

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

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроснабжение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение химического комбината ремонтно-механического цеха УДК 621.31.031:658.588.8:66.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д2	Ермолаев Денис Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ТПУ	Герасимов Дмитрий Юрьевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ТПУ	Ледовская Анна Михайловна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова Вера Васильевна	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ОК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Уметь формулировать задачи в области <i>релейной защиты и автоматики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Уметь проектировать <i>противоаварийную автоматику, релейную защиту</i> .	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-8, ПК-9–14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-6, ПК-38–44, ПК-51), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-16, ПК-20–21, ПК-37), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-18, ПК-23–28, ПК-30, ПК-37, ПК-45, ПК-46–51), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-10, ОК-14, ПК-14, ПК-20, ПК-28, ПК-29, ПК-31), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-2, ОК-11, ОК-12, ОК-15, ПК-1, ПК-10, ПК-19, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-7, ПК-32, ПК-34), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-7, ОК-9, ПК-4, ПК-35), <i>CDIO Syllabus</i> (2,5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-5, ПК-21, ПК-22, ПК-36), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6, ОК-10, ОК-13, ОК-16, ПК-31, ПК-33), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Инженерная школа энергетики
 Отделение Электроэнергетики и электротехники
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Профиль Электроснабжение

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП 13.03.02

_____ Шестакова В.В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3Д2	Ермолаев Денис Андреевич

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.04.2018, №2900/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i></p>	<p><i>Объектом исследования является ремонтно-механический цех химического комбината. В качестве исходных данных представлены:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - генеральный план химического комбината; - сведения об электрических нагрузках химического комбината; - план ремонтно-механического цеха; - сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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 химического комбината; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - картограмма электрических нагрузок предприятия; - схема внутривзаводского электроснабжения; - внутрицеховая схема ремонтно-механического цеха; - однолинейная схема ремонтно-механического цеха.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ледовская Анна Михайловна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко Аркадий Альбертович

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ТПУ	Герасимов Дмитрий Юрьевич	к.т.н., доцент		24.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д2	Ермолаев Денис Андреевич		24.04.2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 118 страниц, 15 рисунков, 57 таблиц, 17 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: электроснабжение цеха, расчетная нагрузка, картограмма нагрузок, выбор трансформаторов, компенсация реактивной мощности, выбор напряжения, расчет токов короткого замыкания, выбор оборудования, проверка оборудования, карта селективности, ресурсосбережение, ресурсоэффективность, социальная ответственность.

Объект исследования –химический комбинат, ремонтно-механический цех.

Цель работы: проектирование системы электроснабжения химического комбината, обоснование своих решений.

В ходе работы:

- определена расчетная нагрузка предприятия по исходным данным, учтена расчетная нагрузка освещения цехов и территории предприятия, учтены потери мощности в цеховых трансформаторах, трансформаторах главной понизительной подстанции и линиях;
- построена картограмма электрических нагрузок;
- выбрана схема для электроснабжения завода;
- выбраны напряжение для питающей сети предприятия, сечения кабельных линий, мощность трансформаторов ГПП;
- произведен расчет токов короткого замыкания выше и ниже 1000 В.

Расчет электрических нагрузок кузнечного цеха осуществлён методом упорядоченных диаграмм, в ходе расчета были получены значения полной расчетной мощности и расчетного тока. Полные расчетные мощности остальных цехов завода и полная мощность предприятия были найдены методом коэффициента спроса. Схема внутризаводской сети – радиальная.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	10
2 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	13
2.1 Объект и методы исследования.....	13
2.2 Выбор схемы электроснабжения и расчет электрических нагрузок ремонтно-механического цеха.....	15
2.3 Определение осветительной нагрузки ремонтно-механического цеха.....	25
2.4 Определение расчетной нагрузки каждого цеха и всего предприятия с учетом осветительной нагрузки.....	26
2.5 Картограмма и определение центра электрических нагрузок.....	31
2.6 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций.....	37
2.7 Схема внешнего электроснабжения предприятия.....	41
2.8 Схема внутриводской распределительной сети 10 кВ.....	45
2.9 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.....	49
2.10 Выбор ответвлений к ЭП с учетом защитных аппаратов.....	56
2.11 Построение эпюры отклонения напряжения.....	63
2.12 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В.....	70
2.13 Построение карты селективности действия аппаратов защиты.....	74
2.14 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ.....	78
ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ.....	79
СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	110

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	112
ПРИЛОЖЕНИЕ А	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	115

ВВЕДЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа состоит из системы электроснабжения химического комбината и ремонтно-механического цеха в частности. Выполнение дипломной работы дает возможность классифицировать, расширить и закрепить теоретические знания, которые были получены в ходе обучения по специальности.

Химический комбинат в своем составе имеет нагрузки II и III категории по степени надежности электроснабжения. Комбинат, помимо ремонтно-механического цеха, имеет также другие цеха, которые исполняют роль, которая была им поставлена администрацией химического комбината согласно технологическому процессу.

При проектировании необходимо учитывать некоторые особенности, которые предъявляются к системам электроснабжения:

1. Надежность, т. е. система обязана гарантировать исправность обеспечивать бесперебойность электроснабжения согласно категории надежности электроприемников;

2. Система электроснабжения обязана быть простой, удобной для безопасной эксплуатации;

3. Экономичность, т. е. система электроснабжения обязана отвечать минимуму приведенных затрат на ее создание и использование.

С целью выполнения абсолютно всех условий необходимо уже при проектировании создать оптимальную систему электроснабжения.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Объектом исследования является химический комбинат в целом и его ремонтно-механический цех в частности. На рисунке 1.1 приведен генеральный план цеха.

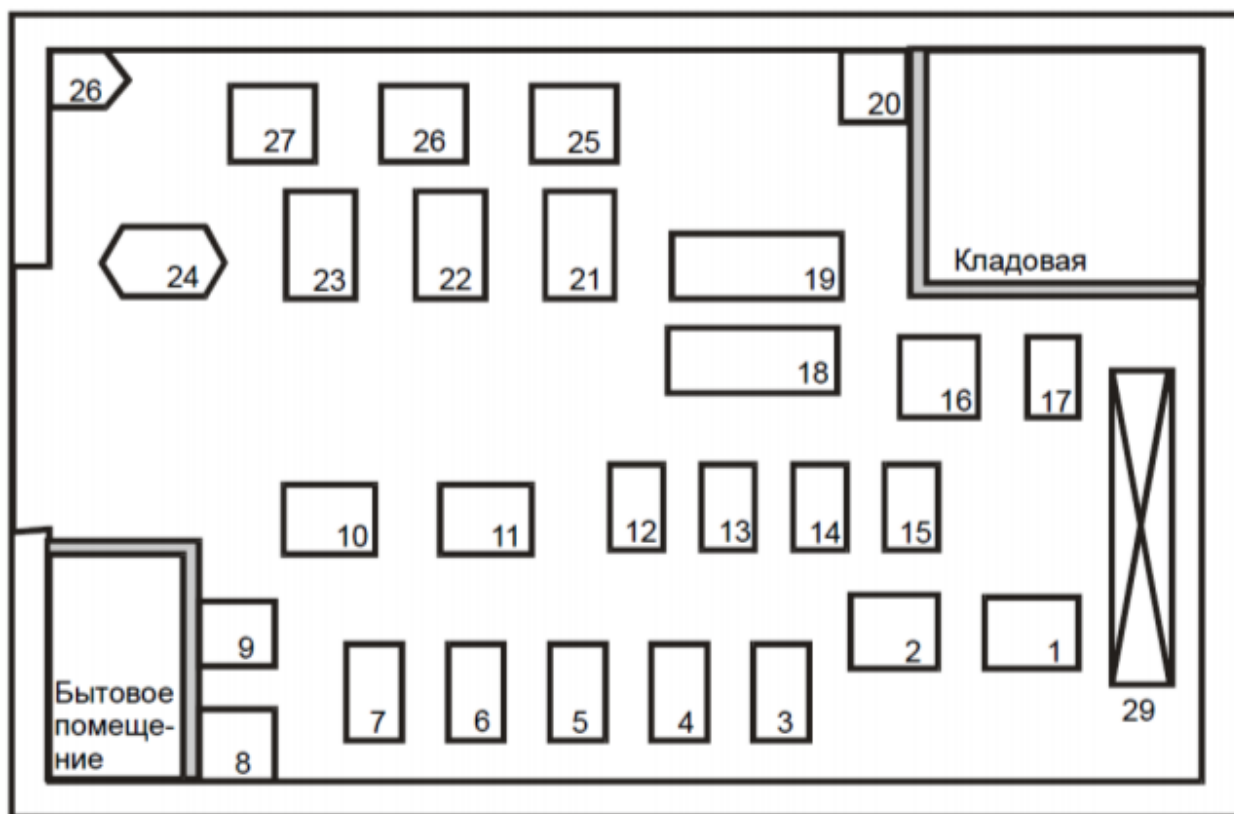


Рисунок 1.1 – План ремонтно-механического цеха

На рисунке 1.2 показан план химического комбината, а в таблице 1.1 приведены сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.

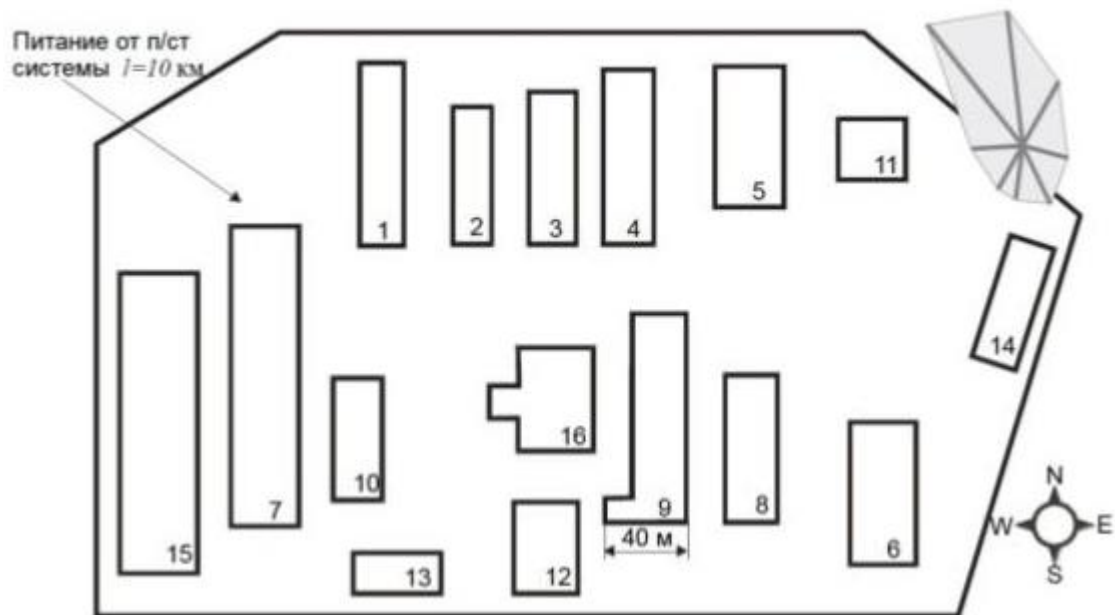


Рисунок 1.2 – Генплан химического комбината

В таблице 1.2 приведена ведомость электрических нагрузок по цехам.

