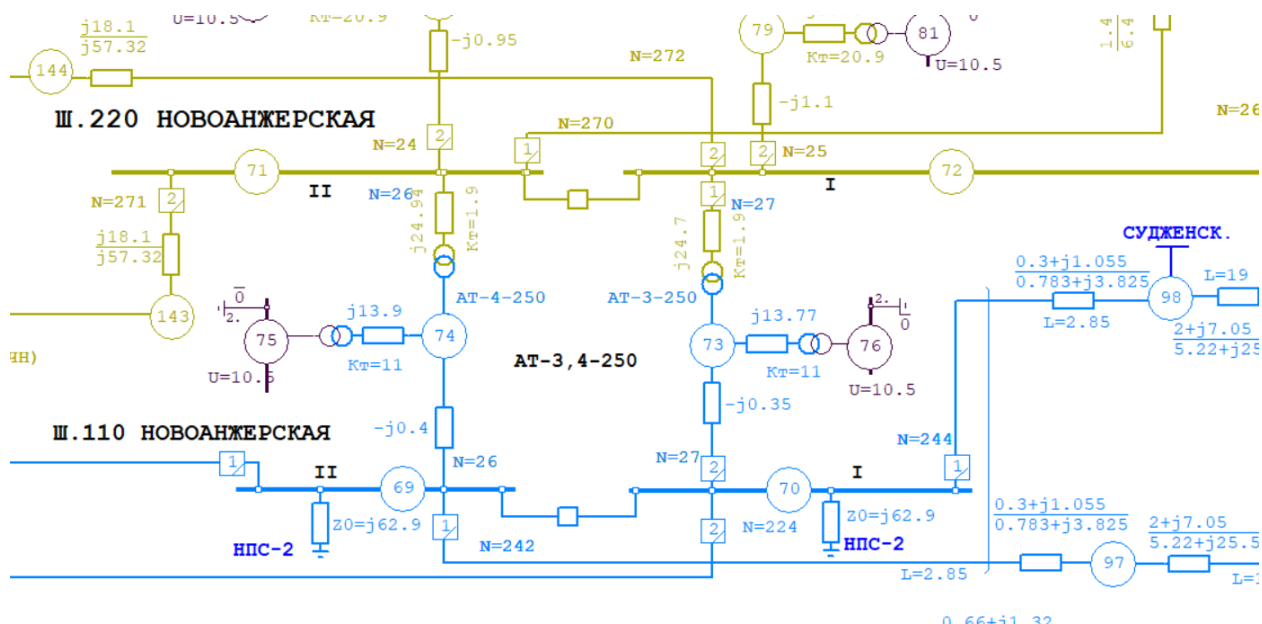


Рисунок 1 – Расчетная схема со стороны ПС «Ново-Анжерская»

2.2 Выбор аппаратной реализации релейной защиты

В настоящее время микропроцессорные устройства являются главным направлением реализации релейной защиты. Кроме стандартной функции аварийной отключения энергетических систем, микропроцессорные устройства также предлагают дополнительные возможности по фиксации аварийных ситуаций, которые не доступны устройствам на электромеханической или аналоговой базе, например, функция дальнего резервирования отказов выключателей и защит.

К достоинствам микропроцессорных устройств можно отнести:

- Многофункциональность;
- Точность измерений;
- Компактность;
- Удобство фиксации неисправностей и настройки защиты.

Среди недостатков можно отметить использование микроконтроллера, который обладает более высокой стоимостью и не подлежит ремонту в случае выхода из строя блока управления. В этом случае экономически целесообразнее заменить его полностью.

Кроме того, из-за отсутствия единого стандарта на аппаратуру, микропроцессорные устройства различных разработчиков не являются взаимозаменяемыми.

После анализа достоинств и недостатков микропроцессорных устройств, было принято решение о реализации РЗА на микропроцессорных терминалах.

2.3 Выбор устройств релейной защиты

Для защиты автотрансформатора воспользуемся продукцией ООО НПП «ЭКРА». В качестве комплекса основных и резервных защит автотрансформатора принимаем микропроцессорные шкафы: ШЭ2607 042 и ШЭ2607 071 [3].

Шкаф типа ШЭ2607 042 содержит два комплекта (А1 и А2). Первый комплект А1 выполнен на базе микропроцессорного терминала БЭ2704 V042. Второй комплект А2 выполнен на основе промежуточных реле.

- ШЭ2607 042 комплект А1 терминал БЭ2704 V042:
- Дифференциальная токовая защита АТ (ДЗТ);
- Токовая защита нулевой последовательности;
- Максимальная токовая защита стороны ВН с пуском по напряжению (МТЗ ВН);
- Максимальная токовая защита стороны СН с пуском по напряжению (МТЗ СН);
- Максимальная токовая защита стороны НН с пуском по напряжению (МТЗ НН);
- Защита от перегруза (ЗП);
- Блокировка РПН при перегрузе;
- Токовые реле для пуска автоматики охлаждения;
- УРОВ ВН;
- Обеспечивает приём сигналов от сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты АТ, газовой защиты РПН АТ, датчиков повышения температуры масла, понижения и повышения уровня масла [4].

2. ШЭ2607V042 комплект А2:

Обеспечивает приём сигналов от отключающих ступеней газовых защит АТ, РПН АТ и действует на отключение АТ через свои выходные реле и реле комплекта А1 [4].

Шкаф ШЭ2607 071 предназначен для обеспечения резервной защиты автотрансформатора с высшим напряжением 110-220 кВ. Он содержит единственный комплект, который может быть подключен к ВН или СН стороне АТ, если на этой стороне есть сборные шины с одним выключателем для подключения.

Комплект реализован на базе микропроцессорного терминала защиты типа БЭ2704V071 и включает в себя:

- четырехступенчатая дистанционная защита;
- пятиступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности;
- максимальная токовая защита;
- токовая отсечка;
- АРПТ- Автоматика разгрузки при перегрузке по току;
- автоматика управления выключателем, УРОВ [4].

2.4 Выбор измерительных трансформаторов

2.4.1 Выбор трансформатора тока

Трансформаторы тока предназначены для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения [2, с.348].

Выбор трансформаторов тока осуществляется согласно [2, с. 373] следующим образом:

- по напряжению установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

- по току:

$$I_{ном} \leq I_{1ном}$$

$$I_{max} \leq I_{1ном}$$

Номинальный ток должен быть как можно ближе к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешностей.

- по конструкции и классу точности;
- по электродинамической стойкости:

$$i_y \leq \sqrt{2} \cdot k_{эд} \cdot I_{1ном}$$

$$i_y \leq i_{дин}$$

Где:

i_y - ударный ток короткого замыкания по расчету;

$k_{эд}$ - кратность электродинамической стойкости по каталогу;

$I_{1ном}$ - номинальный первичный ток трансформатора тока;

$i_{дин}$ - ток электродинамической стойкости.

Электродинамическая стойкость шинных трансформаторов тока определяется устойчивостью самих шин распределительного устройства, вследствие этого такие трансформаторы по этому условию не проверяются.

- по термической стойкости:

$$B_k \leq (k_m \cdot I_{1HOM})^{2 \cdot t_{TEP}}$$

$$B_k \leq I_{TEP}^2 \cdot t_{TEP}$$

Где

B_k - тепловой импульс по расчету;

k_m - кратность термической стойкости по каталогу;

I_{TEP} - ток термической стойкости;

t_{TEP} - время термической стойкости.

– по вторичной нагрузке:

$$Z_2 \leq Z_{2HOM}$$

Где:

Z_2 - вторичная нагрузка трансформатора тока;

Z_{2HOM} – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Определим первичные токи для всех сторон защищаемого автотрансформатора, соответствующего его номинально мощности.

$$I_{HOM, BH} = \frac{S_{HOM, AT}}{\sqrt{3} \cdot U_{BH}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 158,15 \text{ A}$$

$$I_{HOM, CH} = \frac{S_{HOM, AT}}{\sqrt{3} \cdot U_{CH}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 121} = 300,61 \text{ A}$$

$$I_{HOM, HH} = \frac{S_{HOM, HH}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 3306,74 \text{ A}$$

Выбираем трансформаторы тока по каталожным данным [5, табл. П4.5, стр. 632] со следующими параметрами:

Таблица 1 – Параметры трансформатора тока

Сторона автотрансформатора	Тип	Напряжение $U_{ном}$, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения по вторичным обмоткам	Ток стойкости, кА		Время $t_{тер}$, с	Нагрузка измерительной обмотки $S_{2ном}$, В·А
			Перв. $I_{1ном}$	Втор. $I_{2ном}$		Эл.дин. $i_{дин}$	Терм. $I_{тер}$		

ВН	ТФЗ М 220В- III	220	300	5	0,5/10P/10 P	25	9,8	3	15
СН	ТФЗ М 110В- I	110	200- 400	5	0,5/10P/10 P	42- 84	8- 16	3	20
НН	ТШЛ- 10	10	4000	5	0,5/10P/10 P	-	-	-	25

2.4.2 Выбор трансформатора напряжения

Трансформаторы тока выбираются

– по напряжению установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

– по классу точности;

– по вторичной нагрузке:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{ном}$$

где $S_{ном}$ - номинальная мощность в выбранном классе точности.

При этом следует иметь в виду, что для однофазных трансформаторов, соединенных в звезду, следует взять суммарную мощность всех трех фаз, а для трансформаторов, соединенных по схеме открытого треугольника – удвоенную мощность одного трансформатора;

$S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения.

Для упрощенного расчета нагрузку приборов можно не разделять по фазам.

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{приб} \cdot \cos \varphi_{приб})^2 + (\sum S_{приб} \cdot \sin \varphi_{приб})^2} = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2}$$

В случае превышения номинальной мощности выбранного класса точности во вторичной нагрузке, разрешается установить дополнительный трансформатор напряжения и подключить к нему некоторые измерительные приборы.

Выбираем трансформатор тока НКФ-220-58У1 по каталожным данным [5, табл. П4.6, стр. 634] со следующими параметрами:

Трансформаторы тока (ТТ) выбираются [2]:

– по напряжению установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

Выбираем: $U_{ном} = 220 \text{ кВ}$; $K_{тн} = 220000 / 100 = 2200$.

$U_{уст} = 220 \text{ кВ} \leq U_{ном} = 220 \text{ кВ}$ – условие выполняется.

– по классу точности;

Для ШЭ2607 требуется класс точности не ниже 0,5 [2].

– по конструкции и схеме соединения обмоток;

Защита линии 220 кВ подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской энергосистемы состоит из ДЗ, ТНЗ и ТНЗНП, поэтому предварительно выбираем трансформатор напряжения НКФ-220-58У1 по каталожным данным [5, табл. 5.13.], у которого основная вторичная обмотка присоединяется к ШЭ 2607 016 по схеме звезда с нулевым проводом, а дополнительная по схеме разомкнутого треугольника.

Таблица 2 – Параметры трансформатора напряжения

Сторона автотрансформатора	Тип	Номинальное напряжение обмотки			Номинальная мощность, В·А				Максимальная мощность, В·А
		Перв., кВ	Осн. втор., В	Доп., В	0,2	0,5	1	3	
ВН	НКФ-220-58У1	220/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100	-	400	600	1200	2000
СН	НКФ-110-58У1	110/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3	-	400	600	1200	2000
НН	НОМ-10-66У3	11	100	-	-	75	750	300	640

2 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

2.1 Токовая направленная защита нулевой последовательности

2.1.1 Расчёт уставок ТЗНП стороны высшего напряжения

автотрансформатора

Токовая защита нулевой последовательности выполняет функцию двойного резервирования: защищает шины и линии от короткого замыкания на землю с ВН-стороны трансформатора, а также обеспечивает дополнительную защиту основных механизмов защиты трансформатора.

Первичный ток срабатывания ТЗНП выбирается исходя из условий:

- согласование по чувствительности с последними, наиболее чувствительными ступенями защит от замыканий на землю смежных линий по выражению:

$$I_{CЗ} \geq K_{отс} \cdot K_{ток} \cdot I_{0,CЗ,CM},$$

где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,1;

$K_{ток}$ - коэффициент токораспределения для токов нулевой последовательности, равный отношению тока в месте установки рассматриваемой защиты к току в смежной линии, с защитой которой производится согласование (равен 1, т.к. АРМ СРЗА сразу учитывает это в расчетах);

$I_{0,CЗ,CM}$ - первичный ток срабатывания первой ступени защиты от замыканий на землю смежной линии, с которой производится согласование.

