

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

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы электроснабжения завода точного приборостроения

УДК 621.31.0316681.1.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Матюшенко Артем Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий	Обухов Сергей Геннадьевич	д.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Сергейчик Сергей Иванович	доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков Михаил Александрович	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения по программе

1. Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
2. Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
3. Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
4. Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
5. Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
6. Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
7. Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
8. Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.

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

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой ЭПП

_____ **Сурков М.А.**
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Матюшенко Артем Андреевич

Тема работы:

Проектирование системы электроснабжения завода точного приборостроения

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№970/с 15.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом исследования является ремонтно-механический цех точного приборостроения. В качестве исходных данных представлены:

- генеральный план завода;
- план ремонтно-механического цеха;
- сведения об электрических нагрузках завода точного приборостроения;
- сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -постановка задачи проектирования; -проектирование системы электроснабжения рассматриваемого завода; -детальное рассмотрение особенностей трансформаторных подстанций в системах электроснабжения с последующим выбором цеховых трансформаторов; -обсуждение результатов выполненной работы; -разработка раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение"; -разработка раздела "Социальная ответственность"; -заключение.
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -картограмма электрических нагрузок предприятия; -план внутреннего электроснабжения; -схема внешнего электроснабжения завода; -однолинейная схема ремотно-механического цеха; -эпюра отклонения напряжения; -карта селективности действия аппаратов защиты.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сергейчик С.И.
Социальная ответственность	Дашковский А.Г.

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

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.02.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электроснабжения	Обухов Сергей Геннадьевич	д.т.н., доцент		

промышленных предприятий				
-----------------------------	--	--	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Матюшенко Артем Андреевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Матюшенко Артем Андреевич

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	Прикладной бакалавриат	Направление	Электроэнергетика и электротехника

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):</i>	<i>Стоимость материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Затраты на специальное оборудование определяются согласно стоимости оборудования по прейскурантам или по договорной цене</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка осуществляется на основе анализа потенциальных потребителей результатов исследования, конкурентных технических решений, а также QUAD и SWOT анализов</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Основой для формирования бюджета являются основная заработная плата исполнителей, страховые отчисления и накладные расходы</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Альтернативы проведения НИ 3. График проведения и бюджет НИ 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ
--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата
------------------	------------	------------------------	----------------	-------------

		звание		
доцент кафедры менеджмента	Сергейчик Сергей Иванович	доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Матюшенко Артем Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Матюшенко Артем Андреевич

Институт	ТПУ	Кафедра	ЭПП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Работа выполняется в закрытом помещении (аудитория) на персональном компьютере.</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	<i>В качестве основных вредных факторов проектируемой производственной среды рабочего места, рассмотрено воздействие шума, освещения, электромагнитного излучения, несоответствие параметров микроклимата.</i>
1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	<i>В качестве основных выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды была выбрана электробезопасность.</i>
2. Экологическая безопасность	<i>Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<i>Наиболее вероятным ЧС в здании может быть пожар в помещении.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<i>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны; Эргономические требования к рабочему месту; Социальное страхование работников.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А. Г.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Матюшенко А.А		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 166 с., 22 рис., 47 табл., 11 источников, 2 прил.

Ключевые слова: система электроснабжения, электрическая нагрузка, расчет токов короткого замыкания, выбор высоковольтного оборудования, выбор аппаратов защиты, ресурсоэффективность, социальная ответственность.

Объектом исследования является система электроснабжения завода точного приборостроения

Цель работы – разработать систему электроснабжения завода точного приборостроения с детальным проектированием системы электроснабжения ремонтно-механического цеха.

В ходе выполнения работы были рассчитаны нагрузки РМЦ и предприятия в целом, разработана внутривзаводская система электроснабжения предприятия, спроектирована главная понизительная подстанция, рассмотрена компенсация реактивной мощности на предприятии, спроектирована система электроснабжения ремонтно – механического цеха.

В результате исследования была спроектирована система электроснабжения завода точного приборостроения, проведен анализ опасных и вредных факторов проектируемой производственной среды, рассмотрены меры защиты при чрезвычайных ситуациях, определены ресурсная, социальная и экономическая эффективности исследования.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Полная мощность предприятия – 11,6МВА, питающее напряжение – 35 кВ, напряжение внутривзаводской сети – 10 кВ. На территории предприятия расположено 13 цехов второй категории надежности электроснабжения и 5 цехов третьей категории. Основная масса потребителей электроэнергии - электроприёмники переменного тока с номинальным напряжением - 0,4 кВ, так же на заводе присутствует электроприёмник с номинальным напряжением - 10 кВ.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

воздушная линия электропередачи: Линия электропередачи, провода которой поддерживаются над землей с помощью опор, изоляторов.

вторичная цепь: Внешняя цепь, получающая сигналы от вторичной обмотки измерительного трансформатора.

допустимая перегрузка: Перегрузка трансформатора, разрешенная нормативным документом.

заземление: Преднамеренное электрическое соединение какой-либо части электроустановки с заземляющим устройством.

источник электрической энергии: Электротехническое изделие, преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию.

короткое замыкание: Непредвиденное нормальными условиями работы системы соединение между фазами или между фазами и землей.

коэффициент трансформации: Отношение напряжения на зажимах двух обмоток в режиме холостого хода.

принципиальная схема: Схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и дающая детальное представление о принципах работы объекта.

система электроснабжения: Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, обеспечивающих требования технологического процесса путем подачи электроэнергии от источников питания к потребителям в необходимом количестве и соответствующего качества.

электрическая нагрузка: Мощность, потребляемая электроустановкой в определенный момент времени.

эквивалентная схема: Схема, предназначенная для анализа и расчета параметров (характеристик) объекта или его функциональных частей.

Обозначения и сокращения

В данной работе используются следующие сокращения:

- ТП – трансформаторная подстанция;
- ПР – пункт распределительный;
- ШМА – шинопровод магистральный с алюминиевыми шинами;
- ШРА – шинопровод радиальный с алюминиевыми шинами;
- ГПП – главная понизительная подстанция;
- КЗ – короткое замыкание;
- РМЦ – ремонтно – механический цех;
- ЭП – электроприемник;
- КБ – конденсаторная батарея;
- ЦЭН – центр электрических нагрузок;
- ЛЭП – линия электропередачи;
- ВЛ – воздушная линия;
- КЛ – кабельная линия;
- СД – синхронный двигатель;
- РУ – распределительное устройство;
- КРУ – комплектное распределительное устройство;
- АВ – автоматический выключатель.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.004 – 88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

СанПиН 2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.

СП 5.13130.2009 “Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.”

СП 9.13130.2009 Техника Пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.

ГОСТ 2.105 – 95 ЕСКД. Основные требования к текстовым документам.

ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.005-88 Общие сангигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 21.404 – 85 СПДС. Автоматизация технологических процессов.

ГОСТ 21.508 – 93 СПДС. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно—гражданских объектов.

ГОСТ 21.607 – 82 СПДС. Электрическое освещение территории промышленных предприятий. Рабочие чертежи.

ГОСТ 21.608 – 84 СПДС. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи.

ГОСТ 21.611 – 85 СПДС. Централизованное управление энергоснабжением. Условные графические и буквенные обозначения вида и

содержании информации.

ГОСТ 21.614 – 88 СПДС. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи.

СНиП 23-05-95* Строительные нормы и правила РФ. Естественное и искусственное освещение.

РТМ 36.18.32.4-92 Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок.

НТП ЭПП-94 Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий.

ГОСТ 14695 – 80 Подстанции трансформаторные комплектные мощностью от 25 до 2500 кВА на напряжение до 10 кВ.

ГОСТ 28668 – 90 Низковольтные комплектные устройства распределения и управления.

ГОСТ Р 50571.3-94 Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защиты от поражения электрическим током.

ПУЭ Правила устройства электроустановок. Издание 7.

Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 “Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств.

Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009, №1116 (с изменениями от 24.12.2014) Об организации сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов на территории муниципального образования "Город Томск".

Оглавление

Введение	16
1. Обзор литературы	17
2. Объект и методы исследования	18
3. Расчеты и аналитика	23
3.1 Выбор схемы электроснабжения цеха	23
3.2 Определение расчетной электрической нагрузки РМЦ	24
3.3 Определение расчётной нагрузки предприятия в целом	29
3.4 Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок	35
3.5 Построение зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок	37
3.6 Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций	41
3.7 Выбор количества трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности	44
3.8 Компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций и уточнение их нагрузки	56
3.9 Выбор рационального напряжения внешнего электроснабжения предприятия	59
3.10 Выбор трансформатора ГПП	60
3.11 Выбор сечения линии, питающей ГПП	61
3.12 Схема внутриводской распределительной сети 10 кВ	63
3.13 Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	69
3.14 Выбор оборудования ГПП	83
3.15 Электроснабжение ремонтно-механического цеха	90
3.15.1 Выбор шкафов распределительных (ШР)	97
3.15.2 Выбор радиальных шинопроводов РМЦ	98
3.15.3 Выбор сечений линий питающей сети цеха	98
3.15.4 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	103
3.15.5 Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения. Построения эпюры отклонений напряжения	108
3.15.6 построение карты селективности действия аппаратов защиты	115

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	119
5. Социальная ответственность	146
Заключение	162
Список используемых источников	164
Приложение А	165
Приложение Б	166

Введение

На этапе проектирования предприятия, основной задачей является создание рациональной системы электроснабжения промышленного предприятия и его отдельных производственных цехов. Качественное проектирование внутризаводских и внутрицеховых сетей предприятия позволяет без больших затрат вводить новое оборудование, наращивать мощность предприятия, совершенствовать и изменять технологический процесс, а также избегать непроизводительных потерь.

Целью данной квалификационной работе является разработка системы электроснабжения завода точного приборостроения с подробным рассмотрением ремонтно-механического цеха предприятия.

В ходе работы необходимо произвести расчеты нагрузки завода и РМЦ, построить картограмму электрических нагрузок и зону рассеяния ЦЭН, определить место расположения ГПП предприятия. Рассчитаны и построены схемы внутризаводского электроснабжения, выбраны число и мощности цеховых трансформаторных подстанций и проводники для их питания. Проектирование ГПП, в ходе которого определяется схема ГПП, мощность трансформаторов, выбирается высоковольтное оборудование, выбирается напряжение питающей сети. В разработку системы электроснабжения РМЦ включается выбор токоведущих частей, выбор защитных аппаратов. Необходимо построить эпюры отклонения напряжения от ГПП до самого мощного ЭП, а так же карту селективности для аппаратов защиты.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является обоснование рационального использования ресурсов данного предприятия. Это достигается решением таких задач как: составление SWOT-анализа, планирование технико-экономических работ, определение ресурсной эффективности проекта.

В разделе «Социальная ответственность» представляется оценка условий труда, вредных и опасных факторов производства, приведены меры защиты от опасных факторов, рассмотрены пожарная безопасность и охрана окружающей среды.

1. Обзор литературы

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, справочники, нормативно-законодательные акты Российской Федерации.

Основными источниками, используемыми при выполнении данной выпускной квалификационной работы, явились учебные пособия Сумароковой Л. П. «Электроснабжение промышленных предприятий»; Кабышева А. В., Обухова С. Г. «Расчет и проектирование систем электроснабжения». В данных источниках подробно рассмотрены основные этапы проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий.

Расчет нагрузок производился в соответствии с основным и обязательным нормативным документом по определению электрических нагрузок промышленных предприятий - РТМ 36.18.32.4-92.

Электрооборудование выбиралось по справочным пособиям Рожковой Л. Д., Козулина В. С. «Электрооборудование станций и подстанций»; Файбисовича Д. Л. «Справочник по проектированию электрических сетей».

Также был рассмотрен ряд законодательных документов, регулирующих технические требования к системам электроснабжения. Такими документами явились: ГОСТы, ПУЭ, СНиПы, руководства Госгортехнадзора, технические циркуляры.

При работе над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» особое внимание уделялось пособию Видяева И. Г., Сериковой Г. Н. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

На основе нормативно – законодательных актов, регулирующих условия труда, пожаробезопасность, опасные и вредные производственные факторы, действия при чрезвычайных ситуациях, был выполнен раздел «Социальная ответственность».

2. Объект исследования

В данной выпускной квалификационной работе разрабатывается система электроснабжения завода точного приборостроения.

Таблица 1 – Сведения об электрических нагрузках цехов предприятия

№	Наименование	P _н ,кВт
1	Ремонтно-механический цех	-
2	Компрессорная 10кВ 0,38кВ	2500 1650
3	Сборочный цех	890
4	Кузнечно-сварочный цех	1200
5	Цех ремонта штанговых глубинных насосов	2500
6	Шламовая	400
7	Компрессорная 10кВ 0,38кВ	1900 810
8	Склад	180
9	Склад	150
10	Административно-бытовой комплекс	290
11	Прокатно-ремонтный цех эл.оборудования	1000
12	Электролаборатория	450
13	Автомобильный бокс	120
14	Автомобильный бокс	100
15	Инструментальный	600
16	Насосная 10кВ 0,38кВ	2900 730
17	Сборочный	580
18	Проходная	200

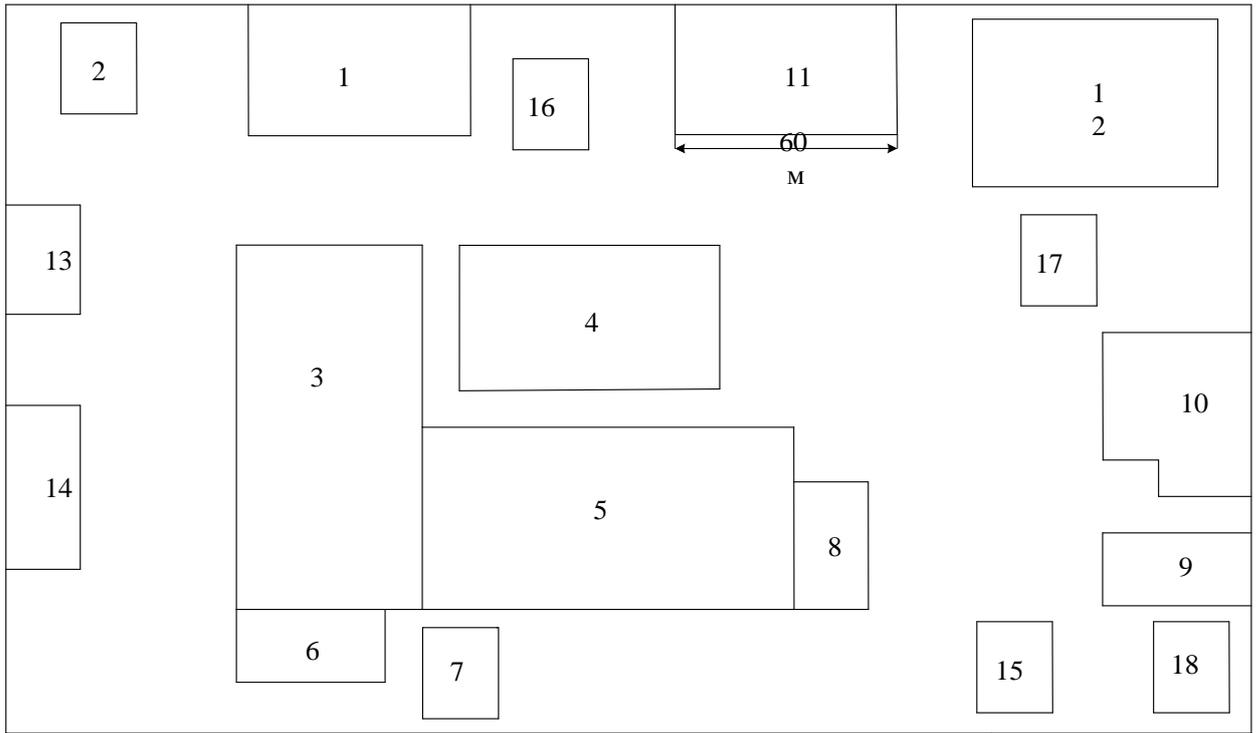


Рисунок 1- Генплан завода точного приборостроения

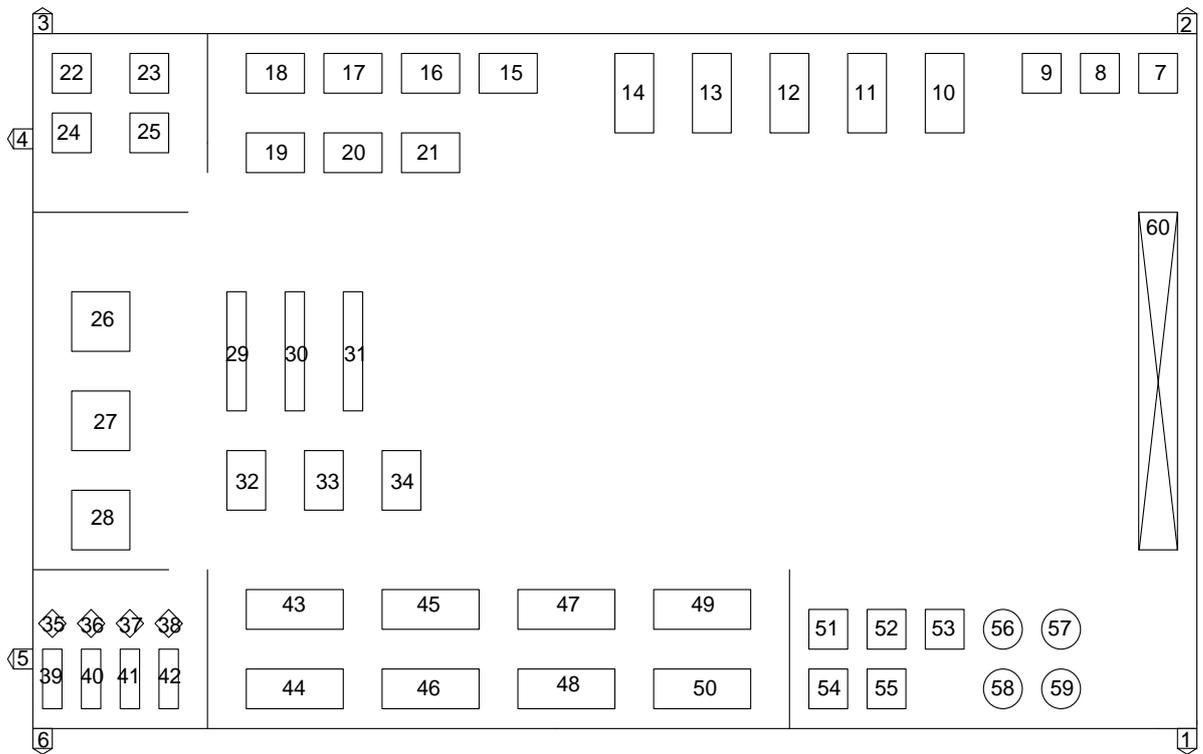


Рисунок 2 -План ремонтно-механического цеха

Таблица 2 – Сведения об электрических нагрузках цеха

Наименование	Номер по плану	Р _у , кВт
Вентилятор	1-3,6	10
Вентилятор	4,5	7,5
Универсально-заточный станок	7-9	17
Фрезерный станок	10-12	7,5
Фрезерный станок	13,14	12
Резьбонарезной станок	15-18	4,5
Резьбонарезной станок	19-21	7,5
Сварочный агрегат, ПВ=60%	22,23	65
Преобразователь сварочный, ПВ=40%	24,25	25
Пресс фрикционный	26-28	13
Ножницы отрезные	29-31	7,5
Пресс гидравлический	32-34	12
Точильный станок	35,36	4,5
Точильный станок	37,38	7,5
Шлифовальный станок	39-42	8
Токарно-винторезный станок	43-47	10
Токарно-винторезный станок	48-50	12
Радиально-сверлильный станок	51-53	8
Радиально-сверлильный станок	54,55	13
Вертикально-сверлильный станок	56-58	4,5
Вертикально-сверлильный станок	59	7,5
Кран-балка ПВ=40%	60	25

Краткое описание технологического процесса

В состав завода входят различные цеха, каждый выполняет свою роль, поставленную администрацией предприятия в соответствии с технологическим процессом. Основная масса электроприёмников предприятия это электроприёмники переменного тока с номинальным напряжением $U_n = 0,4 \text{ кВ}$. Так же на заводе присутствует электроприёмники переменного тока с номинальным напряжением $U_n = 10 \text{ кВ}$, расположенные в компрессорной (Цех №2), компрессорной(Цех №7), насосной (Цех №16). В соответствии с технологическим процессом завода точного приборостроения - это синхронные двигатели.

Таблица 3-Синхронные двигатели

№ цеха	Количество двигателей	Марка двигателя
2	2	СТД-1250-2ухл4
7	2	СТД-1000-2ухл4
16	2	СТД-1600-2ухл4

Данный завод предполагает наличие нагрузки как II так и III категории по степени надежности электроснабжения. Категории по степени надежности электроснабжения цехов предприятия сведены в таблицу 4

Таблица 4 - Категории по степени надежности электроснабжения цехов

№	Наименование	Категория по степени надежности электроснабжения
1	Ремонтно-механический цех	II
2	Компрессорная	II
3	Сборочный цех	II
4	Кузнечно-сварочный цех	II
5	Цех ремонта штанговых глубинных насосов	II
6	Шламовая	II
7	Компрессорная	II
8	Склад	III
9	Склад	III
10	Административно-бытовой комплекс	II
11	Прокатно-ремонтный цех эл.оборудования	II
12	Электролаборатория	II
13	Автомобильный бокс	III
14	Автомобильный бокс	III
15	Инструментальный	II
16	Насосная	II
17	Сборочный	II
18	Проходная	III

3.Расчеты и аналитика

3.1 Выбор схемы электроснабжения цеха

В данном курсовом проекте для подробного расчета системы электроснабжения цеха представлен ремонтно-механический цех.

Среда цеха характеризуется как нормальная в соответствии следующим критериям:

- 1) относительная влажность воздуха не выше 60 % . ПУЭ 1.1.6.
- 2) температура воздуха не выше 35⁰С ПУЭ 1.1.10.
- 3) технологическая пыль отсутствует ПУЭ 1.1.11.
- 4) агрессивные пары, жидкости и газы не применяются ПУЭ 1.1.11

В данном цехе преобладают приёмники третьей категории по степени надежности электроснабжения. Принимая во внимание среду цеха, категорию надежности электроприёмников, экономичность схемы электроснабжения, а так же перспективы её развития выбираем смешанную схему электроснабжения цеха. Схема электроснабжения ремонтно-механического цеха приведена на рисунке 3

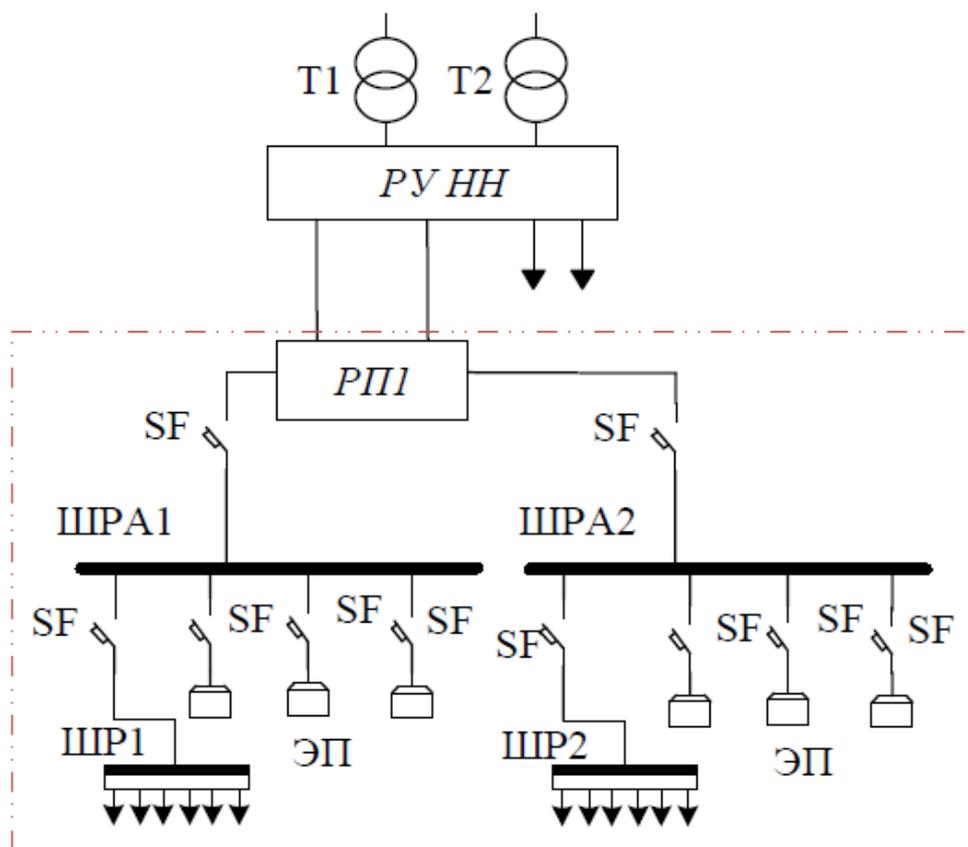


Рисунок 3-Схема питания ремонтно-механического цеха

3.2 Определение расчетной электрической нагрузки ремонтно-механического цеха

Расчет силовых нагрузок цеха производим «методом коэффициента расчетной мощности», который выполняется по форме Ф636-92 и производится для каждого узла питания (распределительного пункта, распределительного или магистрального шинпровода, цеховой трансформаторной подстанции), а также по цеху, корпусу в целом.

Расчет будет приведен на примере ШР 1-ремонтно-механического цеха.

Графы 1 и 4 соответствуют исходным данным, 5 и 6 графы заполняются согласно справочным материалам. Электродвигатели с повторно-кратковременным режимом работы не приводятся к длительному с ПВ=100%.

Графы 7 и 8 содержат расчет для каждого ЭП, а в итоговую строку суммарные

значения. Также в итоговую строку графы 5 заносится значение средневзвешенного (группового) коэффициента использования, который определяется по формуле:

$$K_{u.зр} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}} = \frac{\sum K_u \cdot P_H}{\sum P_H} = \frac{19,22}{73,5} = 0,26$$

Для последующего эффективного числа ЭП в графе 9 построчно определяют величины $n \cdot P_H^2$ и в итоговую строку заносятся их суммарное значение.

В графу 10 заносим эффективное число Эп $n_э$, это такое число однородных по режиму работы ЭП одинаковой мощности, которое обуславливает такие же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности ЭП и определяется по выражению:

$$n_э = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum n \cdot P_H^2} = \frac{(73,5)^2}{565,25} = 9$$

В зависимости от K_u и $n_э$ и постоянной времени нагрева сети в графу 11 заносятся значения коэффициента расчетной нагрузки K_p .

Расчетная активная и реактивная мощности, подключенные к узлу питания ЭП до 1000В, определяются по следующим выражениям и их значения заносятся в строку графы 12 и 13 соответственно:

$$P_p = K_p \cdot \sum K_u \cdot P_H = 1,568 \cdot 19,22 = 30,13 \text{ кВт}$$

При $n_э \leq 10$:

$$Q_P = \sum K_{II} \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi = 24,32 \text{ кВар}$$

Полная расчетная нагрузка ШР1 определяется:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} = 38,72 \text{ кВА}$$

Расчетный ток:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 58,83 \text{ А}$$

Результаты расчета всего цеха представлены в таблице 5

Таблица 5-Результаты расчета нагрузок РМЦ

Исходные данные				Расчетные величины						Эффективное число ЭП, пэ	Кр	Расчетная мощность и ток			
По заданию технологов			По справочным			Ки*Pн	Ки*Pн*tg	п*Pн2	Pr			Qp	Sp	Расчетный ток А	
Наименование характерных категорий ЭП, подключаемых к узлу питания	Кол- во ЭП, шт	Установленная мощность, кВт		Ки	cos				tg			кВт	кВар		кВА
		Одног о ЭП,кВ	Общая												
ШР1															
Вентилятор	1	10	10	0,65	0,8	0,75	6,5	4,88	100						
Вентилятор	1	7,5	7,5	0,65	0,8	0,75	4,875	3,66	56,25						
Станки									0						
Точильный	2	4,5	9	0,14	0,5	1,73	1,26	2,1798	40,5						
Точильный	2	7,50	15	0,14	0,5	1,73	2,1	3,633	112,5						
Шлифовальный	4	8	32	0,14	0,5	1,73	4,48	7,7504	256						
Итого по ШР1	10	4,5-10	73,5	0,26			19,22	22,11	565,3	9	1,6	30,13	24,32	38,72	58,83
ШР2															
Вентилятор	1	10	10	0,8	0,85	0,62	8	4,96	100						
Вентилятор	1	7,5	7,5	0,8	0,85	0,62	6	3,72	56,25						
Сварочный агрегат, ПВ=60	2	65	130	0,3	0,6	1,33	39	51,87	8450						
Газовый сварочный аппарат	2	25	50	0,3	0,6	1,33	15	19,95	1250						
Итого по ШР2	6	7,5-65	197,5	0,34			68	80,68	9856	3	1,6	110,4	88,74	141,7	215,25

Продолжение таблицы 5

Исходные данные							Расчетные величины			Эффективное число ЭП, пэ	Кр	Расчетная мощность и ток			
По заданию технологов				По справочным данным			Ки* Pн	Ки* Pн *tg	п* Pн2			Рр	Qр	Sp	Расчетный ток
Наименование характерных категорий ЭП, подключаемых к	Кол-во ЭП, шт	Установленная		Ки	cos	tg									
		Одного ЭП, кВт	Общая				кВт	кВар	кВА	А					
ШРА1															
ШР1	10	4,5-10	73,5	0,26			19,2	22,11	565,25	9	1,6	30,13	24,32	38,72	58,83
Кран-балка ПВ=25%	1	25	25	0,1	0,5	1,73	2,5	4,325	625						
Станки									0						
Вертикально-сверлильный	1	7,5	7,5	0,14	0,5	1,73	1,05	1,8165	56,25						
Вертикально-сверлильный	3	4,5	13,5	0,14	0,5	1,73	1,89	3,2697	60,75						
Радиально-сверлильный	3	8	24	0,14	0,5	1,73	3,36	5,8128	192						
Радиально-сверлильный	2	13	26	0,14	0,5	1,73	3,64	6,2972	338						
Токарно-винторезный	3	12	36	0,14	0,5	1,73	5,04	8,7192	432						
Токарно-винторезный	5	10	50	0,14	0,5	1,73	7	12,11	500						
Пресс гидравлический	3	12	36	0,14	0,5	1,73	5,04	8,7192	432						
Пресс фрикционный	3	13	39	0,14	0,5	1,73	5,46	9,4458	507						
Вентилятор	1	10	10	0,65	0,8	0,75	6,5	4,875	100						
Итого по ШРА1	35	4,5-25	340,5	0,18			60,7	87,5	3808,25	30	1,15	69,805	87,5	111,93	170,266

Продолжение таблицы 5

Исходные данные				Расчетные						Эффективное число ЭП, пэ	Кр	Расчетная мощность и ток			
По заданию технологов			По справочным			Ки*Рн	Ки*Рн*tg	п*Рн2	Рр			Qр	Sp	Расчетны	
Наименование характерных категорий ЭП, подключаемых к узлу питания	Кол-во ЭП, шт	Установленная мощность, кВт		Ки	cos										tg
		Одного ЭП, кВт	Общая												
ШРА2															
ШР2	6	7,5-65	197,5	0,34			68	80,68	9856,3	3	1,6	110,43	88,74	141,67	215,25
Вентилятор	1	10	10	0,65	0,8	0,75	6,5	4,875	100						
Универсально-заточный станок	3	17	51	0,14	0,5	1,73	7,14	12,352	867						
Фрезерный станок	3	7,5	22,5	0,14	0,5	1,73	3,15	5,4495	168,75						
Фрезерный станок	2	12	7,5	0,14	0,5	1,73	1,05	1,8165	288						
Резьбонарезный станок	4	4,5	18	0,14	0,5	1,73	2,52	4,3596	81						
Резьбонарезный станок	3	7,5	22,5	0,14	0,5	1,73	3,15	5,4495	168,75						
Ножницы отрезные	3	7,5	22,5	0,14	0,5	1,73	3,15	5,4495	168,75						
Итого по ШРА2	25	4,5-65	351,5	0,27			94,66	120,4	11699	10	1,3	123,1	82,63	148,2	225,20242
РП															
ШРА1	35		340,5	0,18			60,7	87,5	3808,3	30					
ШРА2	25		341,5	0,27			94,66	120,43	11699	10					
Итого по РП	60	4,5-65	682	0,22			155,36	207,93	15507	29	0,75	116,52	207,93	238,35	362,56

3.3 Определение расчётной нагрузки предприятия в целом

Расчетная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Определение электрических нагрузок в системе электроснабжения промышленного предприятия выполняют для характерных мест присоединения приемников электроэнергии. При этом отдельно рассматривают сети напряжением до 1 кВ и выше.