Таблица 1.1 – Сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха

Номер на плане	Наименование ЭП	Установленная мощность ЭП, кВт
1,2	Шлифовальный полуавтомат	50
3-7	Поперечно-строгальный станок	28
8,9	Универсально-заточной станок	18
10,11	Вертикально-фрезерный станок	20
12-15	Токарно-винторезный станок	8
16,17	Плоскошлифовальный станок	14
18,19	Гальваническая ванна	6
20	Гидравлический пресс	12
21-23	Горизонтально-фрезерный станок	18,8
24	Плоскошлифовальный станок	44
25-27	Радиально-сверлильный станок	12
28	Вентилятор	120
29	Кран-балка ПВ=25%	56

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках химического комбината

№ п/п	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт
1.	Сернокислотное отделение	3	1500
2.	Печное отд. № 1	3	1400
3.	Кислотное отд.	3	1300
4.	Склад аппатита	3	660
5.	Операционное отд.	3	860
6.	Склад готовой продукции	3	800
7.	Цех фторсолей	3	1200
8.	Кузнечный	3	1280
9.	Печное отд. № 2	3	1100
10.	Цех тукосмесей	3	900
11.	Ремонтно-механический	2	-
12.	Цех суперфосфата	3	1100
13.	Компрессорная		
	10 кВ	3	3600
	0,38 кВ	3	400
14.	Заводоуправление	1	800
15.	Цех СМС	3	1560
16.	Котельная	3	1900

2 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

2.1 Объект и методы исследования

Данный химический комбинат специализируется на производстве минеральных удобрений.

Химическое производство – это совокупность функциональных подсистем, связанных между собой технологическими, электрическими, транспортными и телекоммуникационными (для информации и управления) линиями связи для совместного функционирования и обеспечивающих эффективное использование материальных, энергетических ресурсов при химическом превращении реагентов в целевой продукт заданного качества, высокую производительность, управление процессами, охрану труда и окружающей среды.

Процессы, лежащие в основе химического производства, можно разделить на следующие:

1) механические и гидромеханические – перемешивание материалов, изменение их формы и размеров, сжатие и расширение, смешение и разделение потоков; все они протекают без изменения химического и фазового состава обрабатываемого материала;

2) теплообменные – нагрев, охлаждение, изменение фазового состояния; химический состав веществ при этом не меняется;

3) массообменные – растворение, кристаллизация, сушка, дистилляция, ректификация, абсорбция, адсорбция, экстракция, десорбция; представляют собой перенос вещества внутри фазы или между фазами, вызванный градиентом его концентраций и протекающий без изменения химического состава;

4) химические – процессы, связанные с изменением химического состава веществ; данные процессы проводятся в химических реакторах.

Кроме указанных основных процессов, в химико-технологическом процессе осуществляются также:

– энергетические процессы, которые заключаются во взаимном преобразовании различных видов энергии (тепловой, механической, электрической) в турбинах, генераторах, моторах;

– информационно-управляющие процессы, отвечающие за получение и передачу информации о состоянии потоков и веществ, выработку и передачу сигналов на пульт управления процессами.

Часто в каком-либо процессе имеют место одновременно два или более явления. В таких случаях процесс следует классифицировать по его основному назначению.

2.2 Выбор схемы электроснабжения и расчет электрических нагрузок ремонтно-механического цеха

Электроприемники распределяем по ШМА с учетом технологического процесса и соответственно их расположения. Произведем расчет электрических нагрузок для питающих ШМА.

Правильное определение ожидаемых электрических нагрузок – основа рационального решения всего комплекса технологических вопросов при проектировании электроснабжения предприятия.

Расчет силовых нагрузок цеха производим методом упорядоченных диаграмм [1]. Расчет электрических нагрузок по этому методу производится в следующей последовательности.

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок ремонтно-механического цеха. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы:

Группа А: электроприемники с переменным графиком нагрузки, у которых $K_n \leq 0,6$;

Группа Б: электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых $K_n > 0,6$;

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность, приведенная к продолжительности включения (ПВ=100%):

$$P_{\text{ном}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном},i},$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность отдельных ЭП.

Для длительного режима работы:

$$P_{\text{пасп}} = P_{\text{ном}}.$$

Для повторно-кратковременного режима работы:

$$P_{\text{пасп}} = P_{\text{ном}} \sqrt{\text{ПВ(о.е.)}};$$

$$P_{\text{насп}} = S_{\text{ном}} \sqrt{\text{ПВ(о.е.)}} \cdot \cos\varphi,$$

где ПВ – продолжительность включения;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности электроприемника.

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}},$$

где $P_{\text{н}}$ – суммарная номинальная активная мощность рабочих электроприемников;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования активной мощности [2].

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi,$$

где $\text{tg}\varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Для определения коэффициента максимума необходимо знать коэффициент использования групповой нагрузки и эффективное число ЭП ($n_{\text{э}}$) – это такое число однородных по режиму работы ЭП одинаковой мощности, которое обуславливает ту же величину нагрузки, что и группа различных по номинальной мощности и режиму работы ЭП.

Средневзвешенный коэффициент использования группы определяется по формуле:

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{ном}}},$$

где $\sum P_{\text{см}}$ – суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;

$\sum P_{\text{ном}}$ – суммарная установленная мощность группы электроприёмников цеха.

По общей формуле n_3 определяется как:

$$n_3 = \frac{\left[\sum_1^n P_{\text{НОМ}} \right]^2}{\sum_1^n P_{\text{НОМ}}^2}.$$

где $\left[\sum_1^n P_{\text{НОМ}} \right]^2$ – квадрат суммы номинальных мощностей ЭП группы для которых определяют n_3 ;

$\sum_1^n P_{\text{НОМ}}^2$ – сумма квадратов номинальных мощностей ЭП группы для которых определяют n_3 .

Либо по одному из упрощенных способов, в зависимости от условий. Для начала необходимо вычислить коэффициент m (показатель силовой сборки в группе).

$$m = \frac{P_{\text{НОМ max}}}{P_{\text{НОМ min}}};$$

где $P_{\text{НОМ max}}$ – наибольшая мощность ЭП в группе;

$P_{\text{НОМ min}}$ – наименьшая мощность ЭП в группе.

При $m \leq 3 \Rightarrow n_3 = n_\phi$,

где m – коэффициент силовой сборки в группе,

n_ϕ – фактическое число электроприемников.

При этом исключаются те ЭП мощность которых не превышает 5% суммарной мощности всей группы.

При $m > 3, K_n \geq 0,2$, применяется формула:

$$n_3 = \frac{2 \sum P_{\text{НОМ.i}}}{P_{\text{НОМ.max}}},$$

где $\sum P_{\text{НОМ.i}}$ – сумма номинальных мощностей, приведенных к ПВ100%, всех ЭП группы;

$P_{\text{НОМ.max}}$ – мощность самого мощного электроприемника в группе.

При $m > 3, K_{и} < 0,2$ применяется следующий порядок расчета:

1. определяется наибольший по мощности ЭП, рассматриваемой группы.
2. определяются наиболее мощные ЭП, $P_{ном}$ которых равна или больше половины мощности наибольшего ЭП группы.

3. определяется число n_1 и $\sum P_{ном.1}$ наибольших по мощности ЭП группы.
4. определяется число n и $\sum P_{ном}$ всех ЭП группы.

5. находятся значения: $n_* = \frac{n_1}{n}$ и $P_* = \frac{P_{ном1}}{P_{ном}}$.

6. используя табл.1.4 [2] по n_* и P_* определяется n_{3*} .

7. определяем эффективное число электроприёмников по формуле:

$$n_{3*} = \frac{n_3}{n} \Rightarrow n_3 = n_{3*} \cdot n.$$

Далее, используя табл.1.8 [2], находим значение коэффициента максимума $K_m = f(n_3, K_{и})$.

Расчетная активная P_m и реактивная Q_m максимальные мощности группы:

$$P_m = K_m \cdot P_{см},$$

где K_m – коэффициент максимума.

$$Q_m = Q_{см} \text{ при } n_3 > 10;$$

$$Q_m = 1,1 \cdot Q_{см} \text{ при } n_3 \leq 10.$$

Для электроприемников группы Б с практически постоянным графиком нагрузки расчетная активная и реактивная мощность принимается равной средней за наиболее загруженную смену.

$$P_m = P_{см}.$$

Расчётная нагрузка осветительных приёмников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{р.о} = K_{с.о} \cdot P_{н.о} = K_{с.о} \cdot P_{уд.о} \cdot F,$$

где $K_{с.о}$ – принимается по справочнику;

$P_{уд.о}$ – удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м² (принимается по справочнику) [3];

F – площадь цеха, м² (определяется по генплану).

Полная расчётная нагрузка цеха определяется:

$$S_p = \sqrt{(P_M)^2 + (Q_M)^2} .$$

Расчётный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} .$$

Справочные данные для электроприемников цеха, принятые согласно табл. П.2.1[1], представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Справочные данные для ЭП ремонтно-механического цеха

Номер на плане цеха	Наименование ЭП	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент реактивной мощности $\cos\phi$
1,2	Шлифовальный полуавтомат	0,20	0,60
3-7	Поперечно-строгальный станок	0,12	0,40
8,9	Универсально-заточной станок	0,13	0,40
10,11	Вертикально-фрезерный станок	0,14	0,50
12-15	Токарно-винторезный станок	0,13	0,50
16,17	Плоскошлифовальный станок	0,14	0,40
18,19	Гальваническая ванна	0,60	1,00
20	Гидравлический пресс	0,30	0,70

Продолжение таблицы 2.1

21-23	Горизонтально-фрезерный станок	0,12	0,60
24	Плоскошлифовальный станок	0,20	0,55
25-27	Радиально-сверлильный станок	0,14	0,50
28	Вентилятор	0,75	0,80
29	Кран-балка ПВ=25%	0,05	0,50