Для того чтобы рассчитать уставки ТЗНП АТ, следует посчитать уставки смежных линий с АТ. Из рассчитанных уставок выбирается большая и согласуется. Для первой ступени проведем отстройку от КЗ на шинах ВН АТ [6]:

Расчёт 1 ступени ТЗНП линии №269.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:25:32
 ЭЛ ВЛ-220 Н.АНЖЕРСКАЯ - ЗАЙСКИТИМ. ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2691 Тип ТЗНП Ступень 1
 Ветвь 72-347 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ОТСТРОЙКА	УСТ	1507	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 258	ЭЛ 271 ЭЛ 272 ЭЛ 270 ЭЛ 26	3I0=1256 -78 3U0=6.98 -170
	УСТ	1339	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 258	ЭЛ 271 ЭЛ 272 ЭЛ 270 ЭЛ 26	3I0=1116 103 3U0=6.20 10

Элементы 26, 270, 271, 272 отключены, чтобы обеспечить
 максимальный ток нулевой последовательности.

Расчёт 1 ступени ТЗНП линии №270.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:28:31
 ЭЛ ВЛ-220 Н.АНЖЕРСКАЯ - КРОХАЛЕВСК ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2701 Тип ТЗНП Ступень 1
 Ветвь 71-345 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ОТСТРОЙКА	УСТ	2743	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 262	ЭЛ 271 ЭЛ 272 ЭЛ 269 ЭЛ 26	3I0=2285 -77 3U0=12.81 -170
	УСТ	2315	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 262	ЭЛ 271 ЭЛ 272 ЭЛ 269 ЭЛ 26	3I0=1929 103 3U0=10.81 10

Расчёт 1 ступени ТЗНП линии №271.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:29:53
 ЭЛ ВЛ-220 АТ-216 (Н.АНЖЕРСК-ВОСТОЧН) ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2712 Тип ТЗНП Ступень 1
 Ветвь 71-143 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ОТСТРОЙКА	УСТ	1785	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 134	ЭЛ 270 ЭЛ 272 ЭЛ 269 ЭЛ 26	3I0=1488 -90 3U0=12.35 180
	УСТ	1734	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 134	ЭЛ 270 ЭЛ 272 ЭЛ 269 ЭЛ 26	3I0=1445 90 3U0=12.00 -1

Расчёт 1 ступени ТЗНП линии №272.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:31:16
 ЭЛ ВЛ-220 АТ-215 (Н.АНЖЕРСК-ЗОНАЛЬН) ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2722 Тип ТЗНП Ступень 1
 Ветвь 72-144 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрезим</u>	<u>Эл величины</u>
ОТСТРОЙКА	УСТ	2003	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 329	ЭЛ 270 ЭЛ 271 ЭЛ 269 ЭЛ 26	3I0=1669 -90 3U0=10.90 179
	УСТ	1797	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 329	ЭЛ 270 ЭЛ 271 ЭЛ 269 ЭЛ 26	3I0=1497 90 3U0=9.78 -2

Таблица 3 – Значения уставок первых ступеней СТЗНП линий со стороны ВН

№ Линии	Уставка, А
269	1507
270	2743
271	1785
272	2003

Вторая ступень СТЗНП рассчитывается исходя из чувствительности. Если в результате расчёта получится значение коэффициента

$$1,3 < K_{\text{ч}} < 2,5,$$

то, уставка удовлетворяет требованиям. В противном случае уставку нужно изменить. Первоначально уставка второй ступени защиты задается равной половине уставки первой ступени.

Расчёт 2 ступени СТЗНП линии №269.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:34:41
 ЭЛ ВЛ-220 Н.АНЖЕРСКАЯ - ЗАЙСКИТИМ. ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2691 Тип ТЗНП Ступень 1
 Ветвь 72-347 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрезим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	754	1.55	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 258		3I0=1168 -78 3U0=5.31 -166
	УСТ	754	1.36	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 258		3I0=1023 -138 3U0=4.65 134

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Принимаем уставку равной 754 А.

Расчёт 2 ступени СТЗНП линии №270.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:40:10
ЭЛ ВЛ-220 Н.АНЖЕРСКАЯ - КРОХАЛЕВСК ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
Защита 2701 Тип ТЗНП Ступень 1
Ветвь 71-345 КТТ
Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1372	1.65	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 262		ЗИ0=2264 -77 ЗУ0=11.35 -169
	УСТ	1372	1.38	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 262		ЗИ0=1897 -137 ЗУ0=9.51 131

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Принимаем уставку равной 1372 А.

Расчёт 2 ступени СТЗНП линии №271.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:41:35
ЭЛ ВЛ-220 АТ-216 (Н.АНЖЕРСК-ВОСТОЧН) ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
Защита 2712 Тип ТЗНП Ступень 1
Ветвь 71-143 КТТ
Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	893	0.94	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 134		ЗИ0=839 -90 ЗУ0=10.34 180
	УСТ	893	0.88	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 134		ЗИ0=786 -150 ЗУ0=9.68 119

Т.к. коэффициент чувствительности не удовлетворяет требованиям, то меняем уставку до тех пор, пока коэффициент чувствительности не будет удовлетворять требованиям.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:44:25
ЭЛ ВЛ-220 АТ-216 (Н.АНЖЕРСК-ВОСТОЧН) ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
Защита 2712 Тип ТЗНП Ступень 1
Ветвь 71-143 КТТ
Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	602	1.39	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 134		ЗИ0=839 -90 ЗУ0=10.34 180
	УСТ	602	1.31	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 134		ЗИ0=786 -150 ЗУ0=9.68 119

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Принимаем уставку равной 602 А.

Расчёт 2 ступени СТЗНП линии №272.

ЭЛ ВЛ-220 АТ-215 (Н.АНЖЕРСК-ЗОНАЛЬН)
 Защита 2722 Тип ТЭНП
 Ветвь 72-144 КТТ
 Узел КТН

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
 Ступень 1
 СЕТЬ: KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1002	1.25	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 329		3I0=1248 -90 3U0=8.99 178
	УСТ	1002	1.09	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 329		3I0=1094 -150 3U0=7.88 118

Коэффициент чувствительности не удовлетворяет требованиям. Чтобы коэффициент чувствительности удовлетворял требованиям, меняем уставку.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 15:50:57

ЭЛ ВЛ-220 АТ-215 (Н.АНЖЕРСК-ЗОНАЛЬН)
 Защита 2722 Тип ТЭНП
 Ветвь 72-144 КТТ
 Узел КТН

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС
 Ступень 1
 СЕТЬ: KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	838	1.49	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 329		3I0=1248 -90 3U0=8.99 178
	УСТ	838	1.31	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 329		3I0=1094 -150 3U0=7.88 118

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Принимаем уставку равной 838 А.

Таблица 4 – Значения уставок вторых ступеней СТЗНП линий со стороны ВН

№ Линии	Уставка, А
269	754
270	1372
271	602
272	838

Согласование первой ступени защиты АТ с первыми ступенями защиты линий.

Согласование с линией №269.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 16:31:38

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 1507 Т=0.00 защита 2691 ТЭНП (72-347) ЭЛ: ВЛ-220 Н.А НЖЕРСКАЯ - ЗА ИСКИТИМ. ПС: Ш.220 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-187	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕРР 269/72 258-261,0.201 (Лотн лин=0.946)	ЭЛ 26 ЭЛ 270 ЭЛ 271 ЭЛ 272	3I0=170 98 3U0=8.31 -172 3I0(B)=1507 -79 3U0(B)=8.31 -172

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 16:37:21

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 1507 Т=0.00 защита 2691 ТЭНП (72-347) ЭЛ: ВЛ-220 Н.А НЖЕРСКАЯ - ЗА ИСКИТИМ. ПС: Ш.220 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-188	1.10	ВИД-КЗ ВС0 ВЕРР 269/72 258-261,0.512 (Лотн лин=0.862)	ЭЛ 26 ЭЛ 270 ЭЛ 271 ЭЛ 272	3I0=171 -82 3U0=8.23 9 3I0(B)=1507 101 3U0(B)=8.23 9

Согласование с линией №270.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 16:58:34

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 2743 Т=0.00 защита 2701 ТЭНП (71-345) ЭЛ: ВЛ-220 Н.А НЖЕРСКАЯ - КР ОХАЛЕВСК ПС: Ш.220 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-299	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕРР 270/71 262-344,0.518 (Лотн лин=0.898)	ЭЛ 26 ЭЛ 269 ЭЛ 271 ЭЛ 272	3I0=272 98 3U0=15.11 -171 3I0(B)=2743 -78 3U0(B)=15.11 -171

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 16:59:23

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 2743 Т=0.00 защита 2701 ТЭНП (71-345) ЭЛ: ВЛ-220 Н.А НЖЕРСКАЯ - КР ОХАЛЕВСК ПС: Ш.220 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-315	1.10	ВИД-КЗ ВС0 ВЕЕР 270/71 344-374, 0.052 (Лотн лин=0.800)	ЭЛ 26 ЭЛ 269 ЭЛ 271 ЭЛ 272	3I0=286 -82 3U0=14.92 9 3I0 (Б)=2743 101 3U0 (Б)=14.92 9

Согласование с линией №271.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 17:02:15

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 1785 Т=0.00 защита 2712 ТЭНП (71-143) ЭЛ: ВЛ-220 АТ- 216 (Н.АНЖЕРСК -ВОСТОЧН) ПС: Ш.220 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-290	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 271/71 134-147, 0.276 (Лотн лин=0.966)	ЭЛ 26 ЭЛ 269 ЭЛ 270 ЭЛ 272	3I0=263 90 3U0=13.08 179 3I0 (Б)=1785 -90 3U0 (Б)=13.08 179

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 17:02:58

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 1785 Т=0.00 защита 2712 ТЭНП (71-143) ЭЛ: ВЛ-220 АТ- 216 (Н.АНЖЕРСК -ВОСТОЧН) ПС: Ш.220 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-275	1.10	ВИД-КЗ ВС0 ВЕЕР 271/71 134-147, 0.456 (Лотн лин=0.944)	ЭЛ 26 ЭЛ 269 ЭЛ 270 ЭЛ 272	3I0=250 -91 3U0=12.38 -1 3I0 (Б)=1785 90 3U0 (Б)=12.38 -1

Согласование с линией №272.

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 17:04:29

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 2003 Т=0.00 защита 2722 ТЭНП (72-144) ЭЛ: ВЛ-220 АТ- 215 (Н.АНЖЕРСК -ЗОНАЛЬН) ПС: Ш.220 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-275	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕРР 272/72 144-327,0.983 (Лотн лин=0.934)	ЭЛ 26 ЭЛ 269 ЭЛ 270 ЭЛ 271	3I0=250 89 3U0=12.56 178 3I0 (Б)=2003 -90 3U0 (Б)=12.56 178

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 17:05:16

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 2003 Т=0.00 защита 2722 ТЭНП (72-144) ЭЛ: ВЛ-220 АТ- 215 (Н.АНЖЕРСК -ЗОНАЛЬН) ПС: Ш.220 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-262	1.10	ВИД-КЗ ВС0 ВЕРР 272/72 144-327,0.636 (Лотн лин=0.794)	ЭЛ 26 ЭЛ 269 ЭЛ 270 ЭЛ 271	3I0=239 -91 3U0=11.71 -2 3I0 (Б)=2003 90 3U0 (Б)=11.71 -2

3 степень отстраивается от наибольшего рабочего режима.

Для АТ максимальный ток нагрузки J_Н принимается 1,2 от номинального тока на стороне, где стоит защита.

$$J_H = 1.2 \cdot 158.15 = 189.78 \text{ A}$$

Дата формирования документа для Word: 31.05.2023 5:37:15

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 3

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
НАГРУЗКА	УСТ	15			КН=1.30 КВРТ=0.85 КНБ=0.05 JH=190	

Произведем отстройку от наибольшего тока нулевой последовательности при трехфазном КЗ за треугольником АТ 3 степень.

Предварительно рассчитаем ток трехфазного КЗ за треугольником в узле:

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====
 ЗАДАНИЕ- СЕТЬ-KUZBASS-2010 ДАТА-01.06.2023. ВРЕМЯ-10:57:01. #2
 ***** П О В Р Е Ж Д Е Н И Я *****
 76 3-трехфазное КЭ (АВС)
 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Суммарные величины в узле КЭ:

U_{па}=11.3/-1 Z₁=0.003+j0.142 Z₂=0.003+j0.142 Z₀=0.000-j-0.000

I_лсум 45864 91 I₂сум 0 0 3I₀сум 0 0

I_Асум 45864 91 I_Всум 45864 -29 I_Ссум 45864 -149

I_{АВ}сум 79438 121 I_{ВС}сум 79438 1 I_{СА}сум 79438 -119

73	UA	57.41	1	UB	57.41	-119	UC	57.41	121
	U1	57.41	1	U2	0.00	0	3U0	0.00	0
72	UA	126.67	-0	UB	126.67	-120	UC	126.67	120
	U1	126.67	-0	U2	0.00	0	3U0	0.00	0
73-72	IA	1357	86	IB	1357	-34	IC	1357	-154
	I1	1357	86	I2	0	0	3I0	0	0
	UA	57.41	1	UB	57.41	-119	UC	57.41	121
	U1	57.41	1	U2	0.00	0	3U0	0.00	0
70-73	IA	2820	-87	IB	2820	153	IC	2820	33
	I1	2820	-87	I2	0	0	3I0	0	0
	UA	56.43	1	UB	56.43	-119	UC	56.43	121
	U1	56.43	1	U2	0.00	0	3U0	0.00	0
73-76	IA	4169	-89	IB	4169	151	IC	4169	31
	I1	4169	-89	I2	0	0	3I0	0	0
	UA	57.41	1	UB	57.41	-119	UC	57.41	121
	U1	57.41	1	U2	0.00	0	3U0	0.00	0

Рисунок 2 - $K^{(3)}$ в узле 76

Дата формирования документа для Word: 01.06.2023 11:48:35

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
НАГРУЗКА	УСТ	294			КН=1.20 КВРТ=0.85 КНБ=0.05 JH=4169	

Таблица 5 – принятые уставки СТЗНП АТ ВН

Номер ступени	Принятая уставка, А
1	2743
2	1372
3	294

Проведем проверку чувствительности СТЗНП АТ.