Расчётная нагрузка (активная и реактивная) силовых приёмников цехов определяются из выражений:

$$P_p = K_c \cdot P_n ;$$
$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi ,$$

где P_n – суммарная установленная мощность всех приёмников цеха;

K_c – коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным[2];

$\operatorname{tg} \varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности;

Пример расчета активной и реактивной нагрузки силовых приёмников Сборочного цеха:

$$P_p = K_c \cdot P_n = 0,25 \cdot 890 = 222,5 \text{ кВт} ;$$
$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 222,5 \cdot 1,02 = 226,95 \text{ кВар} .$$

Результаты расчетов нагрузок всех цехов предприятия сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Определение расчётных нагрузок цехов предприятия

Силовая нагрузки						
N	P_n,кВт	K_c	cos	tg	P_p,кВт	Q_p,кВар
Потребители электроэнергии 0,38кВТ						
1	-	-	-	-	170,9	207,9
2	1650	0,4	0,8	0,75	660	495
3	890	0,25	0,7	1,02	222,5	226,95
4	1200	0,45	0,75	0,88	540	475,2
5	2500	0,3	0,7	1,02	750	765
6	400	0,7	0,85	0,62	280	173,6
7	810	0,4	0,8	0,75	324	243
8	180	0,25	0,6	1,33	45	59,85
9	150	0,25	0,6	1,33	37,5	49,875
10	290	0,4	0,7	1,02	116	118,32
11	1000	0,3	0,7	1,02	300	306
12	450	0,5	0,8	0,75	225	168,75
13	120	0,3	0,7	1,02	36	36,72
14	100	0,3	0,7	1,02	30	30,6
15	600	0,5	0,8	0,75	300	225
16	730	0,4	0,8	0,75	292	219
17	580	0,5	0,8	0,75	290	217,5
18	200	0,25	0,6	1,33	50	66,5
Итого по 0,38кВт					4668,9	4084,77
Потребители электроэнергии 6-10кВт						
1	2500	0,7	1	-	1750	0
2	1900	0,7	1	-	1330	0
3	2900	0,7	1	-	2030	0
Итого по 6-10кВт					5110	0
Итого по заводу					9778,9	4084,77

Расчетную нагрузку осветительных приемников цеха определяем по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{po} = P_{но} \cdot K_{co},$$

Величину $P_{но}$ находим как:

$$P_{но} = P_{уд} \cdot F,$$

Пример расчета активной и реактивной нагрузки силовых приёмников Сборочного цеха:

$$P_{но} = P_{уд} \cdot F = 15 \cdot 4800 = 72 \text{ кВт};$$

$$P_{ро} = P_{но} \cdot K_{со} = 72 \cdot 0,95 = 68,4 \text{ кВт}.$$

Полная расчетная нагрузка цеха:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o.})^2 + (Q_p + Q_{p.o.})^2} = 368,95 \text{ кВА}$$

Результаты расчетов осветительных и силовых нагрузок всех цехов предприятия сведем в таблицу 7.

Таблица 7-Осветительная и силовая нагрузка всех цехов предприятия

№	Осветительная нагрузка				Силовая+осветительная			
	F,м ²	Руд	Рно	Ксо	Рро	Рро+Рр	Qр	Sp
Потребители электроэнергии 0,38кВт								
1	2040	15	30,6	0,9	27,54	198,44	207,9	287,4
2	480	16	7,68	1	7,68	667,68	495	831,16
3	4800	15	72	0,95	68,4	290,9	226,95	368,96
4	2660	15	39,9	0,9	35,91	575,91	475,2	746,65
5	4800	15	72	0,95	68,4	818,4	765	1120,3
6	720	16	11,52	1	11,52	291,52	173,6	339,29
7	480	16	7,68	1	7,68	331,68	243	411,17
8	680	17	11,56	0,6	6,936	51,936	59,85	79,242
9	760	17	12,92	0,6	7,752	45,252	49,875	67,344
10	1600	18	28,8	0,9	25,92	141,92	118,32	184,77
11	2040	15	30,6	0,9	27,54	327,54	306	448,24
12	2904	25	72,6	0,9	65,34	290,34	168,75	335,82
13	560	17	9,52	0,6	5,712	41,712	36,72	55,572
14	840	17	14,28	0,6	8,568	38,568	30,6	49,233
15	480	16	7,68	0,9	6,912	306,912	225	380,55
16	480	16	7,68	0,95	7,296	299,296	219	370,86
17	480	16	7,68	0,9	6,912	296,912	217,5	368,05
18	480	16	7,68	0,8	6,144	56,144	66,5	87,031
Территори я завода	62976	0,16	10	1	10	10	-	10
Итого по 0,38кВТ					412,23	5081,12	4084,7	6542
Потребители электроэнергии 6-10кВт								
1						1750	0	1750
2						1330	0	1330
3						2030	0	2030
Итого по 6-10кВТ						5110	0	5110
Итого по заводу						10191,14	4084,7	11652

Суммарные расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГПП, определяются из выражений:

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_p^H + \sum P_p^6) \cdot K_{p.m(a)} + P_{po} + \Delta P_T + \Delta P_{Л} ;$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_p^H + \sum Q_p^6) \cdot K_{p.m(p)} + Q_{po} + \Delta Q_T ,$$

где $K_{рм}$ - коэффициент одновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, принимаемый в пределах 0,9-0,95.

$K_{рм(a)} = 0,95$ – коэффициент одновременности максимумов нагрузок для активной мощности;

$K_{рм(p)} = 0,9$ – коэффициент одновременности максимумов нагрузок для реактивной мощности.

Так как трансформаторы цеховых подстанций и высоковольтная сеть еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H ;$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H ;$$

$$\Delta P_{Л} = 0,03 \cdot S_p^H .$$

Полная мощность предприятия на шинах 6-10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} .$$

Определим потери при $S_p^H=6541,7$ кВА:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 6541,7 = 130,8 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H = 0,1 \cdot 6541,7 = 651,2 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_{Л} = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 6541,7 = 196,2 \text{ кВт}.$$

Расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГПП при

$$\sum P_p^H = 4668,9 \text{ кВт}; \quad \sum P_p^6 = 5110 \text{ кВт}; \quad P_{po} = 412,2 \text{ кВт};$$

$$\sum Q_p^H = 4084,76 \text{ кВар}; \quad \sum Q_p^6 = 0 \text{ кВар}; \quad Q_{po} = 0 \text{ кВар}.$$

$$\begin{aligned}
P_{p\Sigma} &= (\sum P_p^h + \sum P_p^g) \cdot K_{p.m(a)} + P_{po} + \Delta P_T + \Delta P_{Л} = \\
&= (4668,9 + 5110) \cdot 0,95 + 412,2 + 130,8 + 196,25 = 10029 \text{ кВт}; \\
Q_{p\Sigma} &= (\sum Q_p^h + \sum Q_p^g) \cdot K_{p.m(p)} + Q_{po} + \Delta Q_T = \\
&= (4084,76 + 0) \cdot 0,9 + 651,2 = 4327,5 \text{ кВар}.
\end{aligned}$$

Полная мощность предприятия на шинах 6-10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{7705,9^2 + 6124,1^2} = 9843 \text{ кВА}.$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП:

$$S_{P_{ГПП}} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{T_{ГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T_{ГПП}} - Q_{KV})^2}.$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{T_{ГПП}} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 218,45 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{T_{ГПП}} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 1092,28 \text{ кВар}.$$

Из сети энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок для 35 кВ:

$$Q_C = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 10029 = 2406,9 \text{ кВар}.$$

Мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{KV} = Q_{p\Sigma} - Q_C = 4327,5 - 2406,9 = 1920 \text{ кВар}.$$

$$\begin{aligned}
S_{P_{ГПП}} &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{T_{ГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T_{ГПП}} - Q_{KV})^2} = \\
&= \sqrt{(10029 + 218,45)^2 + (4327,5 + 1092,28 + 1920)^2} = 10696,76 \text{ кВА}.
\end{aligned}$$

3.4 Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок

Главную понизительную подстанцию (ГПП) в целях экономии металла и электроэнергии рекомендуется устанавливать в центре электрических нагрузок предприятия. Определение центра электрических нагрузок дает возможность построить экономически целесообразную и надежную систему электроснабжения.

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определённом масштабе соответствуют расчётным нагрузкам цехов.

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}},$$

где P_{pi} – расчётная активная мощность i -го цеха с учётом освещения, кВА; m – масштаб для определения площади круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов предприятия).

Считаем, что нагрузка распределена по цеху равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Осветительную нагрузку наносим в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора (α) определяем из соотношения полных расчётных (P_{pi}) и осветительных нагрузок (P_{po}) цехов:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{S_{pi}}$$

На генплан завода по производству безалкогольных напитков произвольно наносим оси координат и определяем значения x_i и y_i для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок предприятия x_0 и y_0 определяем по формулам:

$$x_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot x_i}{\sum P_{pi}}; \quad y_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot y_i}{\sum P_{pi}}.$$

Пример расчета для Сборочного цеха (Цех №3):

Радиус окружности:

$$r_3 = \sqrt{\frac{P_{p3}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{368,15}{3,14 \cdot 1}} = 10,8 \text{ мм.}$$

Угол сектора осветительной нагрузки:

$$\alpha_3 = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o}}{P_{p3}} = \frac{360^\circ \cdot 68,4}{368,15} = 67^\circ$$

Координаты центра электрических нагрузок предприятия:

$$X_0 = \frac{\sum (P_{pi} \cdot x_i)}{\sum P_{pi}} = \frac{1014131,7}{6530,77} = 155 \text{ м}; Y_0 = \frac{\sum (P_{pi} \cdot y_i)}{\sum P_{pi}} = \frac{662883,87}{6530,77} = 102 \text{ м.}$$

Расчетные данные для построения картограммы и определение условного центра электрических нагрузок приведены в таблице 8.

Таблица – 8 Нахождение центра электрических нагрузок (ЦЭН)

№ Цеха	Р _{рi} /кВт	Р _о /кВт	г,м	α,град	X _i ,м	Y _i ,м	Р _{рi} *X _i ,кВ	Р _{рi} *Y _i ,кВ
1	3	4	6	7	8	9	10	11
1	287,4	27,54	9,57	34	92	174	26440,8	50007,6
2	831,15	7,68	16,3	3,3	24	174	19947,6	144620,1
3	368,15	68,4	10,8	67	86	82	31660,9	30188,3
4	746,65	35,01	15,4	17	154	108	114984,1	80638,2
5	1120,3	68,4	18,9	22	156	56	174762,1	62735,12
6	339,3	11,52	10,4	12	80	24	27144	8143,2
7	411,2	7,68	11,4	6,7	120	16	49344	6579,2
8	79,24	6,94	5,02	32	218	50	17274,32	3962
9	67,34	7,75	4,63	41	308	42	20740,72	2828,28
10	184,77	25,92	7,67	51	308	82	56909,16	15151,14
11	448,24	27,54	11,9	22	206	174	92337,44	77993,76
12	335,8	64,34	10,03	69	288	164	96710,4	55071,2
13	55,57	5,71	4,21	37	10	124	555,7	6890,68
14	49,23	8,57	3,96	63	10	65	492,3	3199,95
15	380,55	6,9	11	6,5	266	18	101226,3	6849,9
16	370,86	7,3	10,9	7,1	144	164	53403,84	60821,04
17	368,05	6,9	10,8	6,7	280	124	103054	45638,2
18	87	6,1	5,26	25	312	18	27144	1566
	6530,8	400,2					1014132	662883,9

3.5 Построение зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок

В действительности положение ЦЭН не является постоянным на плане предприятия, он постоянно смещается по территории, описывая некоторую фигуру, в общем случае достаточно сложной формы. Это объясняется изменением потребляемой приемниками мощности, изменением технологии производства, сменности работы, развитием предприятия.

Поэтому правильнее говорить не о ЦЭН как некоторой постоянной точке на плане, а о зоне рассеяния ЦЭН.

Зона рассеяния центра электрических нагрузок представляет собой эллипс, полуоси которого равны:

$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x}; R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y};$$

Где

$$h_x = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2}}; h_y = \frac{1}{\sigma_y \cdot \sqrt{2}}.$$

σ_x, σ_y - дисперсии случайных координат:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n P_{xi} \cdot (x_i - x_{0a})^2; \sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n P_{yi} \cdot (y_i - y_{0a})^2,$$

P_{xi}, P_{yi} - эмпирическая вероятность появления x_i, y_i .

$$P_{xi} = P_{yi} = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

$$h_x = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{85,83 \cdot \sqrt{2}} = 0,0082; \quad h_y = \frac{1}{\sigma_y \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{59,28 \cdot \sqrt{2}} = 0,012.$$

$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x} = \frac{\sqrt{3}}{0,0082} = 210,2 \text{ м}; \quad R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y} = \frac{\sqrt{3}}{0,012} = 145,2 \text{ м}.$$

Для построения зоны рассеяния в данном случае достаточно перенести оси ординат параллельно самим себе в точку X_0, Y_0 и по осям x и y отложить соответствующие R_x и R_y .

Расчетные данные для построения зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок приведены в таблице 9.

Таблица– 9 Построение зоны рассеяния ЦЭН

$X_i, м$	$Y_i, м$	$P_{pi} * X_i, кВ$	$P_{pi} * Y_i, кВ$	$(X_i - M_x)^2, м$	$(Y_i - M_y)^2, м$	$P_{xi}(X_i - M_x)^2, м$	$P_{yi}(Y_i - M_y)^2, м$
1	2	3	4				
92	174	26440,8	50007,6	3969	5184	174,685	228,16
24	174	19947,6	144620,1	17161	5184	2184,28	659,829
86	82	31660,9	30188,3	4761	400	268,417	22,5513
154	108	114984,1	80638,2	1	36	0,11434	4,11629
156	56	174762,1	62735,12	1	2116	0,17156	363,016
80	24	27144	8143,2	5625	6084	292,276	316,126
120	16	49344	6579,2	1225	7396	77,1394	465,733
218	50	17274,32	3962	3969	2704	48,1629	32,8124
308	42	20740,72	2828,28	23409	3600	241,403	37,1247
308	82	56909,16	15151,14	23409	400	662,371	11,3182
206	174	92337,44	77993,76	2601	5184	178,541	355,846
288	164	96710,4	55071,2	17689	3844	909,643	197,675
10	124	555,7	6890,68	21025	484	178,922	4,11882
10	65	492,3	3199,95	21025	1369	158,509	10,321
266	18	101226,3	6849,9	12321	7056	718,033	411,204
144	164	53403,84	60821,04	121	3844	6,87198	218,313
280	124	103054	45638,2	15625	484	880,671	27,2797
312	18	27144	1566	24649	7056	328,402	94,008
		1014132	662883,9			7308,61	3459,55

Построив зону рассеяния центра электрических нагрузок, выбираем место для расположения ГПП, учитывая розу ветров и состояние окружающей среды (на территории предприятия отсутствуют вредные выбросы), располагаем ГПП вблизи ЦЭН. Ген. план предприятия с картограммой нагрузок представлены на рисунке

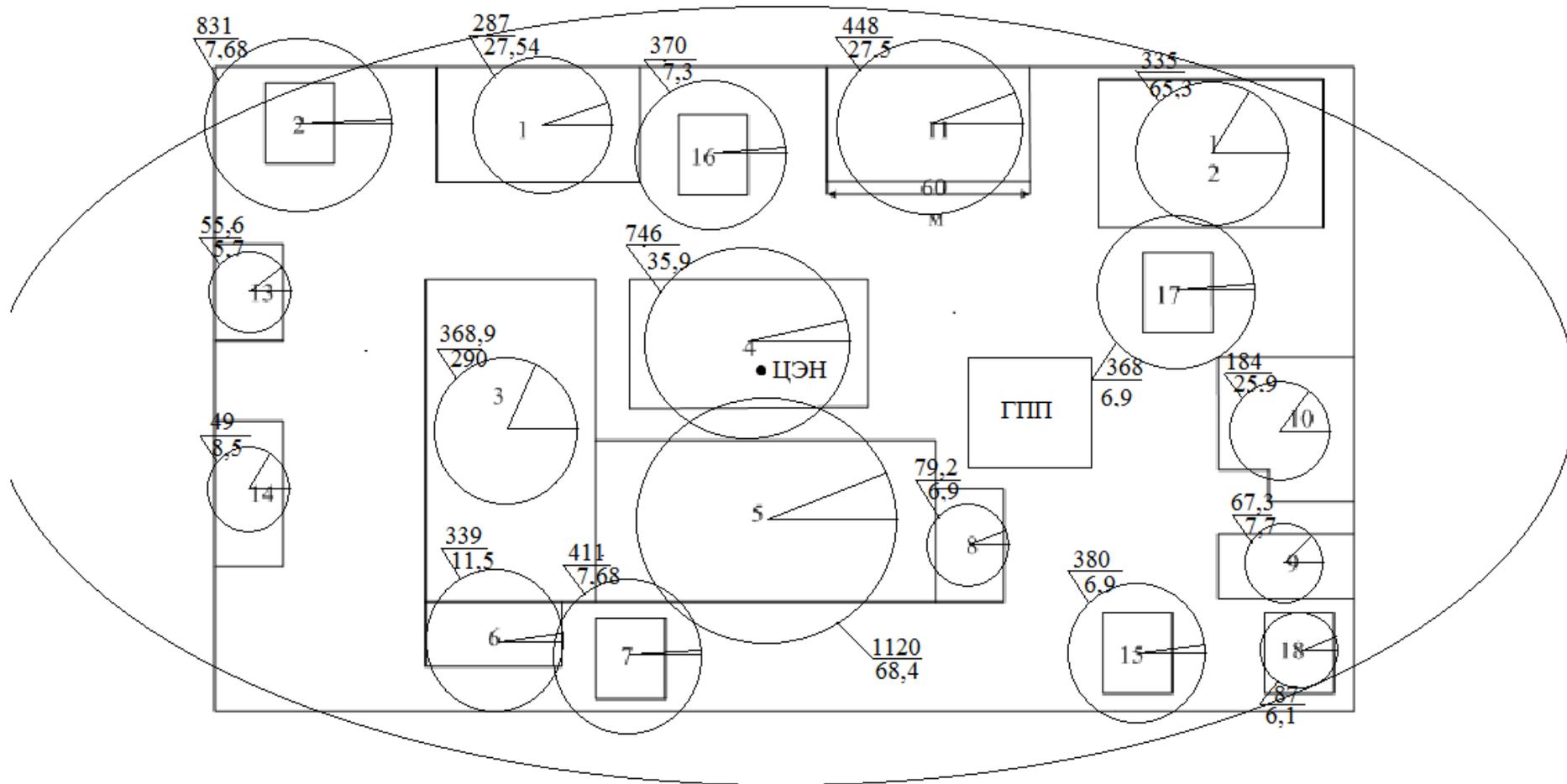


Рисунок 4- Генплан предприятия с картограммой нагрузо

3.6 Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций

При установке на крупных промышленных предприятиях цеховых трансформаторов их номинальную мощность определяют удельной плотностью нагрузки предприятия. Удельная плотность нагрузки определяется по формуле согласно [3, стр.37]:

$$\delta = \frac{S_p^H}{F_y} = \frac{6541,698}{27284} = 0,239 \text{ кВА/м}^2,$$

где F_y – площадь всех цехов предприятия, м²;

S_p^H – суммарная расчетная мощность предприятия напряжением до 1кВ.

По полученной плотности нагрузки, наиболее предпочтителен вариант номинальной мощности цеховых трансформаторов 1600 кВА согласно [1 стр.107].

Минимальное возможное число трансформаторов определяем по формуле:

$$N_{\min} = \frac{\sum P_p}{\beta_m \cdot S_{н.мп.}} = \frac{4668,9}{0,7 \cdot 1600} \approx 5,$$

где β_m – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме (принимаем $\beta_m = 0,7$) [1 стр.110];

$S_{н.мп.}$ – номинальная мощность одного трансформатора, кВА;

$\sum P_p$ – суммарная расчетная активная нагрузка с учетом освещения, подведенная к трансформаторам в сети ниже 1 кВ.

Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор:

$$P_1 = \frac{\sum P_p}{N} = \frac{4668,9}{5} = 778,15 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторов N_i , которое следует установить в том или ином цехе

$$N_i = \frac{P_p + P_{p.o}}{P_1}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Число трансформаторов в цехе на 1000кВА

№ Цеха	Р_{ро}+Р_р	Н_{цтр}
1	198,44	0,255
2	667,68	0,858
3	290,9	0,374
4	575,91	0,74
5	818,4	1,052
6	291,52	0,375
7	331,68	0,426
8	51,936	0,067
9	45,252	0,058
10	141,92	0,182
11	327,54	0,421
12	290,34	0,373
13	41,712	0,054
14	38,568	0,05
15	6,912	0,009
16	7,296	0,009
17	6,912	0,009
18	6,144	0,008

Как видно из таблицы, двухтрансформаторная КТП с $S_{н.тр} = 1600$ кВА не может обеспечить необходимый коэффициент загрузки трансформаторов.

Выбираем вариант номинальной мощности цеховых трансформаторов 630кВА.

Минимальное возможное число трансформаторов определяем по формуле:

$$N_{\min} = \frac{\sum P_p}{\beta_m \cdot S_{н.мп.}} = \frac{4668,9}{0,7 \cdot 630} \approx 11.$$

Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор:

$$P_1 = \frac{\sum P_p}{N} = \frac{4668,9}{11} = 424,44 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторов N_i , которое следует установить в том или ином цехе

$$N_i = \frac{P_p + P_{p.o}}{P_1}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Число трансформаторов в цехе на 630кВА

№ Цеха	Р_{ро}+Р_р	Н_{цтр}
1	198,44	0,468
2	667,68	1,573
3	290,9	0,685
4	575,91	1,357
5	818,4	1,928
6	291,52	0,687
7	331,68	0,781
8	51,936	0,122
9	45,252	0,107
10	141,92	0,334
11	327,54	0,772
12	290,34	0,684
13	41,712	0,098
14	38,568	0,091
15	6,912	0,016
16	7,296	0,017
17	6,912	0,016
18	6,144	0,014

Выбираем трансформаторы 630 кВА.

3.7 Выбор количества трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности

Определяем расчетное число трансформаторов для $S_{н.мп} = 630$ кВА

$$N_{\min}^{630} = \frac{\sum P_p}{\beta_m \cdot S_{н.мп.}} = \frac{4668,9}{0,7 \cdot 630} \approx 11 \text{ шт.};$$

Наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана из сети 10 кВ в сеть до 1 кВ без увеличения числа трансформаторов:

$$Q_1^{630} = \sqrt{(N_{\min} \cdot \beta_m \cdot S_{н.мп})^2 - \sum P_p^2} = \sqrt{(11 \cdot 0,75 \cdot 630)^2 - 5081,14^2} = 1093,6 \text{ кVar};$$

Из сети энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок для 35 кВ:

$$Q_C = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 10029 = 2406,9 \text{ кVar}$$

Анализ баланса реактивной мощности на шинах ГПП:

$$Q_{p\Sigma} = 4327,5 \text{ кVar} > Q_C = 2406,9 \text{ кVar}.$$

Реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы, не достаточно для существующей реактивной нагрузки, поэтому в качестве дополнительных источников реактивной мощности необходимо использовать батареи статических конденсаторов и/или синхронные двигатели, установленные на предприятии.

Для компенсации реактивной мощности можно использовать, имеющиеся на предприятии СД.

В цехе №2 установлены два синхронных двигателя 10 кВ типа СТД-1250-2ухл4 со следующими номинальными параметрами:

$U_{\text{ном}}=10$ кВ, $n=3000$ об/мин, $\text{Cos}\varphi=0,9$, $\eta_{\text{ном}}=0,965$, коэффициент загрузки в номинальном режиме $\beta_{\text{сд}}=0,8$, $D1=3,93$, $D2=3,54$.

Реактивная мощность, которую можно получить с СД в режиме его номинальной загрузки:

$$Q_{\text{СД}1250} = 2 \cdot \frac{\alpha_{\text{м}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} = 2 \cdot \frac{1,43 \cdot 630 \cdot 0,587}{0,965} = 1096 \text{кВар}$$

В цехе №7 установлены два синхронных двигателя 10 кВ типа СТД-1000-2ухл4 со следующими номинальными параметрами:

$U_{\text{ном}}=10$ кВ, $n=3000$ об/мин, $\text{Cos}\varphi=0,9$, $\eta_{\text{ном}}=0,96$, коэффициент загрузки в номинальном режиме $\beta_{\text{сд}}=0,8$, $D1=3,39$, $D2=3,99$.

Реактивная мощность, которую можно получить с СД в режиме его номинальной загрузки:

$$Q_{\text{СД}1000} = 2 \cdot \frac{\alpha_{\text{м}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} = 2 \cdot \frac{1,43 \cdot 1000 \cdot 0,587}{0,96} = 1748 \text{кВар}$$

В цехе №16 установлены два синхронных двигателя 10 кВ типа СТД-1600-2ухл4 со следующими номинальными параметрами:

$U_{\text{ном}}=10$ кВ, $n=3000$ об/мин, $\text{Cos}\varphi=0,9$, $\eta_{\text{ном}}=0,966$, коэффициент загрузки в номинальном режиме $\beta_{\text{сд}}=0,8$, $D1=4,93$, $D2=4,13$.

Реактивная мощность, которую можно получить с СД в режиме его номинальной загрузки:

$$Q_{\text{СД}1250} = 2 \cdot \frac{\alpha_{\text{м}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} = 2 \cdot \frac{1,43 \cdot 1600 \cdot 0,587}{0,966} = 2746 \text{кВар}$$

$$Q_{\text{СД}} = 5590 \text{кВар}$$

Проверяем баланс реактивной мощности в узле А:

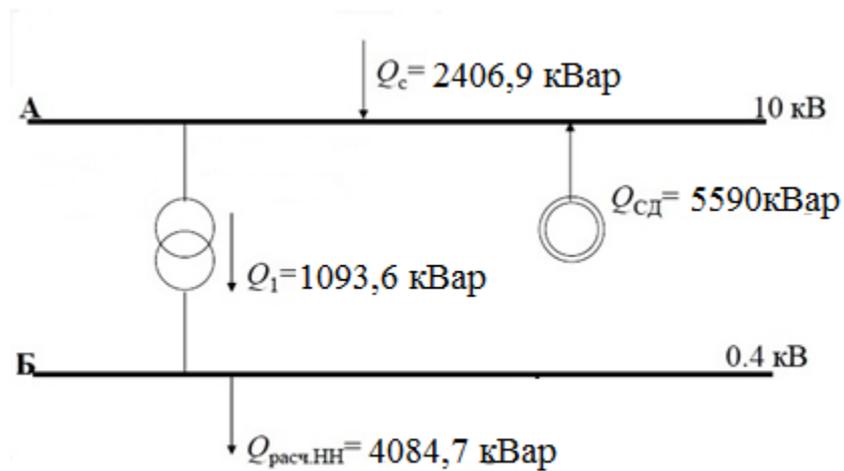


Рисунок 5 – Баланс реактивной мощности без использования БК

$$Q_C + Q_{сд} = 2406,9 + 5590 = 7996,9 \text{ кВар} > Q_1 = 1093,6 \text{ МВар}$$

Имеются различные варианты установки БК на стороне ВН и НН.