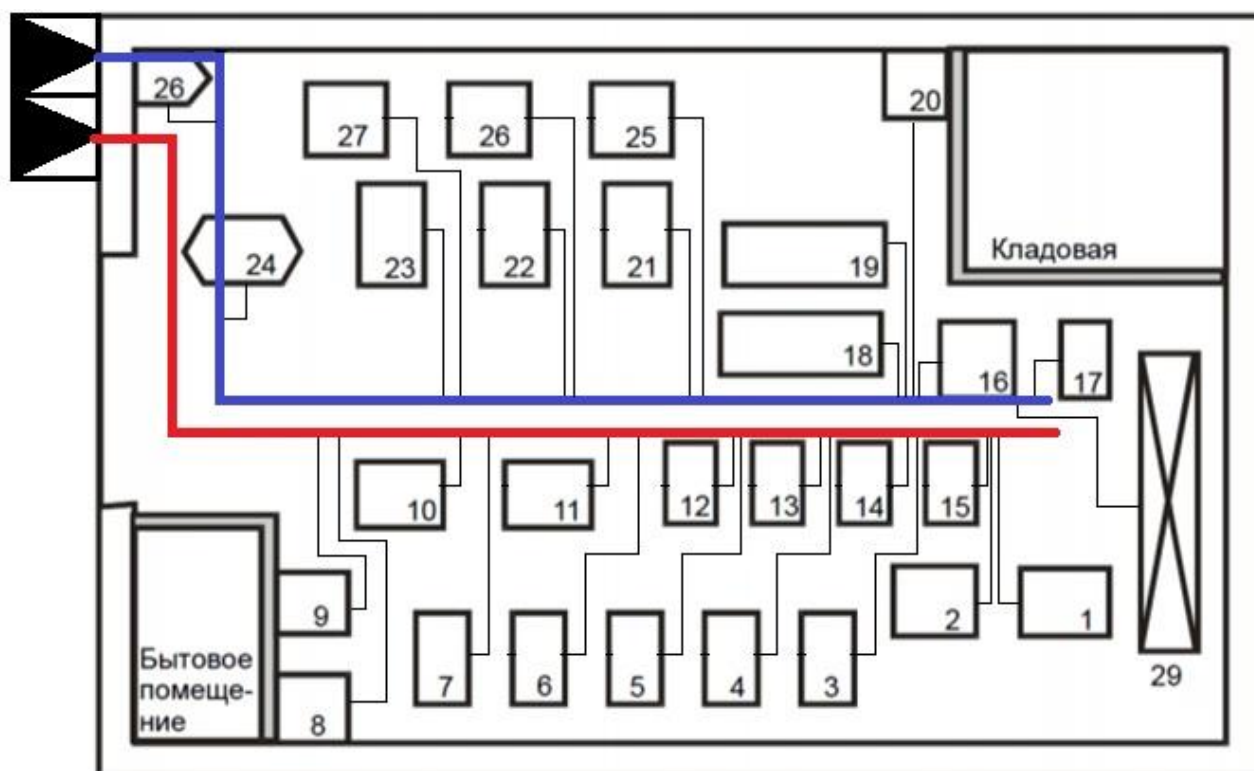


Рисунок 2.1 – Схема питания ремонтно-механического цеха

Таблица 2.2 – Расчет электрических нагрузок цеха методом упорядоченных диаграмм

№ на плане	Электроприемники	Количество ЭП, п	Установленная мощность		$K_{и}$	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		$n_{э}$	$K_{м}/K_{м}'$	Расчетная нагрузка			$I_p = S_p / \sqrt{3} \cdot U_{н}, A$
			$P_{ном},$ кВт	$\Sigma P_{н},$ кВт				$P_{см} = K_{и} \cdot \Sigma P_{н},$ кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\phi,$ кВАр			$P_p = P_{см} \cdot K_{м},$ кВт	$Q_p = Q_{см} \cdot K_{м}',$ кВАр	$S_p, \text{кВА}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШМА 1															
ЭП группы А, $K_{и} < 0,6$															
1, 2	Шлифовальный полуавтомат	2	50	100	0,20	0,60	1,33	20	26,6						
3-7	Поперечно-строгальный станок	5	28	140	0,12	0,40	2,29	16,8	38,47						
8, 9	Универсально-заточной станок	2	18	36	0,13	0,40	2,29	4,68	10,72						
10,11	Вертикально-фрезерный станок	2	20	40	0,14	0,50	1,73	5,6	9,69						
12-15	Токарно-винторезный станок	4	8	32	0,13	0,50	1,73	4,16	7,19						
	Итого по группе А	15	8-50	348	0,15			51,24	92,67	12	1,96/1	100,43	92,97	136,66	207,87
	Итого по ШМА 1	15	8-50	348	0,15			51,24	92,67			100,43	92,67	136,66	207,87
ШМА 2															
ЭП группы А, $K_{и} < 0,6$															

Продолжение таблицы 2.2

16, 17	Плоскошлифовальный станок	2	14	28	0,14	0,40	2,29	3,92	8,98						
18, 19	Гальваническая ванна	2	6	12	0,60	1,00	0	7,2	0						
20	Гидравлический пресс	1	12	12	0,30	0,70	1,02	3,6	3,67						
21-23	Горизонтально-фрезерный станок	3	18,8	56,4	0,12	0,60	1,33	6,76	9,00						
24	Плоскошлифовальный станок	1	44	44	0,20	0,55	1,52	8,8	13,38						
25-27	Радиально-сверлильный станок	3	12	36	0,14	0,50	1,73	5,04	8,72						
29	Кран-балка ПВ=25%	1	28	28	0,05	0,50	1,73	1,4	2,42						
	Итого по группе А	13	6-44	216,4	0,17			36,73	46,17	10	1,99/1,1	73,09	50,78		
ЭП группы Б, К_н≥0,6															
28	Вентилятор	1	120	120	0,75	0,80	0,75	90	67,5			90	67,75		
	Итого по группе Б	1		120				90	67,5			90	67,75		
	Итого по ШМА 2	14										163,09	118,53	201,61	306,68
	Итого по цеху силовая	29	6-120									263,52	211,10	338,27	514,56
	Освещение					0,35	2,68					11,14		11,14	
	Итого по цеху	29	6-120									276,66	211,10	347,99	529,34

Пример расчета электрических нагрузок цеха

Электроприемники ШМА2 группы «А».

Найдем среднюю активную нагрузку за наиболее загруженную смену:

Кран-балка ПВ=25%:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{н}} \cdot \sum P_{\text{н}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 0,05 \cdot 56 \cdot \sqrt{0,25} = 1,4 \text{ кВт.}$$

Суммарная активная нагрузка группы «А»:

$$P_{\text{см} \sum A} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см}i} = 3,92 + 7,2 + 3,6 + 6,76 + 8,8 + 5,04 + 1,4 = 36,73 \text{ кВт.}$$

Найдем среднюю реактивную нагрузку за наиболее загруженную смену:

Плоскошлифовальный станок:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 3,92 \cdot 2,29 = 8,98 \text{ кВАр.}$$

Суммарная реактивная нагрузка группы «А»

$$Q_{\text{см} \sum A} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см}i} = 46,17 \text{ кВАр.}$$

Найдем средневзвешенное значение коэффициента использования по формуле:

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{см} \sum A}}{P_{\text{ном} \sum A}}.$$

где $P_{\text{ном} \sum A}$ – суммарная номинальная мощность всех ЭП группы «А».

$$P_{\text{ном} \sum A} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i} \cdot n_i = 216,4 \text{ кВт;}$$

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{см} \sum A}}{P_{\text{ном} \sum A}} = \frac{36,73}{216,4} = 0,17.$$

Найдем эффективное число электроприёмников $n_{\text{э}}$. Но для начала необходимо вычислить коэффициент m (показатель силовой сборки в группе).

$$m = \frac{P_{\text{ном max}}}{P_{\text{ном min}}},$$

где $P_{\text{ном max}}$ – наибольшая мощность ЭП;

$P_{\text{ном min}}$ – наименьшая мощность ЭП.

$$m = \frac{P_{\text{ном max}}}{P_{\text{ном min}}} = \frac{44}{6} = 7,3 > 3.$$

Определяем эффективное число ЭП:

$$m > 3, K_{\text{и}} < 0,2;$$

$$n_3 = \frac{216,4^2}{2 \cdot 14^2 + 2 \cdot 6^2 + 12^2 + 3 \cdot 18,18^2 + 44^2 + 3 \cdot 12^2 + 28^2} = 9,7 \approx 10.$$

Далее, используя табл.1.8 [2], находим значение коэффициента максимума $K_{\text{м}} = f(n_3, K_{\text{и}}) = 1,99$.

1. Найдем расчетные активную, реактивную и полную мощности группы «А».

Расчетная активная мощность группы «А»:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см} \sum \text{А}} = 1,99 \cdot 36,73 = 73,09 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная мощность группы «А»:

$$Q_{\text{р}} = K_{\text{м}}' \cdot Q_{\text{см} \sum \text{А}} = 1,1 \cdot 46,17 = 50,78 \text{ кВАр.}$$

Аналогично проводим расчет для электроприемников группы «Б».

К группе «Б» относится: вентилятор. Все результаты сводим таблицу

2.2.

2.3 Определение осветительной нагрузки ремонтно-механического цеха

Рассчитаем площадь цеха:

$$a = 1,13 \text{ см}; b = 1 \text{ см.}$$

$$F = a \cdot b = 1,13 \cdot 1 = 1,13 \text{ см}^2.$$

$$m - (1:30).$$

Площадь ремонтно-механического цеха:

$$F = (a \cdot b) \cdot m^2 = (1,13 \cdot 1) \cdot 30^2 = 1190,79 \text{ м}^2,$$

Для ремонтно-механического цеха: $P_{\text{уд.п.}} = 11 \text{ Вт/м}^2$. – (механические и сборочные цеха) удельная плотность осветительной нагрузки.[2]

Расчётная нагрузка осветительных приёмников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{\text{р.о}} = K_{\text{с.о}} \cdot P_{\text{н.о}} = K_{\text{с.о}} \cdot P_{\text{уд.п.}} \cdot F (\text{кВт}).$$

Номинальная активная мощность:

$$P_{\text{н.о}} = P_{\text{уд.п.}} \cdot F = 0,011 \cdot 1190,79 = 13,10 \text{ кВт.}$$

Коэффициент спроса осветительной нагрузки для производственных зданий, состоящих из одного помещения: $K_{\text{с.о.}} = 0,85$

$$P_{\text{р.о}} = K_{\text{с.о.}} \cdot P_{\text{н.о}} = 0,85 \cdot 13,10 = 11,14 \text{ кВт.}$$

Полная расчетная нагрузка цеха (с учетом освещения):

$$S_{\text{р}\Sigma} = \sqrt{(P_{\text{р}} + P_{\text{р.о}})^2 + (Q_{\text{р}})^2} = \sqrt{(263,52^2 + 11,14^2) + (211,10)^2} = 347,99 \text{ кВА.}$$

2.4 Определение расчетной нагрузки каждого цеха и всего предприятия с учетом осветительной нагрузки

Расчет будет производиться на примере сернокислотного отделения.

Определение расчетной активной и реактивной нагрузки каждого цеха предприятия определяются следующим образом:

$$P_p = K_c \cdot P_n = 0,55 \cdot 1500 = 825 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 825 \cdot 0,88 = 726 \text{ кВар},$$

где P_n - суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

K_c - коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;

$\operatorname{tg}\varphi$ - принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Расчетная осветительная нагрузка $P_{p.o.}$ определяется по формуле:

$$P_{p.o.} = P_{n.o.} \cdot K_{c.o.} = 39,15 \cdot 0,85 = 33,28 \text{ кВт},$$

где $P_{n.o.}$ - номинальная мощность осветительной нагрузки;

$K_{c.o.}$ - коэффициент спроса осветительной нагрузки, принимаемый по справочным данным.

Номинальная мощность осветительной нагрузки определяется согласно следующему выражению:

$$P_{n.o.} = P_{уд.o.} \cdot F = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 1957,5 = 39,15 \text{ кВт},$$

где $P_{уд.o.}$ - удельная нагрузка на 1 м² площади цеха;

F - площадь цеха, м².