Чувствительность первой и второй ступеней проверяется при замыкании на землю на шинах рассматриваемой подстанции, третья ступень проверяется по току замыкания на землю в конце смежных линий.

Первая ступень.

Дата формирования документа для Word: 01.06.2023 11:34:13

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 1

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2743	-1.72	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 72		3I0=1979 90 3U0=112.20 180
	УСТ	2743	-1.79	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 72		3I0=2180 30 3U0=123.57 120

Вторая ступень.

Дата формирования документа для Word: 01.06.2023 11:35:13

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 2

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1372	-1.44	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 72		3I0=1979 90 3U0=112.20 180
	УСТ	1372	-1.59	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 72		3I0=2180 30 3U0=123.57 120

Третья ступень.

Дата формирования документа для Word: 01.06.2023 11:52:12

ЭЛ АТ-3-250

ПС Ш.220 НОВОАНЖЕРС

Защита 271

Тип ТЭНП

Степень 3

Ветвь 72-73

КТТ

Узел

КТН

СЕТЬ: KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	294	-1.50	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 329		3I0=148 88 3U0=8.99 178
	УСТ	294	-1.44	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 329		3I0=130 28 3U0=7.88 118
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	294	-1.60	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 134		3I0=175 90 3U0=10.34 180
	УСТ	294	-1.56	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 134		3I0=164 29 3U0=9.68 119
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	294	-1.56	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 262		3I0=166 100 3U0=11.34 -169
	УСТ	294	-1.47	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 262		3I0=139 40 3U0=9.51 131
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	294	-1.35	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 258		3I0=91 103 3U0=5.31 -166
	УСТ	294	-1.31	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 258		3I0=79 44 3U0=4.65 134

Все ступени удовлетворяют требуемым коэффициентам чувствительности. Далее проведем расчёты для средней стороны АТ.

2.1.2 Расчёт уставок ТЗНП стороны среднего напряжения автотрансформатора

Проведем отстройку от КЗ на шинах СН АТ:

Расчёт 1 ступени ТЗНП линии №225.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:40:14
ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - АНЖЕРСКАЯ-2 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
Защита 2251 Тип ТЗНП Ступень 1
Ветвь 69-593 КТТ
Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	-2987	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 69	ЭЛ 26 ЭЛ 242 ЭЛ 224 ЭЛ 244	3I0=2489 98 3U0=50.70 -177
	УСТ	-3495	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 69	ЭЛ 26 ЭЛ 242 ЭЛ 224 ЭЛ 244	3I0=2912 -83 3U0=59.31 2

Элементы 26, 242, 224, 244 отключены, чтобы обеспечить
максимальный ток нулевой последовательности.

Расчёт 1 ступени ТЗНП линии №242.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:41:35
ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - ИВЕРКА ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
Защита 2421 Тип ТЗНП Ступень 1
Ветвь 69-97 КТТ
Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	-671	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 69	ЭЛ 26 ЭЛ 225 ЭЛ 224 ЭЛ 244	3I0=560 99 3U0=45.79 -180
	УСТ	-825	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 69	ЭЛ 26 ЭЛ 225 ЭЛ 224 ЭЛ 244	3I0=687 -82 3U0=56.23 -0

Расчёт 1 ступени ТЗНП линии №224.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:42:38
ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - АНЖЕРСКАЯ-1 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
Защита 2242 Тип ТЗНП Ступень 1
Ветвь 70-67 КТТ
Узел КТН СЕТЬ: KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	-932	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 70	ЭЛ 26 ЭЛ 225 ЭЛ 242 ЭЛ 244	3I0=777 110 3U0=48.90 -179
	УСТ	-1111	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 70	ЭЛ 26 ЭЛ 225 ЭЛ 242 ЭЛ 244	3I0=926 -71 3U0=58.28 0

Расчёт 1 ступени ТЗНП линии №244.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:43:46
 ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСК.-ЯЯ-ИВЕРКА ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2441 Тип ТЗНП Ступень 1
 Ветвь 70-98 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	-671	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 70	ЭЛ 26 ЭЛ 225 ЭЛ 242 ЭЛ 224	3I0=560 99 3U0=45.79 -180
	УСТ	-825	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 70	ЭЛ 26 ЭЛ 225 ЭЛ 242 ЭЛ 224	3I0=687 -82 3U0=56.23 -0

Знак минус в значении означает, что

Таблица 6 – Значения уставок первых ступеней СТЗНП линий со стороны СН

№ Линии	Уставка, А
224	1111
225	3495
242	825
244	825

Вторая ступень СТЗНП рассчитывается исходя из чувствительности.
 Если в результате расчёта получится значение коэффициента

$$1,3 < K_{\text{ч}} < 2,5,$$

то, уставка удовлетворяет требованиям. В противном случае уставку нужно изменить. Первоначально уставка второй ступени защиты задается равной половине уставки первой ступени.

Расчёт 2 ступени СТЗНП линии №224.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:51:12
 ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - АНЖЕРСКАЯ-1 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2242 Тип ТЗНП Ступень 2
 Ветвь 70-67 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	556	-0.52	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=290 107 3U0=50.57 -178
	УСТ	556	-0.61	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=340 46 3U0=59.40 121

Коэффициент чувствительности не удовлетворяет требованиям.

Меняем уставку.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:53:07
 ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - АНЖЕРСКАЯ-1 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2242 Тип ТЗНП Ступень 2
 Ветвь 70-67 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	222	-1.31	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=290 107 3U0=50.57 -178
	УСТ	222	-1.53	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=340 46 3U0=59.40 121

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Принимаем уставку равной 222 А.

Расчёт 2 ступени СТЗНП линии №225.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:54:38
 ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - АНЖЕРСКАЯ-2 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2251 Тип ТЗНП Ступень 2
 Ветвь 69-593 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1748	-1.03	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 69		3I0=1797 98 3U0=50.57 -178
	УСТ	1748	-1.21	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 69		3I0=2110 37 3U0=59.40 121

Т.к. коэффициент чувствительности не удовлетворяет требованиям, то
 меняем уставку до тех пор, пока коэффициент чувствительности не будет
 удовлетворять требованиям.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:56:01
 ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - АНЖЕРСКАЯ-2 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2251 Тип ТЭНП Ступень 2
 Ветвь 69-593 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрезим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1371	-1.31	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 69		3I0=1797 98 3U0=50.57 -178
	УСТ	1371	-1.54	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 69		3I0=2110 37 3U0=59.40 121

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Принимаем уставку равной 1371 А.

Расчёт 2 ступени СТЗНП линии №242.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:57:57
 ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - ИВЕРКА ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2421 Тип ТЭНП Ступень 2
 Ветвь 69-97 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрезим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	413	-0.61	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 69		3I0=252 101 3U0=50.57 -178
	УСТ	413	-0.72	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 69		3I0=296 40 3U0=59.40 121

Т.к. коэффициент чувствительности не удовлетворяет требованиям, то меняем уставку до тех пор, пока коэффициент чувствительности не будет удовлетворять требованиям.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 13:58:57
 ЭЛ ВЛ-110 Н.АНЖЕРСКАЯ - ИВЕРКА ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2421 Тип ТЭНП Ступень 2
 Ветвь 69-97 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	192	-1.31	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 69		3I0=252 101 3U0=50.57 -178
	УСТ	192	-1.54	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 69		3I0=296 40 3U0=59.40 121

Коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям.

Принимаем уставку равной 192 А.

Расчёт 2 ступени СТЗНП линии №244.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 14:00:26
 Эл ВЛ-110 Н.АНЖЕРСК.-ЯЯ-ИВЕРКА ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 2441 Тип ТЗНП Ступень 2
 Ветвь 70-98 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрезим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	413	-0.61	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=252 101 3U0=50.57 -178
	УСТ	413	-0.72	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=296 40 3U0=59.40 121
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	192	-1.31	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=252 101 3U0=50.57 -178
	УСТ	192	-1.54	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=296 40 3U0=59.40 121

Коэффициент чувствительности не удовлетворяет требованиям. Чтобы коэффициент чувствительности удовлетворял требованиям, меняем и принимаем уставку 192 А [7].

Таблица 7 – Значения уставок вторых ступеней СТЗНП линий со стороны СН

№ Линии	Уставка, А
224	222
225	1371
242	192
244	192

Согласование первой ступени защиты АТ с первыми ступенями защиты линий.

Согласование с линией №224.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 17:45:21
 Эл АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 1
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величин
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 ступенью 1111 Т=0.00 защита 2242 ТЭНП (70-67) Эл:ВЛ-110 Н.А НЖЕРСКАЯ - АН ЖЕРСКАЯ-1 ПС:Ш.110 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-187	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕР 224/70 67-70,0.180 (Лотн лин=0.820)	Эл 26 224 225 244	3I0=170 99 3U0=17.93 -172 3I0(B)=1111 -84 3U0(B)=17.93 -172
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 ступенью 1111 Т=0.00 защита 2242 ТЭНП (70-67) Эл:ВЛ-110 Н.А НЖЕРСКАЯ - АН ЖЕРСКАЯ-1 ПС:Ш.110 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-188	1.10	ВИД-КЗ ВС0 ВЕР 224/70 67-70,0.362 (Лотн лин=0.638)	Эл 26 224 225 244	3I0=171 -82 3U0=18.97 7 3I0(B)=1110 96 3U0(B)=18.97 7

Согласование с линией №225.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 17:30:56
 Эл АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 1
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величин
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 ступенью 3495 Т=0.00 защита 2251 ТЭНП (69-593) Эл:ВЛ-110 Н.А НЖЕРСКАЯ - АН ЖЕРСКАЯ-2 ПС:Ш.110 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-299	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕР 225/69 593-69,0.006 (Лотн лин=0.994)	Эл 26 224 225 244	3I0=272 101 3U0=15.96 -170 3I0(B)=3495 -80 3U0(B)=15.96 -170
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 ступенью 3495 Т=0.00 защита 2251 ТЭНП (69-593) Эл:ВЛ-110 Н.А НЖЕРСКАЯ - АН ЖЕРСКАЯ-2 ПС:Ш.110 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-315	1.10	ВИД-КЗ ВС0 ВЕР 225/69 593-69,0.131 (Лотн лин=0.869)	Эл 26 224 225 244	3I0=284 -81 3U0=15.89 9 3I0(B)=3494 98 3U0(B)=15.89 9

Согласование с линией №242.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 17:48:44
 ЭЛ АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 1
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 825 Т=0.00 защита 2421 ТЭНП (69-97) ЭЛ:ВЛ-110 Н.А НЖЕРСКАЯ - ИВ ЕРКА ПС:Ш.110 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-771	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 242/69 101-103,0.949 (Лотн лин=0.983)	ЭЛ 26 224 225 244	3I0=707 103 3U0=3.83 -168 3I0(Б)=825 -77 3U0(Б)=3.83 -168
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 825 Т=0.00 защита 2421 ТЭНП (69-97) ЭЛ:ВЛ-110 Н.А НЖЕРСКАЯ - ИВ ЕРКА ПС:Ш.110 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-646	1.10	ВИД-КЗ ВС0 ВЕЕР 242/69 101-103,0.683 (Лотн лин=0.894)	ЭЛ 26 224 225 244	3I0=558 -79 3U0=3.17 10 3I0(Б)=825 101 3U0(Б)=3.17 10

Согласование с линией №244.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 17:58:55
 ЭЛ АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 1
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 825 Т=0.00 защита 2441 ТЭНП (70-98) ЭЛ:ВЛ-110 Н.А НЖЕРСК.-ЯЯ-ИВ ЕРКА ПС:Ш.110 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-770	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕЕР 244/70 102-104,0.688 (Лотн лин=0.896)	ЭЛ 26 224 225 242	3I0=706 102 3U0=3.84 -168 3I0(Б)=825 -78 3U0(Б)=3.84 -168
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 825 Т=0.00 защита 2441 ТЭНП (70-98) ЭЛ:ВЛ-110 Н.А НЖЕРСК.-ЯЯ-ИВ ЕРКА ПС:Ш.110 НОВО АНЖЕРС	УСТ	-646	1.10	ВИД-КЗ ВС0 ВЕЕР 244/70 102-104,0.224 (Лотн лин=0.740)	ЭЛ 26 224 225 242	3I0=559 -79 3U0=3.17 10 3I0(Б)=825 101 3U0(Б)=3.17 10

3 ступень отстраивается от наибольшего рабочего режима.