Вариант 1

$$Q_C = 2406,9 \text{ кВар}; =$$

$$Q_1 = 1093,6 \text{ кВар},$$

$$\text{тогда } Q_{БК_НН} = Q_{P\Sigma} - Q_1 = 4084,7 - 1093,6 = 2991,1 \text{ кВар}.$$

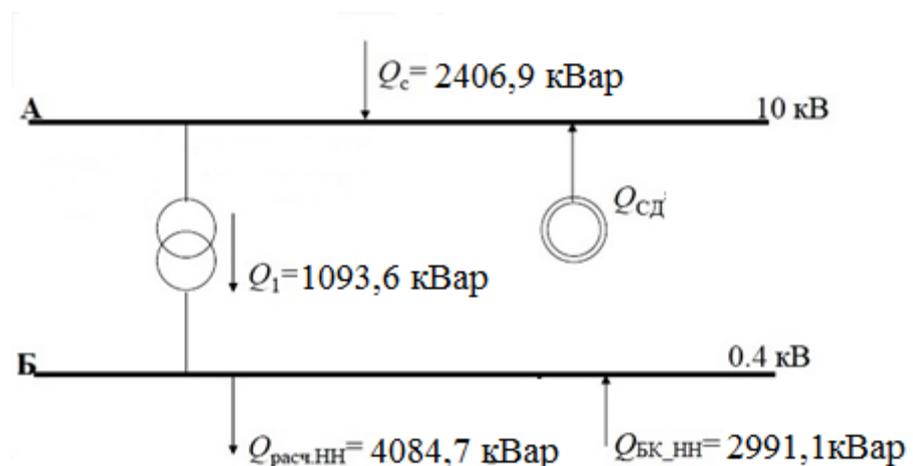


Рисунок 6 – Баланс реактивной мощности при 1 варианте установки БК

Принимаем к установке 30 конденсаторную батарею УКМ 58-04-100-33,3у3 суммарной установленной мощностью 3000 кВар.

$$\Delta P_{БК} = 4,5 \text{ кВт/МВар}, K_y = 10,5 \text{ у.е./кВар}$$

Считаем затраты:

$$Z_{БК_НН}^1 = Z_0 + Z_1 \cdot Q_{БК_НН} + Z_2 \cdot Q_{БК_НН}^2, \text{ у.е.}$$

Q – генерируемая источником реактивная мощность для проектируемой электроустановки, кВар;

Z_0 – постоянная составляющая затрат, не зависящая от генерируемой мощности, у.е./кВар;

Z_1 – удельные затраты на 1 кВар генерируемой мощности, у.е./кВар;

Z_2 – удельные затраты на 1 кВар² генерируемой мощности, у.е./кВар²;

Для БК_НН $Z_0 = 0$ и $Z_2 = 0$,

$$Z_1 = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{U_{БК}^\circ}{U^\circ}\right) + C_0 \cdot \Delta P_{БК} = 0,223 \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{1}{1}\right) + 85 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 2,724 \text{ у.е./кВар}$$

E – суммарные ежегодные отчисления от капитальных вложений.

Для предварительных расчетов можно принять: $E = 0.223$.

K_y – удельная стоимость конденсаторных батарей, у.е./кВар;

U° – относительная величина напряжения сети в месте присоединения БК;

$U_{БК}^\circ$ – отношение номинального напряжения конденсаторов к номинальному напряжению сети;

Для БК напряжением до 1000 В - $U_{БК}^\circ = 1$

Для БК напряжением 6-10 кВ - $U_{БК}^\circ = 1,05$

$\Delta P_{БК}$ – удельные потери активной мощности в БК:

$C_0 = 85 \text{ у.е./кВт}$ - удельная стоимость потерь активной мощности [1, стр.113].

$$Z^1_{БК_НН} = Z_1 \cdot Q_{БК_НН} = 2,724 \cdot 2991,1 = 8147,7 \text{ у.е.}$$

Общие затраты:

$$Z^1 = 8147,7 \text{ у.е.}$$

Вариант 2

Экономически более выгодно увеличивать число трансформаторов с номинальной мощностью 630 кВА.

Увеличиваем число установленных трансформаторов на 1 (11+1=12):

Затраты на установку одной трансформаторной подстанции мощностью

630 кВА:

$$Z^2_{ТР} = E \cdot K_{ТР} = 0,223 \cdot 28000 = 6244 \text{ у.е.}$$

$K_{ТР} = 28000 \text{ у.е.}$ – стоимость КТП.

$$Q_1^{630} = \sqrt{(N_{\min} \cdot \beta_m \cdot S_{н.мп})^2 - \sum P_p^2} = \sqrt{(11 \cdot 0,75 \cdot 630)^2 - 5081,14^2} = 2516 \text{ кВар};$$

$$Q_C = 2406,9 \text{ кВар};$$

$$Q_{сд} = 109,1 \text{ кВар};$$

$$Q_1 = 2516 \text{ кВар},$$

$$\text{тогда } Q_{БК_НН} = 4084,7 - 2516 = 1568,7 \text{ кВар};$$

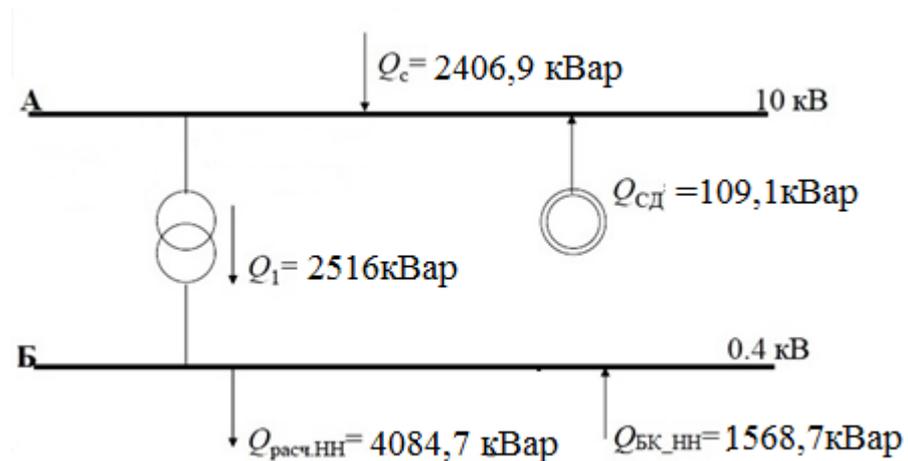


Рисунок 7 – Баланс реактивной мощности при 2 варианте установки БК

Принимаем к установке 12 конденсаторных батарей УКМ 58-04-Ш-33,3-У3 суммарной установленной мощностью 1596кВар.

$$\Delta P_{БК} = 4,5 \text{ кВт/МВар}, K_y = 8,5 \text{ у.е./кВар}$$

Считаем затраты:

$$Z_{БК_нн}^1 = Z_0 + Z_1 \cdot Q_{БК_нн} + Z_2 \cdot Q_{БК_нн}^2, \text{ у.е.}$$

$$Z_1 = 0,223 \cdot 8,5 \cdot 1 + 85 \cdot 4,5 \cdot 10^3 = 2,278 \text{ у.е./кВар}$$

$$Z_{БК_нн}^1 = Z_1 \cdot Q_{БК_нн} = 2,278 \cdot 1568,7 = 3573,5 \text{ у.е.}$$

Определяем величину удельных затрат при передаче генерируемой реактивной мощности СД в сеть 0,4 кВ

Реактивная мощность, которую можно снять с СД:

$$2СТД - 1250 - 2УХЛ4$$

$$Q_{СД} = Q_1 - Q_c = 109,1 \text{ кВар}$$

$$Q_{СДНОМ} = 2 \cdot P_{НОМ} \cdot \text{tg} \varphi = 2 \cdot 1250 \cdot 0,587 = 1467,5 \text{ кВар}$$

$$Z_1 = \frac{C_0 \cdot D_1}{Q_{СДНОМ}} = \frac{85 \cdot 3,93}{1467,5} = 0,227 \text{ у.е./кВар}$$

$$Z_2 = \frac{C_0 \cdot D_2}{Q_{СДНОМ}^2} = \frac{85 \cdot 3,54}{1467,5^2} = 0,00013 \text{ у.е./кВар}$$

$$Z_{СД}^1 = Z_1 \cdot Q_{СД} + Z_2 \cdot Q_{СД}^2 = 0,227 \cdot 109,1 + 0,00013 \cdot 109,1^2 = 26,26 \text{ у.е.}$$

2СТД – 1000 – 2УХЛ4

$$Q_{CD} = Q_1 - Q_C = 109,1 \text{ кВар}$$

$$Q_{CDНОМ} = 2 \cdot P_{НОМ} \cdot \text{tg} \varphi = 2 \cdot 1000 \cdot 0,587 = 1174 \text{ кВар}$$

$$3_1 = \frac{C_0 \cdot D_1}{Q_{CDНОМ}} = \frac{85 \cdot 3,39}{1174} = 0,245 \text{ у.е. / кВар}$$

$$3_2 = \frac{C_0 \cdot D_2}{Q_{CDНОМ}^2} = \frac{85 \cdot 3,99}{1174^2} = 0,00024 \text{ у.е. / кВар}$$

$$3_{CD}^1 = 3_1 \cdot Q_{CD} + 3_2 \cdot Q_{CD}^2 = 0,245 \cdot 109,1 + 0,00024 \cdot 109,1^2 = 29,55 \text{ у.е.}$$

2СТД – 1600 – 2УХЛ4

$$Q_{CD} = Q_1 - Q_C = 109,1 \text{ кВар}$$

$$Q_{CDНОМ} = 2 \cdot P_{НОМ} \cdot \text{tg} \varphi = 2 \cdot 1600 \cdot 0,587 = 1856 \text{ кВар}$$

$$3_1 = \frac{C_0 \cdot D_1}{Q_{CDНОМ}} = \frac{85 \cdot 4,93}{1856} = 0,225 \text{ у.е. / кВар}$$

$$3_2 = \frac{C_0 \cdot D_2}{Q_{CDНОМ}^2} = \frac{85 \cdot 4,13}{1856^2} = 0,0001 \text{ у.е. / кВар}$$

$$3_{CD}^1 = 3_1 \cdot Q_{CD} + 3_2 \cdot Q_{CD}^2 = 0,225 \cdot 109,1 + 0,0001 \cdot 109,1^2 = 25,7 \text{ у.е.}$$

Общие приведенные затраты по варианту 2:

$$3_1 = 3573,5 + 6244 + 29,55 + 25,7 + 26,26 = 9899,01 \text{ у.е.}$$

Вариант 3

Увеличиваем число установленных трансформаторов мощностью 630 кВА на 2 (N=13):

$$Q_1^{630} = \sqrt{(N_{\min} \cdot \beta_m \cdot S_{н.мп})^2 - \sum P_p^2} = \sqrt{(13 \cdot 0,75 \cdot 630)^2 - 5081,14^2} = 3451,4 \text{ кВар};$$

Передаваемая мощность Q_1 все равно меньше расчетной $Q_{\text{расч.НН}}$, т.е. всеравно нужны БК на стороне НН. Смысла в дальнейших расчетах нет.

После выбора числа и мощности цеховых трансформаторов распределяют активные нагрузки цехов между ними равномерно. Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор, может быть определена по формуле:

$$P_1^{630} = \frac{\sum P_p^H + \sum P_{p.o}}{N^{630}} \text{ кВт.}$$

Число трансформаторов N_i , которое следует установить в том или ином цехе

$$N_i = \frac{P_p + P_{p.o}}{P_1}$$

Таблица 12 – Число трансформаторов в цехе на 630 кВА

№ Цеха	P_{ро}+P_Р	N_{цтр}
1	198,44	0,468
2	667,68	1,573
3	290,9	0,685
4	575,91	1,357
5	818,4	1,928
6	291,52	0,687
7	331,68	0,781
8	51,936	0,122
9	45,252	0,107
10	141,92	0,334
11	327,54	0,772
12	290,34	0,684
13	41,712	0,098
14	38,568	0,091
15	6,912	0,016
16	7,296	0,017
17	6,912	0,016
18	6,144	0,014

Таблица 13 – Распределение трансформаторов по цехам предприятия

№	Наименование	Потребители электроэнергии	Месторасположение пунктов	Рр,кВт	Количество и мощность трансформаторов
1	ТП-1	Цех № 2	Цех № 2	667,68	2хТМ-630/10
2	ТП-2	Цеха, № 3,13,14,16	Цех № 3	378,5	1хТМ-630/10
3	ТП-3	Цех № 1, № 4	Цех №4	774,3	2хТМ-630/10
4	ТП-4	Цех №5	Цех № 5	818,4	2хТМ-630/10
5	ТП-5	Цеха № 6,9,15,18	Цех № 6	349,8	1хТМ-630/10
6	ТП-6	Цеха № 7,8	Цех № 7	383,58	1хТМ-630/10
7	ТП-7	Цеха №11,17	Цех 11	334,45	1хТМ-630/10
8	ТП-8	Цех 10,12	Цех 12	432,24	1хТМ-630/10

В цехах устанавливаем трансформаторы марки ТМ. Нагрузки близлежащих цехов объединяем, трансформаторы запитываем по радиальной схеме.

Однолинейная схема внешнего электроснабжения представлена на рисунке 8

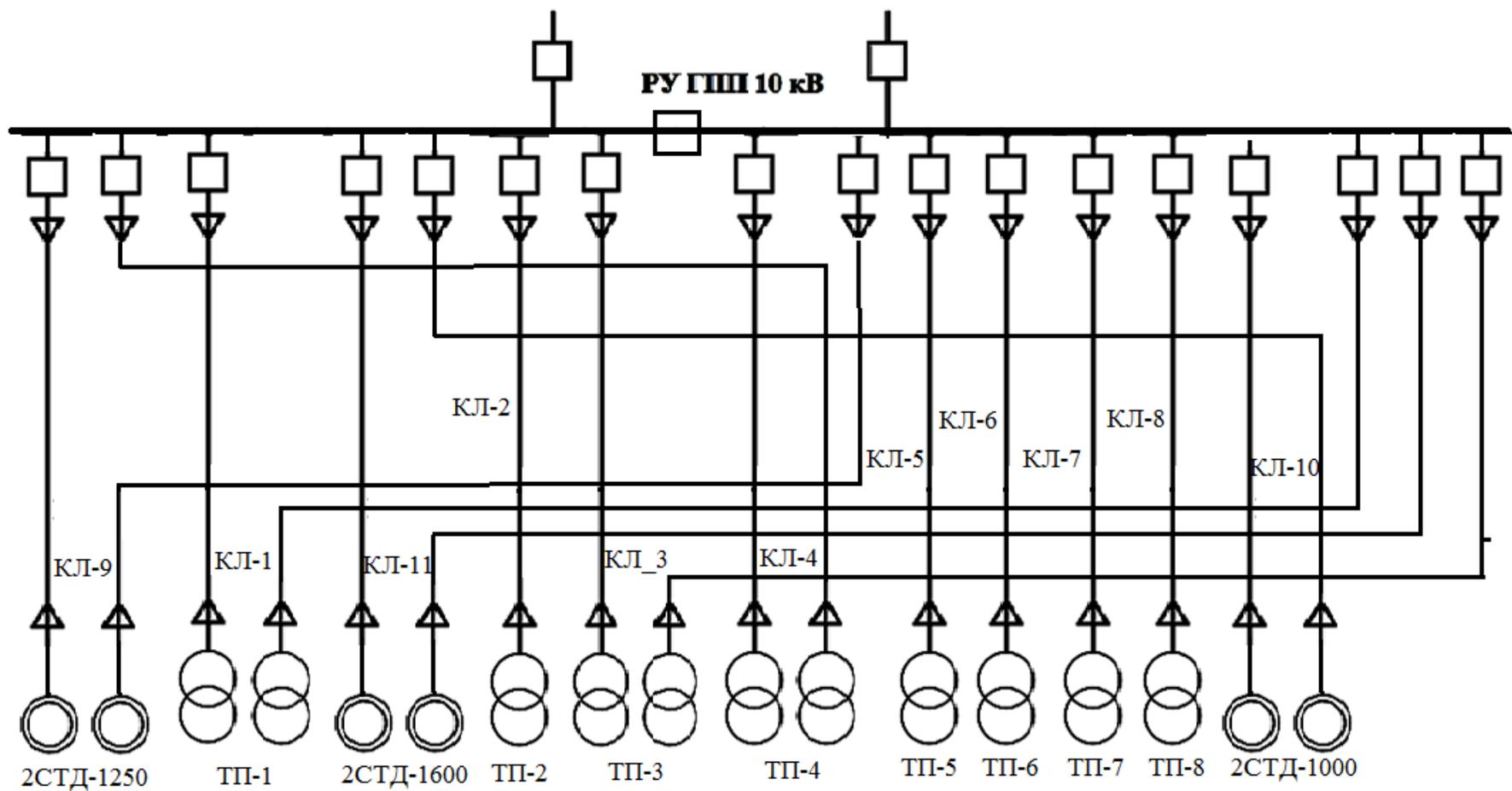


Рисунок 8- Однолинейная схема внешнего электроснабжения

Параметры выбранных трансформаторов цеховых ТП сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Параметры трансформаторов цеховых ТП

Тип трансформатора	S _{ном} ,кВА	U _{ном} обмоток,кВ		U _к ,%	P _{кз} ,кВт	P _{хх} ,кВт	I _х ,%	группа соединения обмоток
		ВН	НН					
ТМ-630/10	630	10	0,4	5,5	8,5	1,56	2	Y-Y _н - 11

Места расположения цеховых ТП обозначены на плане предприятия на рисунке 9.

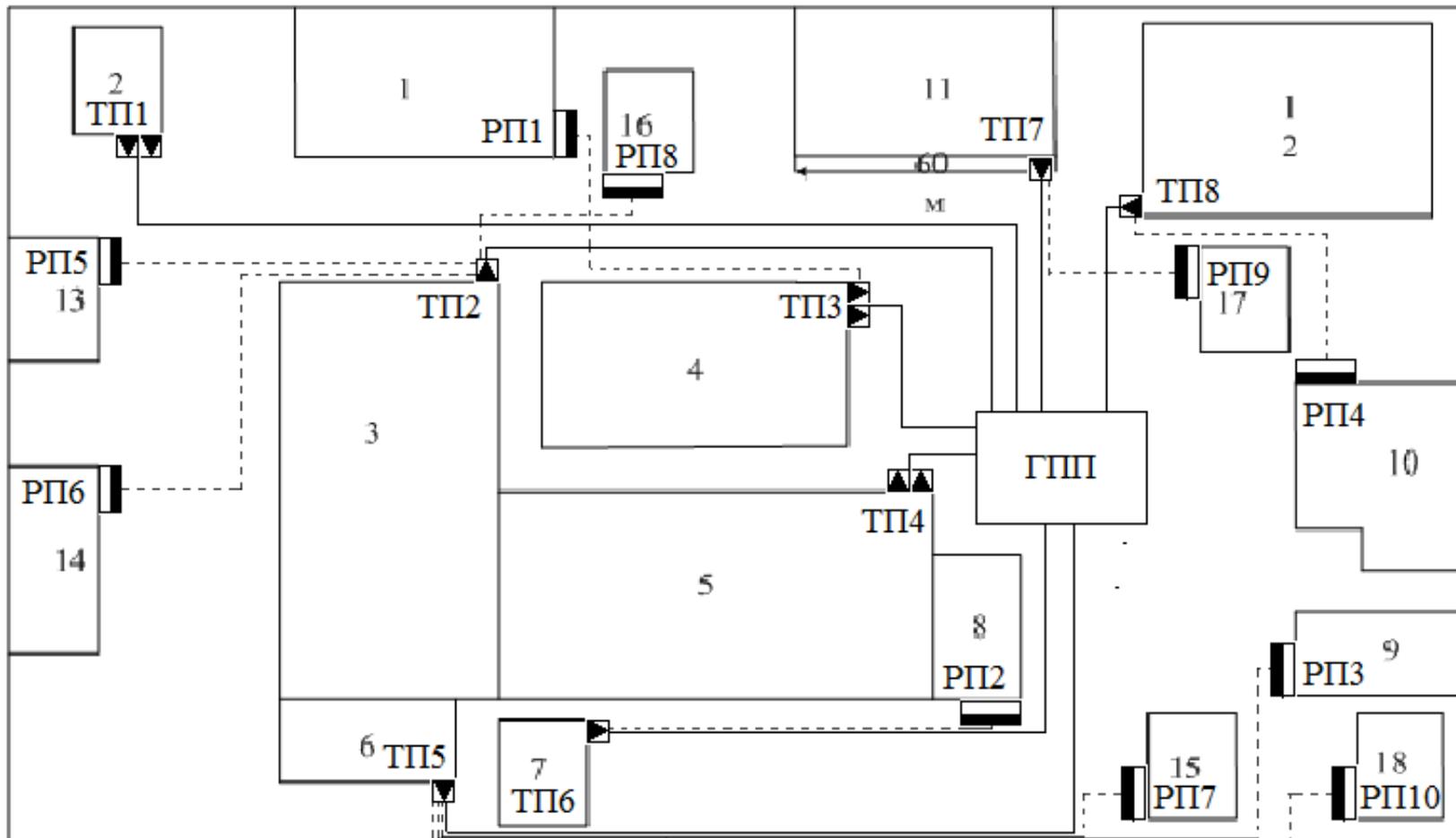


Рисунок 9-Схема расположения ГПП и цеховых ТП

3.8 Компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций и уточнение их нагрузки

Для снижения потерь в линиях и трансформаторах примем вариант компенсации реактивной мощности на напряжении 0,4 кВ непосредственно вблизи электроприёмников. КБ присоединяем к сборным шинам НН ТП.

Реактивная мощность, которую возможно передавать через трансформаторы ТП в сеть напряжением до 1000 В при заданном коэффициенте загрузки, определяется соотношением:

$$Q_{\max} = \sqrt{(n \cdot \beta \cdot S_{н.м})^2 - \sum P_p^2},$$

где n – число трансформаторов на ТП;

$\beta = 0,7$ – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме;

$S_{н.м}$ – номинальная мощность трансформаторов, установленных на ТП;

$\sum P_p$ – расчетная активная нагрузка ТП на шинах 0,4 кВ.

$$Q_{\max} = \sqrt{(N_{\min} \cdot \beta_m \cdot S_{н.мп})^2 - \sum P_p^2} = \sqrt{(11 \cdot 0,75 \cdot 630)^2 - 5081,14^2} = 1093 \text{ кВар};$$

$$Q_{БК_НН} = Q_{расчН} - Q_{\max} = 4084,7 - 1093 = 2991 \text{ кВар}$$

Выбираем мощность КУ близкую к расчетной реактивной мощности, распределение батарей конденсаторов представлено в таблице 15.

Пример расчета для коэффициента загрузки трансформаторов после компенсации КТП-1 (630 кВА):

$$Q_{\Phi} = \sum Q_P - \sum Q_{БК} = 495 - 400 = 95 \text{ кВАр};$$

$$\beta_1 = \frac{S_{\Phi}}{n_{мп} \cdot S_{мп}} = \frac{\sqrt{(P_P)^2 + (Q_{\Phi})^2}}{2 \cdot 630} = \frac{\sqrt{(667,68)^2 + (95)^2}}{2 \cdot 630} = 0,535$$

Таблица 15-Распределение БК

№	Наименование	Qф,кВар	Pp,кВт	Qp,кВар	Количество батарей	Qбат, кВар	
1	ТП-1	95	667,68	495	4	400	0,535
2	ТП-2	113,3	378,5	513,3	4	400	0,628
3	ТП-3	183,1	774,3	683,1	5	500	0,561
4	ТП-4	165	818,4	765	6	600	0,621
5	ТП-5	114,9	349,8	514,9	4	400	0,837
6	ТП-6	102,8	383,58	302,8	2	200	0,508
7	ТП-7	123,5	334,45	523,5	4	400	0,854
8	ТП-8	187,07	432,24	287,07	1	100	0,544

Определяем потери в трансформаторах:

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_{xx.тр} \cdot n + \Delta P_{кз.тр} \cdot n \cdot (\beta_{тр})^2;$$

$$\Delta Q_{тр} = \Delta Q_{xx.тр} \cdot n + \Delta Q_{кз.тр} \cdot n \cdot (\beta_{тр})^2; \quad \Delta Q_{кз.тр} = \frac{U_{кз} \cdot S_{н.тр}}{100}; \quad \Delta Q_{xx.тр} = \frac{I_{xx} \cdot S_{н.тр}}{100}.$$

Пример расчета потерь для ТП1:

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_{xx.тр} \cdot n + \Delta P_{кз.тр} \cdot n \cdot (\beta_{тр})^2 = 3,3 \cdot 2 + 18 \cdot 2 \cdot (0,7)^2 = 24,24 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{xx.тр} = \frac{I_{xx} \cdot S_{н.тр}}{100} = \frac{1,3 \cdot 1600}{100} = 20,8 \text{ кВар};$$

$$\Delta Q_{кз.тр} = \frac{U_{кз} \cdot S_{н.тр}}{100} = \frac{5,5 \cdot 1600}{100} = 88 \text{ кВар};$$

$$\Delta Q_{тр} = \Delta Q_{xx.тр} \cdot n + \Delta Q_{кз.тр} \cdot n \cdot (\beta_{тр})^2 = 20,8 \cdot 2 + 88 \cdot 2 \cdot (0,7)^2 = 127,84 \text{ кВар}.$$

Сводим результаты в таблицу 16.

Таблица 16 – Потери мощности в трансформаторах цеховых ТП

№ ТП	N_{TP}	β_{TP}	ΔP_{TP} кВт	$\Delta Q_{cos\phi}$ кВАр	$\Delta Q_{sin\phi}$ кВАр	M_{TP} кВАр	ΔS_{TP} кВА
ТП1	2	0,535	7,99	12,6	34,65	45	45,738
ТП2	1	0,628	4,91	12,6	34,65	26,3	26,721
ТП3	2	0,561	8,47	12,6	34,65	47	47,767
ТП4	2	0,621	9,68	12,6	34,65	51,9	52,819
ТП5	1	0,837	7,51	12,6	34,65	36,9	37,633
ТП6	1	0,508	3,75	12,6	34,65	21,5	21,866
ТП7	1	0,854	7,76	12,6	34,65	37,9	38,658
ТП8	1	0,544	4,08	12,6	34,65	22,9	23,215
	11		54,15			289,4	294,4

3.9 Выбор рационального напряжения внешнего электроснабжения предприятия

Выбор величины напряжения определяется экономическими факторами: при увеличении номинального напряжения возрастают капиталовложения в строительство объектов энергосистемы, но при этом за счет снижения потерь электроэнергии уменьшаются эксплуатационные издержки. Напряжение сетей внешнего электроснабжения предприятия определяется техническими условиями энергосистемы на подключение, зависит от мощности предприятия, его удаленности от источника питания, перспектив развития сетей энергосистемы и предприятий в данном районе.

Экономически целесообразное напряжение питающей линии ГПП можно оценить по формуле Илларионова:

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{10} + \frac{2500}{10,2}}} = 58 \text{ кВ,}$$

где L – расстояние от источника питания, км;

P – передаваемая мощность, равная расчетной нагрузке предприятия отнесенной к шинам ВН ГПП, МВт.

Ближайшие значения номинального напряжения питающей линии ГПП – 35, принимаем напряжение питающей линии ГПП $U=35 \text{ кВ}$.

3.10 Выбор трансформатора ГПП

Электроснабжение домостроительного завода осуществляется от подстанции энергосистемы по двум ВЛЭП напряжением 35 кВ. При наличии одного источника питания в целях резервирования принимается схема внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям, на стороне 35 кВ принимаем схему 4Н - два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий.

ГПП размещается на территории предприятия в соответствии с расчетным центром электрических нагрузок. На стороне 10 (кВ) принимаем обходную систему шин секционированную вакуумным выключателем с устройством АВР.

Мощность трансформаторов на ГПП определяем по формуле:

$$S_{н.тр.} = \frac{S_{р.ГПП}}{N_{тр} \cdot \beta_m},$$

где $S_{р.ГПП}$ – полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;

$\beta_m = 0,7$ – коэффициент загрузки трансформаторов ГПП [1].

2 – число трансформаторов на ГПП.

$$S_{н.тр.} = \frac{S_{р.ГПП}}{2 \cdot \beta_m} = \frac{10696,76}{2 \cdot 0,7} = 7640,54 \text{ кВА},$$

Полученное значение $S_{н.тр.}$ округляем до ближайшего большего типа ТДМ-10000/35 [3 стр.615].

Паспортные данные трансформатора представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Паспортные данные трансформатора ТДМ-10000/35

Тип тр-ра	$S_{ном},$ кВА	$U_{ном}$ обмоток, кВ	$U_k, \%$	$P_{кз},$ кВт	$P_{хх},$ кВт	$I_x, \%$
ТДМ-10000/35	10000	35/11	10,5	60	9	0,25

С учетом того, что в нормальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов ГПП принимается равным 0,7, в послеаварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40 %) обеспечит полностью необходимую мощность завода, так как

$$S_{р.ГПП} = 10696,76 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{н.тр.} = 1,4 \cdot 10000 = 14000 \text{ кВА}.$$

3. 11 Выбор сечения линии, питающей ГПП

Линии, питающие трансформаторы ГПП, выполняются воздушными двухцепными проводом марки АС. Выбор сечения провода производим по экономической плотности тока. Расчетный ток приходящийся на одну линию:

$$I_p = \frac{S_{pГПП}^{BH}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 165 \text{ А.}$$

При $3000 < T_m < 5000$ часов для алюминиевых неизолированных проводов принимаем экономическую плотность тока равной $j_{эк} = 1,1 \text{ А/мм}^2$ [1, табл. 6.1]. Экономически целесообразное сечение проводов равно:

$$F_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{165}{1,1} = 150 \text{ мм}^2$$

Полученное сечение округляем до ближайшего стандартного сечения и принимаем в качестве ВЛЭП провода марки АС – 150/24. Допустимый длительный ток для выбранного сечения равен $I_{дон} = 450 \text{ А}$.