Тогда полная расчетная нагрузка цеха:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o.})^2 + (Q_p + Q_{p.o.})^2} = \sqrt{(825 + 33,28)^2 + (726)^2} = 1124,1 \text{ кВА}.$$

Результаты расчетов по определению расчетной нагрузки остальных цехов предприятия приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расчет электрических нагрузок предприятия

№	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка					Силовая+Осветительная нагрузка		
	P_H	K_C	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_P	Q_P	F	$P_{уд}$	$P_{н.о.}$	$K_{с.о.}$	$P_{р.о.}$	$P_{р.о.+P_P}$	Q_P	S_P
	кВт				кВт	кВар	м ²	Вт/м ²	кВт		кВт	кВт	кВар	кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1500	0,55	0,75	0,88	825	726	1957,5	20	39,15	0,85	33,28	858,28	726	1124,1
2	1400	0,60	0,90	0,48	840	403,2	1326,6	13	17,25	0,85	14,66	854,66	403,2	944,99
3	1300	0,50	0,750	0,88	650	572	1764,0	21	37,04	0,85	31,49	681,49	572	889,72
4	660	0,30	0,60	1,33	198	263,34	2119,0	12	25,43	0,60	15,26	213,26	263,34	338,86
5	860	0,40	0,50	1,73	344	595,12	2328,7	15	34,93	0,85	29,69	373,69	595,12	702,71
6	800	0,20	0,50	1,73	160	276,8	1018,0	12	12,22	0,60	7,33	167,33	276,8	323,44
7	1200	0,45	0,60	1,33	540	718,2	4737,6	21	99,49	0,95	94,52	634,52	718,2	958,34
8	1280	0,70	0,70	1,02	896	913,92	1845,3	15	27,68	0,85	23,53	919,53	913,92	1296,4
9	1100	0,60	0,90	0,48	660	316,8	2864,4	14	40,10	0,85	34,09	694,09	316,8	762,97
10	900	0,40	0,75	0,88	360	316,8	1481,7	17	25,19	0,85	21,41	381,41	316,8	495,81
11	-	-	-	-	264	211	1190,7	11	13,10	0,85	11,14	276,66	211	347,93
12	1100	0,50	0,75	0,88	550	484	1416,9	22	31,17	0,85	26,50	576,5	484	752,73
13	400	0,85	0,80	0,75	340	255	888,30	15	13,32	0,85	11,33	351,33	255	434,11

Продолжение таблицы 2.3

14	800	0,50	0,60	1,33	400	532	1440,0	10	14,40	0,90	12,96	412,96	532	673,46
15	1560	0,50	0,75	0,88	780	686,4	5433,4	18	97,80	0,85	83,13	863,13	686,4	1102,7
16	1900	0,90	0,60	1,33	1710	2274,3	2195,7	12	26,35	0,85	22,40	1732,4	2274,3	2858,9
Освещение территории							11243 4,8	0,22	24,74	1,00	24,74	24,74	0	24,74
Итого по 0,38 кВ					9517	9603,16					497,43	10015,98	9544,88	13835,62
13 СД	3200	0,6	0,9	0,48	1920	0						1920	0	1920
Итого по заводу:												11935,98	9544,88	15283,07

На данном этапе можно приближенно определить потери мощности в трансформаторах цеховых ТП и высоковольтной сети как:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p'' = 0,02 \cdot 13835,62 = 276,71 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p'' = 0,1 \cdot 13835,62 = 1383,56 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_{л} = 0,03 \cdot S_p'' = 0,03 \cdot 13835,62 = 415,07 \text{ кВт}.$$

Тогда значение полной мощности на шине 10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{10230,36^2 + 10026,8^2} = 14234,69 \text{ кВА},$$

где суммарные расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 10 кВ ГПП, определяются из выражений:

$$\begin{aligned} P_{p\Sigma} &= \Sigma P_p \cdot K_{p.m.(a)} + P_{p.o.} + \Delta P_{л} + \Delta P_T = \\ &= 9517 \cdot 0,95 + 497,43 + 415,07 + 276,71 = 10230,36 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

$$Q_{p\Sigma} = \Sigma Q_p \cdot K_{p.m.(p)} + \Delta Q_T = 9603,6 \cdot 0,9 + 1383,56 = 10026,8 \text{ кВар}.$$

где $K_{p.m.}$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, принимаемый в пределах 0,9-0,95;

$K_{p.m.(a)} = 0,95$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузок для активной мощности;

$K_{p.m.(p)} = 0,9$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузок для реактивной мощности.

Полная расчетная мощность предприятия со стороны ВН трансформаторов ГПП определяется по формуле:

$$S_{p.ГПП} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_T)^2 + (Q_{T\Sigma} + \Delta Q_T - Q_{кy})^2}.$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются по формуле:

$$\Delta P_{T.ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 14324,69 = 286,49 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{T.ГПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 14324,69 = 1432,47 \text{ кВар}.$$

Из сети энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок для 110 кВ :

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,29 \cdot 10230,36 = 2967 \text{ кВар},$$

где $\alpha = 0,24$ для величины напряжения питающей сети 35 кВ;

$P_{p\Sigma}$ - суммарная нагрузка с учетом потерь мощности в трансформаторах и линиях ВН и коэффициентов разновременности максимумов нагрузки.

Мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{ку} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 10027 - 2967 = 7060 \text{ кВар.}$$

Следовательно:

$$S_{p.гпт} = \sqrt{(10230,36 + 286,49)^2 + (10026,8 + 1432,47 - 7060)^2} = 11399,89 \text{ кВА.}$$

2.5 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Как правило, ГПП рекомендуется устанавливать в центре электрических нагрузок предприятия, это является наиболее оптимальным решением в экономическом плане.

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определённом масштабе соответствуют расчётным нагрузкам цехов [1].

На генплан завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_i и y_i для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок предприятия x_0 и y_0 определяются по следующим формулам:

$$x_0 = \frac{\sum P_{Pi} \cdot x_i}{\sum P_{Pi}};$$
$$y_0 = \frac{\sum P_{Pi} \cdot y_i}{\sum P_{Pi}},$$

где x_i и y_i - координаты центра электрической нагрузки i -того цеха;

P_{Pi} - расчетная активная мощность i -ого цеха с учетом осветительной нагрузки, кВт.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяем из выражения:

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

где P_{Pi} - расчетная активная мощность i -ого цеха с учетом освещения, кВт;

m - масштаб для определения площади круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов предприятия).

Можно принять, 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 ($P_{p.o.}$) цехов [1]:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o.}}{P_{pi}}$$

Расчетные данные для построения картограммы нагрузок сведены в таблицу 2.4 и 2.5.

Таблица 2.4. – Данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха по генплану	P_{pi} , кВт	$P_{p.o.}$, кВт	r , мм	a , град	x_i , м	y_i , м	$P_{pi}x_i$	$P_{pi}y_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,4 кВ								
1	858,28	33,28	3,02	13,95	132	216	113293	185388,5
2	854,66	14,66	3,01	6,17	170	202	145292,2	172641,3
3	681,49	31,49	2,68	16,63	208	208	141749,9	141749,9
4	213,26	15,26	1,50	25,76	245	214	52248,7	45637,64
5	373,69	29,69	1,99	28,60	300	222	112107	82959,18
6	167,33	7,33	1,33	15,77	363	55	60740,79	9203,15
7	634,52	94,52	2,59	53,62	77	115	48858,04	72969,8
8	919,53	23,53	3,12	9,21	301	78	276778,5	71723,34
9	694,09	34,09	2,71	17,68	257	93	178381,1	64550,37
10	381,41	21,41	2,01	20,20	120	80	45769,2	30512,8
11	276,66	11,14	1,71	14,49	356	216	98490,96	59758,56

Продолжение таблицы 2.4

12	576,5	26,50	2,47	16,54	205	29	118182,5	16718,5
13	351,33	11,33	1,93	11,60	138	20	48483,54	7026,6
14	412,96	12,96	2,09	11,29	422	143	174269,1	59053,28
15	863,13	83,13	3,02	34,67	26	87	22441,38	75092,31
16	1732,4	22,40	4,28	4,65	209	98	362071,6	169775,2
	Потребители 10 кВ							
13	1920	-	4,51	-	138	20	264960	38400
Итого:	11911,2						2264117	1303160

Цех (№1):

Радиус окружности:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{pl} + P_{p.o.1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{858,28}{\pi \cdot 30}} = 3,02 \text{ мм.}$$

Угол сектора осветительной нагрузки:

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o.}}{P_{pl} + P_{p.o.1}} = \frac{360^\circ \cdot 33,28}{858,28} = 13,95 \text{ град.}$$

Координаты центра электрических нагрузок предприятия:

$$x_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot x_i}{\sum P_{pi}} = \frac{2264117}{11911,2} = 190 \text{ м;}$$

$$y_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot y_i}{\sum P_{pi}} = \frac{1303160}{11911,2} = 110 \text{ м.}$$

ЦЭН следует рассматривать, как условный центр, т.к. его положение обусловлено постоянным изменением технологического процесса. Поэтому необходимо определять зону рассеяния центра электрических нагрузок.

Дисперсия случайных координат:

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_{xi} \cdot (x_i - x_0)^2} = \sqrt{98003426} = 9803;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_{yi} \cdot (y_i - y_0)^2} = \sqrt{58868706} = 7672.$$

Мера мощности случайной величины:

$$h_x = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sigma_x} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 9803} = 0,007; \quad h_y = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sigma_y} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 7672} = 0,009.$$

Определение полуоси эллипса:

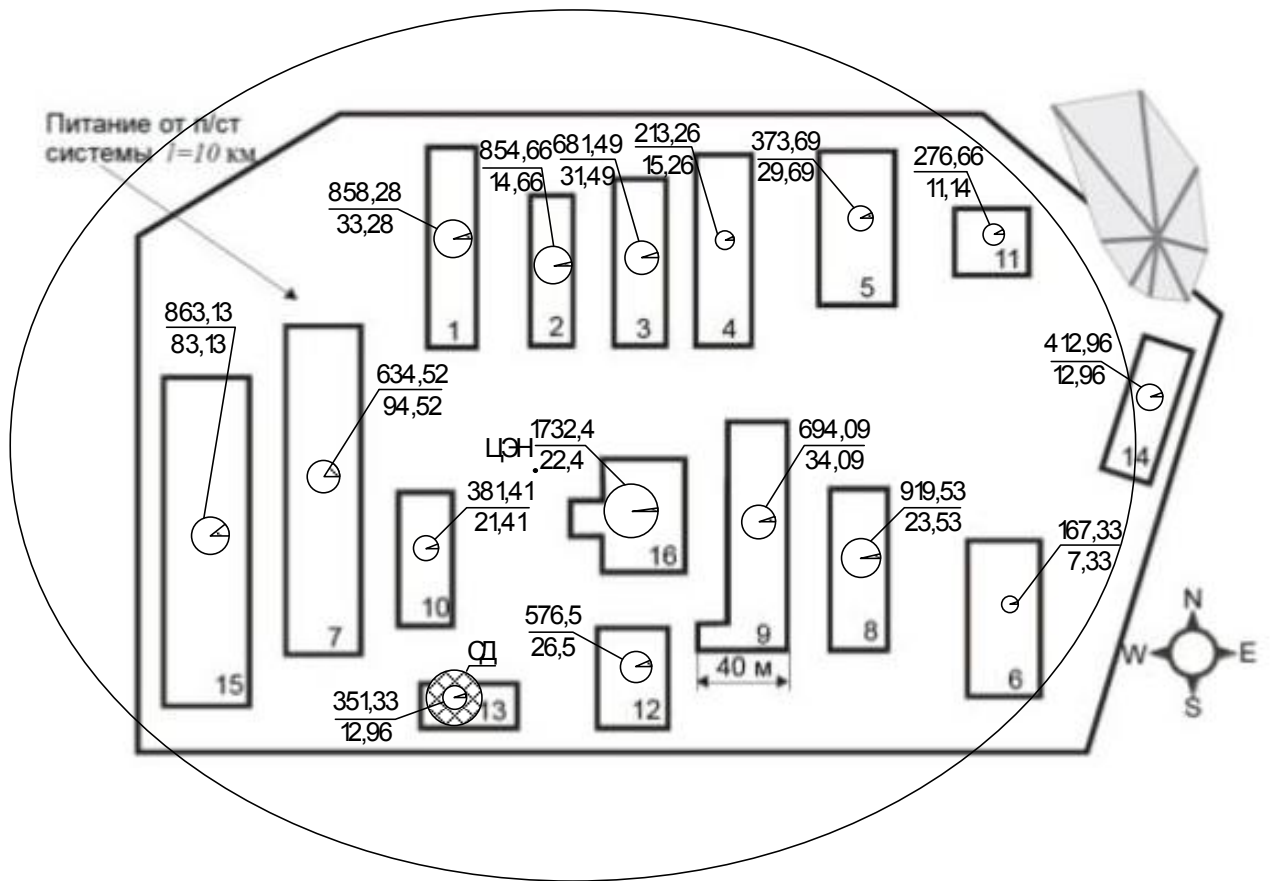
$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x} = \frac{\sqrt{3}}{0,007} = 247 \text{ (м)}; \quad R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y} = \frac{\sqrt{3}}{0,009} = 192 \text{ (м)}.$$

Таблица 2.5 – Данные для построения картограммы нагрузок

№	x _i , м	y _i , м	P _{Pxi}	P _{Pyi}	(x _i -m _x) ² , м	(y _i -m _y) ² , м	P _{Pxi} (x _i - m _x) ² , м	P _{Pyi} (y _i - m _y) ² , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,4 кВ								
1	132	216	113293	185388,5	3364	11236	2887254	9643634
2	170	202	145292,2	172641,3	400	8464	341864	7233842
3	208	208	141749,9	141749,9	324	9604	220802,8	6545030
4	245	214	52248,7	45637,64	3025	10816	645111,5	2306620
5	300	222	112107	82959,18	12100	12544	4521649	4687567
6	363	55	60740,79	9203,15	29929	3025	5008020	506173,3
7	77	115	48858,04	72969,8	12769	25	8102186	15863
8	301	78	276778,5	71723,34	12321	1024	11329529	941598,7
9	257	93	178381,1	64550,37	4489	289	3115770	200592

Продолжение таблицы 2.5

10	120	80	45769,2	30512,8	4900	900	1868909	343269
11	356	216	98490,96	59758,56	27556	11236	7623643	3108552
12	205	29	118182,5	16718,5	225	6561	129712,5	3782417
13	138	20	48483,54	7026,6	2704	8100	949996,3	2845773
14	422	143	174269,1	59053,28	53824	1089	2222715 9	449713,4
15	26	87	22441,38	75092,31	26896	529	2321474 4	456595,8
16	138	20	362071,6	169775,2	361	144	625396,4	249465,6
Потребители 10 кВ								
14	60	180	264960	38400	2704	8100	5191680	1555200 0
			2264117, 5	1303160, 4			9800342 6	5886870 6



ЦЭН Центр электрических нагрузок

⊙ Электрическая нагрузка до 1000 В

$\frac{351,33}{12,96}$ Кажущаяся нагрузка цеха, кВт

Расчетная активная мощность освещения, кВт

Рисунок 2.2 - Генплан завода с картограммой нагрузок

2.6 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

Номинальные мощности трансформаторов определяются плотностью нагрузки цехов и выбираются обычно одинаковыми для всей группы цехов согласно данным загрузки в нормальном режиме и с учетом минимального необходимого резервирования в послеаварийном режиме.

Удельная плотность нагрузки для заданного предприятия:

$$\sigma = \frac{S_p}{F_{ц}} = \frac{13835,62}{147331,44} = 0,09.$$

где S_p - суммарная мощность предприятия;

$F_{ц}$ - суммарная площадь цехов, м².

Для данной плотности нагрузки намечаем использование трансформаторов мощностью 1000 кВА. Данный выбор объясняется тем, что предприятие имеет большое количество цехов небольшой мощности, и равномерное распределение нагрузки проще будет выполнить трансформаторами небольшой мощности, но большим количеством.

Минимальное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{\min} = \frac{P_{\text{расч.нн}}}{\beta_T \cdot S_{\text{тр}}} = \frac{10015,98}{0,8 \cdot 1000} = 13,5 \approx 14.$$

где $P_{\text{расч.нн}}$ - суммарная расчетная нагрузка с учетом освещения, подведенная к трансформаторам, МВт;

$\beta_T = 0,7 - 0,8$ коэффициент загрузки для потребителей II категории;

$S_{\text{тр}}$ - номинальная мощность одного трансформатора, МВА.

Согласно [2] для второй категории потребителей необходима установка двухтрансформаторных подстанций. В предварительном выборе трансформаторов расчёт коэффициента загрузки производим по активной мощности.

Активная нагрузка, приходящаяся на 1 трансформатор:

$$P_1 = \frac{P_{\text{расч.нн}}}{N_{\text{min}}} = 715,43 \text{ кВт.}$$

Таблица 2.6 - Число трансформаторов в цехе

Наименование	Суммарная расчетная нагрузка с учетом освещения, кВт	Минимальное число трансформаторов
1	2	3
1. Сернокислотное отделение	858,28	1,19
2. Печное отд. № 1	854,66	1,19
3. Кислотное отд.	681,49	0,95
4. Склад апатита	213,26	0,29
5. Операционное отд.	373,69	0,52
6. Склад готовой продукции	167,33	0,23
7. Цех фторсолей	634,52	0,88
8. Кузнечный	919,53	1,28
9. Печное отд. № 2	694,09	0,97
10. Цех тукосмесей	381,41	0,53
11. Ремонтно-механический	276,66	0,38
12. Цех суперфосфата	576,5	0,80
13. Компрессорная 10 кВ 0,38 кВ	351,33	0,49
14. Заводоуправление	412,96	0,57
15. Цех СМС	863,13	1,20
16. Котельная	1732,4	2,42

Из таблицы видно, на какие цеха приходится наибольшая нагрузка, поэтому устанавливаем КТП в 1,3, 8, 9, 11, 15 и 16 цехах. Выбираем трансформаторы двухобмоточные масляные типа ТМ-1000/10/0,4 [3].

Таблица 2.7 – Параметры трансформаторов цеховых КТП

Тип	$S_{\text{НОМ}}$, кВА	$U_{\text{НОМ}}$, кВ		$U_{\text{к}}$, %	$P_{\text{кз}}$, кВт	$P_{\text{хх}}$, кВт	$I_{\text{х}}$, %	Схема и группа соединения обмоток
		ВН	НН					
ТМ-1000/10-У1	1000	10	0,4	5,5	11	2,45	1,4	Δ -Y ₀ -11

Таблица 2.8 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

Наименование пункта питания	Потребители электроэнергии	Место расположения пункта питания на генплане	$P_{\text{р}}$, кВт	Кол-во и мощность трансформаторов
КТП-1	Цех 1,4	Цех 1	1171,54	2x1000 кВА
КТП-3	Цех 3, 13, 10	Цех 3	1414,23	2x1000 кВА
КТП-8	Цех 8, 6, 14	Цех 8	1499,82	2x1000 кВА
КТП-9	Цех 9, 12	Цех 9	1271,03	2x1000 кВА
КТП-11	Цех 2,5,11	Цех 11	1505,01	2x1000 кВА
КТП-15	Цех 7, 15	Цех 15	1497,65	2x1000 кВА
КТП-16	Цех 16	Цех 16	1732,4	2x1000 кВА



Рисунок 2.3 – Генплан завода с цеховыми трансформаторными подстанциями

2.7 Схема внешнего электроснабжения предприятия

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности ЭП.

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

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{10} + \frac{2500}{10,230}}} = 58,28 \text{ кВ},$$

где L - расстояние от источника питания, км;

P - передаваемая мощность, равная расчетной нагрузке предприятия, МВт.

Принимаем напряжение питающей линии ГПП $U = 110$ кВ.

Согласно всем требованиям, предъявляемым к схемам ГПП, на стороне ВН ГПП (110 кВ) принимаем схему 4Н - два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий, а на НН ГПП (10 кВ) схему обходную систему шин, секционированную вакуумным выключателем с устройством АВР [6].

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы по двум ВЛЭП напряжением 110 кВ. ГПП размещается на территории предприятия в соответствии с расчетным центром электрических нагрузок.

Мощность трансформаторов на ГПП определяем по формуле:

$$S_{н.тр.} = \frac{S_{р.гпп}}{N_{тр} \cdot \beta_{тр}},$$

где $S_{p,ГПП}$ - полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;

$\beta_{тр} = 0,7$ - коэффициент загрузки трансформаторов ГПП.

$$S_{н.тр.} = \frac{S_{p,ГПП}}{N_{тр} \cdot \beta_{тр}} = \frac{11399,89}{2 \cdot 0,7} = 8143 \text{ кВА.}$$

Полученное значение $S_{н.тр.}$ округляем до ближайшего большего типа ТДН – 10000-115/11 [7]. Паспортные данные трансформатора представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 - Паспортные данные трансформатора ТМН – 6300-35/10

Тип трансформатора	$S_{ном,}$ кВА	$U_{ном}$ обмоток, кВ	$U_k,$ %	$P_{кз},$ кВт	$P_{хх},$ кВт	$I_x,$ %	Группа соединения обмоток
ТДН – 10000/110	10000	155/11	10,5	60	14	0,7	Y-Δ-11

С учетом того, что в нормальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов ГПП для электроснабжения предприятия II категории принимается равным 0,7, в послеаварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40 %) должен обеспечить полностью необходимую мощность предприятия.

Проверяем трансформаторы ГПП на условие работы в послеаварийном режиме следующим образом:

$$S_{p,ГПП} = 11399,89 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{н.тр.} = 1,4 \cdot 10000 = 14000 \text{ кВА.}$$

Условие выполнено.

Питающие линии выполняются проводом АС. Выбор сечения провода производим по нагреву расчетным током.

Расчетный ток, приходящийся на одну линию в нормальном режиме:

$$I_p = \frac{S_{p,ГПП}}{2\sqrt{3}U_H}$$

В аварийном режиме:

$$I_{ав} = \frac{S_{рГПП}}{2\sqrt{3}U_H}$$

Тогда:

$$I_p = \frac{11399,89}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 29,92 \text{ А};$$

$$I_{ав} = \frac{11399,89}{\sqrt{3} \cdot 110} = 59,84 \text{ А}.$$

Выбираем провод АС-70/11 с допустимым током 265 А. Меньше сечение недопустимо согласно условию механической прочности.