Для АТ максимальный ток нагрузки ЛН принимается 1,2 от номинального тока на стороне, где стоит защита.

$$J_H = 1.2 \cdot 300.61 = 360,732 \text{ A}$$

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 18:03:11
 ЭЛ АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 3
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрезим	Эл величины
НАГРУЗКА	УСТ	25			КН=1.30 КВРТ=0.95 КНБ=0.05 ЛН=361	

Произведем отстройку от наибольшего тока нулевой последовательности при трехфазном КЗ за треугольником АТ 3 степень.

Предварительно рассчитаем ток трехфазного КЗ за треугольником в узле:

```

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====
ЗАДАНИЕ- СЕТЬ-KUZBASS-2010 ДАТА-01.06.2023. ВРЕМЯ-10:57:01. #2
**** П О В Р Е Ж Д Е Н И Я ****
76 3-трехфазное КЗ (АВС)
      РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА
-----
Суммарные величины в узле КЗ:
Uпа=11.3/-1 Z1=0.003+j0.142 Z2=0.003+j0.142 Z0=0.000-j-0.000
Iлсум 45864 91 I2сум 0 0 3I0сум 0 0
IАсум 45864 91 IВсум 45864 -29 IСсум 45864 -149
IАВсум 79438 121 IВСсум 79438 1 IСАсум 79438 -119
-----
73 UA 57.41 1 UB 57.41 -119 UC 57.41 121
   U1 57.41 1 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
72 UA 126.67 -0 UB 126.67 -120 UC 126.67 120
   U1 126.67 -0 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
73-72 IA 1357 86 IB 1357 -34 IC 1357 -154
     I1 1357 86 I2 0 0 3I0 0 0
     UA 57.41 1 UB 57.41 -119 UC 57.41 121
     U1 57.41 1 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
70-73 IA 2820 -87 IB 2820 153 IC 2820 33
     I1 2820 -87 I2 0 0 3I0 0 0
     UA 56.43 1 UB 56.43 -119 UC 56.43 121
     U1 56.43 1 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
73-76 IA 4169 -89 IB 4169 151 IC 4169 31
     I1 4169 -89 I2 0 0 3I0 0 0
     UA 57.41 1 UB 57.41 -119 UC 57.41 121
     U1 57.41 1 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
  
```

Рисунок 3 - $K^{(3)}$ в узле 76

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 18:05:23
 ЭЛ АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 3
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
НАГРУЗКА	УСТ	319			КН=1.30 КВРТ=0.85 КНБ=0.05 ЛН=4169	

Таблица 8 – принятые уставки СТЗНП АТ СН

Номер ступени	Принятая уставка, А
1	3495
2	1371
3	319

Проведем проверку чувствительности СТЗНП АТ.

Первая ступень.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 18:07:14
 ЭЛ АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 1
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	3495	-2.68	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=9369 93 3U0=50.57 -178
	УСТ	3495	-3.15	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=11004 32 3U0=59.40 121

Вторая ступень.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 18:07:48
 ЭЛ АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 2
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1371	-6.83	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=9369 93 3U0=50.57 -178
	УСТ	1371	-8.03	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 70		3I0=11004 32 3U0=59.40 121

Третья ступень.

Дата формирования документа для Word: 04.06.2023 18:09:55
 ЭЛ АТ-3-250 ПС Ш.110 НОВОАНЖЕРС
 Защита 272 Тип ТЭНП Ступень 3
 Ветвь 70-73 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:KUZBASS-2010

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрезим</u>	<u>Эл величины</u>
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	319	-9.05	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 593		3I0=2889 101 3U0=15.88 -170
	УСТ	319	-8.09	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 593		3I0=2580 40 3U0=14.18 129
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	319	-17.83	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 97		3I0=5688 97 3U0=30.70 -174
	УСТ	319	-16.49	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 97		3I0=5261 37 3U0=28.40 126
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	319	-8.75	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 67		3I0=2790 99 3U0=15.22 -171
	УСТ	319	-7.49	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 67		3I0=2390 39 3U0=13.04 129
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	319	-17.83	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 98		3I0=5688 97 3U0=30.70 -174
	УСТ	319	-16.49	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 98		3I0=5261 37 3U0=28.40 126

Все ступени удовлетворяют требуемым коэффициентам чувствительности.

2.2 Продольная дифференциальная защита

Для предотвращения внутренних повреждений и повреждений на выводах автотрансформатора часто используется продольная дифференциальная защита, которая должна быть настроена таким образом, чтобы не срабатывать при бросках тока намагничивания.

В защитных механизмах НПП "ЭКРА" внедрены функции ДТЗ Т (АТ), которые используют пофазную технологию и обладают чувствительным токовым органом с тормозной характеристикой и дифференциальной отсечкой. Данные функции ДТЗ реагируют на все типы коротких замыканий, получившихся в области действия защиты. Изображение, раскрывающее характеристики защиты представлено на рисунке 4.

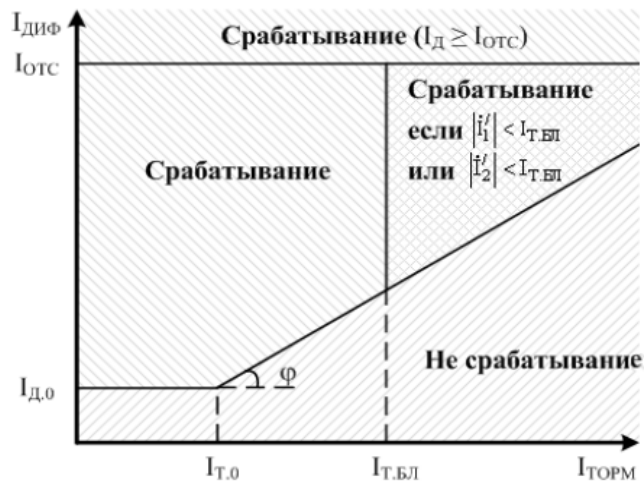


Рисунок 4 – Характеристика срабатывания ДТЗ с торможением

Максимальные токи КЗ протекающие через трансформаторы тока обусловлены трехфазным КЗ на шинах соответствующей стороны. Для получения значений токов КЗ, смоделируем трехфазные замыкания в узлах 72, 70 и 76, результаты расчета приведены на рисунках 5-7:

Максимальные токи, которые протекают через трансформаторы тока, связаны с трехфазным коротким замыканием, которое произошло на шинах соответствующей стороны. Чтобы получить данные о токах КЗ, мы провели моделирование трехфазной аварии в узлах 72, 70 и 76. Результаты расчетов представлены на рисунках 5-7 [8].

```

===== АРМ СР9А г.Новосибирск ПК БРИЗ =====
ЗАДАНИЕ- СЕТЬ-KUZBASS-2010 ДАТА-31.05.2023. ВРЕМЯ-6:08:19. #5
**** П О В Р Е Ж Д Е Н И Я ****
72 3-трехфазное КЗ (АВС)
                РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА
-----
Суммарные величины в узле КЗ:
Uпа=238.2/-1 Z1=0.368+j6.073 Z2=0.368+j6.073 Z0=0.257+j4.539
I1сум  22600  93  I2сум      0  0  3I0сум      0  0
IАсум  22600  93  IВсум  22600 -27  IСсум  22600 -147
IАВсум 39144 123  IВСсум 39144  3  IСАсум 39144 -117
-----
72 UA      0.00  0      UB      0.00  0      UC      0.00  0
   U1      0.00  0      U2      0.00  0      3U0      0.00  0
73-72 IA     1931 -78     IB     1931 162     IC     1931  42
    I1     1931 -78     I2        0  0      3I0        0  0
    UA     13.21 12     UB     13.21 -108     UC     13.21 132
    U1     13.21 12     U2        0.00  0      3U0        0.00  0
70-73 IA     1931 -78     IB     1931 162     IC     1931  42
    I1     1931 -78     I2        0  0      3I0        0  0
    UA     12.53 12     UB     12.53 -108     UC     12.53 132
    U1     12.53 12     U2        0.00  0      3U0        0.00  0
76-73 IA        0  0     IB        0  0     IC        0  0
    I1        0  0     I2        0  0      3I0        0  0
    UA      1.20 12     UB      1.20 -108     UC      1.20 132
    U1      1.20 12     U2        0.00  0      3U0        0.00  0

```

Рисунок 5 - Трехфазное КЗ в узле 72, замыкание на ВН АТ

```

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====
ЗАДАНИЕ- СЕТЬ-KUZBASS-2010 ДАТА-31.05.2023. ВРЕМЯ-7:19:34. #6
**** П О В Р Е Ж Д Е Н И Я ****
70 3-трехфазное КЗ (АВС)
                РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА
-----
Суммарные величины в узле КЗ:
Uпа=124.5/-1 Z1=0.344+j3.585 Z2=0.344+j3.585 Z0=0.053+j2.205
I1сум 19958 95 I2сум 0 0 3I0сум 0 0
IAсум 19958 95 IBсум 19958 -25 ICсум 19958 -145
IABсум 34568 125 IBCсум 34568 5 ICАсум 34568 -115
-----
72 UA 84.79 -0 UB 84.79 -120 UC 84.79 120
   U1 84.79 -0 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
73-72 IA 6874 90 IB 6874 -30 IC 6874 -150
     I1 6874 90 I2 0 0 3I0 0 0
     UA 2.41 180 UB 2.41 60 UC 2.41 -60
     U1 2.41 180 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
70-73 IA 6874 90 IB 6874 -30 IC 6874 -150
     I1 6874 90 I2 0 0 3I0 0 0
     UA 0.00 0 UB 0.00 0 UC 0.00 0
     U1 0.00 0 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
76-73 IA 0 0 IB 0 0 IC 0 0
     I1 0 0 I2 0 0 3I0 0 0
     UA 0.22 180 UB 0.22 60 UC 0.22 -60
     U1 0.22 180 U2 0.00 0 3U0 0.00 0

```

Рисунок 6 - Трехфазное КЗ в узле 70, замыкание на СН АТ

```

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====
ЗАДАНИЕ- СЕТЬ-KUZBASS-2010 ДАТА-01.06.2023. ВРЕМЯ-10:57:01. #2
**** П О В Р Е Ж Д Е Н И Я ****
76 3-трехфазное КЗ (АВС)
      РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА
-----
Суммарные величины в узле КЗ:
Uпа=11.3/-1  Z1=0.003+j0.142  Z2=0.003+j0.142  Z0=0.000-j-0.000
I1сум  45864  91  I2сум      0  0  3I0сум      0  0
IАсум  45864  91  IВсум  45864 -29  IСсум  45864 -149
IАВсум  79438 121  IВСсум  79438  1  IСАсум  79438 -119
-----
      73  UA   57.41  1    UB   57.41 -119    UC   57.41 121
          U1   57.41  1    U2    0.00  0    3U0    0.00  0
      72  UA  126.67 -0    UB  126.67 -120    UC  126.67 120
          U1  126.67 -0    U2    0.00  0    3U0    0.00  0
      73-72 IA   1357  86    IB   1357 -34    IC   1357 -154
          I1   1357  86    I2    0  0    3I0    0  0
          UA   57.41  1    UB   57.41 -119    UC   57.41 121
          U1   57.41  1    U2    0.00  0    3U0    0.00  0
      70-73 IA   2820 -87    IB   2820 153    IC   2820  33
          I1   2820 -87    I2    0  0    3I0    0  0
          UA   56.43  1    UB   56.43 -119    UC   56.43 121
          U1   56.43  1    U2    0.00  0    3U0    0.00  0
      73-76 IA   4169 -89    IB   4169 151    IC   4169  31
          I1   4169 -89    I2    0  0    3I0    0  0
          UA   57.41  1    UB   57.41 -119    UC   57.41 121
          U1   57.41  1    U2    0.00  0    3U0    0.00  0

```

Рисунок 7 - Трехфазное КЗ в узле 76, замыкание на НН АТ

Таблица 9 - замеры токов КЗ для ДФЗ

	Место КЗ	Вид КЗ	I1, А	I2, А	3I0, А
Дифференциальная защита	72	АВС	1931	0	0
	70	АВС	6874	0	0
	76	АВС	4169	0	0
МТЗ с пуском по напряжению	72	АВС	1931	0	0