Выбранное сечение проверяем по условиям:

- По допустимой токовой нагрузке и по перегрузочной способности (в послеаварийном и ремонтном режиме при отключении одной из питающих линий).

$$I_{расч} \leq I_{доп};$$

$$1,3 \cdot I_{доп} \geq I_{расч}.$$

где 1,3 – коэффициент допустимой перегрузки линии.

$165 \text{ А} \leq 450 \text{ А}$, условие выполняется.

$1,3 \cdot I_{доп} = 1,3 \cdot 450 = 585 \text{ А} > I_{pmax} = 330 \text{ А}$, условие выполняется.

- По условиям механической прочности: согласно условию механической плотности на воздушных линиях выше 1кВ могут применяться сталеалюминевые провода сечением не менее 25 мм^2 .

$$F_{расч} = 150 \text{ мм}^2 \geq F_{min} = 25 \text{ мм}^2, \text{ условие выполняется.}$$

- По допустимой потере напряжения:

$$L_{дон} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{дон\%} \cdot k_3 \geq L; ,$$

где $l_{\Delta U 1\%}$ - длина линии при полной нагрузке на 1 % потери напряжения, км;

$\Delta U_{дон\%}$ - допустимая потеря напряжения, %, ($\Delta U_{доп\%} = 5\%$,

$$\Delta U_{доп.ав\%} = 10\%)$$

$$k_3 = \frac{I_{\text{доп}}}{I_p} - \text{коэффициент загрузки линии};$$

$L_{\text{доп}}$ - допустимая длина линии, км;

L - фактическая длина линии, км;

Принимаем $l_{\Delta U 1\%} = 2,34$ км.

Нормальный режим:

$$L_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_3 = 2,34 \cdot 5 \cdot \frac{450}{165} = 31,9 \text{ км.}$$

$$L_{\text{доп}} = 31,57 \text{ км} > L = 10 \text{ км, условие выполняется.}$$

- По условиям коронирования проводов ВЛЭП напряжением 35 кВ не проверяются.

Таким образом, электроснабжение завода точного приборостроения от подстанции энергосистемы напряжением 35 кВ, выполненным проводом АС – 150/24 на металлических двухцепных опорах.

На ГПП установлены два трансформатора типа ТДМ – 10000/35.

3.12 Схема внутриводской распределительной сети 10 кВ

Сечения жил кабелей в сетях выше 1000 В выбираются по экономической плотности тока, используя выражение:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}};$$

где I_p – расчетный ток, А; $j_{\text{эк}}$ – нормированная плотность тока, А/мм² (по табл. 1.3.36 ПУЭ). Полученное значение округляется до ближайшего стандартного, для которого по табл. 1.3.4 – 1.3.22 ПУЭ определяется допустимый длительный ток.

Выбранные сечения должны быть проверены по ряду технических факторов:

1) По нагреву от длительного выделения тепла рабочим (расчетным) током;

Длительно допустимый ток кабеля $I_{\text{доп}}$, соответствующий выбранному по нормированной плотности сечению, должен обеспечить по тепловому нагреву прохождение по линии максимального расчетного тока по выражению:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_1 \cdot K_2};$$

где K_1, K_2 – коэффициенты, учитывающие влияние температуры окружающей среды и влияние рядом проложенных кабельных линий, соответственно.

Для определения K_1 используется табл. 1.3.3 ПУЭ.

Для определения K_2 используется табл. 1.3.12, 1.3.26 ПУЭ.

Сечение жил линий, которые могут работать в послеаварийных режимах с перегрузкой, выбирают по условию:

$$K_{\text{пер}} \cdot I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{п.ав}}}{K_1 \cdot K_2};$$

где $I_{\text{п.ав}}$ – расчетный ток линии в послеаварийном режиме;

$K_{пер}$ – кратность перегрузки, принимаемая согласно табл. 1.3.1, 1.3.2 ПУЭ.

2) По нагреву от кратковременного выделения тепла током КЗ – фактор термической стойкости;

Проверка проводников на термическую стойкость при КЗ заключается в определении их температуры нагрева к моменту отключения КЗ и сравнении этой температуры с предельно допустимой температурой нагрева при КЗ. Проводник удовлетворяет условию термической стойкости, если температура нагрева проводника к моменту отключения КЗ не превышает его предельно допустимую температуру нагрева.

Для проверки сечения кабеля на термическую стойкость к токам КЗ используется выражение:

$$F_{\min} \geq \frac{\sqrt{B_k}}{C_T}, \text{ мм}^2$$

где C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника (табл.6.2, 6.3); B_k – тепловой импульс тока КЗ, $\text{А}^2 \cdot \text{с}$. Тепловой импульс тока короткого замыкания B_k определяется по формуле:

$$B_k = I_{п0}^2 (t_{пр} + T_a)$$

где $I_{п0}$ – начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ; $t_{пр}$ – приведенное (расчетное) время отключения тока КЗ; T_a – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания.

Приведенное время отключения тока КЗ определяется по выражению:

$$t_{пр} = t_{р.з.} + t_{откл.};$$

где $t_{р.з.}$ – время действия релейной защиты, с; $t_{откл.}$ – полное время отключения выключателя, с.

Время действия релейной защиты $t_{р.з.}$ определяется по выражению:

$$t_{р.з.} = t_{р.з.\min} + \Delta t_c;$$

где $t_{p.z.min}$ - минимальное время срабатывания первой ступени защиты, принимаемое равным $t_{p.z.min} = 0.01$ с.

Δt_c - степень селективности, принимается в проекте в зависимости от числа ступеней распределения энергии по территории предприятия.

Постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ определяется как:

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega \cdot r_\Sigma};$$

где x_Σ , r_Σ – результирующие индуктивное и активное сопротивление схемы относительно точки КЗ, соответственно;

Из трех найденных сечений (по нормированной плотности тока, нагреву длительным током и термической стойкости) принимается большее.

3) Выбранное сечение проверяют по потере напряжения по формуле:

$$\Delta U_{кл} = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot U_H^2};$$

где l – длина линии, км. P , Q – активная и реактивная мощности передаваемые по линии. r_0 , x_0 – погонное активное и реактивное сопротивления КЛ, Ом/км.

Относительные потери напряжения считают приемлемыми, если они в послеаварийных режимах работы не превышают в сетях высокого напряжения – 10%.

В качестве примера рассмотрим выбор сечения КЛ-1 проходящей от ГПП до ТП-1.

Расчетный ток линии определяется исходя из нормального режима работы электроустановки, при его определении не следует учитывать увеличение тока при аварийных ситуациях.

Расчётным током линии для питания цеховых трансформаторов, высоковольтных электродвигателей и электропечей является их номинальный ток, независимо от фактической нагрузки.

Расчетный ток кабельных линий, питающих цеховые трансформаторы, определяется по выражению:

$$I_p = \frac{n_{тр.} \cdot S_{ном.тр.}}{n_{лин.} \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \text{ A};$$

где $S_{ном.тр.}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$n_{тр.}$ – число трансформаторов.

Расчетный ток линии:

$$I_p = \frac{n_{тр.} \cdot S_{ном.тр.}}{n_{лин.} \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2 \cdot 630}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 36,4 \text{ A};$$

Экономическое сечение:

Для высоковольтных кабелей с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией при $T_M = 3000-5000$ часов принимаем $j_{эк} = 1,4 \text{ A/мм}^2$ [1, табл. 6.1].

$$F_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{36,4}{1,4} = 26 \text{ мм}^2;$$

Ближайшее стандартное значение: $F = 35 \text{ мм}^2$, $I_{дон} = 150 \text{ A}$ [3 стр.626.].

1) Проверка по нагреву от длительного выделения тепла рабочим током:

Согласно ПУЭ табл. 1.3.3 $K_1 = 1$, по табл. 1.3.26 $K_2 = 0,92$.

$$I_{дон} = 150 \text{ A} \geq \frac{I_p}{K_1 \cdot K_2} = \frac{36,4}{1 \cdot 0,92} = 39,56 \text{ A};$$

Условие выполняется.

2) Проверка по нагреву от длительного выделения тепла в послеаварийном режиме с перегрузкой:

Согласно ПУЭ табл. 1.3.2 $K_{пер} = 1,2$.

$$I_{n.ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 36,4 = 72,8 \text{ A};$$

$$K_{пер} \cdot I_{дон} = 1,2 \cdot 150 = 180 \text{ A} \geq \frac{I_{n.ав}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{72,8}{1 \cdot 0,92} = 79,1 \text{ A};$$

Условие выполняется.

Предварительно выбираем кабель ААШв –3х35, прокладка кабеля в траншее.

Результаты предварительного выбора КЛ приведены в таблице 18.

Таблица 18- Результаты предварительного выбора КЛ.

Номер линии	Назначение линии	Количество линий	Расчетная нагрузка		длина линии	Способ прокладки	$F_{эк}, \text{мм}^2$	Допустимая нагрузка на один кабель		Проверка по нагреву		Марка и сечение	$S, \text{мм}^2$	$R_0,$	$X_0,$	$R,$	$X,$
			на один кабель					Норм.	П.авр.	Норм.	П.авр.						
			Норм.	П.авр.	режим							режим	режим	режим			
			режим	режим				$I_{доп}, \text{А}$	$1,2I_{доп}, \text{А}$	$\frac{I_p}{K_1 \cdot K_2}$	$\frac{I_{п.ав.}}{K_1 \cdot K_2}$						
			$I_p, \text{А}$	$I_{п.ав.}, \text{А}$	Ом/км							Ом/км	Ом	Ом			
КЛ-1	ГПП-ТП-1	2	36,4	72,8	0,248	траншея	26	150	180	39,56	79,1	ААШВ-3х35	0,894	0,08	0,221712	0,01984	
КЛ-2	ГПП-ТП-2	1	36,4	-	0,154	траншея	26	150	-	39,56	-	ААШВ-3х35	0,894	0,08	0,137676	0,01232	
КЛ-3	ГПП-ТП-3	2	36,4	72,8	0,1	траншея	26	150	180	39,56	79,1	ААШВ-3х35	0,894	0,08	0,0894	0,008	
КЛ-4	ГПП-ТП-4	2	36,4	72,8	0,02	траншея	26	150	180	39,56	79,1	ААШВ-3х35	0,894	0,08	0,01788	0,0016	
КЛ-5	ГПП-ТП-5	1	36,4	-	0,27	траншея	26	150	-	39,56	-	ААШВ-3х35	0,894	0,08	0,24138	0,0216	
КЛ-6	ГПП-ТП-6	1	36,4	-	0,138	траншея	26	150	-	39,56	-	ААШВ-3х35	0,894	0,08	0,123372	0,01104	
КЛ-7	ГПП-ТП-7	1	36,4	-	0,044	траншея	26	150	-	39,56	-	ААШВ-3х35	0,894	0,08	0,039336	0,00352	
КЛ-8	ГПП-ТП-8	1	36,4	-	0,04	траншея	26	150	-	39,56	-	ААШВ-3х35	0,894	0,08	0,03576	0,0032	
КЛ-9	ГПП-СД-1250	2	72,3	144,6	0,248	траншея	70	220	264	78,6	133	ААШВ-3х70	0,447	0,08	0,110856	0,01984	
КЛ-10	ГПП-СД-1000	2	57,8	115,6	0,138	траншея	50	180	216	62,8	125,6	ААШВ-3х50	0,625	0,08	0,08625	0,01104	
КЛ-11	ГПП-СД-1600	2	92,4	184,8	0,13	траншея	70	220	264	100,4	200	ААШВ-3х70	0,447	0,08	0,05811	0,0104	

3.13 Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.

Все электрические аппараты и токоведущие части электрических установок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключалось их разрушение при прохождении по ним наибольших возможных токов КЗ, в связи с чем возникает необходимость расчёта этих величин.

Для расчёта токов КЗ составляется расчётная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются все источники питания (п/ст энергосистемы, генераторы ТЭЦ), трансформаторы, воздушные и кабельные линии.

Расчёт токов КЗ будем проводить для участка распределительной сети 10 кВ ГПП –ТП-1. Для данного участка составляем расчётную схему и схему замещения, представленные ниже.

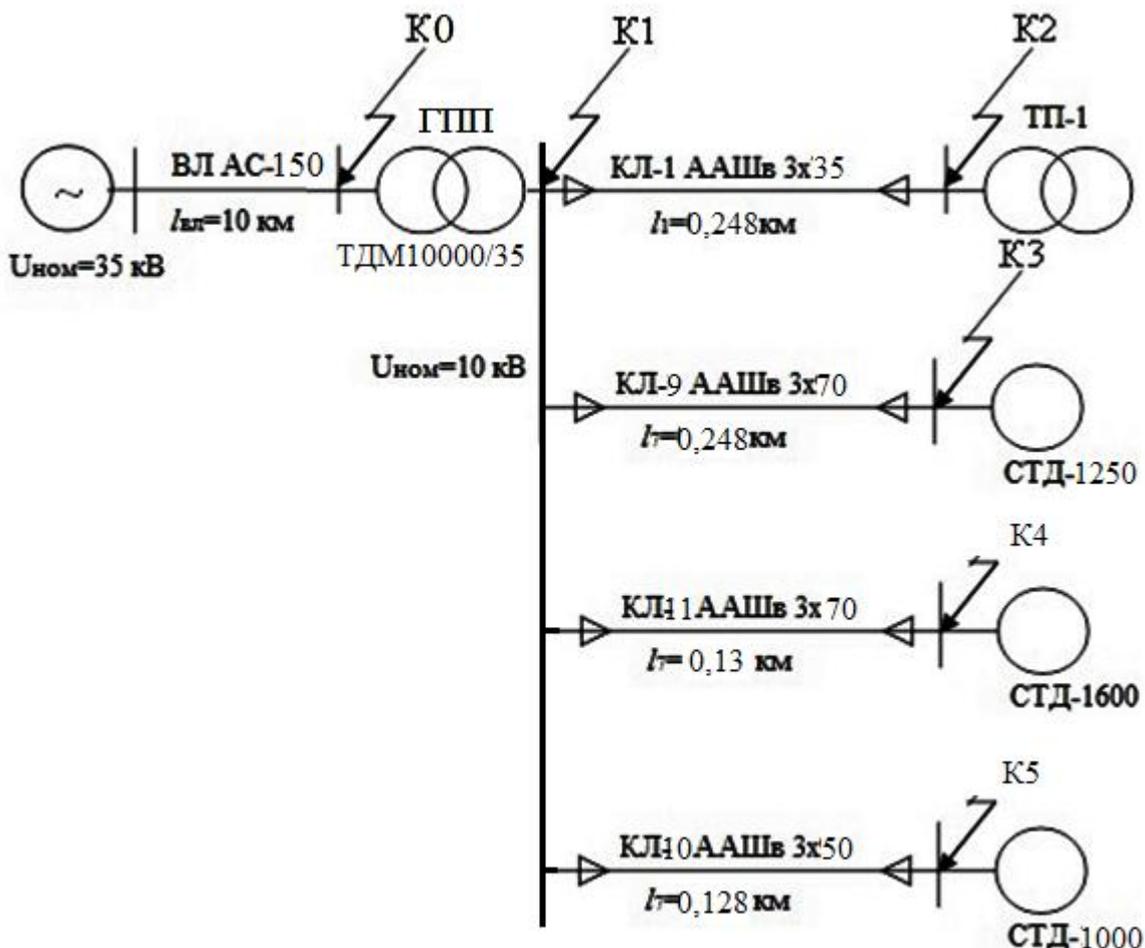


Рисунок 10 – Однолинейная расчетная схема сети

Расчет ведем в относительных единицах. Для этого все расчётные данные приводят к базисному напряжению и базисной мощности. Величина базисного напряжения превышает номинальное на 5%.

Используя стандартный ряд базисных напряжений, принимаем $U_{\bar{6}1} = 37 \text{ кВ}$, $U_{\bar{6}2} = 10,5 \text{ кВ}$. [1, стр.147].

За базисную мощность принимаем $S_{\bar{6}} = 100 \text{ МВА}$.

Принимаем, что мощность источника электроэнергии (энергосистемы) $S_c = \infty$ и соответственно индуктивное сопротивление $x_c = 0$.

1. Сопротивления воздушной линии 35 кВ:

$$r_{\text{вл}} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_{\bar{6}}}{U_{\bar{6}1}^2} = \frac{0,21 \cdot 10 \cdot 100}{37^2} = 0,153 \text{ о.е.}$$

$$x_{\text{вл}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\bar{6}}}{U_{\bar{6}1}^2} = \frac{0,28 \cdot 10 \cdot 100}{37^2} = 0,204 \text{ о.е.}$$

где: $l = 10 \text{ км}$ - длина воздушной линии;

$U_{\bar{6}1}$ - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

$r_0 = 0,21 \text{ Ом/км}$ - активное сопротивление провода АС-150 (табл.1.6);

$x_0 = 0,28 \text{ Ом/км}$ - индуктивное сопротивление провода АС-150 (табл.1.12).

2. Сопротивление трансформатора ТДМ-10000/35 кВА:

$$x_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{н.тр.}}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 1,05 \text{ о.е.}$$

Активным сопротивлением пренебрегаем, так как трансформатор большой мощности.

$S_{\text{н.тр.}} = 10 \text{ МВА}$ - номинальная мощность трансформатора;

$U_{\text{кз}} = 10,5\%$ – напряжение короткого замыкания трансформатора;

3. Сопротивление кабельной линии КЛ-1:

$$r_{КЛ-1} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = \frac{0,894 \cdot 0,248 \cdot 100}{10,5^2} = 0,2 \text{ о.е.}$$

$$x_{КЛ-1} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = \frac{0,08 \cdot 0,248 \cdot 100}{10,5^2} = 0,018 \text{ о.е.}$$

где: $l = 0,248$ км - длина линии;

$U_{\sigma 2}$ - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

$r_0 = 0,894$ Ом/км - активное сопротивление провода ААШв 3х35;

$x_0 = 0,08$ Ом/км - индуктивное сопротивление провода ААШв 3х35.

4. Сопротивление кабельной линии КЛ-9:

$$r_{КЛ-9} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = \frac{0,447 \cdot 0,248 \cdot 100}{10,5^2} = 0,1 \text{ о.е.}$$

$$x_{КЛ-9} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = \frac{0,08 \cdot 0,248 \cdot 100}{10,5^2} = 0,018 \text{ о.е.}$$

где: $l = 0,248$ км - длина линии;

$U_{\sigma 2}$ - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

$r_0 = 0,447$ Ом/км - активное сопротивление провода ААШв 3х70;

$x_0 = 0,08$ Ом/км - индуктивное сопротивление провода ААШв 3х70.

5. Сопротивление кабельной линии КЛ-11:

$$r_{КЛ-11} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = \frac{0,447 \cdot 0,13 \cdot 100}{10,5^2} = 0,05 \text{ о.е.}$$

$$x_{КЛ-11} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = \frac{0,08 \cdot 0,13 \cdot 100}{10,5^2} = 0,009 \text{ о.е.}$$

где: $l = 0,13$ км - длина линии;

$U_{\sigma 2}$ - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

$r_0 = 0,447$ Ом/км - активное сопротивление провода ААШв 3х70;

$x_0 = 0,08$ Ом/км - индуктивное сопротивление провода ААШв 3х70.

б. Сопротивление кабельной линии КЛ-10:

$$r_{КЛ-10} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = \frac{0,625 \cdot 0,138 \cdot 100}{10,5^2} = 0,08 \text{ о.е.}$$

$$x_{КЛ-10} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = \frac{0,08 \cdot 0,138 \cdot 100}{10,5^2} = 0,01 \text{ о.е.}$$

где: $l = 0,138$ км - длина линии;

$U_{\sigma 2}$ - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

$r_0 = 0,447$ Ом/км - активное сопротивление провода ААШв 3х50;

$x_0 = 0,08$ Ом/км - индуктивное сопротивление провода ААШв 3х50.

По расчётной схеме составляется схема замещения, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчётов токов КЗ.

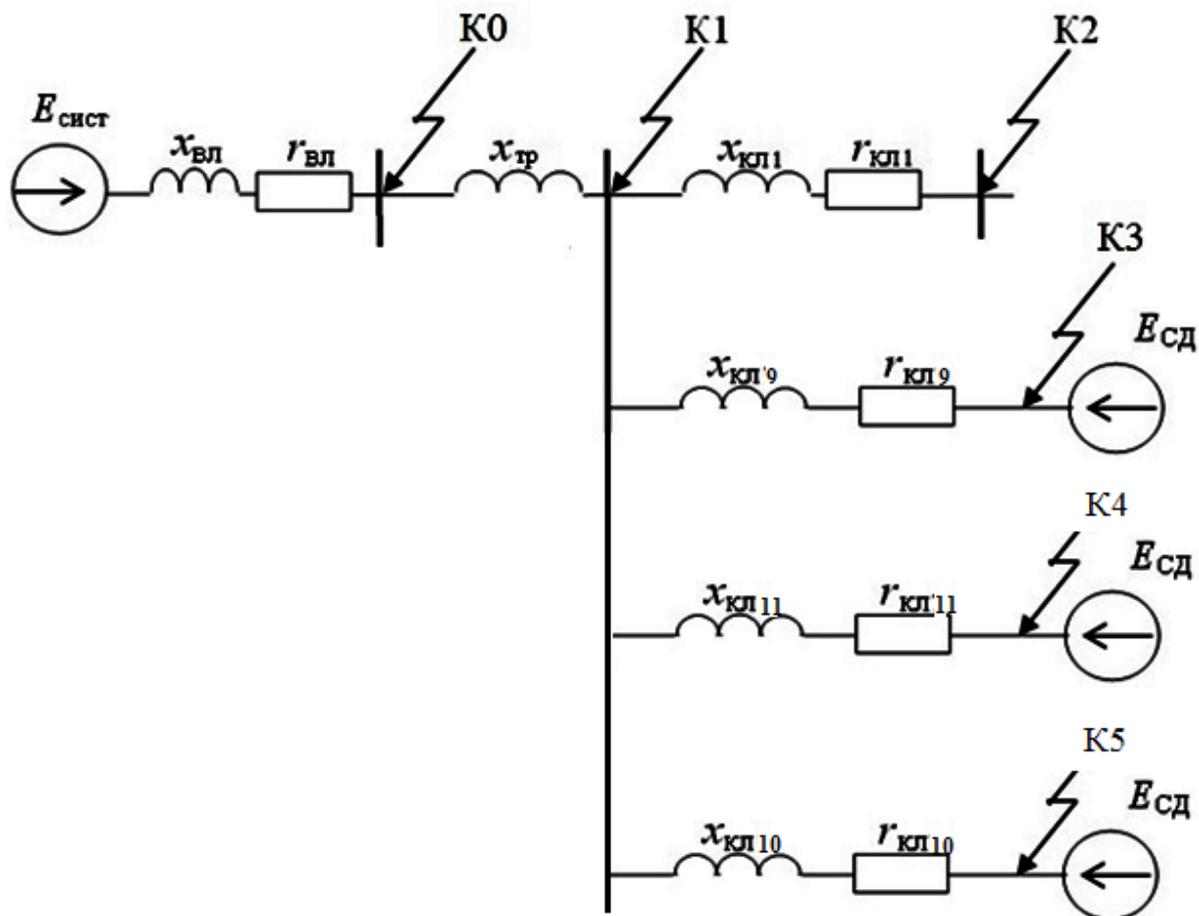


Рисунок 11– Упрощенная однолинейная схема замещения

Расчет токов КЗ

В сетях среднего напряжения (6-35 кВ) в России применяют изолированную нейтраль. Ток однофазного замыкания на землю в таких сетях невелик, его величина определяется емкостью линии (зависит от напряжения, длины и типа линии), и этот режим не является аварийным. Ток двухфазного КЗ легко определяется по рассчитанному току трехфазного:

$$I_{кз}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{кз}^{(3)}.$$

Соответственно, рассчитывать токи однофазного и двухфазного КЗ в сетях среднего напряжения нет необходимости.

Ток трехфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{U_б}{\sqrt{3} \cdot Z_{рез}},$$

где $Z_{рез}$ – полное сопротивление до точки КЗ, Ом.

При расчете в системе относительных единиц сначала находят базисный ток КЗ на рассматриваемой ступени трансформации:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}},$$

а затем определяют значение периодической составляющей тока КЗ:

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\text{рез}}}.$$

Наибольшее амплитудное значение тока КЗ наблюдается через полпериода (0.01 с) после начала КЗ. Этот ток называется ударным током короткого замыкания $i_{\text{уд}}$.

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{кз}}^{(3)},$$

где $k_{\text{уд}}$ – ударный коэффициент тока КЗ, определяется по [1.рис 7.1].

Точка К0

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА};$$

$$Z_{\text{рез}} = \sqrt{r_{\text{вл}}^2 + x_{\text{вл}}^2} = \sqrt{0,153^2 + 0,204^2} = 0,25 \text{ о.е.};$$

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\text{рез}}} = \frac{1,56}{0,25} = 6,24 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{кз}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 6,24 = 9,7 \text{ кА}.$$

Точка К1

Подпитку места КЗ от СД учитываем т. к. длина линий КЛ-9, КЛ-10, КЛ-11 меньше 300 м.

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА};$$

$$Z_{pez} = \sqrt{r_{вл}^2 + (x_{вл} + x_{mp})^2} = \sqrt{0,153^2 + 1,254^2} = 1,26 \text{ о.е.};$$

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{I_{\bar{b}}}{Z_{pez}} = \frac{5,499}{1,1,26} = 4,36 \text{ кА};$$

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot k_{y\delta} \cdot I_{кз}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,65 \cdot 4,36 = 10,17 \text{ кА}.$$

Ток КЗ от СД:

$E'' = 1,1$ о.е. – сверхпереходная ЭДС асинхронного двигателя;

$x'' = 0,2$ о.е. – сверхпереходное индуктивное сопротивление АД;

$$I_{н.СД1250} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,965} = 83,2 \text{ А}$$

$$I_{кзСД1250} = \frac{E'' \cdot I_{н.СД}}{x''} = \frac{1,1 \cdot 83,2}{0,2} = 0,458 \text{ кА};$$

$$i_{y\deltaСД1250} = \sqrt{2} \cdot k_{y\deltaСД} \cdot I_{кзСД} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 0,458 = 1,2 \text{ кА}.$$

$$I_{н.СД1600} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,96} = 107 \text{ А}$$

$$I_{кзСД1600} = \frac{E'' \cdot I_{н.СД}}{x''} = \frac{1,1 \cdot 107}{0,2} = 0,588 \text{ кА};$$

$$i_{y\deltaСД1600} = \sqrt{2} \cdot k_{y\deltaСД} \cdot I_{кзСД} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 0,588 = 1,5 \text{ кА}.$$

$$I_{н.СД1000} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,96} = 66,9 \text{ А}$$

$$I_{кзСД1000} = \frac{E'' \cdot I_{н.СД}}{x''} = \frac{1,1 \cdot 66,9}{0,2} = 0,368 \text{ кА};$$

$$i_{yдСД1000} = \sqrt{2} \cdot k_{yдСД} \cdot I_{кзСД} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 0,368 = 0,93 \text{ кА}.$$

Суммарный ток КЗ в точке К1:

$$I_{кз\Sigma}^{(3)} = I_{кз}^{(3)} + I_{кзСД} = 4,36 + 0,458 + 0,588 + 0,368 = 5,774 \text{ кА};$$

$$i_{yд\Sigma} = i_{yд} + i_{yдСД} = 10,17 + 1,2 + 1,5 + 0,93 = 13,8 \text{ кА}.$$

Точка К2

$$I_{\bar{6}} = \frac{S_{\bar{6}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{6}2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА};$$

$$Z_{рез} = \sqrt{(r_{\bar{6}л} + r_{КЛ-1})^2 + (x_{\bar{6}л} + x_{mp} + x_{КЛ-1})^2} = \\ = \sqrt{0,353^2 + 1,272^2} = 1,3 \text{ о.е.};$$

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{I_{\bar{6}}}{Z_{рез}} = \frac{5,499}{1,3} = 4,23 \text{ кА};$$

$$i_{yд} = \sqrt{2} \cdot k_{yд} \cdot I_{кз}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 4,23 = 8,4 \text{ кА}.$$

Расчётное значение тока КЗ в точке К1 больше, чем в точке К2, поэтому проверяем высоковольтные линии, идущие от ГПП до ТП цехов по токам короткого замыкания К1.

Точка КЗ

Учитываем подпитку места КЗ от СД. Используем метод наложения, считая что напряжения системы и СД совпадают по фазе.

Ток КЗ от системы:

$$I_{\bar{o}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{o}2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА};$$

$$Z_{рез} = \sqrt{(r_{вл} + r_{КЛ-9})^2 + (x_{вл} + x_{тр} + x_{КЛ-9})^2} = \\ = \sqrt{0,253^2 + 1,272^2} = 1,29 \text{ о.е.};$$

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{I_{\bar{o}}}{Z_{рез}} = \frac{5,499}{1,29} = 4,26 \text{ кА};$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{кз}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,5 \cdot 4,26 = 9 \text{ кА}.$$

Ток КЗ от СД:

$E'' = 1,1$ о.е. – сверхпереходная ЭДС асинхронного двигателя;

$x'' = 0,2$ о.е. – сверхпереходное индуктивное сопротивление АД;

$$I_{н.СД} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,965} = 83,2 \text{ А}$$

номинальный ток СД.

$$I_{кзСД} = \frac{E'' \cdot I_{н.СД}}{x''} = \frac{1,1 \cdot 83,2}{0,2} = 0,458 \text{ кА};$$

$$i_{удСД} = \sqrt{2} \cdot k_{удСД} \cdot I_{кзСД} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 0,458 = 1,2 \text{ кА}.$$

Суммарный ток КЗ в точке КЗ:

$$I_{кз\Sigma}^{(3)} = I_{кз}^{(3)} + I_{кзСД} = 4,26 + 0,458 = 4,718 \text{ кА};$$

$$i_{уд\Sigma} = i_{уд} + i_{удСД} = 9 + 1,2 = 10,2 \text{ кА}.$$

Точка К4

Учитываем подпитку места КЗ от СД. Используем метод наложения, считая что напряжения системы и СД совпадают по фазе.