Выбранное сечение необходимо проверить по следующим условиям:

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

$$I_{расч} \leq I_{доп};$$

$$1,3 \cdot I_{доп} \geq I_{p.max},$$

где 1,3 – коэффициент допустимой перегрузки линии.

$$29,92 \text{ А} < 265 \text{ А};$$

$$1,3 \cdot 265 = 344,5 \text{ А} > 59,84 \text{ А}.$$

- По условиям механической прочности:

Согласно ПУЭ и условию механической плотности на воздушных линиях в 110 кВ и выше могут применяться сталеалюминевые провода сечением не менее 70 мм².

$$F_{расч} = 70 \text{ мм}^2 > F_{min} = 70 \text{ мм}^2.$$

- По допустимой потере напряжения:

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

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

$\Delta U_{доп\%}$ - допустимая потеря напряжения, % ($\Delta U_{доп\%} = 5\%$, $\Delta U_{доп.ав\%} = 10\%$

);

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

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

L - фактическая длина линии, км.

Принимаем $l_{\Delta U 1\%} = 5,1$ км [1].

Нормальный режим:

$$L_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_3 = 5,1 \cdot 5 \cdot \frac{265}{29,92} = 225,85 \text{ км.}$$

Послеаварийный режим:

$$L_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_3 = 5,1 \cdot 10 \cdot \frac{175}{59,84} = 225,85 \text{ км.}$$

В обоих случаях $L_{\text{доп}} = 225,85 \text{ км} > L = 10 \text{ км}$, следовательно, условие выполняется.

- По условиям коронирования проводов ВЛЭП напряжением 110 кВ не проверяются.

Таким образом, оставляем намеченное сечение проводами марки АС – 70/11 на металлических двухцепных опорах для электроснабжения завода железобетонных конструкций от подстанции энергосистемы напряжением 35 кВ. На ГПП устанавливаются два трансформатора типа ТДН –10000-110/10.

2.8 Схема внутриводской распределительной сети 10 кВ

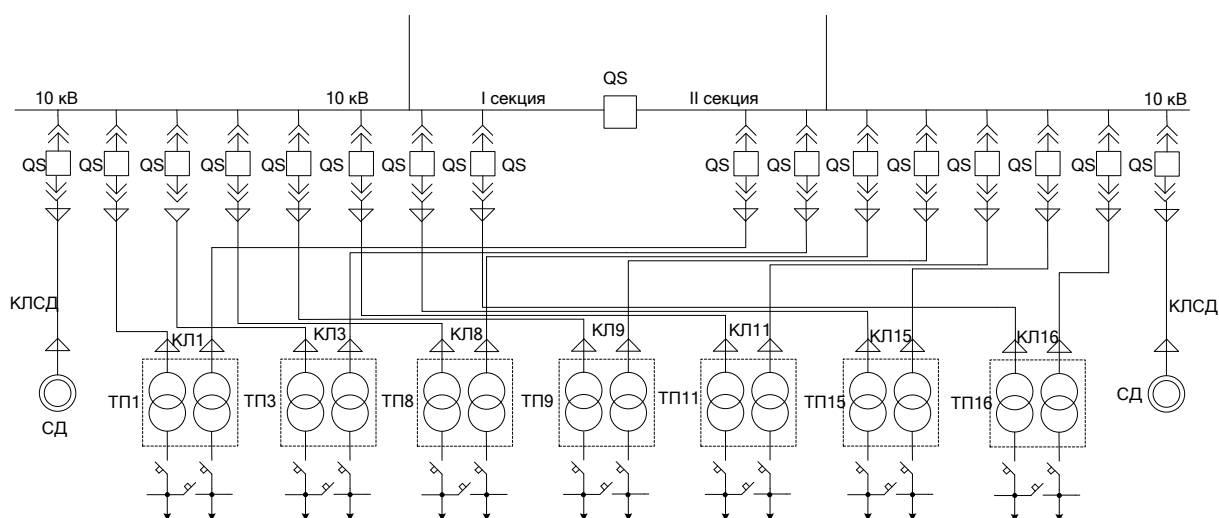


Рисунок 2.4 – Однолинейная схема внутриводской распределительной сети

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

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}},$$

где I_p – расчетный ток, А;

$j_{\text{ЭК}}$ - нормированная плотность тока, А/мм² [10]. Полученное значение округляется до ближайшего стандартного, для которого по табл. 1.3.4 – 1.3.22 ПУЭ определяется допустимый длительный ток.

Намечаем прокладку кабельных линий кабелями с бумажной изоляцией. Ниже приведен пример выбора и проверки сечения для линии КЛ4, питающей КТП-4 от шин ГПП.

Расчетный ток КЛ1:

$$I_p = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{n_{\text{лин}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 57,74 \text{ А},$$

где $n_{\text{лин}}$ - число питающих линий.

Экономическое сечение:

$$F_{\text{эк}} = \frac{57,74}{1,2} = 48,11 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение $S = 50 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 140 \text{ А}$.

Выбранные сечения должны быть проверены по следующим условиям:

1) По нагреву максимальным рабочим током и током послеаварийного режима.

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:

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{р}}}{K_1 \cdot K_2},$$

где K_1 , K_2 – коэффициенты, учитывающие влияние температур окружающей среды и влияние рядом проложенных кабельных линий, соответственно [9].

Согласно нашим условиям $K_1 = 1$, $K_2 = 1$.

Тогда

$$I_{\text{доп}} = 140 \text{ А} \geq \frac{I_{\text{р}}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{57,74}{1 \cdot 1} = 57,74 \text{ А}.$$

Условие выполнено.

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

$$K_{\text{пер}} \cdot I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{п.а}}}{K_1 \cdot K_2},$$

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

$K_{\text{пер}}$ - кратность перегрузки, для нашего случая $K_{\text{пер}} = 1,2$ [9].

Ток линии в послеаварийном режиме равняется двойному току нормального режима.

Тогда

$$K_{\text{пер}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,2 \cdot 140 = 168 \text{ А} \geq \frac{I_{\text{п.а}}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{2 \cdot 57,74}{1 \cdot 1} = 115,48 \text{ А.}$$

Условие выполнено.

Предварительно намечаем кабель марки ААШв – 3х50, способ прокладки кабеля в траншее [10].

Линия ГПП-СД:

$$I_p = \frac{P_{\text{ном.сд}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi_{\text{ном}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 106,92 \text{ А.}$$

Экономическое сечение:

$$F_{\text{эк}} = \frac{106,92}{1,2} = 89,1 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение $S = 95 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 205 \text{ А}$.

Проверку по тепловому режиму с учетом поправочных коэффициентов на условия прокладки проводим аналогичным образом.

Послеаварийного режима нет, проверка не нужна.

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.

Этот этап проверки проведем после расчетов токов КЗ. Для остальных кабелей расчет производится аналогично. Сведем данные по предварительному выбору кабелей внутривозводской сети в таблицу 2.10

Таблица 2.10 - Расчет выбора кабелей внутривозводской сети

Номер линии	Назначение линии	Количество линий	Расчетная нагрузка на один кабель		Длина линии l , км	Способ прокладки	$F_{эк}$, мм ²	Допустимая нагрузка на один кабель		Проверка по нагреву		Марка и сечение кабеля, выбранного по условию допустимого нагрева S , мм ²	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	R , Ом	X , Ом
			Норм. режим I_p , А	П.ав. режим $I_{п.а.}$, А				Норм. режим $I_{доп.}$, А	П.ав. режим $1,2I_{доп.}$, А	Норм. режим $\frac{I_p}{K_1 \cdot K_2}$, А	П.ав. режим $\frac{I_{п.а.}}{K_1 \cdot K_2}$, А					
КЛ-1	ГПП-КТП1	2	57,74	115,47	0,027	траншея	48,11	140	168	67,93	135,86	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,017	0,002
КЛ-3	ГПП-КТП3	2	57,74	115,47	0,152	траншея	48,11	140	168	67,93	135,86	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,095	0,009
КЛ-8	ГПП-КТП8	2	57,74	115,47	0,427	траншея	48,11	140	168	74,03	148,06	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,267	0,027
КЛ-9	ГПП-КТП9	2	57,74	115,47	0,373	траншея	48,11	140	168	74,03	148,06	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,233	0,023
КЛ-11	ГПП-КТП11	2	57,74	115,47	0,425	траншея	48,11	140	168	67,93	135,86	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,078	0,008
КЛ-15	ГПП-КТП15	2	57,74	115,47	0,054	траншея	48,11	140	168	57,74	115,47	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,034	0,003
КЛ-16	ГПП-КТП16	2	57,74	115,47	0,347	траншея	48,11	140	168	74,03	148,06	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,217	0,021
КЛ-СД	ГПП-СД	1	106,92	-	0,293	траншея	89,1	205	246	137,08	-	ААШв –3х95	0,320	0,083	0,094	0,024

2.9 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Расчет токов КЗ проводится в целях проверки элементов электроустановок и выбора аппаратуры на электродинамическую и термическую стойкость, а также уставок срабатывания защит и проверки их на чувствительность.

При расчете токов КЗ принимают следующие допущения, которые не дают существенных погрешностей:

- Трехфазная сеть принимается симметричной;
- Не учитываются токи нагрузки;
- Не учитываются емкостные токи в ВЛ и КЛ;
- Не учитывается насыщение магнитных цепей;
- Не учитываются токи намагничивания трансформаторов.

Расчёт токов КЗ будем проводить для участка распределительной сети 10кВ ГПП –КТП-8,СД. Намечаем на схеме расчетные точки. Составляем расчетную схему:

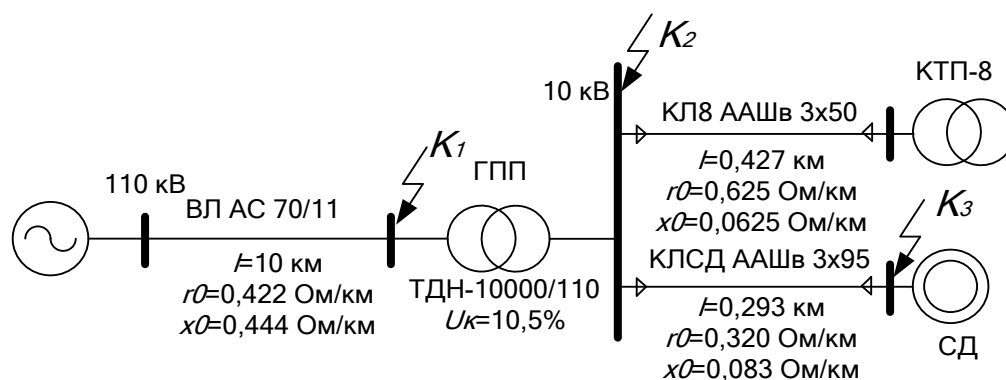


Рисунок 2.5 – Однолинейная расчетная схема для ГПП-КТП8, СД

Расчет ведем в относительных единицах. Для этого все расчётные данные приведем к базисному напряжению и базисной мощности. Величина базисного напряжения превышает номинальное на 5%. Следовательно, используя стандартный ряд базисных напряжений, принимаем $U_{б1} = 115$ кВ, $U_{б2} = 10,5$ кВ [1, стр.147]. За базисную мощность принимаем $S_б = 100$ МВА.