Сторона ВН:

$$I_{\text{КЗ}} = 1931 \text{ А, кратность тока } K = \frac{I_{\text{КЗ}}}{I_{\text{НОМ,ВН}}} = \frac{1931}{158,15} = 12,21 \leq K_{\text{пред}} = 20;$$

Сторона СН:

$$I_{\text{КЗ}} = 6874 \text{ А, кратность тока } K = \frac{I_{\text{КЗ}}}{I_{\text{НОМ,СН}}} = \frac{6874}{300,61} = 22,87 \leq K_{\text{пред}} = 25;$$

Сторона НН:

$$I_{K3} = 4169 \text{ А, кратность тока } K = \frac{I_{K3}}{I_{НОМ,НН}} = \frac{4169}{3306,74} = 1,26 \leq K_{\text{пред}} = 15.$$

В зависимости от схемы соединения обмоток силового автотрансформатора, от схемы соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны и от схемы включения ТТ НН (на фазные/линейные токи) выбирается в соответствии с выражением [8]:

$$K_{CX\text{ ВН/НН}} = \frac{K_{CX\text{ ОБМ ВН}}}{K_{CX\text{ ОБМ НН}}} \cdot \frac{K_{CX\text{ ТТ ВН}}}{K_{CX\text{ ТТ НН}} \cdot K_{ВКЛ\text{ ТТ НН}}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$K_{CX\text{ ВН/НН}} = \frac{K_{CX\text{ ОБМ СН}}}{K_{CX\text{ ОБМ НН}}} \cdot \frac{K_{CX\text{ ТТ СН}}}{K_{CX\text{ ТТ НН}} \cdot K_{ВКЛ\text{ ТТ НН}}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

- сторона ВН: схема соединения обмоток силового АТ «звезда» ($K_{CX\text{ ОБМ ВН}}=1$), схема соединения вторичных обмоток ТТ «звезда» ($K_{CX\text{ ТТ ВН}}=1$);

- сторона СН: схема соединения обмоток силового АТ «звезда» ($K_{CX\text{ ОБМ СН}}=1$), схема соединения вторичных обмоток ТТ «звезда» ($K_{CX\text{ ТТ СН}}=1$);

- сторона НН: схема соединения обмоток силового АТ «треугольник» ($K_{CX\text{ ОБМ НН}}=\sqrt{3}$), схема соединения вторичных обмоток ТТ «звезда» ($K_{CX\text{ ТТ НН}}=1$), схема включения ТТ НН ($K_{ВКЛ\text{ ТТ НН}}=1$) – на фазные токи.

Базисный ток стороны ВН (аналогично СН и НН) для терминала защиты АТ.

$$I_{\text{БАЗВН}} = \frac{K_{CX\text{ ТТ ВН}} \cdot K_{\text{АТВН}}}{K_{\text{ТТВН}}} \cdot \frac{S_{\text{НОМАТ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}} = \frac{1 \cdot 1}{300/5} \cdot \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,636 \text{ А}$$

$$I_{\text{БАЗСН}} = \frac{K_{CX\text{ ТТ СН}} \cdot K_{\text{АТСН}}}{K_{\text{ТТСН}}} \cdot \frac{S_{\text{НОМАТ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{СН}}} = \frac{1 \cdot 1}{400/5} \cdot \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 121} = 3,758 \text{ А}$$

$$I_{\text{БАЗНН}} = \frac{K_{CX\text{ ТТ НН}} \cdot K_{\text{АТНН}}}{K_{\text{ТТНН}}} \cdot \frac{S_{\text{НОМАТ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}} = \frac{1 \cdot 1}{4000/5} \cdot \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 4,133 \text{ А}$$

где $S_{\text{НОМАТ}} = 63 \text{ МВА}$ – номинальная мощность автотрансформатора;

U_{CTOP} – номинальное напряжение на соответствующей стороне ($U_{ВН}=230$ кВ, $U_{СН}=121$ кВ, $U_{НН}=11$ кВ);

K_{TTCTOP} – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны:
 $K_{TTВН} = 300 / 5$, $K_{TTСН} = 400 / 5$, $K_{TTНН} = 4000 / 5$;

K_{ATCTOP} – коэффициент трансформации внешнего выравнивающего (авто)трансформатора, используемого для выравнивания значения базисного тока соответствующей стороны, если он выходит за пределы диапазона 0,251 – 16,000 А. при первоначальном расчете базисного тока принимаем $K_{ATВН} = K_{ATСН} = K_{ATНН} = 1$;

$K_{CXTTCTOP}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ, для ТТ на сторонах ВН, СН и НН АТ-1, соединенных в «звезду», составляет 1.

2.2.1 Выбор тока начала торможения ДТЗ

Ток начала торможения в относительных единицах рекомендуется принимать равным 1,0.

Уставка: $I_{T0ДЗТ} = 1$.

2.2.2 Расчет минимального тока срабатывания ДТЗ

Минимальный ток срабатывания ДТЗ на горизонтальном участке характеристики при отсутствии торможения определяется по условию отстройки от тока небаланса в переходном режиме работы защищаемого трансформатора при малых сквозных токах (внешнее КЗ с низким уровнем токов КЗ) и рассчитывается по выражению:

$$I_{Д0} \geq K_{OTC} I_{НБРАСЧ*} = 1,1 \cdot 0,29 = 0,319$$

где K_{OTC} – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности измерительного органа, ошибки расчета и необходимый запас, и может быть принят равным 1,1 (из диапазона 1,1 – 1,3);

$I_{НБ.РАСЧ*}$ - относительный ток небаланса в переходном режиме работы защищаемого трансформатора при малых сквозных токах (внешнее КЗ с низким уровнем токов КЗ), определяемый по выражению:

$$I_{НБ.РАСЧ*} = K_{ОДН} \cdot K_{ПЕР} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ} = \\ = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,10 + 0,12 + 0,02 + 0 = 0,29,$$

где

где $K_{ПЕР} = 1.5$ – коэффициент (минимальный из диапазона 1,5 – 2,5), учитывающий переходный процесс: при использовании на разных сторонах защищаемого АТ одностипных ТТ (только встроенных) с одинаковой схемой соединения вторичных обмоток ТТ (оба в «звезду»);

$K_{ОДН} = 1$ – значение коэффициента одностипности ТТ для АТ;

$\xi = 0.1$ - относительное значение полной погрешности ТТ в режиме, соответствующем установившемуся КЗ для ТТ классом точности 10Р;

$\Delta U_{РПН} = 0.12$ - относительная погрешность, обусловленная наличием РПН, принимается равной большему значению диапазона регулирования РПН;

$\Delta f_{ВЫР} = 0.02$ - относительная погрешность выравнивания токов плеч. Данная погрешность определяется погрешностями входных ТТ и аналого-цифровыми преобразователями терминала;

$\Delta f_{ПТТ} = 0$ - относительная погрешность внешнего выравнивающего трансформатора или автотрансформатора, которые у нас не устанавливаются.

Уставка: $I_{C3\min} = 0.29$.

2.2.3 Расчет тока торможения блокировки ДТЗ

$I_{Т.БЛ}$ блокирует ток торможения, что приводит к изменению характеристики срабатывания ДТЗ с наклонного участка на вертикальный:

- если $I_1 \geq I_{Т.БЛ}$ и $I_2 \geq I_{Т.БЛ}$ - ДТЗ блокируется;

- если $I_1 < I_{Т.БЛ}$ и $I_2 < I_{Т.БЛ}$ - наклон характеристики срабатывания ДТЗ определяется коэффициентом торможения.

Определение тока торможения блокировки $I_{Т.БЛ}$ основано на расхождении с максимально возможным сквозным током нагрузки Т (АТ). Наибольшее значение сквозного тока нагрузки устанавливается при запуске секционного выключателя АВР или при АПВ питающих линий. Установлено, что ток торможения блокировки может быть оценен как:

$$I_{Т.БЛ.} = K_{ОТС} \cdot K_{ПРЕД НАГР} \cdot I_{НОМ*} = 1,1 \cdot 1,8 \cdot 1 = 1,98$$

где $K_{ОТС} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$K_{ПРЕД НАГР} = 1,8$ – коэффициент, определяющий предельную нагрузочную способность АТ мощностью 63 МВА;

$I_{НОМ*}$ - относительный номинальный ток АТ, определяемый по выражению:

$$I_{НОМ*} = \frac{I_{НОМ НАГР}}{I_{БАЗ ВН}} \cdot \frac{K_{СХТТ ВН}}{K_{ТТ ВН}} = \frac{158,15}{2,636} \cdot \frac{1}{300/5} = 1$$

$$I_{НОМ НАГР} = \frac{S_{НОМ АТ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ВН АТ}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 158,15 \text{ А} - \text{максимально возможный}$$

сквозной ток нагрузки АТ.

Уставка: $I_{Тmax} = 2$.

2.2.4 Расчет коэффициента торможения ДТЗ

Коэффициент торможения определяет отстройку ДТЗ от внешних КЗ. Под коэффициентом торможения понимается отношение приращения дифференциального тока (I_d) к приращению тормозного тока (I_T). С помощью правильного выбора коэффициента торможения обеспечивается несрабатывание ДТЗ Т (АТ) в диапазоне значений тормозного тока от $I_{Т.0}$ до $I_{Т.БЛ.}$

Значение коэффициента торможения рекомендуется рассчитывать по выражению: $K_T \geq \frac{K_{отс} \cdot I_{нб} - I_{д0}}{I_T - I_{T0}} = \frac{1,1 \cdot 0,35 - 0,32}{1,018 - 1,0} = 3,61$

где $K_{отс} = 1.1$ – коэффициент отстройки;

$I_{д,0} = 0.32$ – принятое значение минимального тока срабатывания;

$I_{T,0} = 1$ – принятое значение тока начала торможения;

$I_{нб}$ – расчетный ток небаланса, вызванный протеканием по защищаемому АТ сквозного тока и рассчитываемый по выражению:

$$I_{нб} = (K_{одн} \cdot K_{пер} \cdot \varepsilon + \Delta U_{рпн} + \Delta f_{выр} + \Delta f_{птт}) \cdot I_{СКВ*} = \\ = (1 \cdot 1,5 \cdot 0,10 + 0,12 + 0,02 + 0) \cdot 1,225 = 0,35$$

где ξ – относительное значение полной погрешности ТТ в режиме КЗ;

$I_{СКВ*}$ – максимальное значение тока, равное току внешнего металлического КЗ, приведенное к базисному току стороны внешнего КЗ, определяемый по выражению:

$$I_{СКВ*} = \frac{I_{КЗ\text{ нн}}}{I_{БАЗ\text{ нн}}} \cdot \frac{K_{СХТТ\text{ нн}}}{K_{ТТ\text{ нн}}} = \frac{4051}{4,133} \cdot \frac{1}{4000 / 5} = 1,225 \text{ А}$$

остальные коэффициенты: $K_{пер} = 1.5$, $K_{одн} = 1$, $\Delta U_{рпн} = 0.12$, $\Delta f_{выр} = 0.02$, $\Delta f_{птт} = 0$.

I_T – расчетный тормозной ток, определяемый по выражению:

$$I_T = \sqrt{|I_{СКВ*}(I_{СКВ*} - I_{нб*}) \cos \beta|} = \sqrt{|1,225 \cdot (1,225 - 0,35) \cos(165^\circ)|} = 1,018 \text{ А}$$

где $\beta = 180^\circ - \alpha$, а α – угол между векторами токов $I_{СКВ*}$ и $I_{СКВ*} - I_{нб*}$. В нашем расчете можно принять $\alpha = 15^\circ$, $\beta = 180^\circ - 15^\circ = 165^\circ$

Коэффициент торможения задается в относительных единицах в диапазоне от 0,2 до 0,7 с шагом 0,1.

Уставка: $K_T = 0,7$.

2.2.5 Выбор параметра срабатывания блокировки по второй гармонике

С целью избежать ошибочных срабатываний системы защиты трансформатора при включении его под напряжение, а также с целью дополнительной настройки защиты от тока небаланса переходного режима в случае внешнего короткого замыкания, которое может привести к появлению второй гармонической составляющей тока, была реализована функция блокировки защиты при превышении отношения тока второй гармонической составляющей к току промышленной частоты $K_{БЛ2} = \frac{I_{Д100Гц}}{I_{Д50Гц}}$.

Рекомендуется выбирать параметр срабатывания блокировки по второй гармонике на уровне 0,15 для достижения наилучшей защиты автотрансформаторов, основываясь на опыте эксплуатации.

Уставка: $K_{БЛ} = 0,15$.