Ток КЗ от системы:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА};$$

$$Z_{рез} = \sqrt{(r_{вл} + r_{КЛ-11})^2 + (x_{вл} + x_{тр} + x_{КЛ-11})^2} = \\ = \sqrt{0,203^2 + 1,263^2} = 1,28 \text{ о.е.};$$

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{рез}} = \frac{5,499}{1,28} = 4,3 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{кз}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 4,3 = 9,7 \text{ кА}.$$

Ток КЗ от СД:

$E'' = 1,1$ о.е. – сверхпереходная ЭДС асинхронного двигателя;

$x'' = 0,2$ о.е. – сверхпереходное индуктивное сопротивление АД;

$$I_{н.СД} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,96} = 107 \text{ А}$$

номинальный ток СД.

$$I_{кзСД} = \frac{E'' \cdot I_{н.СД}}{x''} = \frac{1,1 \cdot 107}{0,2} = 0,588 \text{ кА};$$

$$i_{y\partialСД} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partialСД} \cdot I_{кзСД} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 0,588 = 1,5 \text{ кА}.$$

Суммарный ток КЗ в точке К3:

$$I_{кз\Sigma}^{(3)} = I_{кз}^{(3)} + I_{кзСД} = 4,3 + 0,588 = 4,888 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial\Sigma} = i_{y\partial} + i_{y\partialСД} = 9,7 + 1,5 = 11,2 \text{ кА.}$$

Точка К5

Учитываем подпитку места КЗ от СД. Используем метод наложения, считая что напряжения системы и СД совпадают по фазе.

Ток КЗ от системы:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА;}$$

$$Z_{рез} = \sqrt{(r_{вл} + r_{КЛ-10})^2 + (x_{вл} + x_{мп} + x_{КЛ-10})^2} = \\ = \sqrt{0,253^2 + 1,272^2} = 1,08 \text{ о.е.};$$

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{I_{\delta}}{Z_{рез}} = \frac{5,499}{1,08} = 5 \text{ кА;}$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{кз}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,5 \cdot 5 = 11 \text{ кА.}$$

Ток КЗ от СД:

$E'' = 1,1$ о.е. – сверхпереходная ЭДС асинхронного двигателя;

$x'' = 0,2$ о.е. – сверхпереходное индуктивное сопротивление АД;

$$I_{н.СД} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,96} = 66,9 \text{ А}$$

номинальный ток СД.

$$I_{кзСД} = \frac{E'' \cdot I_{н.СД}}{x''} = \frac{1,1 \cdot 66,9}{0,2} = 0,368 \text{ кА;}$$

$$i_{y\partialСД} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partialСД} \cdot I_{кзСД} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 0,368 = 0,93 \text{ кА.}$$

Суммарный ток КЗ в точке К3:

$$I_{кз\Sigma}^{(3)} = I_{кз}^{(3)} + I_{кзСД} = 5 + 0,368 = 5,368 \text{ кА;}$$

$$i_{y\partial\Sigma} = i_{y\partial} + i_{y\partial CD} = 11 + 0,93 = 11,093 \text{ кА.}$$

Таблица 19-Сводная ведомость токов КЗ

Расчетные точки		К0	К1	К2	К3	К4	К5
Токи	$I_{кз}^{(3)}$	6,24	5,774	4,23	4,718	4,88	5,368
КЗ, кА	$i_{уд}$	9,7	13,8	8,4	10,2	11,2	11,093

Используя полученные значения токов короткого замыкания, проверим принятые ранее сечения кабелей на термическую стойкость при КЗ в начале линии.

В качестве примера рассмотрим выбор сечения КЛ-1 проходящей от ГПП до ТП-1.

$$I_{кз}^{(3)} = 5,774 \text{ кА;}$$

$$t_{np} = t_{p.z.min} + \Delta t_c + t_{откл} = 0,1 + 0,14 = 0,24 \text{ с;}$$

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega \cdot r_\Sigma} = \frac{1,254}{314 \cdot 0,153} = 0,026 \text{ с;}$$

$$B_k = I_{кз}^2 (t_{np} + T_a) = 5,774^2 \cdot (0,25 + 0,026) = 9,2 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с;}$$

По [1, табл. 6.2] находим значение термического коэффициента: $C_T = 90 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$.

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} = \frac{\sqrt{9,2 \cdot 10^6}}{90} = 33,7 \text{ мм}^2$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети ААШв 3×35 проходит проверку на термическую стойкость при КЗ в начале линии.

Произведем проверку КЛ-1 по потере напряжения:

Относительные потери напряжения считают приемлемыми, если они в послеаварийных режимах работы не превышают в сетях высокого напряжения – 10%.

$$\Delta U_{\text{кл}} = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot U_n^2} = \frac{2176,9 \cdot 0,447 \cdot 0,092 + 553,6 \cdot 0,08 \cdot 0,092}{10 \cdot 10^2} = 0,094\%$$

Результаты проверки по потере напряжения остальных КЛ сведем в таблицу 20.

Таблица 20 – Результаты проверки на термическую стойкость при КЗ и потере напряжения КЛ 10 кВ

Номер линии	Назначение линии	Количество линий	Марка и сечение кабеля	длина линии	$S_{\min},$ мм ²	$\Delta U_{кл},$ %
				$l,$ км		
КЛ-1	ГПП-ТП-1	2	ААШВ-3х35	0,248	33,7	0,158
КЛ-2	ГПП-ТП-2	1	ААШВ-3х35	0,154	33,7	0,058
КЛ-3	ГПП-ТП-3	2	ААШВ-3х35	0,1	33,7	0,075
КЛ-4	ГПП-ТП-4	2	ААШВ-3х35	0,02	33,7	0,016
КЛ-5	ГПП-ТП-5	1	ААШВ-3х35	0,27	33,7	0,0216
КЛ-6	ГПП-ТП-6	1	ААШВ-3х35	0,138	33,7	0,051
КЛ-7	ГПП-ТП-7	1	ААШВ-3х35	0,044	33,7	0,015
КЛ-8	ГПП-ТП-8	1	ААШВ-3х35	0,04	33,7	0,016
КЛ-9	ГПП-СД1250	2	ААШВ-3х70	0,248	33,7	0,306
КЛ-10	ГПП-СД1000	2	ААШВ-3х50	0,138	33,7	0,185
КЛ-11	ГПП-СД1600	2	ААШВ-3х70	0,13	33,7	0,205

3. 14 Выбор оборудования ГПП

Все виды аппаратов должны выбираться в соответствии с вычисленными максимальными расчетными величинами для нормального режима и короткого замыкания. Для их выбора производится сравнение указанных расчетных величин с допускаемыми значениями высоковольтного оборудования. Составляется таблица сравнения указанных расчетных и допустимых величин. При этом для обеспечения надежной безаварийной работы расчетные величины должны быть меньше допустимых.

Высоковольтное оборудование выбирается в соответствие со схемой ГПП.

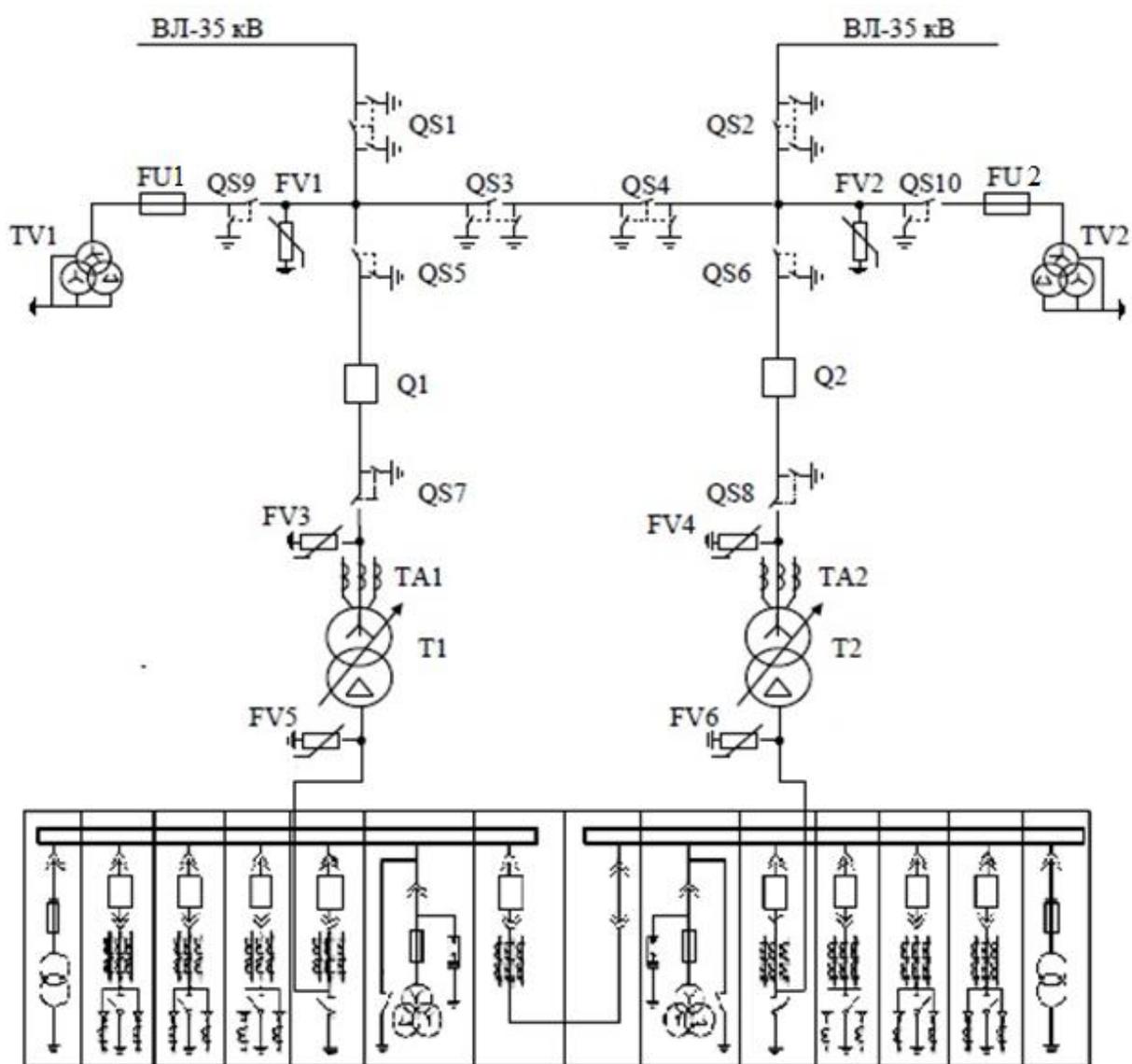


Рисунок 12 – Схема ГПП для выбора высоковольтного оборудования

Для дальнейшего выбора оборудования рассчитаем

Номинальный ток трансформатора:

$$I_{\text{номВН}} = \frac{S_{\text{тр.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{номВН}}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 165,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{номНН}} = \frac{S_{\text{тр.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{номНН}}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 578 \text{ А};$$

Ток в питающих линиях:

Нормальный режим:

$$I_{\text{номВН}} = \frac{S_{\text{тр.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{номВН}}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 165,2 \text{ А};$$

Аварийный режим (отключение одной линии):

$$I_{\text{п.ав.}} = 2 \cdot I_{\text{расч.}} = 2 \cdot 165,2 = 330,4 \text{ А};$$

Ток трехфазного КЗ и ударный ток КЗ на стороне ВН ГПП:

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = 6,24 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} = 9,7 \text{ кА}.$$

Ток трехфазного КЗ и ударный ток КЗ на стороне НН ГПП:

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = 5,774 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} = 13,8 \text{ кА}.$$

В качестве распределительного устройства 10 кВ выбираем комплектное распределительное устройство 10 кВ К-63 предприятия ОАО «Самарский завод «Электрощит». Комплектные распределительные устройства серии К-63 предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение УЗ и ТЗ, тип окружающей среды — II по ГОСТ

15150. Отдельно стоящий шкаф с трансформатором собственных нужд предназначен для работы на открытом воздухе и выпускается климатического исполнения УХЛ1.

КРУ поставляются отдельными камерами с элементами для стыковки камер в распределительное устройство.

В камере предусмотрены: отсек сборных шин (расположен в нижней части камеры), отсек выкатного элемента, линейный отсек. В верхней части камер устанавливаются релейные шкафы со встроенной аппаратурой РЗА, аппаратурой управления, измерения и сигнализации, клеммниками и цепями вторичных соединений.

Конструкция камеры позволяет подключать не более четырех высоковольтных кабелей сечением $3 \times 240 \text{ мм}^2$ на ток до 1000 А. Присоединения (вводы, выводы) могут быть как кабельными, так и шинными.

В состав КРУ входят:

- Вводные вакуумные выключатели ВВ/TEL-10-16-800 УХЛ2
- Секционный вакуумный выключатель ВВ/TEL-10-12,5-630 УХЛ2
- Вакуумные выключатели присоединений ВВ/TEL-10-12,5-630 УХЛ2
- Трансформаторы тока ТЛК-10 УЗ
- Трансформаторы напряжения НАМИТ- 102 УХЛ2
- Разрядники вентильные типа РВО-10У1
- Ограничители перенапряжений типа ОПНп-10 УХЛ2
- Трансформаторы собственных нужд ТСКС-145/10 УЗ

Данное оборудование не нуждается в проверке, работоспособность КРУ гарантируется заводом изготовителем.

Выбор высоковольтных выключателей Q1, Q2

Выключатели выбирают по номинальному напряжению и току $U_{ном}$,

$I_{ном}$, конструктивному выполнению, месту установки (наружная или внутренняя).

Проверки производят:

- по электродинамической стойкости:

$$i_{дин} \geq i_{уд}$$

где $i_{уд}$ – ударный ток КЗ в месте установки выключателя; $i_{дин}$ – ток электродинамической стойкости выключателя, кА (по каталогу).

- по отключающей способности:

$$I_{ном.откл} \geq I_{КЗ}^{(3)}$$

где $I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая тока КЗ; $I_{ном.откл}$ – номинальный ток отключения выключателя, кА (по каталогу).

- по термической стойкости:

$$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \geq B_k$$

где $I_{терм}$ – ток термической стойкости выключателя в течении времени $t_{терм}$, которые приведены в каталоге на выключатель; B_k – расчетный тепловой импульс квадратичного тока КЗ, $кА^2 \cdot с$.

Предварительно выбираем выключатель ВМУЭ-35Б-25/1000-УХЛ1

Термическая стойкость:

$$B_k = I_{КЗ}^2 \cdot (t_{р.з.} + t_{откл} + T_a) = (6,24)^2 \cdot (0,1 + 0,075 + 0,09) = 10,3 \text{ кА}^2 \cdot с$$

Расчетные данные		Справочные данные
$U_H = 35 \text{ кВ}$	=	$U_H = 35 \text{ кВ}$
$I_{max} = 165,2 \text{ А}$	<	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{п.о.} = 6,24 \text{ кА}$	<	$I_{откл.ном} = 25 \text{ кА}$
$i_y = 9,7 \text{ кА}$	<	$i_{дин} = 64 \text{ кА}$
$B_k = 10,3 \text{ кА}^2 \cdot с$	<	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot с$

Выбранный выключатель проходит проверку.

Выбор высоковольтных разъединителей QS1-QS10

Выбор разъединителей и отделителей производится: по напряжению установки, длительному току, по конструкции и роду установки.

Проверки производят:

- по электродинамической стойкости:

$$i_{дин} \geq i_{уд}$$

где $i_{уд}$ – ударный ток КЗ в месте установки выключателя; $i_{дин}$ – ток электродинамической стойкости выключателя, кА (по каталогу).

- по термической стойкости:

$$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \geq B_k$$

где $I_{терм}$ – ток термической стойкости выключателя в течении времени $t_{терм}$, которые приведены в каталоге на выключатель; B_k – расчетный тепловой импульс квадратичного тока КЗ, $кА^2 \cdot с$.

Выбор разъединителей QS1-QS2 производим по току линии в послеаварийном режиме.

Выбор разъединителей QS3-QS8 производим по току линии в нормальном режиме.

Выбор разъединителей QS9-QS10 для трансформатора напряжения ТН 35 кВ производится по отключающей способности, так как номинальный ток в первичной обмотке небольшой.

Предварительно выбираем разъединитель горизонтально-поворотного типа для наружной установки РДЗ-1-35/1000 - УХЛ1.

Термическая стойкость:

Время действия релейной защиты не знаем, делаем проверку по максимуму, принимая $t_{пр} = t_{терм}$.

$$B_k = I_{КЗ}^2 \cdot 4 = (6,24)^2 \cdot 4 = 155,7 \text{ кА}^2 \cdot с$$

Расчетные данные		Справочные данные
$U_H = 35 \text{ кВ}$	=	$U_H = 35 \text{ кВ}$
QS1-QS2 : $I_{max} = 330,4 \text{ А}$ QS3-QS8 : $I_{max} = 165,2 \text{ А}$	<	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$i_y = 9,7 \text{ кА}$	<	$i_{дин} = 63 \text{ кА}$
$B_k = 155,7 \text{ кА}^2 \cdot с$	<	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot с$

Выбранный разъединитель проходит проверку.

Выбор трансформаторов напряжения TV1, TV2:

Трансформаторы напряжения выбирают по напряжению установки, по конструкции и схеме соединения обмоток, по классу точности, по вторичной нагрузке.

Для данных трансформаторов напряжения проверка по вторичной нагрузке не требуется, нагрузка мала т. к. ТН установлены для работы РЗиА, а учет энергии ведется на НН ГПП.

На напряжение 35 кВ выбираем трансформаторы напряжения НАЛИ-СЭЩ-35-IV-0,5-150 УХЛ1.

Выбор предохранителей FU1, FU2:

Для защиты трансформаторов напряжения используются специальные предохранители марки ПКН.

Для защиты трансформаторов напряжения 35 кВ выбираем предохранители ПКН 001-35 ХЛ1.

Проверки не требуются.

Выбор ограничителей перенапряжений FV1-FV6:

Основные параметры ограничителя выбирают исходя из назначения, требуемого уровня ограничения перенапряжений, места установки, а также схемы сети и ее параметров (наибольшего рабочего напряжения сети, способа заземления нейтрали, величины емкостного тока замыкания на землю и степени его компенсации, длительности существования однофазного или трехфазного замыкания на землю и т.д.).

Для целей курсового проектирования можно использовать упрощенную методику выбора ОПН .

На напряжение 35 кВ (FV1-FV4)_выбираем ОПН-П1-35/40,5/10/2 УХЛ 1.

На напряжение 10 кВ (FV5-FV6)_выбираем ОПН-П1-10/12/10/2 УХЛ 1.

Выбор трансформаторов тока ТА1, ТА2:

Выбор трансформаторов тока.

Для измерения тока на стороне ВН используем встроенные трансформаторы тока типа ТВТ.

Марку выбираем по номинальному току первичной обмотки трансформатора ТДМ-10000/35-У1.

$$I_{номТТ} \geq I_{номВН} = 165,2 \text{ А};$$

Выбираем трансформаторы тока ТВТ35-1-200/5 с номинальным током первичной обмотки $I_{ном} = 200 \text{ А}$.

Таблица 21 – Перечень оборудования главной схемы подстанции

Обозначение	Наименование	Тип
Q1, Q2	Выключатели маломасляные	ВМУЭ-35Б-25/1000-УХЛ1
QS1 – QS10	Разъединители	РДЗ-1-35/1000 - УХЛ1
TV1, TV2	Трансформаторы напряжения	НАЛИ-СЭЦ-35-IV-0,5-150 УХЛ1
FU1, FU2	Предохранители	ПКН 001-35 ХЛ1
FV1 – FV4	Ограничители перенапряжений	ОПН-П1-35/40,5/10/2 УХЛ 1
FV5 – FV6	Ограничители перенапряжений	ОПН-П1-10/12/10/2 УХЛ 1
TA1, TA2	Трансформаторы тока	ТВТ35-1-200/5

В состав КРУ входят:

- Вводные вакуумные выключатели ВВ/TEL-10-16-800 УХЛ2
- Секционный вакуумный выключатель ВВ/TEL-10-12,5-630 УХЛ2
- Вакуумные выключатели присоединений ВВ/TEL-10-12,5-630 УХЛ2
- Трансформаторы тока ТЛК-10 УЗ
- Трансформаторы напряжения НАМИТ- 102 УХЛ2
- Разрядники вентильные типа РВО-10У1
- Ограничители перенапряжений типа ОПНп-10 УХЛ2
- Трансформаторы собственных нужд ТСКС-145/10 УЗ

3.15 Электроснабжение ремонтно-механического цеха

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности:

1. Приёмники цеха распределяются по пунктам питания (силовым распределительным шкафам), выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до пунктов питания). Принятая схема (смешанная) питающей сети должна обеспечивать требуемую надёжность питания приёмников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приёмников. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учётом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов аналогично.

2. Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания цеха.

3. Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения.

4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха.

5. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника) строится карта селективности действия аппаратов защиты.

6. Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее мощного электроприёмника для режимов максимальной, минимальной и послеаварийной нагрузок.

7. Производится расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.

Принимая во внимание среду цеха, категорию надёжности электроприёмников, экономичность схемы электроснабжения, а так же перспективы её развития выбираем смешанную схему электроснабжения

цеха. Схема электроснабжения ремонтно-механического цеха приведена на рисунке 13

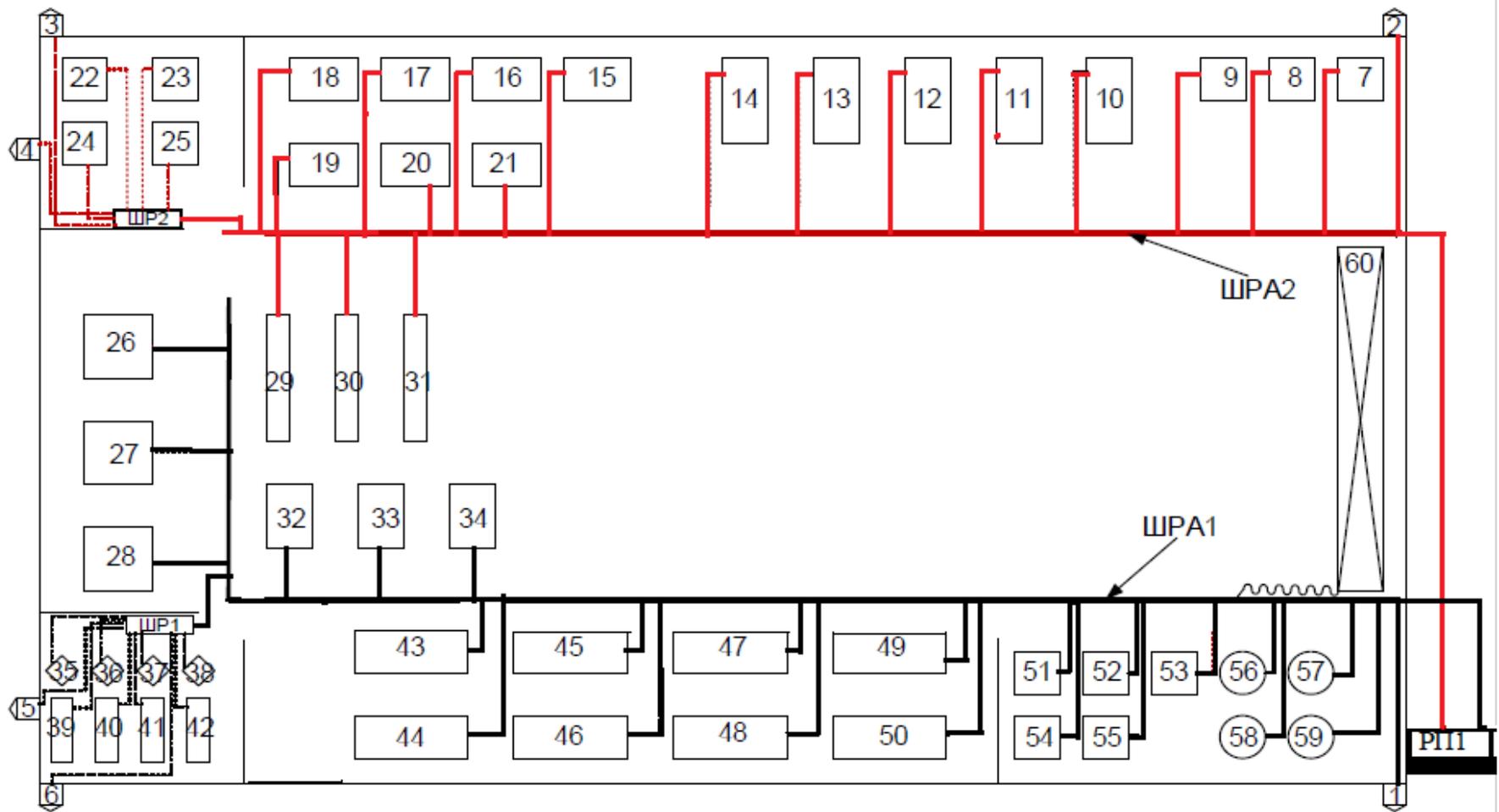


Рисунок 13- Схема электроснабжения ремонтно-механического цеха

Большая часть электроприемников цеха запитаны от шинпровода напрямую через ответвительные коробки, где устанавливаются автоматические выключатели. Также в цехе есть распределительные шкафы, которые через ответвительную коробку запитаны от ШРА.

Ниже приведен пример расчета выбора автоматического выключателя для фрезерного станка с $P_{ном} = 7,5$ кВт

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 17,8 \text{ А}$$

где $\cos \varphi$ и $\eta=0,8$ – для электроприемников с $P_{ном} \leq 10$ кВт, а для электроприемников с $P_{ном} > 10$ кВт $\cos \varphi$ и $\eta=0,9$.

Номинальный ток АВ:

$$I_{ном.АВ} \geq K_{зап} \cdot I_{длит} = 1,15 \cdot 17,8 = 20,48 \text{ А};$$

где для одиночных ЭП $K_{зап} = 1,15$

$I_{длит}$ – длительный максимальный рабочий ток линии (для отдельного ЭП равен $I_{ном}$).

Номинальный ток теплового расцепителя АВ:

$$I_{ном.тепл} \geq K_{зап} \cdot I_{длит} = 1,15 \cdot 17,8 = 20,48 \text{ А}.$$

Проверка по току срабатывания расцепителя:

$$I_{ном.Э.О} \geq 1,5 \cdot I_{пуск} = 1,5 \cdot 89,02 = 133,54 \text{ А};$$

где $I_{пуск}$ – пусковой ток ЭП, определяемый следующим образом:

$$I_{пуск} = k \cdot I_{ном} = 5 \cdot 17,8 = 89,02 \text{ А},$$

где $k = 5$ – кратность пускового тока.

К установке выбираем автоматический выключатель тип ВА51-25

$$I_{ном.АВ} = 25 \text{ А}, I_{ном.тепл} = 25 \text{ А}, I_{ном.Э.О} = I_{ном.тепл} \cdot K_{кз} = 25 \cdot 7 = 175 \text{ А}.$$

Для остальных ЭП расчеты представлены в таблице 22

Таблица 22-Результаты выбора защитных аппаратов РМЦ

	<i>Наименование</i>	<i>P_{ном}, кВт</i>	<i>КПД</i>	<i>cos φ</i>	<i>I_{ном}, А</i>	<i>K_з I_{длит}, А</i>	<i>I_{пуск}, А</i>	<i>1,5 I_{пуск}, А</i>	<i>тип АВ</i>	<i>I_{ном АВ}, А</i>	<i>I_{ном.тепл}, А</i>	<i>I_{номэо}, А</i>
1-3,6	Вентилятор	10	0,8	0,8	23,74	27,30	118,70	178,05	ВА51-31	100	31,5	220,5
4,5	Вентилятор	7,5	0,8	0,8	17,80	20,48	89,02	133,54	ВА51-25	25	25	175
7-9	Универсально-зачочный станок	17	0,9	0,9	31,89	36,67	159,44	239,16	ВА51-31	100	40	280
10-12	Фрезерный станок	7,5	0,8	0,8	17,80	20,48	89,02	133,54	ВА51-25	25	25	175
13,14	Фрезерный станок	12	0,9	0,9	22,51	25,89	112,54	168,82	ВА51-31	100	31,5	220,5
15-18	Резьбонарезной станок	4,5	0,8	0,8	10,68	12,29	53,41	80,12	ВА51-25	25	25	175
19-21	Резьбонарезной станок	7,5	0,8	0,8	17,80	20,48	89,02	133,54	ВА51-25	25	25	175
22,23	Сварочный агрегат, ПВ=60%	65	0,9	0,9	94,4	108,31	472,2	914,42	ВА51-33	160	160	1600
24,25	Преобразователь сварочный, ПВ=40%	25	0,9	0,9	29,66	34,11	148,29	351,70	ВА51-31	100	63	441
26-28	Пресс фрикционный	13	0,9	0,9	24,38	28,04	121,92	182,88	ВА51-31	100	31,5	220,5
29-31	Ножницы отрезные	7,5	0,8	0,8	17,80	20,48	89,02	133,54	ВА51-25	25	25	175
32-34	Пресс гидравлический	12	0,9	0,9	22,51	25,89	112,54	168,82	ВА51-31	100	31,5	220,5
35,36	Точильный станок	4,5	0,8	0,8	10,68	12,29	53,41	80,12	ВА51-25	25	25	175

Продолжение таблицы 22

	<i>Наименование</i>	$P_{ном},$ <i>кВт</i>	<i>КПД</i>	$\cos \varphi$	$I_{ном},$ <i>А</i>	$K_2 I_{олит},$ <i>А</i>	$I_{пуск},$ <i>А</i>	$1,5 I_{пуск},$ <i>А</i>	<i>тип АВ</i>	$I_{ном АВ},$ <i>А</i>	$I_{ном.тепл},$ <i>А</i>	$I_{номэ},$ <i>А</i>
37,38	Точильный станок	7,5	0,8	0,8	17,80	20,48	89,02	133,54	ВА51-25	25	25	175
39-42	Шлифовальный станок	8	0,8	0,8	18,99	21,84	94,96	142,44	ВА51-25	25	25	175
43-47	Токарно-винторезный станок	10	0,8	0,8	23,74	27,30	118,70	178,05	ВА51-31	100	31,5	220,5
48-50	Токарно-винторезный станок	12	0,9	0,9	22,51	25,89	112,54	168,82	ВА51-31	100	31,5	220,5
51-53	Радиально-сверлильный станок	8	0,8	0,8	18,99	21,84	94,96	142,44	ВА51-25	25	25	175
54,55	Радиально-сверлильный станок	13	0,9	0,9	24,38	28,04	121,92	182,88	ВА51-31	100	31,5	220,5
56-58	Вертикально-сверлильный станок	4,5	0,8	0,8	10,68	12,29	53,41	80,12	ВА51-25	25	25	175
59	Вертикально-сверлильный станок	7,5	0,8	0,8	17,80	20,48	89,02	133,54	ВА51-25	25	25	175
60	Кран-балка, ПВ=40%	25	0,9	0,9	29,66	34,11	148,29	351,70	ВА51-31	100	63	441

Пример расчета выбора автоматического выключателя для защиты ШР1 ремонтно-механического цеха, который питается от ШР через ответвительную коробку, в которой установлен АВ.