Принимаем, что источник энергосистемы бесконечной мощности $S_c = \infty$ и соответственно индуктивное сопротивление $x_c = 0$.

Расчет параметров:

1. Сопротивления воздушной линии 110 кВ:

$$r_{\text{вл}} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_{\text{б}}}{U_{\text{б1}}^2} = \frac{0,422 \cdot 10 \cdot 100}{115^2} = 0,03 \text{ о.е.};$$

$$x_{\text{вл}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\text{б}}}{U_{\text{б1}}^2} = \frac{0,444 \cdot 10 \cdot 100}{115^2} = 0,03 \text{ о.е.},$$

где $l = 10$ км - длина воздушной линии;

$U_{\text{б1}}$ - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

r_0 - активное сопротивление АС -70;

x_0 - индуктивное сопротивление АС -70.

2. Сопротивление трансформатора ГПП ТДН – 10000/110:

$$x_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{НОМ.ТР}}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 1,05 \text{ о.е.},$$

где $S_{\text{НОМ.ТР}}$ - номинальная мощность трансформатора;

$U_{\text{кз}}$ - напряжение короткого замыкания трансформатора.

Активным сопротивлением пренебрегаем, т.к. трансформатор большой мощности.

3. Сопротивление кабельной линии КЛ-СД:

$$r_{\text{кл}} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_{\text{б}}}{U_{\text{б2}}^2} = \frac{0,320 \cdot 0,293 \cdot 100}{10,5^2} = 0,09 \text{ о.е.};$$

$$x_{\text{кл}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\text{б}}}{U_{\text{б2}}^2} = \frac{0,083 \cdot 0,293 \cdot 100}{10,5^2} = 0,02 \text{ о.е.},$$

где l - длина кабельной линии, км;

$U_{\text{б2}}$ - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

r_0 - активное сопротивление ААШв 3х95;

x_0 - индуктивное сопротивление ААШв 3х95.

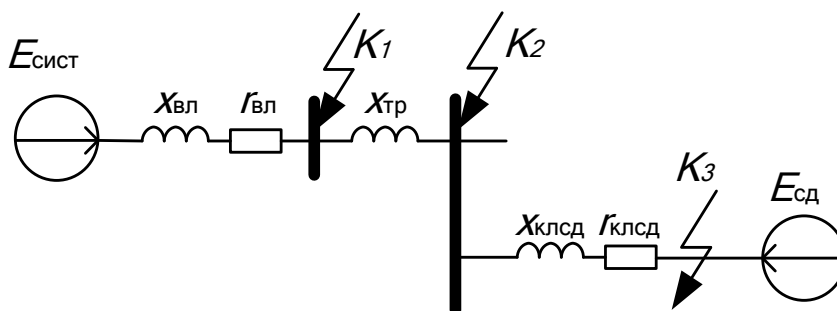


Рисунок 2.6 – Однолинейная схема замещения

Точка К3 - ток К3 от СД на его зажимах

Принимаем

$$E'' = 1,1, \quad x_d'' = 0,2$$

$$I_{\text{НОМ.СД}} = \frac{P_{\text{НОМ.СД}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \eta_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi_{\text{НОМ}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 106,92 \text{ А.}$$

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = I_{\text{КЗ_СД}} = \frac{E'' \cdot I_{\text{НОМ.СД}}}{x_d''} = \frac{1,1 \cdot 106,92}{0,2} = 0,59 \text{ кА.}$$

Точка К2

Базовый ток

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,49 \text{ кА.}$$

Результирующее сопротивление

$$Z_{\text{РЕЗ2}} = \sqrt{(x_{\text{вл}} + x_{\text{тр}})^2 + \Gamma_{\text{вл}}^2} = \sqrt{(0,03 + 1,05)^2 + 0,03^2} = 1,08 \text{ о.е.}$$

Подпитку токов К3 от СД в точке К2 учитываем, так как длина КЛСД меньше трехсот метров.

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного К3 от системы

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{I_{62}}{Z_{\text{РЕЗ2}}} = \frac{5,49}{1,08} = 5,08 \text{ кА.}$$

Подпитка от СД

$$I_{\text{КЗСД}}^{(3)} = I_{\text{КЗ_СД}} = \frac{E'' \cdot I_{\text{НОМ.СД}}}{\sqrt{(x_d'' + x_{\text{КЛСД}})^2 + r_{\text{КЛСД}}^2}} = \frac{1,1 \cdot 106,92}{\sqrt{(0,2 + 0,02)^2 + 0,09^2}} = 0,49 \text{ кА.}$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ в точке К2:

$$I_{\text{КЗК2}}^{(3)} = I_{\text{КЗ}}^{(3)} + I_{\text{КЗСД}}^{(3)} = 5,08 + 0,49 = 5,57 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{КЗК2}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,99 \cdot 5,57 = 15,68 \text{ кА,}$$

где $k_{\text{уд}}$ - ударный коэффициент, определяемый следующим образом:

$$k_{\text{уд}} = 1 + e^{-0,01/T_a} = 1 + e^{-0,01/36} = 1,99,$$

где $T_a = x/r = 36$.

Точка К1

Базовый ток:

$$I_{\text{б1}} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б1}}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,5 \text{ кА.}$$

Результирующее сопротивление:

$$Z_{\text{РЕЗ1}} = \sqrt{x_{\text{вл}}^2 + r_{\text{вл}}^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,03^2} = 0,04 \text{ о.е.}$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ:

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{I_{\text{б1}}}{Z_{\text{РЕЗ1}}} = \frac{0,5}{0,04} = 12,5 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{КЗК1}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,99 \cdot 12,5 = 35,18 \text{ кА,}$$

где $k_{\text{уд}}$ - ударный коэффициент, определяемый следующим образом:

$$k_{\text{уд}} = 1 + e^{-0,01/T_a} = 1 + e^{-0,01/1} = 1,99,$$

где $T_a = x/r = 1$.

Все данные сведены в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 – Сводная ведомость токов КЗ

Расчетный ток	K1	K2
$I_{КЗ}^{(3)}$	12,5	5,57
$i_{уд}$	35,18	15,68

Проверка КЛ-ТП8 будет проводиться по токам КЗ в точке К2, т.к. по результатам расчета токи короткого замыкания в этой точке выше, чем в конце линии.

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

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

где C_T - коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника, для нашего случая $C_T = 95 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ [1];

B_k - тепловой импульс тока КЗ, $\text{А} \cdot \text{с}^2$.

Тепловой импульс тока короткого замыкания B_k определяется по формуле:

$$B_k = I_{\text{П0}}^2 (t_{\text{пр}} + T_a) = 5,57^2 \cdot (0,055 + 0,115) = 5,27 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с},$$

где $I_{\text{П0}}$ - начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ;

$t_{\text{пр}}$ - приведенное (расчетное) время отключения тока КЗ;

T_a - постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания.

Постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ определяется как:

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega \cdot r_\Sigma} = \frac{1,08}{314 \cdot 0,03} = 0,115 \text{ с,}$$

где x_Σ , r_Σ - результирующее индуктивное и активное сопротивление схемы относительно точки КЗ.

Приведенное время отключения тока КЗ определяется по выражению:

$$t_{пр} = t_{р.з.} + t_{откл} = 0,03 + 0,025 = 0,055 \text{ с,}$$

где $t_{р.з.}$ - время действия релейной защиты, с;

$t_{откл}$ - полное время отключения вакуумного выключателя равное 0,025 с.

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

$$t_{р.з.} = t_{р.з.мин} + \Delta t_c = 0,03 + 0 = 0,03 \text{ с,}$$

где $t_{р.з.мин}$ - минимальное время срабатывания первой ступени защиты, принимаемое равным $t_{р.з.мин} = 0,03 \text{ с}$ [6].

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

Тогда

$$F_{мин} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} = \frac{\sqrt{5,27 \cdot 10^6}}{95} = 24,16 \text{ мм}^2,$$

Условие выполнено. Выбранный для КЛ-КТП8 кабель марки ААШв 3х50 проходит по термической стойкости к току КЗ, следовательно, оставляем намеченный кабель.

Выбранное сечение необходимо проверить по потере напряжения:

$$\Delta U_{кл} = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot U_H^2} = \frac{1499,82 \cdot 0,625 \cdot 0,427 + 1722,72 \cdot 0,0625 \cdot 0,427}{10 \cdot 10^2} = 0,45 \text{ ,}$$

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 нашем случае выбранный кабель ААШв 3х50 прошел все этапы проверки и удовлетворяет всем требованиям.

Таблица 2.12 – Результаты проверки кабелей на термическую стойкость

Номер линии	Назначение линии	Количество линий	Марка и сечение кабеля, мм ²	длина линии l , км	S_{min} , мм ² по термической стойкости КЗ	$\Delta U_{КЛ}$, %
КЛ-1	ГПП-КТП1	2	ААШв-3х50	0,027	24,16	0,02
КЛ-3	ГПП-КТП3	2	ААШв-3х50	0,152	24,16	0,15
КЛ-8	ГПП-КТП8	2	ААШв-3х50	0,427	24,16	0,45
КЛ-9	ГПП-КТП9	2	ААШв-3х50	0,373	24,16	0,31
КЛ-11	ГПП-КТП11	2	ААШв-3х50	0,125	24,16	0,13
КЛ-15	ГПП-КТП15	2	ААШв-3х50	0,054	24,16	0,06
КЛ-16	ГПП-КТП16	2	ААШв-3х50	0,347	24,16	0,42
КЛ-СД	ГПП-СД	1	ААШв-3х95	0,293	24,16	0,09

2.10 Выбор ответвлений к ЭП с учетом защитных аппаратов

В комплекс внутрицехового электроснабжения входят питающие и распределительные линии, ШМА напряжением до 1 кВ, аппаратура коммутации и защиты сетей и ответвлений к отдельным электроприемникам. Питающие и распределительные сети могут быть выполнены по радиальным, магистральным и смешанным схемам.

Магистральные схемы применяются для питания электроприемников, обслуживающих один агрегат и связанных единым технологическим процессом, когда прекращение питания любого из этих электроприемников вызовет необходимость прекращения работы всего технологического агрегата. Магистральные схемы находят широкое применение для питания большого числа мелких электроприемников, распределенных относительно равномерно по площади цеха (металлорежущие станки в цехах механической обработки металлов и другие потребители).

Магистральные схемы позволяют отказаться от применения громоздкого и дорогого распределительного устройства или щита на ТП. В этом случае возможно применение схемы блока трансформатор-магистраль, где в качестве питающей линии используются шинопроводы.

Схемы, выполненные шинопроводами ШМА, не подвергаются переделке при перестановках оборудования и добавлении новых электроприемников в цехе в связи с изменениями технологии производства. С помощью нормально разомкнутых перемычек между магистралями разных ТП в местах их сближения можно обеспечить надежное питание потребителей 2-й и даже 1-й категории. Питающие магистрали подключаются к шинам шкафов КТП, специально сконструированным для магистральных схем. К питающим магистралям или при отсутствии их непосредственно к шинам КТП присоединяют распределительные магистрали, выполненные шинопроводами типа ШРА, к которым через автоматический выключатель или предохранитель подключаются электроприемники.