2.2.6 Ток срабатывания дифференциальной отсечки

Для исключения замедления работы ДТЗ, ток срабатывания дифференциальной отсечки должен выбираться исходя из двух условий:

– отстройки от броска тока намагничивания силового трансформатора $I_{ОТС*} \geq 6.5$;

– отстройки от максимального первичного тока небаланса при переходном режиме внешнего КЗ по выражению 16:

$$\begin{aligned} I_{ОТС*} &= 1,5 \cdot I_{КЗ*} \cdot (K_{ПЕР} \cdot K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ВЫР} + \Delta f_{ПТТ}) = \\ &= 1,5 \cdot 1,225 \cdot (3 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,12 + 0,02 + 0) = 0,81 \end{aligned}$$

где $I_{КЗ*}$ – максимальное значение тока, равное току внешнего металлического КЗ и приведенное к базисному току стороны этого внешнего КЗ, определяется по выражению:

$$I_{КЗ*} = \frac{I_{КЗ\text{ НН}}}{I_{БАЗ\text{ НН}}} \cdot \frac{K_{СХТТНН}}{K_{ТТНН}} = \frac{4051}{4,133} \cdot \frac{1}{4000/5} = 1,225 \text{ А}$$

$K_{ПЕР}$ – коэффициент, учитывающий переходной режим, принимается равным 3,0.

Ток срабатывания задается в относительных единицах от базисного тока АТ $I_{БАЗ}$ в диапазоне от 6,5 до 12,0 от с шагом 0,1.

Принимаем $I_{ОТС*} = 6,5$.

Согласно ПУЭ чувствительность защиты не проверяется.

2.3 МТЗ с комбинированным пуском по напряжению

Для обеспечения безопасности автотрансформатора на высоком напряжении и предотвращения короткого замыкания на шинах ВН, предусмотрена высококачественная токовая защита, которая подключается к встроенным или выносным трансформаторам тока и напряжения ввода ВН автотрансформатора, что позволяет минимизировать пусковое напряжение.

- 1) Расчет параметра срабатывания максимального измерительного органа тока

$$I_{C.3} \geq \frac{K_{OTC} \cdot K_{3АП}}{K_B} \cdot I_{НОМ,ВН} = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,9} \cdot 158,15 = 274,13 \text{ А},$$

где K_{OTC} – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2;

K_B – коэффициент возврата реле минимального напряжения, принимаем равным 0,9;

$K_{3АП}$ – коэффициент, учитывающий увеличение тока в условиях самозапуска заторможенных двигателей нагрузки. В предварительных расчетах, а также в случае отсутствия соответствующей информации, данный коэффициент может быть принят из диапазона от 1,5 до 2,5. Для статической нагрузки, имеющей в своем составе малую долю электродвигателей, принимают коэффициент самозапуска по опытным данным $K_{3АП} = (1,2 \div 1,3)$.

Проверка чувствительности при ближнем резервировании:

$$K_{\text{ч}} \geq \frac{I_{\text{кз,мин}}}{I_{C.3}} = \frac{1943}{274,13} = 7,09 \geq 1,5;$$

2.4 Газовая защита

Главным средством защиты от замыканий внутри оболочки трансформатора (в том числе автотрансформатора), которые сопровождаются выбросами газов и резким уменьшением уровня масла, является газовая защита.

Газовая защита обладает несколькими преимуществами, среди которых простота конструкции, высокая чувствительность, быстрое реагирование при серьезном повреждении, а также возможность срабатывания на сигнал или выключение в зависимости от степени ущерба [9].

Требования к устройствам на основе микропроцессоров предъявляются в том числе по обеспечению отключения и/или выдачи сигналов от защитных устройств от газов для защищаемого силового оборудования и устройства защитного реле, контактора, линейного добавочного трансформатора и технологических защит трансформатора и АТ. Также микропроцессорные устройства обязаны принимать сигналы от различных датчиков, включая датчики повышения температуры масла, датчики уровня масла и цепей охлаждения.

В шкафах защиты обеспечивается прием сигналов от:

- сигнальной и отключающей ступеней газовой защиты трансформатора (ГЗТ);
- газовой защиты устройства РПН трансформатора (ГЗ РПН).

2.5 Защита от перегрузок

Для предотвращения длительных перегрузок автотрансформатора, возникающих при автоматическом подключении нагрузки от АВР или при отключении параллельно работающего АТ, вводится механизм защиты от перегрузки. Он устанавливается как на высоковольтной, так и на низковольтной стороне автотрансформатора, и активируется в случае увеличения фазового тока (фазы А) до заданного значения срабатывания $I_{с.з.}$ в течение времени $t_{с.з.}$. При этом механизм выдает сигнал. Расчет параметров защиты одинаков для всех сторон.

Первичный ток срабатывания ИО максимального фазного тока отстраивается от номинального тока обмотки защищаемого трансформатора.

$$I_{ЗП.СТ} = \frac{I_{НОМ.СТ}}{K_{ТТ.СТ}} \cdot \frac{K_{ОТС}}{K_B},$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки ЗП, который принимается 1,05;

K_B – коэффициент возврата, который принимается равным 0,9;

$I_{НОМ.СТ}$ – первичный номинальный ток стороны автотрансформатора,

где установлена защита;

$K_{ТТ.СТ}$ – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны АТ.

$$I_{ЗП.СТ} = \frac{I_{НОМ.ВН}}{K_{ТТ.ВН}} \cdot \frac{K_{ОТС}}{K_B} = \frac{158,15}{\frac{300}{5}} \cdot \frac{1,05}{0,9} = 3,075 \text{ А}$$

$$I_{ЗП.СТ} = \frac{I_{НОМ.НН}}{K_{ТТ.НН}} \cdot \frac{K_{ОТС}}{K_B} = \frac{3306,74}{4000/5} \cdot \frac{1,05}{0,9} = 4,82 \text{ А}$$

Время срабатывания защиты необходимо отстраивать от режимов кратковременных перегрузок и можно принимать без расчета из диапазона от 9 до 10 с.

2.6 Функция пуска автоматики пожаротушения

При активации датчиков температуры и задымления, которые отключают ступени газовой защиты автоматических трансформаторов (АТ) или газовой защиты реле питания нагрузки АТ, происходит пуск системы автоматического пожаротушения с ограничением времени действия до 1 секунды.

Минимальное напряжение на реле питания выбирается таким образом, чтобы оно не срабатывало при минимальном рабочем напряжении с коэффициентом запаса 0,9.

Время действия автоматической системы пожаротушения определяется как время, необходимое для активации пуска пожаротушения через цепи автоматики пожаротушения. Рекомендуется установить значение времени в 1 секунду.

Время ограничения действия автоматической системы пожаротушения используется для селективного действия и подготовки к повторному пуску. Рекомендуется установить время ограничения на уровне 1,1 секунды.

Время, необходимое для автоматической деблокировки пожаротушения и подготовки к повторному (например, ручному) запуску, должно быть не менее 2 секунд.

3. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A93	Казарин Кирилл Викторович

Школа		Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление /специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	16% накладные расходы 30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	30,2% отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентоспособности технического решения с позиции ресурсоэффективности, SWOT – анализ
2. Планирование и формирование бюджета	Формирование плана и графика разработки: -определение структуры работ; -определение трудоемкости работ; -разработка графика Ганта Формирование бюджета затрат на научное исследование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	Расчет показателей сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A93	Казарин Кирилл Викторович		

Введение

Целью данного раздела является оценка проводимого научного исследования с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Анализ конкурентоспособности технического решения;
 - SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон исследования;
 - Планирование научно-исследовательского исследования;
 - Расчет бюджета затрат на проведение исследования.
- Рассматриваемой частью будет являться защита автотрансформатора 220/110/10,5 кВ ПС «Ново-Анжерская».

3.1 Анализ конкретных технических решений

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 цифрового оборудования компании ООО НПП «ЭКРА» и аналогового оборудования.

Предпочтение было отдано исключительно оборудованию 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.

Оценка будет происходить по 10 бальной шкале.

Модель экспертной оценки будет строиться по следующим экономическим критериям:

1) Помехоустойчивость (специальный фильтр в цепи постоянного оперативного тока). Наличие – 10 баллов, отсутствие – 0 баллов. ШЭ – есть фильтр, 10 баллов.

ШЭРА – есть фильтр, 10 баллов.

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

ШЭ – 5 защит, 10 баллов.

ШЭРА – 3 защиты, 6 баллов.

3) Уровень шума – шум во время работы шкафа, 40 дБ – 10 баллов. ШЭ – 55 дБ. – 6 баллов.

ШЭРА – 70 дБ. - 5 баллов.

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

ШЭРА – 15 - 8 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 – 6 баллов.

ШЭРА – 2620000 – 5 баллов.

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

ШЭРА – 10 баллов.

3) Наличие сертификации разработки – 10 баллов, отсутствие – 0 баллов.

ШЭ – 10 баллов.

ШЭРА – 10 баллов.

Таблица 10 - 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	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Помехоустойчивость	0,10	10	10	1	1
2. Надежность	0,14	10	6	1,4	0,84
3. Уровень шума	0,06	6	5	0,36	0,3
4. Функциональная мощность	0,16	10	8	1,6	1,28
5. Возможность	0,13	10	10	1,3	1,3
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена	0,16	6	5	0,96	0,8
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,12	10	10	1,2	1,2
3. Наличие сертификации разработки	0,13	10	10	1,3	1,3
Итого	1,00	72	64	9,12	8,02

$K_{ТУ} = \frac{9,12}{8,02} = 1,137$ – показатель конкурентоспособности нового объекта по отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня);

Итогом данного анализа, является неоспоримое превосходство шкафов типа ШЭ производителя ООО НПП «ЭКРА» над рассматриваемыми аналогами. Таким образом при проектировании защиты наиболее эффективным будет использование именно этих шкафов.

3.2 SWOT-анализ

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

Результаты SWOT-анализа представляем в табличной форме.

Таблица 11 – Матрица SWOT – анализа

	Сильные стороны: С1. Большой срок эксплуатации шкафа; С2. Повышенная надежность защиты; С3. Максимальная чувствительность к различным аварийным режимам сети; С4. Уменьшение времени на контроль и наладки защит; С5. Минимальный вред окружающей среде.	Слабые стороны: Сл1. Высокая стоимость шкафов; Сл2. Требуется опытный специалист для работы со шкафами; Сл3. Сложность подключения в сеть; Сл4. Требуется 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 пользования шкафами персоналу; В4. Применение предприятиями данного шкафа как основную защиту главных схем электростанций; В5. Повышение спроса.	Из-за сохранности дорогостоящего энергооборудования, внедрение шкафов ШЭ2607 приведет к привлечению инвесторов, для финансирования более развитых технологий. Долгий срок службы шкафов позволит увеличить спрос, что обеспечит экономию при покупке новых.	Из-за высокой стоимости шкафа возможен отказ инвесторов в финансировании, что приведёт к снижению спроса; Для сохранности энергооборудования потребуются 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;	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 совершенствовании старых технологий.	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.
--	---	--

Из анализа конкурентных технических решений и SWOT – анализа, можно сделать вывод, что ШЭ, обладает неоспоримым превосходством над своими аналоговыми устройствами. Шкаф производителя ООО НПП «ЭКРА», более прост в эксплуатации и наладке, надежный, функциональный, безопасный, что является основным в выборе шкафов для защиты автотрансформаторов.

3.3 Планирование научно-технического исследования

Структура работ в рамках научного исследования

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 12.

Таблица 12 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель проекта
			Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта
Проведение технических расчетов и обоснований	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	
	7	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель проекта
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

3.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используем следующую формулу:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2.8 \text{ чел-дни.}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2,8}{1} = 2.8 \text{ дней}$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых/пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых/пр}}$ – количество выходных и праздничных дней в году.

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,48 = 4 \text{ дня,}$$

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

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

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

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

Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 13).