Длительный ток ШР1:

$$I_{расч} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{38,72}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 58,83 \text{ А}$$

Номинальный ток АВ:

$$I_{ном.АВ} \geq K_{зап} \cdot I_{длит} = 1,1 \cdot 58,83 = 64,71 \text{ А};$$

где для группы ЭП $K_{зап} = 1,1$; $I_{длит}$ – длительный максимальный рабочий ток линии (для группы ЭП равен $I_{расч}$)

Номинальный ток теплового расцепителя АВ:

$$I_{ном.тепл} \geq K_{зап} \cdot I_{длит} = 1,1 \cdot 58,83 = 64,71 \text{ А.}$$

Проверка по току срабатывания расцепителя:

$$I_{ном.Э.О} \geq 1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 162,1 = 202,6 \text{ А};$$

где $I_{пик}$ – пиковый ток группы ЭП, определяемый следующим образом:

$$I_{пик} = I_{пуск.мах} + (I_{расч} - K_{и} \cdot I_{ном.мах}) = 118,7 + (58,83 - 0,65 \cdot 23,74) = 162,1 \text{ А,}$$

где $I_{пуск.мах}$ - наибольший из пусковых токов двигателей в группе по паспортным данным;

$I_{ном.мах}$ - номинальный (приведенный к ПВ = 100%) ток двигателя с наибольшим пусковым током;

$K_{и}$ - коэффициент использования, характерный для двигателя, имеющего наибольший пусковой ток;

$I_{расч}$ - расчетный ток нагрузки всей группы электроприемников.

К установке выбираем автоматический выключатель типа ВА51Г-31 с

$I_{ном.АВ} = 100 \text{ А}$, $I_{ном.тепл} = 80 \text{ А}$, $I_{ном.Э.О} = I_{ном.тепл} \cdot K_{кз} = 80 \cdot 3 = 240 \text{ А}$.

Для остальных групп ЭП расчеты представлены в таблице 23

Таблица 23-Выбор автоматических выключателей

	$I_{расч},$ А	$K_z \cdot I_{расч},$ А	$I_{пик},$ А	$1,25 \cdot I_{пик},$ А	Тип АВ	$I_{номАВ},$ А	$I_{ном.тепл},$ А	$I_{номЭО},$ А
ШР1	58,83	64,71	162,10	202,62	ВА51Г-31	100	80	240
ШР2	215,50	237,05	650,87	813,59	ВА51-31	250	250	1750
ШРА1	183,10	201,41	338,07	422,59	ВА51-31	250	200	2400
ШРА2	244,30	268,72	679,91	849,89	ВА51-31	400	320	2240
РП1 РУНН	362,56	398,82	837,99	1047,48	ВА53-39	630	400	2800

3. 15.1 Выбор распределительных шкафов (ШР)

Таблица 24– Параметры распределительные шкафов цеха

№ Шкафа	$I_p,$ А	Кол-во отходящих линий, шт	Тип	$I_n,$ А
ШР1	58,83	10	ПР8503-1131-2	100
ШР2	215,5	6	ПР8503-2001-5	320

Распределительные шкафы ремонтно-механического цеха выполнены как в напольном, так и в навесном исполнении. ШР состоят из металлической оболочки со встроенными аппаратами защиты ЭП, приборами и сборными шинами. Устанавливаем шкафы распределения серии ПР8503, предназначенных для эксплуатации в цепях с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 Гц [1].

3.15.2 Выбор радиальных шинопроводов ремонтно-механического цеха

Номинальный ток распределительного шинопровода $I_{ном}$ должен быть больше расчетного тока нагрузки ШРА.

$$I_{ном} \geq I_{расч},$$

где $I_{ном}$ – номинальный ток шинопровода, А.

Для ШРА1 с $I_{расч} = 170,266$ А и ШРА2 с $I_{расч} = 225,2$ А выбираем шинопровод типа ШРА-73, номинальный ток которого $I_{ном} = 250$ А [1].

Необходимо учесть потери в шинопроводе. При токе нагрузки, близком к номинальному току шинопровода, потери напряжения допускается определять по линейной потере напряжения на 100 м шинопровода по формуле:

для ШРА1

$$\Delta U_{ШРА1} = \frac{\Delta U_{лин.ШРА} \cdot L_{расч}}{U_{ном}} = \frac{8,5 \cdot 0,54}{380} = 1,2\% \leq 5\%$$

$$\Delta U_{ШРА2} = \frac{\Delta U_{лин.ШРА} \cdot L_{расч}}{U_{ном}} = \frac{8,5 \cdot 0,64}{380} = 1,43\% \leq 5\%$$

где $\Delta U_{лин.ШРА}$ – линейная потеря напряжения шинопровода на длине 100 м составляет 8,5 В;

$L_{расч}$ – длина шинопровода до точки подключения нагрузки, м.

Выбранный тип шинопровода проходит условия проверки.

3.15.3 Выбор сечений линий питающей сети цеха

Выбор сечений проводников питающей сети цеха производится из условий допустимого нагрева длительно протекающим максимальным током

нагрузки, допустимой потери напряжения, по условию соответствия выбранному аппарату защиты. Среда цеха нормальная, относительная влажность не превышает 60 % при 20 °С, воздействия среды помещения не влияют на работу оборудования.

Ниже представлен пример выбора сечения питающей линии от ШР1 до ЭП №41 (шлифовального станка).

По условию нагрева длительным (расчетным) током

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{расч}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,8} \cdot \frac{1}{1} = 18,99 \text{ А}$$

где для наших условий $K_{\text{прокл}} = K_1 \cdot K_2 = 1$

Выбираем сечение токопроводящей жилы 2,5 мм² с $I_{\text{доп}} = 23 \text{ А}$

По условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты:

$$I_{\text{доп}} = 23 \text{ А} \leq \frac{K_{\text{защ}} \cdot I_{\text{защ}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 25}{1} = 25 \text{ А}$$

где $I_{\text{защ}}$ – ток уставки срабатывания защитного аппарата;

$K_{\text{защ}}$ – кратность длительно допустимого тока для провода или кабеля по отношению к току срабатывания защитного аппарата.

Выбранное сечение не проходит проверку по условию согласования с выбранным АВ, поэтому выбираем кабель сечением $S=6 \text{ мм}^2$. Принимаем кабель марки АВВГ - (4х6): $I_{\text{доп}}=29,44 \text{ А}$.

Выбор сечения остальных кабельных линий приведены в таблице 25

Таблица 25-Выбор сечения кабельных линий ЭП РМЦ.

	Наименование	$I_{ном}, А$	$I_{ном.тепл}, А$	$I_{ном}/K_{прокл}, А$	$I_{доп}, А$	$S, мм^2$	Марка кабеля	Класс $I_{ном.тепл}/K_{прокл}, А$	$I_{доп}, А$	$S, мм^2$	Марка кабеля
1-3,6	Вентилятор	23,74	31,5	23,74	24,84	4	АВВГ(4х4)	31,5	38,64	10	АВВГ(4х10)
4,5	Вентилятор	17,80	25	17,80	24,84	4	АВВГ(4х4)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
7-9	Универсально-заточный станок	31,89	40	31,89	38,64	10	АВВГ(4х10)	40	55,2	16	АВВГ(4х16)
10-12	Фрезерный станок	17,80	25	17,80	24,84	4	АВВГ(4х4)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
13,14	Фрезерный станок	22,51	31,5	22,51	24,84	4	АВВГ(4х4)	31,5	38,64	10	АВВГ(4х10)
15-18	Резьбонарезной станок	10,68	25	10,68	17,48	2,5	АВВГ(4х2,5)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
19-21	Резьбонарезной станок	17,80	25	17,80	24,84	4	АВВГ(4х4)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
22,23	Сварочный агрегат, ПВ=60%	94,44	160	94,44	101,2	50	АВВГ(4х50)	160	165	70	АВВГ(4х70)
24,25	Преобразователь сварочный, ПВ=40%	29,66	63	29,66	38,64	10	АВВГ(4х10)	63	69	25	АВВГ(4х25)
26-28	Пресс фрикционный	24,38	31,5	24,38	24,84	4	АВВГ(4х4)	31,5	38,64	10	АВВГ(4х10)

Продолжение таблицы 25

	Наименование	I _{ном} , А	I _{ном.тепл} , А	I _{ном} /K _{прокл} , А	I _{доп} , А	S, мм ²	Марка кабеля	K _{защ} ·I _{ном.тепл} /K _{прокл} , А	I _{доп} , А	S, мм ²	Марка кабеля
29-31	Ножницы отрезные	17,80	25	17,80	24,84	4	АВВГ(4х4)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
32-34	Пресс гидравлический	22,51	31,5	22,51	24,84	4	АВВГ(4х4)	31,5	38,64	10	АВВГ(4х10)
35,36	Точильный станок	10,68	25	10,68	17,48	2,5	АВВГ(4х2,5)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
37,38	Точильный станок	17,80	25	17,80	24,84	4	АВВГ(4х4)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
39-42	Шлифовальный станок	18,99	25	18,99	24,84	4	АВВГ(4х4)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
43-47	Токарно- винторезный станок	23,74	31,5	23,74	24,84	4	АВВГ(4х4)	31,5	38,64	10	АВВГ(4х10)
48-50	Токарно- винторезный станок	22,51	31,5	22,51	24,84	4	АВВГ(4х4)	31,5	38,64	10	АВВГ(4х10)
51-53	Радиально- сверлильный станок	18,99	25	18,99	24,84	4	АВВГ(4х4)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)

Продолжение таблицы 25

	<i>Наименование</i>	$I_{ном}, A$	$I_{ном.тепл}, A$	$I_{ном}/K_{прокл}, A$	$I_{доп}, A$	$S, мм^2$	<i>Марка кабеля</i>	$K_{заш} I_{ном.тепл} / K_{прокл}, A$	$I_{доп}, A$	$S, мм^2$	<i>Марка кабеля</i>
54,55	Радиально-сверлильный станок	24,38	31,5	24,38	24,84	4	АВВГ(4х4)	31,5	38,64	10	АВВГ(4х10)
56-58	Вертикально-сверлильный станок	10,68	25	10,68	17,48	2,5	АВВГ(4х2,5)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
59	Вертикально-сверлильный станок	17,80	25	17,80	24,84	4	АВВГ(4х4)	25	29,44	6	АВВГ(4х6)
60	Кран-балка, ПВ=40%	29,66	63	29,66	60	10	ВВГ(4х10)	63	80	16	ВВГ(4х6)
	ШРА1 -ШР1	58,83	80	58,83	69	25	АВВГ(4х25)	80	82,8	35	АВВГ(4х35)
	ШРА 2-ШР2	215,50	250	215,5	234,6	95	АВВГ(4х95)	250	254	150	АВВГ(4х150)
	КТП 3 - РП1	368,29	400	358,29	385	120	АВВГ (4х120)	400	448	120	АВВГ 2(4х120)
	РП1-ШРА1	170,3	200	170,3	197	95	АВВГ(4х95)	200	224	120	АВВГ(4х120)
	РП1-ШРА2	225	250	225	254	150	АВВГ(4х150)	250	254	150	АВВГ(4х150)

3.15.4 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В

Особенности расчета токов КЗ в сетях до 1000 В:

- 1) мощность системы ($S_{сист}$) принимается бесконечной, т. е. напряжение на шинах цеховых ТП считается неизменным при КЗ в сети до 1 кВ;
- 2) учитываются активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети;

При расчетах токов КЗ необходимо учитывать следующие сопротивления:

- 1) индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, включая силовые трансформаторы, проводники, трансформаторы тока, реакторы, токовые катушки автоматических выключателей;
- 2) активные сопротивления элементов короткозамкнутой цепи;
- 3) активные сопротивления различных контактов и контактных соединений;
- 4) значения параметров синхронных и асинхронных электродвигателей.

Расчет ведется в именованных единицах, напряжение принимается на 5 % выше номинального напряжения сети ($U = 1,05 \cdot U_{ном.сети} = 400$ В при $U_{ном.сети} = 380$ В)

Расчет трехфазных токов КЗ

Ток трехфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{КЗ}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{рез}};$$

где $Z_{рез}$ – полное сопротивление до точки КЗ, Ом.

Ударный ток КЗ определяется по формуле:

$$i_{yд} = \sqrt{2} \cdot k_{yд} \cdot I_{КЗ}^{(3)};$$

где $k_{yд}$ – ударный коэффициент тока КЗ, определяется по кривым затухания [1.рис 7.1].

Для расчета токов КЗ составим расчетную схему – упрощенную однолинейную схему электроустановки, в которой учтём все источники питания, трансформаторы, воздушные и кабельные линии.

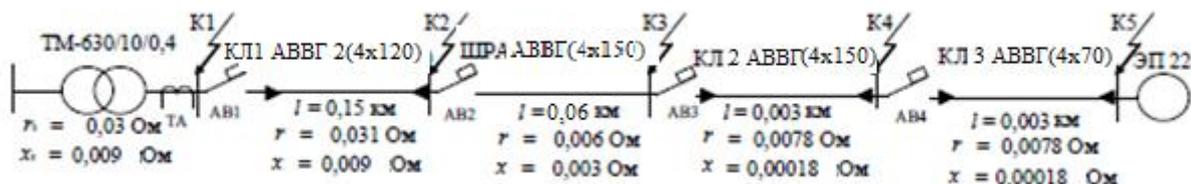


Рисунок 14 – Расчетная схема распределительной сети

Расчет ведем в абсолютных единицах.

Определяем сопротивления для расчета трехфазного КЗ, используя справочные данные [5].

1. Сопротивления трансформатора:

$$R_{\text{тр}} = 3,06 \text{ мОм} \quad X_{\text{тр}} = 0,17 \text{ мОм}$$

2. Сопротивления автоматического выключателя QF1:

$$R_{\text{QF1}} = 0,15 \text{ мОм} \quad X_{\text{QF1}} = 0,1 \text{ мОм} \quad R_{\text{kQF1}} = 0,4 \text{ мОм}$$

3. Сопротивления автоматического выключателя QF2:

$$R_{\text{QF2}} = 0,3 \text{ мОм} \quad X_{\text{QF2}} = 0,24 \text{ мОм} \quad R_{\text{kQF2}} = 0,55 \text{ мОм}$$

4. Сопротивления автоматического выключателя QF3:

$$R_{\text{QF3}} = 0,3 \text{ мОм} \quad X_{\text{QF3}} = 0,24 \text{ мОм} \quad R_{\text{kQF3}} = 0,55 \text{ мОм}$$

5. Сопротивления автоматического выключателя QF4:

$$R_{\text{QF4}} = 0,7 \text{ мОм} \quad X_{\text{QF4}} = 0,5 \text{ мОм} \quad R_{\text{kQF4}} = 0,6 \text{ мОм}$$

6. Сопротивления первичной обмотки трансформатора тока ТТ:

$$R_{\text{ТТ}} = 0,11 \text{ мОм} \quad X_{\text{ТТ}} = 0,17 \text{ мОм}$$

7. Сопротивления кабельной линии КЛ1:

$$R_{\text{КЛ1}} = r_0 \cdot l = 15,6 \text{ мОм} \quad X_{\text{КЛ1}} = x_0 \cdot l = 9 \text{ мОм}$$

8. Сопротивления кабельной линии КЛ2:

$$R_{\text{КЛ2}} = r_0 \cdot l = 0,392 \text{ мОм} \quad X_{\text{КЛ2}} = x_0 \cdot l = 0,18 \text{ мОм}$$

9. Сопротивления кабельной линии КЛ3:

$$R_{\text{КЛ3}} = r_0 \cdot l = 0,783 \text{ мОм} \quad X_{\text{КЛ3}} = x_0 \cdot l = 0,18 \text{ мОм}$$

10. Сопротивление шинпровода ШПРА2:

$$R_{\text{шпа2}} = r_0 \cdot l = 6 \text{ мОм} \quad X_{\text{шпа2}} = x_0 \cdot l = 3 \text{ мОм}$$

11. Переходные сопротивления ступеней распределения:

$$R_{\text{ру нн}} = 15 \text{ мОм} \quad R_{\text{шр2}} = 20 \text{ мОм}$$

12. Активные переходные сопротивления неподвижных контактных соединений:

$$R_{кШМА} = 0,009 \text{ мОм} \quad R_{кКЛ1} = 0,021 \text{ мОм} \quad R_{кКЛ2} = 0,024 \text{ мОм} \quad R_{кКЛ3} = 0,024 \text{ мОм}$$

Упростим схему замещения, определив эквивалентные сопротивления на участках схемы между точками КЗ

$$R_1 = R_{тр} + R_{РУНН} + R_{ТТ} = 18,17 \text{ мОм}$$

$$X_1 = X_{тр} + X_{ТТ} = 14,47 \text{ мОм}$$

$$R_2 = R_1 + R_{QF1} + R_{КЛ1} + R_{кQF1} + R_{КЛ1} + R_{ПП1} = 54,1 \text{ мОм}$$

$$X_2 = X_1 + X_{QF1} + X_{КЛ1} = 0,5 + 2,376 = 23,59 \text{ мОм}$$

$$R_3 = R_2 + R_{QF2} + R_{кQF2} + R_{кКЛ2} + R_{ШРА2} + R_{кШРА2} = 60,66 \text{ мОм}$$

$$X_3 = X_2 + X_{QF2} + X_{ШРА2} = 26,76 \text{ мОм}$$

$$R_4 = R_3 + R_{QF3} + R_{кQF3} + R_{кКЛ2} + R_{КЛ2} = 61,93 \text{ мОм}$$

$$X_4 = X_3 + X_{QF3} + X_{КЛ2} = 27,18 \text{ мОм}$$

$$R_5 = R_4 + R_{QF4} + R_{кQF4} + R_{кКЛ3} + R_{КЛ3} + R_{кШРА2} = 89,04 \text{ мОм}$$

$$X_5 = X_4 + X_{QF4} + X_{КЛ3} = 27,86 \text{ мОм}$$

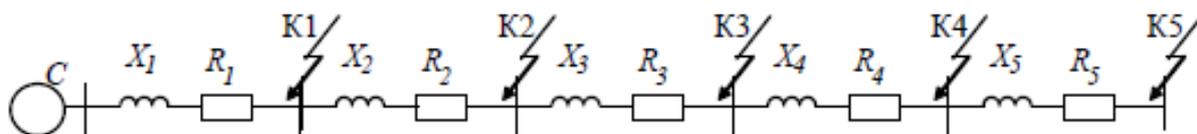


Рисунок 15 – Упрощенная схема замещения цеховой сети

Пример расчета тока КЗ для точки К1:

$$Z_{K1} = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{18,17^2 + 14,47^2} = 23,23 \text{ мОм};$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 23,23} = 9,94 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{K3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 9,94 = 14,76 \text{ кА};$$

26. Результаты расчетов токов КЗ для остальных точек приведены в таблице

Расчет однофазных токов КЗ

Ток однофазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{TP}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}};$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение в точке КЗ, В;

$Z_{\phi-0}$ – полное сопротивление петли «фаза нуль» до точки КЗ, мОм;

$Z_{TP}^{(1)}$ – полное сопротивление трансформатора при однофазном КЗ, мОм.

К схеме замещения нужно добавить сопротивления нулевых проводников.

Сопротивления нулевой жилы кабельных линий и шинпровода:

$$R_{0-КЛ1} = r_0 \cdot l/n = 0,208 \cdot 150/2 = 15,6 \text{ мОм};$$

$$R_{0-КЛ2} = r_0 \cdot l/n = 0,261 \cdot 3/2 = 0,392 \text{ мОм};$$

$$R_{0-КЛ3} = r_0 \cdot l = 0,261 \cdot 3 = 0,783 \text{ мОм};$$

$$R_{0-ШРА} = r_0 \cdot l = 0,42 \cdot 30 = 12,6 \text{ мОм}.$$

Кроме этого изменятся индуктивные сопротивления кабельных линий и шинпровода:

$$X_{КЛ1} = x_0 \cdot l/n = 0,282 \cdot 150/2 = 21,15 \text{ мОм};$$

$$X_{КЛ2} = x_0 \cdot l/n = 0,294 \cdot 3/2 = 0,441 \text{ мОм};$$

$$X_{КЛ3} = x_0 \cdot l = 0,294 \cdot 3 = 0,882 \text{ мОм};$$

$$X_{0-ШМА} = x_0 \cdot l = 0,42 \cdot 3 = 1,26 \text{ мОм}.$$

Сопротивления трансформатора:

$$Z_{TP}^{(1)} = 42 \text{ мОм};$$

Упрощенная схема замещения цеховой сети для расчета токов однофазных КЗ не изменится, однако значения сопротивлений будут другими.

$$R_1 = R_{TT} + R_{PYHH} = 15,11 \text{ мОм}$$

$$X_1 = X_{TT} = 0,17 \text{ мОм}$$

$$R_2 = R_1 + R_{QF1} + R_{KЛ1} + R_{0-KЛ1} + R_{KКЛ1} + R_{рп1} + R_{KQF1} = 61,64 \text{ мОм}$$

$$X_2 = X_1 + X_{QF1} + X_{KЛ1} = 21,44 \text{ мОм}$$

Пример расчета тока КЗ для точки К1:

$$Z_{\phi-0} = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{61,64^2 + 21,44^2} = 65,26 \text{ мОм};$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{TP}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} = \frac{230}{\frac{42}{3} + 65,26} = 2,9 \text{ кА};$$

Результаты расчетов токов КЗ для остальных точек приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Сводная ведомость токов КЗ

Расчетные точки		К1	К2	К3	К4	К5
	$I_{K3}^{(1)}$	7,9	2,9	2,26	2,22	2,16
Токи КЗ, кА	$I_{K3}^{(2)}$	8,61	3,39	3,02	2,96	2,14
	$I_{K3}^{(3)}$	9,94	3,91	3,48	3,41	2,48
	$i_{y\partial}$	14,76	5,53	4,93	4,83	3,5

3.15.5 Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения. Построение эпюры отклонений напряжения

Согласно ПУЭ для силовых сетей отклонение напряжения от номинального должно составлять не более $\pm 5\% U_n$. Для осветительных сетей промышленных предприятий и общественных зданий допускается отклонение напряжения от $+5$ до $-2,5\%$ U_n , для сетей жилых зданий и наружного освещения $\pm 5\% U_n$.

Расчет цеховой сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонения напряжения выполняется для цепочки линии от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного от цеховой ТП или наиболее мощного ЭП для режимов максимальных и минимальных нагрузок.

Для расчета выберем цепь ГПП(10кВ) – ТПЗ – ШРА2 – ШР2 – ЭП22

Последовательность расчета:

1. Составляется расчетная схема замещения сети
2. Определяются возможные режимы работы схемы, и для каждого режима определяются расчетные нагрузки.
3. Производится расчет для каждого режима.
4. По данным расчета строится эпюра отклонений напряжения для каждого режима.

Подстанция ТПЗ – двухтрансформаторная, следовательно, необходимо рассмотреть максимальный, минимальный и послеаварийный режим работы сети.

Режим максимальных нагрузок

По результатам расчета электрических нагрузок используем известные нагрузки узлов сети для максимального режима.

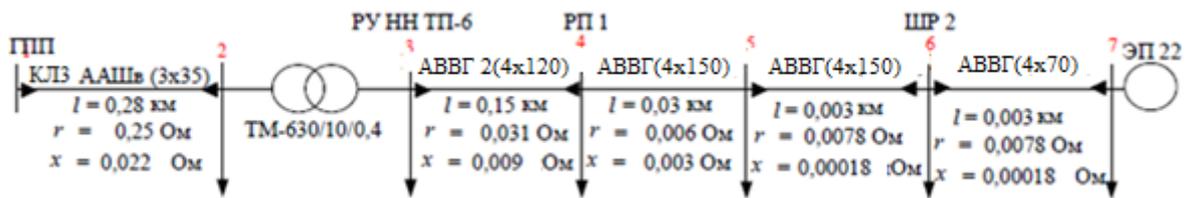


Рисунок 16 – Радиальная схема для расчета отклонения напряжения

Участок 1 – 2

Расчетная активная нагрузка на участке 1 – 2:

$$P_{1-2} = P_{расч.ТП3} + \Delta P_{Tr} = 774,3 + 8,47 = 782,77 \text{ кВт};$$

где $P_{расч.ТП3}$ – расчетная активная нагрузка ТП-3 (определена методом коэффициента расчетной активной мощности).

ΔP_{Tr} - потери активной мощности в трансформаторе ТП-3.

Расчетная реактивная нагрузка на участке 1 – 2:

$$Q_{1-2} = Q_{расч.ТП3} + \Delta Q_{Tr} - Q_{БК_ТП3} = 683,1 + 47 - 500 = 230,1 \text{ кВар};$$

где $Q_{расч.ТП3}$ – расчетная реактивная нагрузка ТП-3 (определена методом коэффициента расчетной активной мощности).

ΔQ_{Tr} - потери реактивной мощности в трансформаторе ТП-3.

$Q_{БК_ТП3}$ – мощность конденсаторных батарей, установленных на ТП-3.

Потери напряжения на данном участке определим по выражению:

$$\Delta U_{1-2} = \frac{P_{1-2} \cdot R_{1-2} + Q_{1-2} \cdot X_{1-2}}{10 \cdot U_1^2}, \%$$

где R_{1-2} , X_{1-2} – активное и индуктивное сопротивления КЛ, питающей ТП-3.

U_1 – напряжение на шинах КРУ ГПП.

Величину напряжения в начале участка в максимальном режиме принимаем равным $U_1=10,5$ кВ.

$$\Delta U_{1-2} = \frac{P_{1-2} \cdot R_{1-2} + Q_{1-2} \cdot X_{1-2}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{782,77 \cdot 0,25 + 230,1 \cdot 0,0224}{10 \cdot 10,5^2} = 0,07\%$$

$$\Delta U_{1-2} = \Delta U_{(1-2)\%} \cdot \frac{U_1}{100} = 0,07 \cdot \frac{10500}{100} = 7,37 \text{ В};$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{1-2} = 10500 - 7,37 = 10492,63 \text{ В}.$$

Участок 2 – 3

Потоки мощности, передаваемые через вторичную обмотку цехового трансформатора:

$$P_{2-3} = P_{расч.ТПЗ} = 774,3 \text{ кВт};$$

где $P_{расч.ТПЗ}$ – расчетная активная нагрузка ТП-3 (определена методом коэффициента расчетной активной мощности).

$$Q_{2-3} = Q_{расч.ТПЗ} - Q_{БК_ТПЗ} = 683,1 - 500 = 183,1 \text{ кВар};$$

где $Q_{расч.ТПЗ}$ – расчетная реактивная нагрузка ТП-3 (определена методом коэффициента расчетной активной мощности).

$Q_{БК_ТПЗ}$ – мощность конденсаторных батарей, установленных на ТП-3.

Потери напряжения на участке определяются потерей напряжения на цеховом трансформаторе и определяется по выражению:

$$\Delta U_T = \beta_T \cdot (U_a \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_T^2}{200} \cdot (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2)^2$$

где U_a , U_p – активная и реактивная составляющие напряжения КЗ, $U_{к\%}$.

$\cos \varphi_2$ и $\sin \varphi_2$ – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора (с учетом установки компенсирующих устройств).

Активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора определяется:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot 100}{S_{ном.тр}} = \frac{8,5 \cdot 100}{630} = 1,21\%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{кз}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,21^2} = 5,37\%$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{2-3}}{\sqrt{(P_{2-3})^2 + (Q_{2-3})^2}} = \frac{774,3}{\sqrt{(774,3)^2 + (183,1)^2}} = 0,924$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{2-3}}{\sqrt{(P_{2-3})^2 + (Q_{2-3})^2}} = \frac{183,1}{\sqrt{(774,3)^2 + (183,1)^2}} = 0,397$$

β_T – отношение фактической нагрузки одного трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме работы:

$$\beta_T = \frac{\sqrt{(P_{1-2})^2 + (Q_{1-2})^2}}{S_{н.мп}} = \frac{\sqrt{782,77^2 + 230,1^2}}{630} = 0,517$$

$$\begin{aligned} \Delta U_T &= \beta_T \cdot (U_a \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_T^2}{200} \cdot (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2)^2 = \\ &= 0,517 \cdot (1,21 \cdot 0,924 + 5,37 \cdot 0,382) + \frac{0,517^2}{200} \cdot (1,21 \cdot 0,924 - 5,37 \cdot 0,382)^2 = \\ &= 1,636\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_{2-3} = \Delta U_{(2-3)\%} \cdot \frac{U_2}{100} = 1,636 \cdot \frac{10492,63}{100} = 171,7 \text{ В};$$

$$U_3 = (U_2 - \Delta U_{2-3}) \cdot \frac{U_{HH}}{U_{BH}} = (10492,63 - 171,7) \cdot \frac{400}{10500} = 393,18 \text{ В}.$$

Участок 3 – 4

Расчетная активная нагрузка на участке 3 – 4:

$$P_{3-4} = P_{РП1} = 116,52 \text{ кВт};$$

где $P_{расч.РП1}$ – расчетная активная нагрузка РП1 (определена методом коэффициента расчетной активной мощности).

Расчетная реактивная нагрузка на участке 3 – 4:

$$Q_{3-4} = Q_{расч.РП1} = 207,93 \text{ кВар};$$

где $Q_{расч.ТП4}$ – расчетная реактивная нагрузка ТП-4 (определена методом коэффициента расчетной активной мощности).

$$\Delta U_{3-4} = \frac{P_{3-4} \cdot R_{3-4} + Q_{3-4} \cdot X_{3-4}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{116,52 \cdot 0,031 + 207,93 \cdot 0,009}{10 \cdot 393,18^2} = 3,605\%$$

$$\Delta U_{3-4} = \Delta U_{(3-4)\%} \cdot \frac{U_3}{100} = 3,605 \cdot \frac{393,18}{100} = 14,18 \text{ В};$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{3-4} = 393,18 - 14,18 = 379 \text{ В}.$$

Участок 4 – 5

$$\Delta U_{4-5} = \frac{P_{4-5} \cdot R_{4-5} + Q_{4-5} \cdot X_{4-5}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{123,1 \cdot 0,006 + 82,6 \cdot 0,003}{10 \cdot 0,379^2} = 0,065\%$$

$$\Delta U_{4-5} = \Delta U_{(4-5)\%} \cdot \frac{U_4}{100} = 0,065 \cdot \frac{379}{100} = 0,25 \text{ В};$$

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{4-5} = 379 - 0,25 = 378,75 \text{ В}.$$

Участок 5 – 6

$$\Delta U_{5-6} = \frac{P_{5-6} \cdot R_{5-6} + Q_{5-6} \cdot X_{5-6}}{10 \cdot U_5^2} = \frac{123,1 \cdot 0,0013 + 82,6 \cdot 0,18 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 0,379^2} = 0,071\%$$

$$\Delta U_{5-6} = \Delta U_{(5-6)\%} \cdot \frac{U_5}{100} = 0,071 \cdot \frac{378,75}{100} = 0,27 \text{ В};$$

$$U_6 = U_5 - \Delta U_{5-6} = 378,75 - 0,27 = 378,49 \text{ В}.$$

Участок 6 – 7

$$\Delta U_{6-7} = \frac{P_{6-7} \cdot R_{6-7} + Q_{6-7} \cdot X_{6-7}}{10 \cdot U_6^2} = \frac{65 \cdot 0,001 + 68,51 \cdot 0,18 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 0,378^2} = 0,044\%$$

$$\Delta U_{6-7} = \Delta U_{(6-7)\%} \cdot \frac{U_6}{100} = 0,044 \cdot \frac{377,49}{100} = 0,17 \text{ В};$$

$$U_7 = U_6 - \Delta U_{6-7} = 378,49 - 0,17 = 378,32 \text{ В}.$$

Для режимов минимальных нагрузок и послеаварийного режима расчет проводим аналогично, однако следует принять во внимание, что величину напряжения в начале участка в режиме минимальных нагрузок принимаем равным $U_1=10$ кВ. В послеаварийном режиме величина нагрузки в узлах 2 и 3 увеличивается в два раза по сравнению с максимальным, а в остальных узлах остается без изменений. Также следует отметить, что нагрузка ЭП №22 считается постоянной во всех режимах.

Для определения потоков мощностей минимального режима необходимо воспользоваться характерным суточным графиком электрических нагрузок. В нашем случае $P_{\min}=0,78 \cdot P_{\max}$, а минимальная реактивная мощность $Q_{\min}=0,75 \cdot Q_{\max}$.

Результаты расчета представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Результаты расчета режимов

Участок	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Марка кабеля	ААШв (3x35)	ТМ – 630/10	АВВГ-2 (4x150)	ШРА2	АВВГ (4x150)	АВВГ (4x70)
R, Ом	0,25	$U_{кз}=5,5\%$	0,03	0,006	0,001	0,001
X, Ом	$0,022 \cdot 10^{-3}$	$\Delta P_n=7,6$ кВт	$0,009 \cdot 10^{-3}$	0,003	$0,18 \cdot 10^{-3}$	$0,18 \cdot 10^{-3}$
Максимальный режим						
P, кВт	297,19	294,24	117,44	110,43	110,43	65,00
Q, кВар	132,85	121,46	212,04	88,74	88,74	68,51
$\Delta U, \%$	0,06	1,243	2,753	0,063	0,054	0,043
$\Delta U, В$	5,74	130,39	10,87	0,24	0,21	0,16
Минимальный режим						
P, кВт	231,99	229,5	91,63	86,14	86,14	65,00
Q, кВар	99,64	91,10	159,03	66,56	66,56	68,51
$\Delta U, \%$	0,05	1,243	3,220	0,064	0,087	0,068
$\Delta U, В$	5,74	130,48	12,71	0,24	0,33	0,26
Послеаварийный режим						
P, кВт	594,86	588,48	117,44	110,43	110,43	65,00
Q, кВар	265,70	242,92	212,04	88,74	88,74	68,51
$\Delta U, \%$	0,11	2,486	2,826	0,065	0,055	0,044
$\Delta U, В$	11,48	260,76	11,01	0,25	0,21	0,17

На рисунке 17 представлены эпюры отклонения напряжения для максимального и минимального режимов.

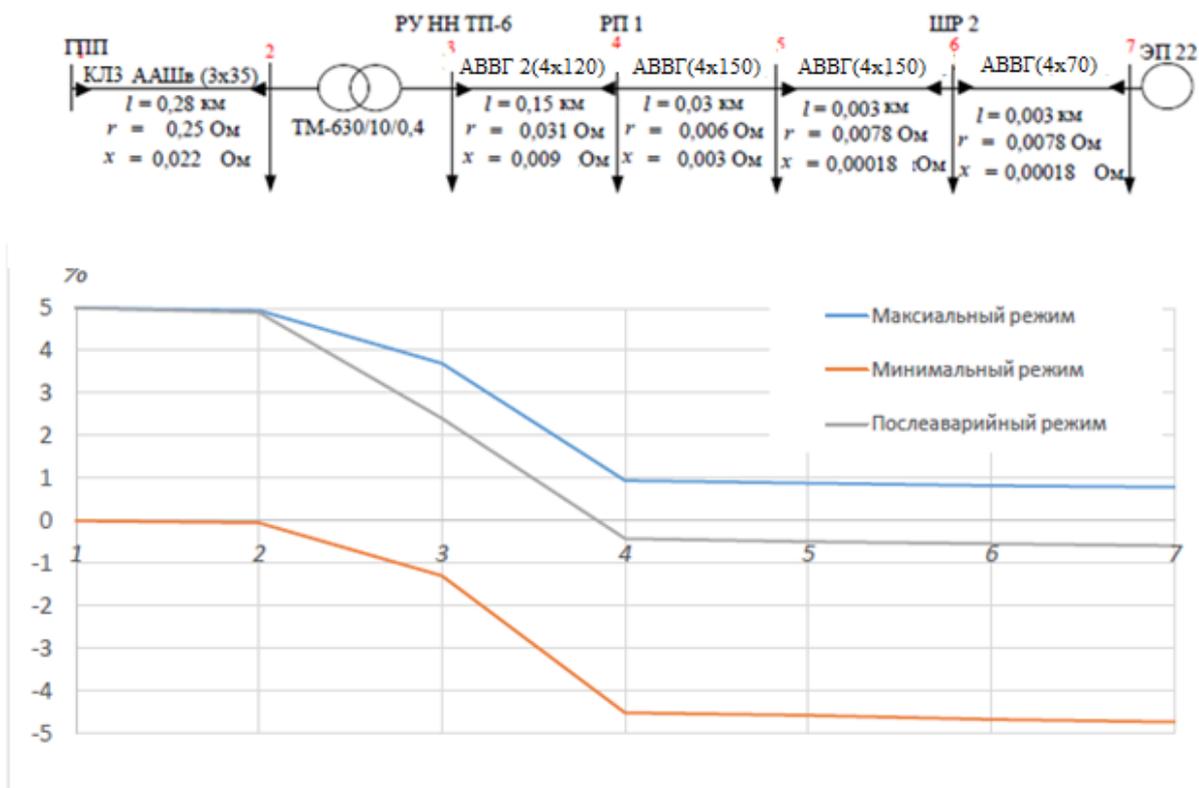


Рисунок 17 – Эпюры отклонения напряжения

3.15.6 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

Карта селективности действия аппаратов защиты служит для проверки правильности выбора аппаратов защиты и строится в логарифмической системе координат. На карту селективности наносятся:

- 1) Номинальный и пусковой токи электроприемника;
- 2) Расчетный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- 3) Расчетный и пиковый ток подстанции;
- 4) Защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей)
- 5) Значения токов КЗ в сети 0,4 кВ

Построим карту селективности действия аппаратов защиты для цепочки

защит ТП6 – РП1 – ШРА2 – ШР2 – ЭП22.

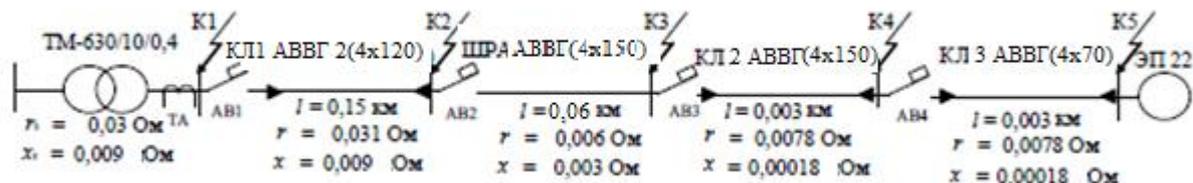


Рисунок 18 – Расчетная схема для участка цеховой сети ТП6 – ЭП 22

Таблица 28 – Данные для построения карты селективности

	РУНН1	РП1	ШР2	ЭП22	Ток КЗ, кА				
					1	2	3	4	5
I_p, A	358,29	244,3	215,25	–	7,9	2,9	2,26	2,22	2,16
$I_{пик}, A$	837,99	679,91	650,87	–					
$I_{ном}, A$	–	–	–	94,4					
$I_{пуск}, A$	–	–	–	472,2					

Таблица 29 – Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания установки в зоне КЗ, А
ВА08-0403 (РУНН1)	400	2000
ВА57-39 (РП1)	320	1600
ВА51-35 (ШР2)	250	1250
ВА51-35 (ЭП)	125	750

Построение карты селективности приведено на рисунке 19

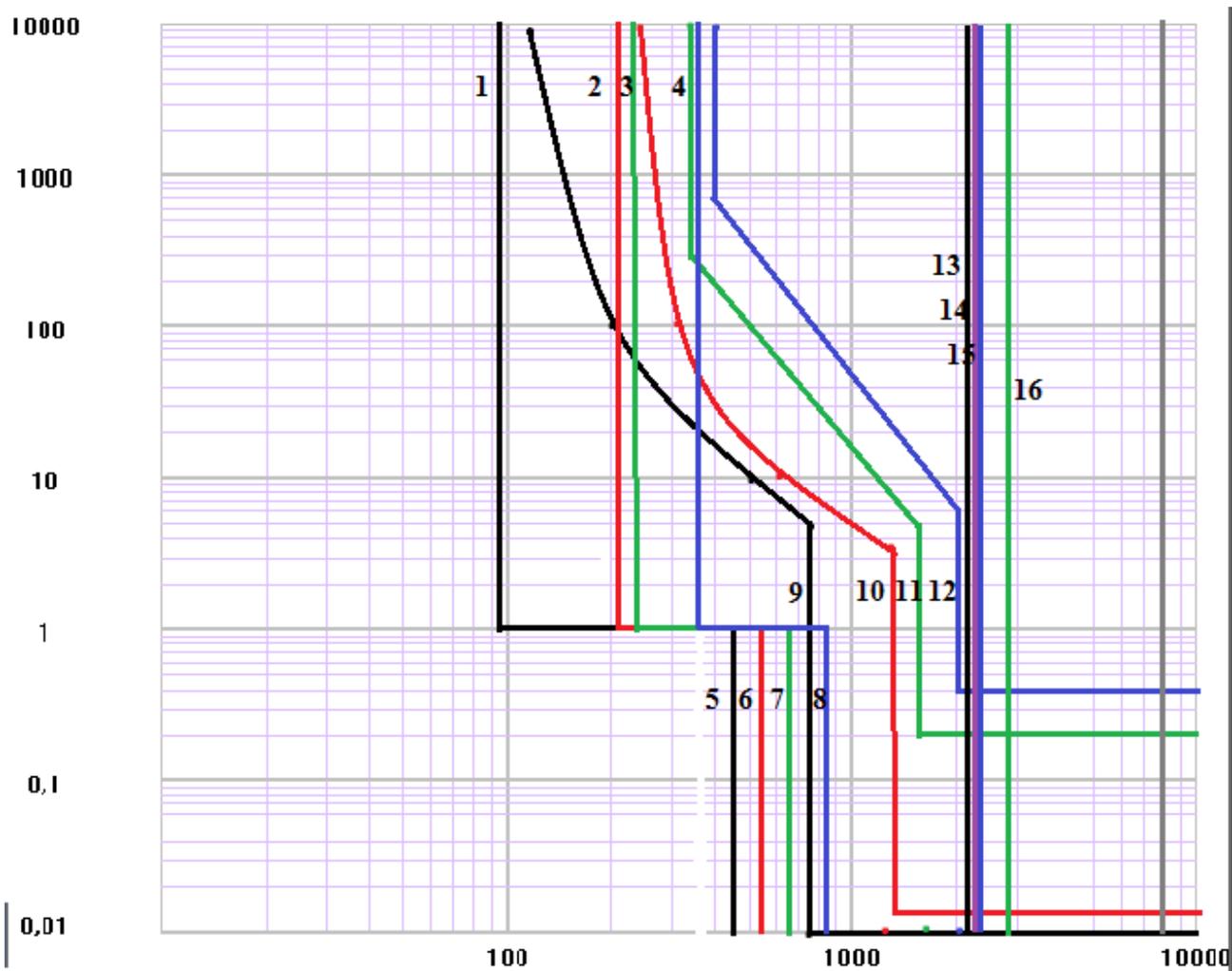


Рисунок 19-Карта селективности аппаратов защиты

Условные обозначения:

- 1 – номинальный ЭП 22;
- 2 – расчетный ток ШР2;
- 3 – расчетный ток РП1;
- 4 – расчетный ток РУ НН;
- 5 – пусковой ток ЭП 22;
- 6 – пиковый ток ШР2;
- 7 – пиковый ток РП1;
- 8 – пиковый ток РУ НН ТП6;

- 9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА5133(ЭП);
- 10 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА51-31(ШР2);
- 11 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА51-31(РП1);
- 12 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА51-37 (РРУ НН ТП6);
- 13 – ток КЗ в точке К5;
- 14 – ток КЗ в точке К4;
- 15 – ток КЗ в точке К3;
- 16 – ток КЗ в точке К2.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела: обоснование целесообразного использования технического проекта, который выполнен в рамках выпускной квалификационной работы. В разделе рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

Для достижение данной цели обеспечивается решением ряда задач:

- Составление SWOT-анализа проектирования ремонтно-механического цеха базы по обслуживания нефтегазодобывающего месторождения
- Планирование технико-конструкторских работ
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта.

Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для детального анализа конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо оценить их сильные и слабые стороны. Это же справедливо для определения оптимальной схемы электроснабжения промышленного предприятия.

Характерными схемами электроснабжения цеха являются радиальная и магистральная схемы.

Сравним два варианта установки компенсирующих устройств схемы электроснабжения завода с нормальной средой, с питающим трансформатором мощностью 630 кВА, с напряжением на низкой стороне трансформатора 0,4 кВ.

1. Установка конденсаторных батарей на низкой стороне

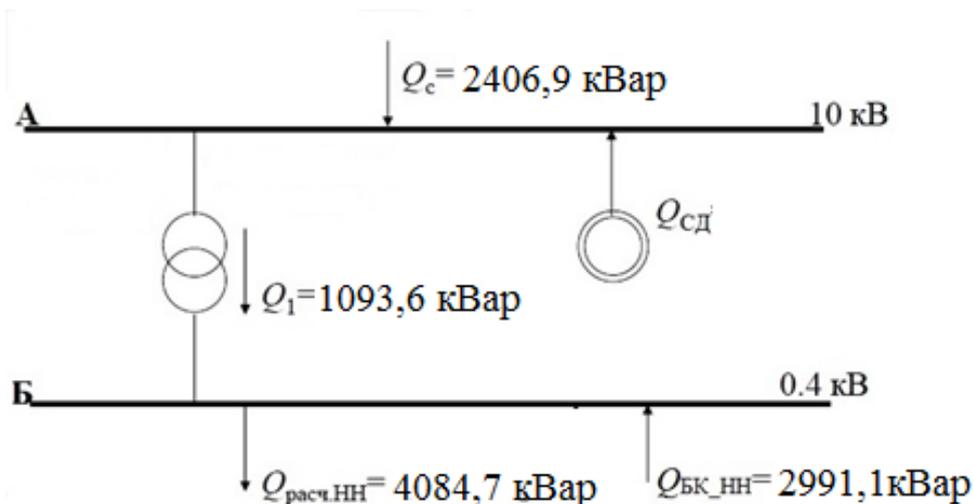


Рисунок 20 - Баланс реактивной мощности при 1 варианте установки БК

Принимаем к установке 30 конденсаторную батарею УКМ 58-04-100-33,3у3 суммарной установленной мощностью 3000 кВар.

Итого по первому варианту установки компенсирующих устройств затраты составят – 505157,4руб.

2. Экономически более выгодно увеличивать число трансформаторов с номинальной мощностью 630 кВА.

Увеличиваем число установленных трансформаторов на 1 (11+1=12):

Затраты на установку одной трансформаторной подстанции мощностью 630 кВА: 387128 руб

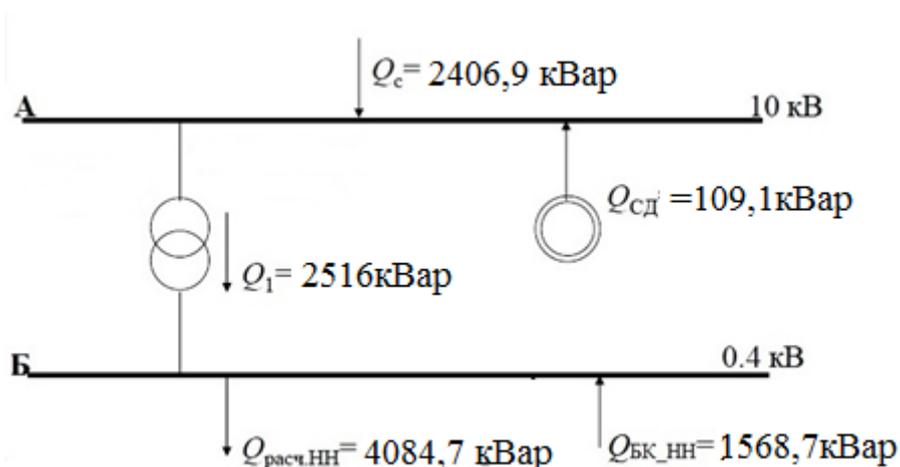


Рисунок 21 - Баланс реактивной мощности при 2 варианте установки БК

Принимаем к установке 12 конденсаторных батарей УKM 58-04-Ш-33,3-У3 суммарной установленной мощностью 1596кVar.

Итого по второму варианту установки компенсирующих устройств затраты составят – 613738руб.

Из расчетов видно, что наиболее выгодным с точки зрения экономического расчёта является вариант 1. Так же этот вариант является более простым в техническом исполнении, эксплуатации и обслуживании оборудования.

SWOT-анализ работы ремонтно-механического цеха

SWOT - анализ является инструментом стратегического менеджмента. Представляет собой комплексное исследование технического проекта. SWOT - анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап описывает сильные и слабые стороны проекта, находит возможные и угрозы для реализации проекта, проявившиеся или возможны в его внешней среде.

Второй этап выявляет соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие помогает определить степень необходимости проведения стратегических изменений. В пределах данного этапа следует построить интерактивную матрицу проекта. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 30 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Высокая энергоэффективность и энергосбережение технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Квалифицированный персонал, технический уровень производства С4. Повышение безопасности производства С5. Уменьшение затрат на ремонт оборудования</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Сложность ремонта некоторых частей оборудования Сл2. Дороговизна оборудования Сл3. Сложность эксплуатации электрооборудования</p>
<p>Возможности: В1. Увеличение производительности электрооборудования В2. Появление дополнительной автоматизированной системы управления внутрицеховой структуры В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые на производстве В4. Улучшение технологии производства</p>	<p>В1С1С2С3С4; В2С1С3С4; В3С5; В4С1С3С4С5;</p>	<p>В2Сл1Сл2; В3Сл2; В4Сл1Сл2Сл3;</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на технологии производства У2. Импорт отдельных частей для конструкций У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции У4. Угрозы выхода из строя сложного энергоемкого оборудования</p>	<p>У1С1С3; У2С5; У3С5;</p>	<p>У1Сл2; У2Сл1Сл2; У3Сл2;</p>

	У4С3	У4Сл1Сл2Сл3;
--	------	--------------

Таблица 31 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны – возможности»

		Сильные стороны				
Возможности		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	+	-
	В2	+	-	+	+	-
	В3	-	-	-	-	+
	В4	+	-	+	+	+

Таблица 31: В1С1С2С3С4, В2С1С3С4, В3С5, В4С1С3С4С5. Каждая из записей показывает направление реализации проекта.

В случае, когда несколько возможностей сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. Здесь: В1В2В4С1С3С4.

Таблица 32 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны – угрозы»

		Сильные стороны				
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	+	-	+	-	-
	У2	-	-	-	-	+
	У3	-	-	-	-	+
	У4	-	-	+	-	-

Таблица 32: У1У4С3.

Таблица 33 - Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны – возможности»

		Сильные стороны		
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности	B1	-	-	-
	B2	+	+	-
	B3	-	+	-
	B4	+	+	+

Таблица 33: B2B3B4Сл2, B2B4Сл1Сл2.

Таблица 34 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны – угрозы»

		Сильные стороны		
		Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы	У1	-	+	-
	У2	+	+	-
	У3	-	+	-
	У4	+	+	+

Таблица 34: У1У2У3У4Сл2, У2У4Сл1Сл2.

В рамках **третьего этапа** должен быть подведен итог SWOT-анализа, в котором будут отражены стратегические планы на реализацию проекта и долгосрочное развитие. По результатам второго этапа выделим основные задачи:

- Внедрение автоматической системы сигнализации повреждения оборудования;
- Внедрение новых технологий обнаружения неисправностей;
- Внедрение нескольких источников поставки частей и материалов;
- Обеспечение подготовки квалифицированных кадров, и благоприятные условия труда для них.

В результате анализа было установлено, что технический проект имеет такие важные преимущества как высокая энергоэффективность, повышенная безопасность производства, экологичность, которые обеспечивают высокую производительность и экономичности технологического процесса. Несмотря на это, имеет место быть сложность ремонта отдельных частей оборудования, которая приводит к большим затратам на поставку этих частей с заводов, что в свою очередь сопровождается большими затратами, чем ремонт на предприятии.

Главными факторами, влияющими на функциональную и бесперебойную работу предприятия, являются поставка материалов и обнаружение повреждений оборудования на начальных стадиях, когда замена частей агрегатов или ремонт не составляет значительных затрат.

Присутствует вероятность в недостатке квалифицированного персонала. Данную проблему возможно решить с помощью создания специализированных программ по привлечению молодежи, а также обеспечением наиболее комфортных и выгодных рабочих условий (наличие премий, гибкий график методом вахт и т.д.).

Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход определения альтернатив проведения научных исследований основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

За последние десять лет промышленность далеко шагнула вперед. Нетрудно предположить, что ещё через такой же интервал времени, разрабатываемые сейчас технологические проекты уже будут не актуальны. В

связи с этим, разработку новых проектов нужно осуществлять с прицелом на дальнейшее развитие предприятия. То есть проекты электроснабжения, разрабатываемые сейчас, должны динамически приспосабливаться к условиям новой среды. В связи с этим, необходимо определить дальнейшие пути развития или модификации разрабатываемой схемы электроснабжения цеха. Удобнее всего раскрыть всё многообразие имеющихся вариантов в виде морфологической матрицы, приведенной в таблице 35.

Таблица 35 – Морфологическая матрица для разрабатываемого проекта

	1	2	3	4
А: Марка кабеля	ПвВГнг-LS	ПРГ	АПВ	КВВГЭнг-LSLTx
Б: Материал жилы кабеля/шинопровода	Серебро	Медь	Алюминий	Вольфрам
В: Способы прокладки кабеля	В трубах	По станам	В лотках	В коробах
Г: Аппараты защиты от перенапряжений	Вентильный разрядник	Трубчатый разрядник	УЗПН	ОПН
Д: Аппараты защиты от токов КЗ	Плавкие предохранители	Автоматические выключатели	Магнитные пускатели	Тепловое реле

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений осуществляется с позиции его функционального содержания и ресурсосбережения. Для данной морфологической матрицы можно выделить три наиболее перспективных пути развития разрабатываемого проекта, а именно:

1. А4Б3В4Г2Д3
2. А2Б2В2Г3Д4
3. А3Б3В3Г4Д2

Во всех рассматриваемых вариантах используются новейшие модели пожаробезопасных кабелей. Данные кабели при горении и тлении выделяют меньше дыма и опасных веществ, что значительно увеличивает безопасность рабочих на предприятии.

Несмотря на то, что наибольшей электропроводностью обладает серебро, кабелей из данного материала на данный момент не выпускается и врядли это будет возможно в дальнейшем в силу очень большой стоимости и дефицитности этого металла. Поэтому в рассматриваемых вариантах в качестве материала жилы кабеля были выбраны наиболее распространённые медь и алюминий.

Так же были выбраны наиболее экономичные способы прокладки кабелей, облегчающие осмотр и ремонт: по стенам на скобах, в лотках и коробах.

В качестве аппаратов защиты от перенапряжений и токов КЗ были выбраны наиболее новые и эффективные аппараты.

В результате можно сказать, что наиболее приемлемым вариантом является третий вариант, т.к. при достаточно большой надёжности оборудования и входящих в него материалов, он относительно дешёв. Выбранные в нём аппараты защиты на данный момент используются наиболее широко, что является гарантом их качества и хорошей работы. Так же из-за того, что данные аппараты используются довольно широко, их стоимость довольно низкая. Кабели с алюминиевой жилой хоть и используются при значительно меньших нагрузочных токах, по сравнению с медными, но их стоимость на порядок ниже. Кабель выбранной марки при горении не выделяет дыма и токсичных веществ.

Планирование научно-исследовательской разработки

Структура работы в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в соответствии с порядком:

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

Для реализации научных исследований формируется рабочая группа, в составе которой могут быть инженеры, научные сотрудники, научные руководители, лаборанты и техники. Численность таких групп имеет возможность меняться. Для каждого вида плановых работ определяется соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе следует составить этапы и перечень работ, в рамках проведения научного исследования проектирования базы, по обслуживанию завода, производящего запасные части к тракторам. Также выполнить распределение исполнителей, в состав которых входят инженер и руководитель, по различным видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей, приведен в таблице 36.

Таблица 36 – Перечень этапов работ при проектировании

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания (схем моделирования, проектирования)	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме, примерный план работ	Руководитель
	3	Выбор направления оптимизационной задачи	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель
Теоретические исследования	5	Разработка вариантов проектирования	Инженер
	6	Выбор программного обеспечения для расчетов	Инженер
	7	Сравнение возможных вариантов по ряду критериев	Инженер
	8	Расчет основных и аварийных принципов функционирования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации	10	Оценка надежности полученных результатов	Руководитель
	11	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
Оформление отчёта по НИР	12	Составление пояснительной записки по проекту	Инженер

Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ

Трудовые затраты в подавляющем числе случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важно определить трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож_i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож_i} = \frac{3 \cdot t_{min_i} + 2 \cdot t_{max_i}}{5}$$

где $t_{ож_i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{min_i} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{max_i} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем ожидаемое значение трудоёмкости для различных этапов:

$$t_{ож_1} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел. - дн.}; \quad t_{ож_2} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел. - дн.};$$

$$t_{ож_3} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел. - дн.}; \quad t_{ож_4} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн.};$$

$$t_{ож_5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8 \text{ чел. - дн.}; \quad t_{ож_6} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел. - дн.};$$

$$t_{ож_7} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел. - дн.}; \quad t_{ож_8} = \frac{3 \cdot 15 + 2 \cdot 20}{5} = 17 \text{ чел. - дн.};$$

$$t_{ож_9} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел. - дн.}; \quad t_{ож_{10}} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел. - дн.};$$

$$t_{ож_{11}} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 4}{5} = 3,4 \text{ чел. - дн.}; \quad t_{ож_{12}} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8 \text{ чел. - дн.};$$

Исходя из ожидаемой трудоёмкости определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

При проектировании и разработки моделей все действия выполняются последовательно, соответственно продолжительность каждой работы будет равна $T_{pi} = t_{ожі}$.

Разработка графика проведения научного исследования

Самым наглядным и удобным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, продолжительность каждого этапа работ из рабочих дней нужно перевести в календарные дни. Для этого следует воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал};$$

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.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Определим коэффициент календарности на 2017 год:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,478.$$

Тогда длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{\text{кал}} = 1,4 \cdot 1,478 = 2,069 \text{ дн.}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округлим до целого числа. Рассчитанные значения сводим в таблицу 37.

Таблица 37 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ (чел-дни)			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$		
Составление и утверждение технического задания (схем моделирования, проектирования)	3	5	3,8	3,8	6
Подбор и изучение материалов по теме, примерный план работ	5	8	6,2	6,2	9
Выбор направления оптимизационной задачи	2	3	2,4	2,4	4
Календарное планирование работ	1	2	1,4	1,4	2
Разработка вариантов проектирования	6	8	6,8	6,8	10
Выбор программного обеспечения для расчетов	2	3	2,4	2,4	4
Сравнение возможных вариантов по ряду критериев	3	5	3,8	3,8	6
Расчет основных и аварийных принципов функционирования	15	20	17	17	26
Оценка эффективности полученных результатов	5	8	6,2	6,2	9
Оценка надежности полученных результатов	5	8	6,2	6,2	9
Вопросы безопасности и экологичности проекта	3	4	3,4	3,4	5
Составление пояснительной записки по проекту	5	7	5,8	5,8	9
Итого	55	81	65,4	65,4	99

Основываясь на данных из таблицы построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 38 – Календарный план-график проведения исследований

№	Вид работы	Исполнители	Тк _і (кал. дн.)	Продолжительность выполнения работ											
				Февраль		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания (схем моделирования, проектирования)	Руководитель	6	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме, примерный план работ	Руководитель	9		■										
3	Выбор направления оптимизационной задачи	Инженер	4			■									
4	Календарное планирование работ	Руководитель	2				■								
5	Разработка вариантов проектирования	Инженер	10				■								
6	Выбор программного обеспечения для расчетов	Инженер	4					■							
7	Сравнение возможных вариантов по ряду критериев	Инженер	6						■						
8	Расчет основных и аварийных принципов функционирования	Инженер	26							■					
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	9								■				
10	Оценка надежности полученных результатов	Руководитель	9									■			
11	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	5										■		
12	Составление пояснительной записки по проекту	Инженер	9											■	

Исходя из составленного календарного плана, с учетом вероятностного характера выполнения работ (благоприятный, неблагоприятный), продолжительность проектирования составляет 10 полных декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая третьей декадой мая.

Далее, по диаграмме Ганта можно наглядно оценить показатели рабочего времени для каждого исполнителя. Продолжительность выполнения проекта в рабочих днях составит 99 дней, из которых 64 дней – продолжительность выполнения работ инженером, а 35 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с выполнением НИТ. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат

В материальные затраты включают дополнительные затраты на канцелярские принадлежности, информационные носители, картриджи и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.).

Таблица 39 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Бумага	1	250	250
Ручка	2	84	168
папка	1	50	52
Калькулятор	1	722	722
Итого			1190

При расчете материальных затрат расходы на транспорт не учитывались, т.к. канцелярские принадлежности доставлялись на рабочее место исполнителями технического проекта.

Полная заработная плата исполнителей темы

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату. Она определяется по следующей формуле:

$$З_{полн} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

Зарплата инженера главного специалиста определяется как:

$$З_{П} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $Z_{\text{доп}}$ - дополнительная заработная плата, составляет $0,15 Z_{\text{осн}}$;
 $Z_{\text{осн}}$ - основная заработная плата.

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{д}} \cdot T_{\text{р}};$$

где $Z_{\text{д}}$ - среднедневная заработная плата;

$T_{\text{р}}$ - суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником.

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}};$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный оклад научно-технического работника;

M – количество месяцев работы без отпуска ($M = 10,95$ для пятидневной рабочей недели и отпуске в 32 рабочих дней);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд научно технического персонала (определяется за вычетом выходных, праздничных и больничных дней).

Месячный оклад научно-технического работника определяется по формуле:

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

где $Z_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, 0,35;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, для наших исследуемых зон примем для Сибирского региона 1,3.

Размер заработной платы по тарифной ставке определяется по формуле:

$$Z_{\text{ТС}} = T_{\text{ci}} \cdot k_{\text{Т}};$$

где T_{ci} – тарифная ставка работника;

k_T – тарифный коэффициент в зависимости от ставки.

С помощью вышеперечисленных формул найдём основную заработную плату руководителя НТИ:

$$З_{TC} = T_{ci} \cdot k_T = 8000 \cdot 1,407 = 11256 \text{руб};$$

$$З_M = З_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 11256 \cdot (1 + 0,3 + 0,35) \cdot 1,3 = 24144,22 \text{руб};$$

$$З_{дн} = \frac{З_M \cdot M}{F_D} = \frac{24144,22 \cdot 10,95}{365 - 118} = 1070,36 \text{руб}$$

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p = 1070,36 \cdot 35 = 37462,6 \text{руб};$$

$$З_{\Pi} = З_{осн} + З_{доп} = З_{осн} + 0,15 \cdot З_{осн} = 37462,6 + 0,15 \cdot 37462,6 = 43081,99 \text{руб}.$$

Аналогично рассчитаем заработную плату инженера:

$$З_{TC} = T_{ci} \cdot k_T = 4400 \cdot 0,75 = 3300 \text{руб};$$

$$З_M = З_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 3300 \cdot (1 + 0,3 + 0,25) \cdot 1,3 = 6649,5 \text{руб};$$

$$З_{дн} = \frac{З_M \cdot M}{F_D} = \frac{6649,5 \cdot 11,2}{366 - 118} = 301,52 \text{руб}$$

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p = 301,52 \cdot 64 = 19279,28 \text{руб};$$

$$З_{\Pi} = З_{осн} + З_{доп} = З_{осн} + 0,15 \cdot З_{осн} = 19279,28 + 0,15 \cdot 19279,28 = 22173,87 \text{руб}.$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

На основании пункта 1 ст.58 Федерального закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году вводится пониженная ставка – 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб1} = 0,302 \cdot (43081,99) = 13010,76 \text{ руб.}$$

$$З_{внеб2} = 0,302 \cdot (22173,87) = 6696,51 \text{ руб.}$$

Сведем в таблицу 40 расчёты заработной платы и отчисления во внебюджетные фонды:

Таблица 40 – Размер заработной платы и величина отчислений во внебюджетные фонды

		Тсi	Зтс	Зм	Здн	Зосн	Здоп	Зп	Звнеб
1	Руководитель НИТ	8000	11256	24144,2	1070,4	37462, 6	5619,3 9	43081,9	13010,7 6
2	Инженер	4400	3300	6649,5	301,52	19279, 3	2891,8 9	22,173,8 7	6696,51
	Итого							65255,86	19707,2 7

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, которые не включенные в предшествующие статьи расходов: ксерокопирование и печать материалов исследования, оплата электроэнергии, связи, почтовые ирасходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = Z_{\text{проч.}} \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{спец}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ = (1190 + 65255,86 + 19707,27) \cdot 0,16 = 13784,5 \text{руб}$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта составляет основу для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку проекта.

Определение суммы затрат на технический проект приведено в таблице 41

Таблица 41 – Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
1. Материальные затраты	1,19	1,19
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	65,25	65,3

3. Отчисления во внебюджетные фонды	19,7	19,72
4. Накладные расходы	13,78	13,79
<i>Итого</i>	99,92	100,0

Смета затрат на разработку технического проекта составляет 99,92 тыс.руб, из которых более половины (65,3 %) составляют затраты на оплату труда исполнителей проекта. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

Оценка конкурентоспособности и ресурсоэффективности проекта

С целью оценки может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках. А именно:

- технические характеристики проекта;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа, модели и т.п.);
- конкурентоспособность проекта;
- бюджет разработки и т.д.

Финансовую эффективность проекта можно оценить при помощи интегрального финансового показателя:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде таблицы

Таблица 42 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Варианты	Φ_{\max} , руб.	Φ_{pi} , руб.	$\Gamma_{\text{фин}}^{\text{исп.}i}$, о.е.
1	613738	505157,4	0,83
2		613738	1

Величина интегрального финансового показателя разработки 1 варианта отражает соответствующее численное удешевление стоимости. Вариант 1 имеет наименьший интегральный показатель среди двух конкурентных технических решений, и, следовательно, вариант 1 является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Для оценки ресурсоэффективности проекта были подобраны критерии эффективности такие как: экономичность, гибкость, безопасность, качество электроэнергии, надежность.

1. Экономичность – оптимизация затрат на электрическую часть предприятия на стадии проектирования приводит к их уменьшению на доли процентов.

2. Гибкость – возможность наращивания производственной мощности предприятия, при вводе более мощного оборудования для расширения технологии производства.

3. Под обеспечением надлежащего качества электроэнергии понимаются характеристики, определенные в ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

4. Безопасность – это свойство системы электроснабжения сохранять безопасное состояние при монтаже, эксплуатации и ремонтных работах.

5. Надежность – бесперебойное снабжение электроэнергией.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 43.

Таблица 43 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки	Конкурентоспособность
1. Качество ЭЭ	0,2	5	1,00
2. Надежность	0,2	5	1,00
3. Безопасность	0,25	5	1,25
4. Экономичность	0,15	4	0,6
5. Гибкость	0,2	5	1,00
Итого:	1,00		4,85

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$I_{p-исп} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 = 4,85$$

Показатель ресурсоэффективности проекта высок (по 5- балльной шкале), что показывает положительную оценку использования технического проекта.

Таким образом, в е про достаточно применения вариант 1, обеспечивающей достаточную надежность и экономичность.

Из результатов выполнения поставленных задач в данном разделе можно сделать вывод о, что реализация данного технического проекта позволяет внедрять технологию производства и увеличивать эффективность как ремонтно-механического цеха, так и базы в целом.

5. Социальная ответственность

Социальная ответственность организации представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально - экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Целью данного раздела является оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, воздействующих на работника, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды при работе в ремонтно-механическом цехе завода точного приборостроения.

Описание рабочей зоны

Для осуществления производства в данном цехе установлено соответствующее оборудование (60 единиц). Технологический процесс включает в себя работу токарным, фрезерным, сверлильным и другими станками, работу с прессом, молотом, кран-балкой и сварочным аппаратом.

Персонал, обслуживающий электроустановки и оборудование ремонтно-механического цеха и понизительной п/станции, работает в условиях возможного воздействия ряда неблагоприятных для здоровья факторов, обусловленных состоянием помещений и характером производства. В связи с этим, обязательным является соблюдение санитарных норм проектирования промышленных предприятий (СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий»).

Анализ опасных и вредных факторов

К числу вредных производственных факторов относятся: неблагоприятные метеорологические условия, высокие уровни *шума и вибрации, электромагнитные и ионизирующие излучения*, производственные пыли, газы, пары, яды, вредные микроорганизмы, механические факторы, могущие привести к травмированию персонала. К *опасным* на данном производстве относятся следующие факторы[11]:

- Возможность поражение человека вращающимися частями электрооборудования (токарно-винторезный станок);
- Возможность термическое поражение при контакте с частями электроустановок (кабина распылительная);
- Возможность поражения электричеством (случайное прикосновение к токоведущим частям оборудования или к нетоковедущим, но оказавшимся под напряжением из-за нарушения заземления).
- Возможность загораний (контактов) из-за замыканий и других инцидентов в проектируемой системе электроснабжения.

Производственная санитария

Согласно ГОСТ 12.0.002-97 производственной санитарией называется система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Для создания нормальных условий работы объем производственных помещений должен составлять на одного работающего не менее 15 м³, площадь не менее 4,5 м, при высоте помещения не меньше 3,2 м.

В цехах должны быть предусмотрены гардеробные, душевые, помещения для отдыха, оздоровительные кабинеты для рабочих завода.

Микроклимат

Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях.

По ГОСТ 12.1.005-97ССБТ нормируются следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздушного потока, ПДК вредных веществ.

Эти данные приведены в таблице 44.

Таблица 44 - Нормируемое качество воздуха

Сезон года	Категория работы	Температура, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	I	20-30	60-40	0,2
	IIa	18-20		0,2
	II б	17-19		0,3
	III	16-18		0,3
Теплый	I	22-25	60-40	0,2
	II a	21-23		0,3
	II б	20-22		0,4
	III	18-21		0,5

При оценке допустимых значений температуры и влажности воздуха учитывается категория тяжести работ. По степени физической тяжести работа относится к категории средней тяжести IIб (СанПиН 2.2.4.548-96).

Параметры микроклимата в зимнее время поддерживаются системой отопления, летом – общеобменной вентиляцией.

Вентиляция позволяет осуществлять регулируемый воздухообмен, обеспечивающий нормальные санитарно-гигиенические условия в производственных помещениях.

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96(1), следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05 – 91* (28.11.91) установка центробежных вентиляторов. Кратность воздухообмена 1;
- установка систем местных отсосов по СНиП 2.04.05 – 91* для удаления вредных, пожароопасных и взрывоопасных веществ от мест их образования и выделения;
- установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;

- герметизация технологического оборудования.

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с нормами представленными в таблице 44.

Защита от шума и вибрации

Так же к вредным факторам на производстве относятся шум и вибрация. Повышение звукового давления негативно влияет на орган слуха. В РМЦ допускается громкость около 100 Дб. Громкость выше 140 Дб может вызвать болевой эффект.

Шум на рабочем месте создаётся вентиляционной системой и производственным оборудованием (станки).

Мероприятия по борьбе с шумом:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения: повышение качества балансировки вращающихся деталей, улучшение смазки трущихся поверхностей;

- звукопоглощение и звукоизоляция;

- установка глушителей шума;

- рациональное размещение оборудования;

- применение специальных средств индивидуальной защиты: противозумные наушники, шлемы, вкладыши.

Таблица 45 - Допустимые уровни шума (ГОСТ 12.1.003-83)

Категория машины	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, по дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Вибрацию можно наблюдать при работе любого оборудования, во время прохождения транспорта, при КЗ большие токи вызывают динамическую нагрузку.

Защита от вибраций должна начинаться, прежде всего, с их ликвидации.

Коллективные методы защиты:

- улучшение работы механизмов
- применение амортизаторов (резиновых, пружинных, пневматических)
- использование виброгасящего основания под соответствующее оборудование

Средства индивидуальной защиты: специальные рукавицы, перчатки, виброзащитные прокладки и обувь.

Таблица 46 - Допустимые амплитуды виброперемещений для различных условий воздействия вибрации (ГОСТ 12.1.012-90)

Частота гармонической составляющей, Гц	Амплитуда виброперемещения, $m \times 10^{-3}$		
	на постоянных рабочих местах стационарных машин в производственных помещениях	в производственных помещениях, не имеющих источников вибрации	в помещениях работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом
2	1,4	0,57	0,2026
4	0,25	0,1	0,0354
8	0,063	0,025	0,0090
16	0,0282	0,112	0,0039
31,5	0,0141	0,0056	0,0020
63	0,0072	0,0028	0,0010

Освещение

Оценка освещенности рабочей зоны необходимо для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Поэтому в соответствии с СП все цеха завода имеют естественное освещение. Но дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течении всего рабочего дня, а так же зависит от погодных условий.

Поэтому цеха завода обеспечиваются естественным и искусственным освещением. В качестве источников искусственного освещения применяются люминесцентные лампы.

Таблица 47 – Значения нормативных освещенностей на рабочих местах в ремонтно-механическом цехе для искусственного и естественного освещения.
(СНиП 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение			Естественное освещение	Совмещенное освещение		
					Освещенность, лк	показатель ослепленности	коэффициент пульсации	КЕО, ед. %			
								при системе общего освещения	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении
P	$K_p, \%$										
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	200	40	20	3	1	1,8	0,6	

Анализ опасных факторов

- опасность загорания (пожара) из-за замыкания и других инцидентов в проектируемой системе электроснабжения ремонтно-механического цеха.
- опасность электропоражения работающего в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- движущихся элементов оборудования;
- отлетающих предметов и частей оборудования;
- падающих предметов и инструментов (при работе с кран-балкой).

Наиболее значимы первые два фактора.

Электробезопасность

Электрический ток представляет значительную опасность для здоровья человека непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [11].

Прохождение электрического тока через тело человека вызывает поражение различных органов, оказывает воздействие на нервную систему, кровеносно-сосудистую систему человека, на кровь, сердце, мозг и т.д.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

- термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути протекания тока до критической температуры;
- электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;
- механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;
- биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение, что и обуславливает непроизвольное сокращение мышц.

Основным документом, регламентирующим воздействие электрического тока в производственных условиях, является ГОСТ 12.1.009-76.

При выполнении работ в цехе, возможно короткое замыкание электропроводок (внешние электропроводки с ПВХ изоляцией в ПВХ оболочке). В связи с этим в электрическую цепь установлены автоматические выключатели, имеющие все необходимые механизмы разрыва цепи (электромагнитный, тепловой и др. расцепители. Вся электрическая цепь помещения оснащена заземлительным контуром выполненным в соответствии ГОСТ 12.1.013-78 пункт 1.3.

Для защиты персонала от поражения электрическим током в цехах завода используются следующие меры: защита от случайного прикосновения; защитное заземление; зануление. В данной дипломной работе цех имеет повышенную опасность поражением электрическим током.

Защита от случайного прикосновения

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям в цехах завода обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

Ограждения применяются как сплошные, в виде кожухов и крышек, применяемые в электроустановках до 1000 В, так и сетчатые, которые имеют двери, запирающиеся на замок.

в электроустановках до 1000 В ограждаются – неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением части ЭД, пусковая аппаратура, открытые плавкие вставки.

Блокировки применяются в электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях и электрических аппаратах. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях кожухов. Блокировки применяются также для предупреждения ошибочных действий персонала при переключениях [11].

Защитное заземление

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Основное назначение защитного заземления – устранение опасности поражения электротехнического и другого персонала ремонтно-механического цеха электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования.

Стоит отметить, что защитное заземление не всегда может быть эффективным. Тогда прибегают к занулению.

Зануление

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью.

При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом.

Принцип действия: зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате чего срабатывает максимальная

токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Кроме того, зануление снижает потенциалы корпусов, появляющиеся в момент замыкания на землю. При замыкании на зануленный корпус ток короткого замыкания проходит через обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод [11].

Пожарная безопасность

Ремонтно–механический цех данного завода, согласно Федеральному закону РФ от 22.07.2008г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», относится к категории «Д», т.е. это помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры: применение не горючих и трудногорючих веществ и материалов в производстве, ограничения количества горючих веществ и их надлежащее размещение; изоляция горючей среды; применение средств коллективной и индивидуальной защиты от огня и средств пожарной сигнализации.

Все цеха завода оборудуются электрической пожарной сигнализацией, которая служит для быстрого извещения службы пожарной охраны о возникшем пожаре.

Помимо пожарного оборудования в местах, определенных пожарной охраной, должны быть размещены пожарные щиты со следующим набором пожарного оборудования: топоров – 2; ломов и лопат – 2; багров железных – 2; ведер, окрашенных в красный цвет – 2; огнетушителей – 2 (в помещении имеется огнетушитель химический пенный ОХП-10).

При тушении пожаров в электроустановках возникает опасность поражения электрическим током. Необходимо отключить напряжение, прежде чем приступать к тушению пожара. Поражение электрическим током может наступить в результате ГОСТ 12.2 037-78:

- непосредственного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- прохождения тока утечки через тело человека;
- попадание под шаговое напряжение. Наибольшая вероятность поражения возникает в случае, при котором струя огнетушащего состава достигает частей электроустановки, находящейся под напряжением. Одним из решений является применение токонепроводящих огнетушащих составов, например порошковых. Кроме того, возгорание возможно в труднодоступных для тушения частях установки.

Существенную роль в пожарной безопасности электроустановок играют правильный выбор и режим работы электрооборудования с учетом пожароопасности и взрывоопасности помещений.

Выбор электрического оборудования для пожароопасных помещений, и наружных установок производится в зависимости от класса помещения, по степени пожарной опасности осуществляется согласно ПУЭ-85 гл.7.4.

В пожароопасных помещениях, как правило, применяются машины закрытого типа, защита и аппаратура в пыленепроницаемом исполнении.

Для ремонтно-механического цеха установлен противопожарный режим и план противопожарных мероприятий. Составляются карточки тушения пожара и оперативный план пожаротушения. Оперативный план пожаротушения является основным документом, состоит из графической и текстовой части и разрабатывается предприятием совместно с пожарной охраной.

При обнаружении возгораний или пожара оперативный персонал согласно регламенту:

1. Вызывает пожарную команду.
2. Оповещает руководство предприятия.
3. Производит необходимые отключения и заземления оборудования.
4. Встречает пожарную команду, производит инструктаж по ПТБ.
5. Выдает разрешение (допуск) на тушение пожара.
6. Выдает средства защиты.
7. Заземляет пожарную машину и ствол.

В каждом цехе должна быть разработана инструкция о конкретных мерах пожарной безопасности, противопожарном режиме и план эвакуации персонала из помещений.

Пути эвакуации персонала категорически запрещается загромождать оборудованием. На путях эвакуации устанавливаются указатели и световые табло.

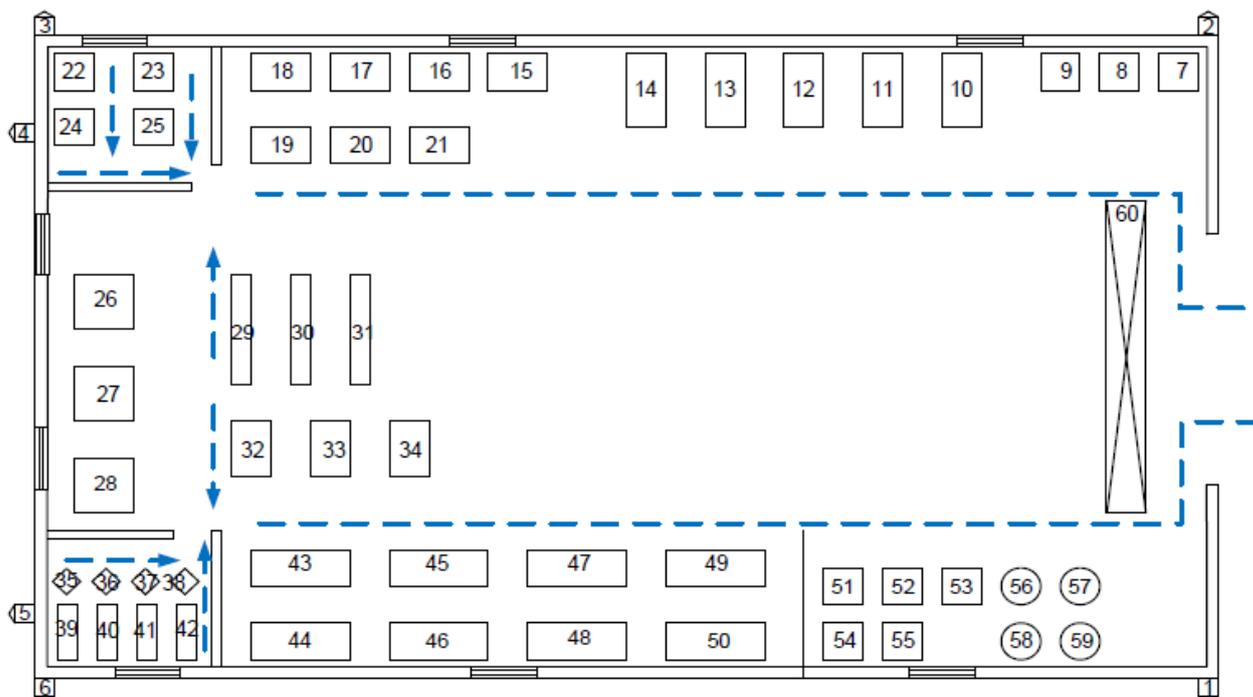


Рисунок 22 – Пример плана эвакуации персонала РМЦ

Каждый случай пожара (возгорания) должен расследоваться в соответствии с «Инструкцией по расследованию и учету пожаров, происшедших на объектах энергетики» специально назначенной комиссией для установления причин, убытков, виновников возникновения пожара (возгорания) и разработки противопожарных мероприятий для других объектов.

Защита от электромагнитных полей.

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 “ Электрические поля промышленной

частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах ” и СанПиН 2.2.4.723 –98.

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики. В настоящее время в качестве предельно допустимого значения электромагнитного поля промышленной частоты напряженностью рекомендовано:

Основные параметры ЭМП:

- частота f , Гц;
- напряженность электрического поля E , В/м;
- напряженность магнитного поля H , А/м;
- плотность потока энергии I , Вт/м².

Предельно допустимые напряженности электрического и магнитного полей на рабочих местах, непосредственно в ремонтно-механическом цехе соответственно равны 500 В/м и 50 А/м. Предельно допустимое значение плотности потока энергии не должно превышать 10 Вт/м².

Важной частью проектируемой системы электроснабжения является понизительная п/станция. На её территории норматив электрической напряженности - 5 кВ/м в течение всей рабочей смены. При больших напряженностях время пребывания рабочего персонала в таких полях регламентируется следующим образом(СанПиН 2.2.4.1191-03):

- 5 ÷ 10 кВ/м – не более 2х часов;
- 10 ÷ 15 кВ/м – 90 мин;
- 15 ÷ 20 кВ/м – 10 мин;
- 20 ÷ 25 кВ/м – 5 мин;
- 25 кВ/м и более – без защиты не допускается.

При напряженности электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м необходимо применять следующие средства защиты:

- экранирование или удаление рабочего места от источника ЭМП

- применение средств индивидуальной защиты (специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, защитные очки, специальные каски и шлемы)
- рациональное размещение оборудования, излучающего электромагнитную энергию.

Охрана окружающей среды

Важными направлениями охраны окружающей среды следует считать совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов в окружающую среду, замену и по возможности широкое применение дополнительных методов и средств защиты окружающей среды.

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014): бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681.

В качестве дополнительных средств защиты применяют аппараты и системы для очистки газовых выбросов, сточных вод от примесей. Важную роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнения: оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом местности; установление санитарно-защитных норм вокруг промышленных предприятий.

Производственные сточные воды после соответствующей очистки могут быть повторно использованы в технологическом процессе, для чего создаются системы оборотного водоснабжения либо замкнутые (бессточные)

системы водоснабжения и канализации, при которых исключается сброс каких-либо вод в водоёмы [11].

Вследствие использования работниками душевых и туалетов образуются жидкие отходы для удаления, которых применяют канализационную систему.

Предотвращение ЧС и их последствий

Одной из основных задач при проектировании предприятия является повышения их устойчивой работы в чрезвычайных ситуациях.

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на насосной станции: возникновение пожара и электропоражение.

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Согласно [11], пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;

- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление.

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Проектирование системы электроснабжения завода точного приборостроения» была разработана системы электроснабжения завода точного приборостроения и РМЦ.

РМЦ был рассчитан методом коэффициента расчетной активной мощности. В результате расчетный ток РМЦ $I_p = 362,56$ А, полная расчетная мощность РМЦ $S_p = 238,35$ кВА. Произведен расчет мощности оставшихся цехов и предприятия в целом. Определив ЦЭН предприятия, установили ГПП в зоне рассеяния.

Провели обоснованный выбор цеховых трансформаторов серии ТМ: 11 трансформаторов мощностью 630 кВА и разместили их по территории предприятия.

В ходе выполнения работы была спроектирована ГПП, выбраны трансформаторы марки ТДМ-10000/35, провода марки АС-150/24. Предприятие запитано двухцепной ВЛ напряжением 35 кВ, провода марки АС-95/16.

Питание к ЭП произведено кабелями марки АВВГ. В качестве аппаратов защиты в сетях до 1000 В установлены автоматические выключатели серии ВА.

Так же были рассчитаны токи КЗ в нескольких точках как в сетях выше 1000 В, так и в низковольтных сетях. Построены эпюры отклонения напряжения по которым можно сделать вывод, что отклонение напряжения находится в допустимых пределах.

По результатам расчета токов КЗ в сети 0,4 кВ построена карта селективности действия защитных аппаратов.

Проведя анализ в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», определили сильные и слабые стороны предприятия. Разработали график занятости исполнителей проекта, спланировали их рабочее время. Оценили бюджет затрат на реализацию проекта. Оценка ресурсоэффективности проекта дала высокий результат, что говорит об эффективной реализации проекта.

В разделе «Социальная ответственность» представляется оценка условий труда, вредных и опасных факторов производства, приведены меры

защиты от опасных факторов, рассмотрены пожарная безопасность и охрана окружающей среды.

В результате выполнения данной работы, спроектирована безопасная и надежная система электроснабжения завода точного приборостроения.

Список используемых источников

1. Л.П. Сумарокова, Электроснабжение промышленных предприятий. Учеб. Пособие. - Томск: ТПУ, 2012. – 288 с.
2. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
3. Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 646 с.
4. Справочник по проектированию электрических сетей/Под ред. Д.Л. Файбисовича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 352 с.: ил.
5. Правила устройства электроустановок [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с., ил.
6. Г.Н. Климова, А.В. Кабышев. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие/ Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – с.
7. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: справочник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА – М, 2006. – 480 с.
8. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: ТПУ, 2014. – 37 с.
9. Томпсон А.А., Стрикленд Дж.А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа, 12-е издание: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006 – 928 с.
10. Виханский О.С. Стратегическое управление. – М.: Гардарики, 2009. – 164 с.
11. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6е изд., переработанное и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.