Таблица 13 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работ	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_p		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , человеко-дни		t_{max} , человеко-дни		$T_{ожі}$, человеко-дни					
	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	0	4	0	2,8	0	2,8	0	4	0
Подбор и изучение материалов по теме	0	5	0	8	0	6,2	0	6,2	0	8
Выбор направления исследования	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	1	1
Календарное планирование работпо теме	1	0	2	0	1,4	0	1,4	0	3	0
Анализ исходных данных	0	3	0	9	0	5,4	0	5,4	0	7
Предварительный выбор защит	0	4	0	8	0	5,6	0	5,6	0	7

Расчёт уставок защит	0	21	0	35	0	26,6	0	26,6	0	32
Оценка эффективности полученных результатов	0	5	0	9	0	6,6	0	6,6	0	8
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	0	3	0	5	0	3,8	0	3,8	0	5
Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	7	0	12	0	9	0	9	0	14	0
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	0	3	0	5	0	3,8	0	3,8	0	5
Итого:	11	45	19	82	15	59,8	14	59	22	73

■ - Руководитель ▨ - Инженер (студент)

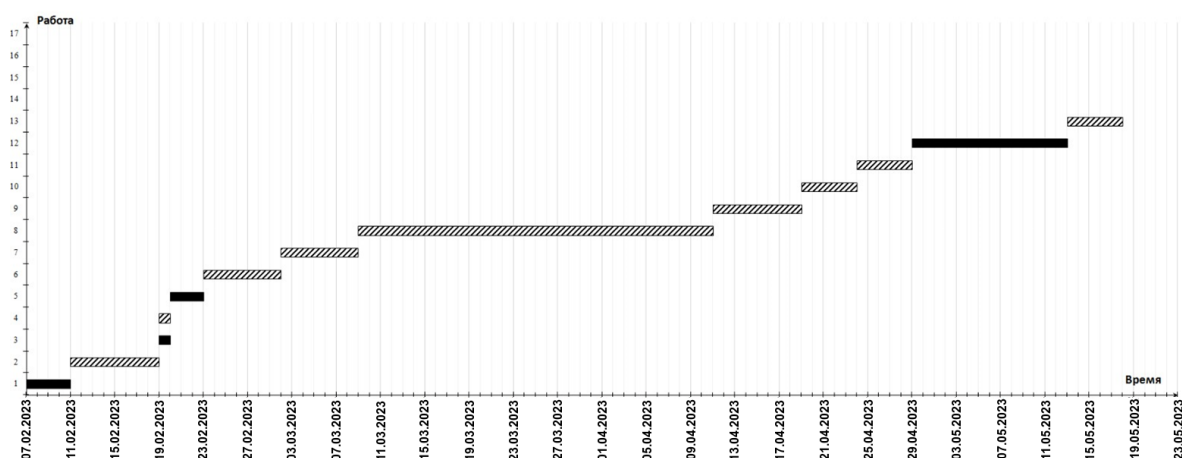


Рис. 8 – График Ганта

3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Для выполнения работы необходим персональный компьютер. Примем, что на момент начала исследования он имеется, поэтому его стоимость не

учитывается. Также его стоимость можно не учитывать через амортизацию, так как его стоимость не превышает 40 тыс.руб.

Таблица 14 - Расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Программный комплекс АРМ СРЗА	1	681 400	681 400
2	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	1	3 500	3 500
Итого:				684900

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

$$A_{\text{комп}} = \frac{\text{стоимость} * N_{\text{дней использования}}}{\text{Срок службы} * 365} = \frac{684\,900 * 67}{5 * 365} = 25144,27 \text{ руб.}$$

3.4.2 Заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает в себя расчет основной заработной платы исполнителей, непосредственно занятых выполнением НТИ, в том числе премий, выплачиваемых ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок:

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

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата,

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) исполнителей НТИ, рассчитывается по формуле:

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

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного исполнителя,

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых исполнителем, раб. дн.

Среднедневная заработная плата исполнителя рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} M}{F_{\text{д}}},$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад исполнителя, руб.,

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителя, раб. дн. (таблица 15).

В таблице 15 приведен баланс рабочего времени каждого исполнителя НТИ:

Таблица 15– Баланс рабочего времени для шестидневной рабочей недели

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
<i>Количество нерабочих дней:</i>		
Выходные дни и праздничные дни	66	66
<i>Потери рабочего времени:</i>		
Отпуск	48	48
Невыходы по болезни	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	244	244

Заработная плата исполнителя за месяц:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot k_p,$$

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

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

Тарифная заработная плата $З_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки исполнителя-работника 1-го разряда T_{ci} на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке.

Рассчитаем основную заработную плату инженера и руководителя.

Заработная плата руководителя за месяц:

$$З_{м \text{ рук.}} = З_{тс} \cdot k_p = 39300 \cdot 1,3 = 51\,090 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$З_{дн \text{ рук.}} = \frac{З_{м \text{ рук.}} \cdot M}{F_d} = \frac{51\,090 \cdot 10,4}{244} = 2177,6 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя:

$$З_{осн \text{ рук.}} = З_{дн \text{ рук.}} \cdot T_p = 2177,6 \cdot 14 = 30\,486,4 \text{ руб.}$$

Заработная плата инженера за месяц:

$$З_{м \text{ инж.}} = З_{тс} \cdot k_p = 16300 \cdot 1,3 = 21\,190 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера:

$$З_{дн \text{ инж.}} = \frac{З_{м \text{ инж.}} \cdot M}{F_d} = \frac{21\,190 \cdot 10,4}{244} = 903,18 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера:

$$З_{осн \text{ инж.}} = З_{дн \text{ инж.}} \cdot T_p = 903,18 \cdot 59 = 53\,287,62 \text{ руб.}$$

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимаем равным 0,13.

Дополнительная заработная плата руководителя и инженера:

$$З_{доп \text{ рук.}} = k_{доп} \cdot З_{осн \text{ рук.}} = 0,13 \cdot 30\,486,4 = 3963,2 \text{ руб.}$$

$$З_{доп \text{ инж.}} = k_{доп} \cdot З_{осн \text{ инж.}} = 0,13 \cdot 53\,287,62 = 6927,4 \text{ руб.}$$

Результаты расчета основной заработной платы приведён в таблице 16:

Таблица 16 - Расчёт основной заработной платы

	Руководитель	Инженер
Заработная плата по тарифной ставке, ($Z_{тс}$), руб.	39 300	16 300
Районный коэффициент (k_p)	1,3	
Месячная заработная плата (Z_m), руб.	51 090	21 190
Среднедневная заработная плата работника ($Z_{дн}$), руб.	2177,6	903,18
Продолжительность выполнения данного проекта (T_p), раб. дни	14	59
Основная заработная плата, начисленная за выполнения данного проекта ($Z_{осн}$), руб	30 486,4	53 287,62
Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	0,13	
Дополнительная заработная плата исполнителей, ($Z_{доп}$), руб.	3963,2	6927,4
Итого, руб.	34 449,6	60 215,02

3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда исполнителей.

Величина отчислений во внебюджетные фонды:

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

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$\begin{aligned} Z_{внеб \text{ рук.}} &= k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,302 \cdot (30\,486,4 + 3\,963,2) \\ &= 10\,403,8 \text{ руб.,} \end{aligned}$$

$$З_{\text{внеб инж.}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,302 \cdot (53\,287,62 + 6927,4) \\ = 18\,184,9 \text{ руб.},$$

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 17).

Таблица 17 - Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	30 486,4	53 287,62
Дополнительная заработная плата, руб.	3963,2	6927,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого:	10 403,8	18 184,9

3.4.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}} = (94\,664,62 + 10\,890,6 + 28\,588,7) \cdot 0,16 = 21\,463 \text{ руб.},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

При формировании бюджета проекта, затраты научно-технического исследования являются основными, при формировании договора с заказчиком и защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат при разработке научно-технической продукции.

Таблица 18 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
Амортизация оборудование и программного обеспечения	25 144	13,9
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	94 664,62	52,4
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10 890,6	6
Отчисления во внебюджетные фонды	28 588,7	15,8
Накладные расходы	21 463	11,9
Бюджет затрат НТИ	180 750,92	100

Вывод по разделу

В ходе выполнения данной части выпускной работы мы проанализировали финансовые аспекты проекта, доказали конкурентоспособность данного технического решения в сравнении с другими перспективами, был произведен SWOT-анализ в результате которого было выявлено что реализация проекта возможна. Была проведена оценка научного исследования с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Было выявлено, что релейная защита на основе шкафа ШЭ, является наиболее современной защитой автотрансформатора, имеющая все преимущества над своими конкурентами. Шкафы обладают наивысшей надежностью, имеют стойкость к помехам, удобны в эксплуатации, что является большим плюсом. Планирование ограничило выполнение работы в 93 дня. Также был посчитан бюджет НТИ равный 180 750,92 руб, основная часть которого приходится на затраты на основную заработную плату исполнителей – 52,4 %.

4. «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Группа		ФИО	
5A93		Казарин Кирилл Викторович	
Школа	Инженерная Школа Энергетики	Отделение (НОЦ)	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Тема ВКР:

Проектирование релейной защиты автотрансформатора 220/110/10,5 кВ подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы	
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.	<i>Объект исследования:</i> автотрансформатор 220/110/10,5 кВ подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы <i>Область применения:</i> Релейная защита предназначена для защиты трансформатора от возможных последствий аварийных или ненормальных режимов работы. Результат исследования позволит сделать работу подстанции «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы более точной и надежной. <i>Рабочая зона:</i> учебная лаборатория релейной защиты <i>Размеры помещения:</i> 60,8 м² <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> 2 рабочих места, оснащенные персональными компьютерами <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> расчет и исследование в специализированной программе.
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.	ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования к производственной среде; ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования; ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования; Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ТК РФ).
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные производственные факторы: Шум, высокое умственное и эмоциональное перенапряжение, недостаточная освещенность рабочей зоны Опасные производственные факторы: Поражение электрическим током Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: 1) Достаточное количество источников освещения; 2) Изоляция токоведущих частей электрооборудования; 3) Термометр и гигрометр для контроля микроклимата рабочей зоны.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на литосферу: бытовой мусор, в том числе отработанный расходный материал

	Воздействие на гидросферу: утилизация бытового мусора и отработанного расходного материала Воздействие на атмосферу: электромагнитное излучение
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: 1) Природные ЧС: бытовой пожар, наводнение, ураганы 2) Техногенные ЧС: взрывы от коротких замыканий на оборудовании, обрушение зданий и конструкций, аварии на объектах под напряжением. 3) Биолого-социальные ЧС: массовая эпидемия Наиболее типичная ЧС: бытовой пожар, взрывы от коротких замыканий на оборудовании, аварии на объектах под напряжением, обрушение зданий и конструкций
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A93	Казарин Кирилл Викторович		

Введение

В данной работе представлена релейная защита автотрансформатора 220/110/10,5 кВ ПС «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы. Данная релейная защита автотрансформатора 220/110/10,5 кВ ПС «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы служит для защиты трансформатора от возможных последствий аварийных или ненормальных режимов работы. В данной работе использована защита на микропроцессорной технике, ввиду ее более высокой чувствительности, надежности, устойчивости, удобства настройки. Также одним из плюсов этой защиты является её предавать информацию от защиты на географически удаленные уровни управления. Еще одним из критериев выбора микропроцессорной защиты было ее преобладание в будущем и удобство в использовании для будущей цифровой сети России.

Исследование проводится в лаборатории релейной защиты ТПУ, г. Томск, Томская область, размер помещения 60,8м². При выполнении исследования необходимо 2 рабочих места (для руководителя и студента-инженера), оснащенные персональными компьютерами.

В данном разделе ВКР объектом исследования являются вредные и опасные факторы, которые действуют или могут появиться в результате исследования. При выполнении раздела необходимо сделать прогноз возможных негативных последствий, охарактеризовать мероприятия для снижения негативного воздействия на студента - инженера и руководителя, а также проанализировать основные мероприятия, правила и требования соблюдения безопасности при проведении экспериментальных исследований.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В Трудовом Кодексе РФ содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками.

Работа в офисе относится ко второй категории тяжести труда – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. В свою очередь продолжительность рабочего дня работников не должна превышать 40 часов в неделю, таким образом, при пятидневной рабочей неделе продолжительность рабочего дня должна составлять не более 8 часов. Возможно, сокращение рабочего времени. Для работников, возраст которых меньше 16 лет – не более 24 часа в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы, для работников, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 3 или 4 степени или опасным условиям труда, - не более 36 часов в неделю.

Так как при выполнении ВКР инженер в основном взаимодействует с программными комплексами, а именно с АРМ СРЗА, поэтому необходимо рассмотреть требования, которые предъявляются к рабочей зоне.

ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. По данному стандарту устанавливает общие эргономические требования к креслу человека-оператора, а также типы и основные конструктивные параметры кресел. В соответствии с этим:

1. Кресло должно обеспечивать человеку-оператору соответствующую характеру и условиям труда физиологически рациональную рабочую позу.
2. Конструкция кресла не должна затруднять рабочих движений.
3. В конструкции кресла должны регулировать высоту поверхности сиденья и угол наклона спинки. Высота поверхности сиденья должна регулироваться в пределах от 400 до 550 мм. Должна быть предусмотрена

возможность изменения угла наклона поверхности сиденья от 15° вперед до 5° назад.

ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования к производственной среде. В Настоящем стандарте установлены эргономические требования к рабочему месту оператора при выполнении работы сидя и требования к производственной среде.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать возможность размещения на рабочей поверхности необходимого комплекта оборудования и документов с учетом характера выполняемой работы. Поэтому у конструкции рабочего стола должна обеспечиваться регулируемая высота рабочей поверхности стола должна изменяться в пределах от 680 до 800 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм. Рабочая поверхность стола не должна иметь острых углов и краев. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног шириной опорной поверхности не менее 300 мм, глубиной - не менее 400 мм. Дисплей на рабочем месте должен быть установлен ниже уровня глаз оператора. Расположение монитора от глаз пользователя от 600 до 700 мм.

В таблице 19 приведен анализ соответствия требуемых параметров и параметров рабочей зоны, где будут выполняться работы.

Таблица 19 – Требования к организации рабочего места при работе с ПЭВМ

Требование	Требуемое значение	Значение параметров в помещении
Высота рабочей поверхности стола	Регулируемая высота (680-800мм) Нерегулируемая высота (725мм)	Нерегулируемая высота (730 мм)
Рабочее кресло	Подъемноповоротный, регулируемый по высоте(400-550) и углу наклона спинки	Соответствует
Рабочий стол	Пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм	Соответствует
Расположение монитора от глаз пользователя	600-700мм	Соответствует

4.2 Производственная безопасность

Условия труда, в которых производится исследование релейной защиты автотрансформатора 220/110/10,5 кВ ПС «Ново-Анжерская» Кузбасской электроэнергетической системы, могут спровоцировать появление вредных и опасных факторов производства.

Для анализа воспользуемся ГОСТом 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», в котором приведен перечень возможных факторов, характерных для той или иной производственной среды. Результаты представим в таблице 20.

Таблица 20 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Нормативные документы
1. Вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Нервно-психические перегрузки, связанные с монотонностью трудового процесса	Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ТК РФ)
3. Вредные производственные факторы, связанные с недостаточной освещенностью среды	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
4. Опасные производственные факторы, связанные с воздействием электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
5. Вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем шума	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов и мероприятия по снижению их влияния

1. Вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.

Микроклимат определяется действующими на организм человека показателями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Длительное воздействие на человека неблагоприятных показателей микроклимата ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям, поэтому в организации должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений (категория Ia, постоянные рабочие места), приведены в таблице 21, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к микроклимату рабочей зоны.

Таблица 21 - Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Оптимальные значения характеристик микроклимата				
Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22 – 24	21 – 25	40 – 60	0,1
Теплый	23 – 25	22 – 26	40 – 60	0,1
Допустимые значения характеристик микроклимата				
Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	20 – 25	19 – 26	15 – 75	0,1
Теплый	21 – 28	20 – 29	15 – 75	0,1 – 0,2

В используемом помещении система отопления обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. Параметры микроклимата в используемом помещении регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40 %, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 23-25 °С, зимой – 23-24 °С, что соответствует требованиям.

2. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса при работе с программными комплексами.

Нервно-психические перегрузки – совокупность таких сдвигов в психофизиологическом состоянии организма человека, которые развиваются после совершения работы и приводят к временному снижению эффективности труда. Состояние утомления (усталость) характеризуется определенными объективными показателями и субъективными ощущениями.

Для минимизации последствий нервно-психической перегрузки в соответствии с Трудовым Кодексом РФ, в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Работа в выходные и нерабочие праздничные дни запрещается, за исключением случаев, предусмотренных настоящим Кодексом.

3. Вредные производственные факторы, связанные с недостаточной освещенностью среды.

Недостаточная освещенность рабочей зоны помещения, оборудованной ПК, также является одной из причин нарушения зрительной функции, а также влияет на общее самочувствие и эффективность труда.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов), а также предусмотрено аварийное освещение для продолжения работы при отключении рабочего освещения (используются лампы, для которых применяется автономное питание электроэнергией).

В соответствии СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего оборудования должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Для искусственного освещения следует использовать энергоэффективные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшими световой отдачей и сроком службы, с учетом требований к цветоразличению. Не допускается применение для освещения ламп накаливания общего назначения мощностью 100 Вт и более.

Минимальная освещенность на рабочих местах не должна отличаться от нормируемой средней освещенности в помещении более чем на 10%. Освещенность от светильников системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк. Для общего и местного освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 до 6800 К. Коэффициент пульсации искусственных источников освещения не должен превышать 15% для работ высокой точности.

4. Опасные производственные факторы, связанные с воздействием электрическим током.

В деятельности организации широко используется электричество для питания ПК. Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на которых остался заряд или появилось напряжение. Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие. Действие электрического тока на человека приводит к травмам или гибели людей.

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

Значения напряжений прикосновения и силы тока, протекающих через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки, не должны превышать значений, приведенных в таблице 22.

Таблица 22 - Предельно допустимые значения напряжения соприкосновения и силы тока

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА. Мерами защиты от воздействия электрического тока являются оградительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления, устройства автоматического отключения, предохранительные устройства.

К основным мероприятиям по обеспечению электробезопасности можно отнести: изолирование токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними; установки защитного заземления; наличие общего рубильника; своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

5. Вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем шума.

Шум создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, вентилятор с радиатором, устанавливаемый для воздушного охлаждения электронных компонентов компьютера, а также проникает извне. Особенно неблагоприятно шум действует на орган слуха.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения ЭВМ. Уровень шума колеблется от 20 до 60 дБА. При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА.

Последствия шума – головная боль, быстрая утомляемость, бессонница или сонливость, ослабление памяти, снижение реакции и т.д.

Основными мерами по снижению влияния уровня шума на организм являются:

- использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума и вибрации;
- оптимальное размещение шумных машин, позволяющее минимизировать воздействие шума на рабочем месте;

4.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия научного исследования на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате разработки и реализации, предлагаемых в ВКР решений.

Процедура утилизации отходов регламентируется в соответствии с ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов».

Атмосфера. При нормальной работе программный комплекс АРМ СРЗА и сопутствующего ему персонального компьютера (ПЭВМ) не загрязняет атмосферу. Загрязняющие вещества могут попадать в атмосферу при нарушениях в работе персонального компьютера, так при возникновении короткого замыкания отдельные части проводки могут расплавиться и в результате плавления изоляции в атмосферу выделятся вредные вещества. Поэтому необходима: проверка оборудования на прочность и правильность соединения проводов; соблюдение согласованных технологических режимов работы оборудования; своевременная замена поврежденных частей оборудования.

Гидросфера. При нормальной работе программный комплекс АРМ СРЗА и сопутствующего ему персонального компьютера (ПЭВМ) нанести вред гидросфере не может. Единственным случаем, в котором возможно нанесение вреда гидросфере, если при окончании срока службы персонального компьютера, он будет неправильно утилизирован. В свою очередь отходы оргтехники относятся к отходам IV класса опасности – подлежат сбору, временному хранению, учету и сдаче на утилизацию.

Литосфера. При осуществлении любой производственной деятельности, в том числе и при производстве персонального компьютера, на литосферу оказывается негативное воздействие, связанное с образованием большого количества отходов производства. Но при нормальной работе программный комплекс АРМ СРЗА и сопутствующего ему персонального компьютера (ПЭВМ) нанести вред литосфере не может. Но вред может быть, если персонального компьютера (ПЭВМ) выйдет из строя и его необходимо будет утилизировать. В свою очередь отходы оргтехники относятся к отходам IV класса опасности – подлежат сбору, временному хранению, учету и сдаче на утилизацию.

В ходе деятельности организация также создает бытовой мусор (канцелярские, пищевые отходы, искусственные источники освещения), который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

Таким образом, мероприятия по уменьшению негативного влияния на литосферу: все отходы подлежат селективному сбору, временному хранению на специально отведенных площадках в соответствии с проектом нормативов образования и лимитов размещения отходов и передаче на утилизацию специализированным организациям в соответствии с заключенными договорами; отделение металлических частей от неметаллических.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В исследовательской лаборатории во время проведения исследования к возможным чрезвычайным ситуациям можно отнести:

1) Природного характера: бытовой пожар, наводнение, ураганы.

2) Техногенные характера: взрывы от коротких замыканий на оборудовании, обрушение зданий и конструкций, аварии на объектах под напряжением.

3) Биолого-социальные характера: массовая эпидемия.

В исследовательской лаборатории наиболее возможная чрезвычайная ситуация техногенного характера – пожар в здании. Причинами наиболее возможной ЧС могут быть как технические причины (пробой изоляции кабелей, отказ электроники, взрывы от коротких замыканий, аварии на объектах под напряжением), так и человеческий фактор (нарушение требований эксплуатации). Пожар может привести к гибели людей, разрушению исследовательской лаборатории и всего здания, порче оборудования и имущества.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», при работе с ПК необходимо соблюдать следующие основные нормы пожарной безопасности:

- для предохранения сети от перегрузок запрещается одновременно подключать к сети количество потребителей, превышающих допустимую нагрузку;

- работы за компьютером проводить только при исправном состоянии оборудования, электропроводки;

- иметь средства для тушения пожара (огнетушитель);

- установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;

- обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям.

В случае возникновения пожара в здании автоматически срабатывают датчики пожаротушения, и звуковая система оповещает всех сотрудников о

немедленной эвакуации из здания и направляются на выход в соответствии с планом эвакуации при пожарах и других ЧС. При появлении пожара, любой, увидевший пожар должен: незамедлительно заявить о данном в пожарную службу по телефонному номеру 01 или 112, заявить о происшествии и соблюдать покой.

Для того чтобы уменьшить вероятность возникновения ЧС рекомендуется проводить следующие мероприятия:

1. Организация технической диагностики оборудования, коммуникаций, их техническое обслуживание и ремонт;
2. Использование современных приборов контроля и сигнализации;
3. Проведение периодических и внеочередных инструктажей с обслуживающим персоналом.

Вывод по разделу социальная ответственность:

В ходе выполнения раздела были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, информация которых поможет при компоновке рабочей зоны, планирования собственного времени работы за ПЭВМ. В итоге можно сделать вывод, что помещение, в котором осуществляется работа удовлетворяет требованиям по компоновке рабочей зоны, категория тяжести труда – вторая.

Проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении научного исследования: отклонение показателей микроклимата – для контроля используется термометр и гигрометр; недостаточная освещенность – соответствует допустимым пределам; поражение электрическим током - вероятность воздействия минимальная, все оборудование имеет изолированные токоведущие части и регулярно производится осмотр; повышенный уровень шума на рабочем месте – недопустимых уровень шума ПЭВМ, нервно-психические перегрузки, монотонность трудового процесса – соответствует требованиям, так как предусмотрен отдых.

А также рассмотрен вопрос влияния работы программного комплекса АРМ СРЗА и сопутствующего ему персонального компьютера (ПЭВМ) на экологию. Изучение этого вопроса показало, что при нормальной работе программного комплекса АРМ СРЗА и сопутствующего ему персонального компьютера (ПЭВМ) влияние на экологию минимальное. В это же время стоит учитывать, что при старении ПЭВМ его необходимо утилизировать, в свою очередь отходы оргтехники в рабочем помещении относятся к отходам IV класса опасности, где предусмотрен порядок утилизации.

Проанализированы возможные и наиболее вероятные ЧС, которые могут возникнуть при работе программного комплекса АРМ СРЗА и сопутствующего ему персонального компьютера (ПЭВМ), обоснованы мероприятия по их предотвращению, а также установлены нормы пожарной безопасности при работе с компьютером необходимо соблюдать. Разработан порядок действия в случае ЧС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения работы рассмотрены основные задачи проектирования и расчетов устройств релейной защиты автотрансформатора.

Рассчитана релейная защита района АТ на ПС «Ново-Анжерская» 220 кВ. Дана краткая характеристика защищаемых объектов, проведен анализ выбора и обоснования устанавливаемых защит, спланированы и рассчитаны типичные для электроэнергетических систем аварийные режимы. Расчет токов короткого замыкания проводился при помощи программного комплекса «АРМ СРЗА».

Для расчета использовалась реальная база данных Кузбасской энергосистемы.

В заключении можно заключить, что автотрансформатор, который обладает указанными видами релейной защиты, соответствует всем необходимым требованиям в эксплуатации и надежности. Следует обратить внимание на 3-ю ступень ТНЗНП из-за ее слишком высокой чувствительности. Может произойти такое, что защита сработает ложно. Рекомендуется удалить эту ступень защиты и заменить ее другой, или провести дополнительную настройку с блокировкой по напряжению для более точного срабатывания.

В результате расчета данной курсовой работы были закреплены знания в области релейной защиты основного оборудования электростанции, полученные при изучении теоретического курса, и конкретизация их, применительно к реальным элементам ЭЭС, а также приобретен начальный опыт в проектировании релейной защиты ЭЭС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройств электроустановок. 7-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
2. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 644 с.
3. Шкаф защиты линии и автоматики управления выключателем ШЭ2607 016. Руководство по эксплуатации ЭКРА.656453.159 РЭ. –Чебоксары: ООО «НПП ЭКРА», 2015. – 168 с.
4. Сайт компания ООО «ЭТК “Оникс”»; Каталог ТТ и их технические характеристики. URL: <http://www.etk-oniks.ru/Klass-napryazheniya-TT-110kV-i-vyshe/TGF-500.html>
5. Неклепаев Б. Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
6. Шестакова В.В, Шмойлов А.В., Юдин С.М. Проектирование устройств релейной защиты и автоматики в ЭЭС. – Т: изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 50 с.
7. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Расчеты. -М.: Энергоатомиздат, 1985. - 96 с.
8. В.Н. Копьев. «Релейная защита. Принципы выполнения и применения: учебное пособие». – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 153 с.
9. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.

Приложение А