Принимаем магистральную схему питания потребителей. Выбор осуществляем по расчетному току и производим проверку по допустимому падению напряжения.

Выбор автоматического выключателя для ШМА-1:

$$I_{\text{дл}} = 207,87 \text{ А.}$$

$$I_{\text{пуск}} = I_{\text{max.пуск}} + (I_{\text{дл}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{max.ном}}) = 704 + (207,87 - 0,2 \cdot 140,8) = 883,1 \text{ А,}$$

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

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

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

$I_{\text{дл}}$ - расчетный ток нагрузки всей группы электроприемников.

Условия для выбора автоматического выключателя:

$$I_{\text{н.расц}} = 250 \geq 1,1 \cdot I_{\text{дл}} = 228,66 \text{ А;}$$

$$I_{\text{кз}} = 1600 \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 883,1 = 1103,88 \text{ А}$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА 88-35-250. Данные выключателя приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Справочные данные ВА 88-35-250

Расчетные данные		Справочные данные
$U_{\text{н}} = 0,4 \text{ кВ}$	=	$U_{\text{н}} = 0,4 \text{ кВ}$
$1,1 \cdot I_{\text{дл}} = 228,66 \text{ А}$	<	$I_{\text{н.расц}} = 250 \text{ А}$
$1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1103,88 \text{ А}$	<	$I_{\text{уставки}} = 1600 \text{ А}$

Выбор автоматического выключателя для ШМА-2:

$$I_{\text{дл}} = 306,68 \text{ А.}$$

$$I_{\text{пуск}} = I_{\text{max.пуск}} + (I_{\text{ном.гр}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{max.ном}}) = 676 + (306,68 - 0,2 \cdot 135,2) = 955,64 \text{ А.}$$

Условия для выбора автоматического выключателя:

$$I_{н.расц} = 400 \geq 1,1 \cdot I_{дл} = 337,35 \text{ А};$$

$$I_{кз} = 4000 \geq 1,25 \cdot I_{пуск} = 1,25 \cdot 955,64 = 1194,55 \text{ А}.$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА 88-37-400. Данные выключателя приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14– Справочные данные ВА 88-37-400

Расчетные данные		Справочные данные
$U_n = 0,4 \text{ кВ}$	=	$U_n = 0,4 \text{ кВ}$
$1,1 \cdot I_{дл} = 337,35 \text{ А}$	<	$I_{н.расц} = 400 \text{ А}$
$1,25 \cdot I_{пуск} = 1194,55 \text{ А}$	<	$I_{уставки} = 4000 \text{ А}$

Пример выбора автоматического выключателя для шлифовального полуавтомата:

Номинальный ток определяем по формуле:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \cdot \eta},$$

где $P_{ном}$ - номинальная мощность, кВт;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi_{ном}$ - номинальный коэффициент мощности;

η - КПД, $\eta=0,8$ – для электроприемников с $P_{ном} \leq 10$ кВт, а для электроприемников с $P_{ном} > 10$ кВт $\eta=0,9$.

Получаем:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \cdot \eta} = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,60 \cdot 0,9} = 140,8 \text{ А};$$

$$I_{кр} = I_{пуск} = 5 \cdot 140,8 = 704 \text{ А},$$

где $I_{пуск}$ - пусковой.

Условия для выбора автоматического выключателя:

$$I_{н.расц} = 200 \geq 1,15 \cdot I_{дл} = 161,92 \text{ А};$$

$$I_{кз} = 1250 \geq 1,5 \cdot I_{пуск} = 1,5 \cdot 704 = 1056 \text{ А}.$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА 51-35М2. Данные выключателя приведены в таблице 2.15

Таблица 2.15 – Справочные данные ВА 51-35М2

Расчетные данные		Справочные данные
$U_n = 10\text{кВ}$	=	$U_n = 10\text{кВ}$
$1,15 \cdot I_{\text{дл}} = 161,92\text{ А}$	<	$I_{\text{н.расц}} = 200\text{ А}$
$1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 1056\text{ А}$	<	$I_{\text{уставки}} = 1250\text{ А}$

Выбор выключателей электроприемников сводим в таблицу 2.16.

Таблица 2.16 - Выбор автоматических выключателей для электроприемников

Наименование ЭП	$I_{\text{дл}}, \text{ А}$	$I_{\text{кр}}, \text{ А}$	$1,15 \cdot I_{\text{дл}}, \text{ А}$	$1,5 \cdot I_{\text{кр}}, \text{ А}$	$I_{\text{расц}}, \text{ А}$	$I_{\text{отс}}, \text{ А}$	Тип
Шлифовальный полуавтомат	140,8	704	161,92	1056	200	1250	ВА51-35М2
Поперечно-строгальный станок	118,3	591,5	136,04	887,25	160	1000	ВА51-35М2
Универсально-заточной станок	76,1	380,2	87,51	570,3	100	750	ВА51-35М1
Вертикально-фрезерный станок	67,6	338	77,74	507	80	630	ВА51-35М1
Токарно-винторезный станок	30,4	152,1	34,96	228,15	40	250	ВА51-35М1
Плоскошлифовальный станок	59,1	295,7	67,96	443,55	80	630	ВА51-35М1
Гальваническая ванна	11,4	57	13,11	85,5	16	125	ВА51-35М1
Гидравлический пресс	28,9	144,8	33,23	217,2	40	250	ВА51-35М1
Горизонтально-фрезерный станок	52,9	264,8	60,83	397,2	63	500	ВА51-35М1
Плоскошлифовальный станок	135,2	676	155,48	1014	160	1000	ВА51-35М2
Радиально-сверильный станок	40,6	202,8	46,69	304,2	50	250	ВА51-35М1
Вентилятор	253,5	1267,6	291,52	1901,4	320	2000	ВА51-35М3
Кран-балка ПВ=25%	94,6	473,2	108,79	709,8	125	1000	ВА51-35М2

Пример расчета приводится для ШМА1. Принимаем алюминиевый комплектный шинопровод ШРА-73-250-1У3 на номинальный ток 250 А. По допустимому току:

$$I_{\text{доп}} = 250 \text{ А};$$

$$207,87 < 250 \text{ А}.$$

Условие выполняется.

Расчёт для ШМА 2 производится аналогично, результаты расчёта сводятся в таблицу 2.17

Таблица 2.17 - Результаты расчета ШМА

	$I_p, \text{А}$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	Тип	$R_0, \text{Ом}$	$X_0, \text{Ом}$	$L, \text{м}$
ШМА1	207,87	250	ШРА-73 250	0,2	0,1	512
ШМА2	306,68	400	ШРА-73 400	0,13	0,1	426

Таблица 2.18 - Результаты выбора ШМА

№ п/п	№ участка	Назначение участка	Расчетная нагрузка $S, \text{кВА}$	Расчетный ток $I, \text{А}$	Длина линии $l, \text{км}$	Способ прокладки	Коэффициент прокладки	Марка ШРА	Допустимый длительный ток	\cos	Принятое сечение на участках
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	16
1	ШМА1	Шинопровод	110,64	207,87	0,512	вдоль стены на кронштейнах	1	ШРА-73-250	250	0,69	ШРА-73-250
2	ШМА2	Шинопровод	70,62	306,68	0,426	вдоль стены на кронштейнах	1	ШРА-73-400	400	0,69	ШРА-73-400

Для питания электроприемников принимаем провод марки АВВГ [2].

Кабель АВВГ – кабель силовой, предназначен для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках с номинальным переменным напряжением 0,66 или 1 кВ. Применяется для

прокладки в сухих и влажных помещениях на специальных кабельных эстакадах, в блоках, щитах.

Расшифровка обозначения для кабеля силового АВВГ:

- первая «А» – алюминиевые жилы;
- вторая «В» - изоляция из ПВХ-пластиката (винила);
- третья «В» - оболочка из ПВХ-пластиката (винила);
- буква «Г» - отсутствие брони (голый);
- буква «Т» через дефис - тропическое исполнение (ВВГ-Т);
- буква «П» через дефис - кабель в плоском исполнении (ВВГ-П).

Эксплуатация кабеля ВВГ при температуре окружающей среды от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Рекомендуется для прокладки на открытом воздухе, в сухих и влажных производственных помещениях. Кабель АВВГ, имеющий заполнение между жилами, выполненное по ГОСТ, может прокладываться в земле при условии низкой коррозионной активности почвы и отсутствии значительных механических нагрузок. Может быть проложен без предварительного подогрева при температуре не ниже минус 15°C . Минимальный радиус изгиба при прокладке должен быть не менее 7,5 наружных диаметров кабеля. Не распространяет горение при одиночной прокладке. Срок службы кабеля АВВГ – 30 лет.

Выберем провод для гидравлического пресса, 12 кВт.

По условию нагрева длительным (расчетным) током

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{расч}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi \cdot \eta \cdot U_{\text{ном}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{прокл}}} = \frac{12}{\sqrt{3} \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 0,38} \cdot \frac{1}{1} = 28,97 \text{ А},$$

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

Выбираем сечение токопроводящей жилы 4 мм^2 с $I_{\text{доп}} = 45 \text{ А}$ [9].

По условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты:

$$I_{\text{доп}} = 45 \text{ А} \geq \frac{K_{\text{защ}} \cdot I_{\text{защ}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 40}{1} = 40 \text{ А},$$

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 проходит проверку по условию согласования с выбранным АВ. Принимаем кабель марки АВВГ - (4х4): $I_{\text{доп}}=45$ А

Результаты выбора сечений проводов сводим в таблицу 2.19.

Таблица 2.19 - Выбор кабельных линий к электроприемникам

Электроприемник	P_H	$\cos\varphi$	I_p , А	$I_{\text{защ}}$, А	$I_{\text{доп}}$, А	Марка кабеля	L, м
Шлифовальный полуавтомат	50	0,60	140,8	200	220	АВВГ(4х70)	8
Поперечно-строгальный станок	28	0,40	118,3	160	178	АВВГ(4х50)	12
Универсально-заточный станок	18	0,40	76,1	100	121	АВВГ(4х25)	5
Вертикально-фрезерный станок	20	0,50	67,6	80	93	АВВГ(4х16)	7
Шлифовальный станок	8	0,50	30,4	40	45	АВВГ(4х4)	6
Плоскошлифовальный станок	14	0,40	59,1	80	93	АВВГ(4х16)	4
Гальваническая ванна	6	1,00	11,4	16	34	АВВГ(4х2,5)	5
Гидравлический пресс	12	0,70	28,9	40	45	АВВГ(4х4)	6
Горизонтально-фрезерный станок	18,8	0,60	52,9	63	72	АВВГ(4х10)	6
Плоскошлифовальный станок	44	0,55	135,2	160	178	АВВГ(4х50)	4
Радиально-сверлильный станок	12	0,50	40,6	50	54	АВВГ(4х6)	4
Вентилятор	120	0,80	253,5	320	337	АВВГ(4х150)	5
Кран-балка ПВ=25%	28	0,50	94,6	125	147	АВВГ(4х35)	4

2.11 Построение эпюры отклонения 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 .

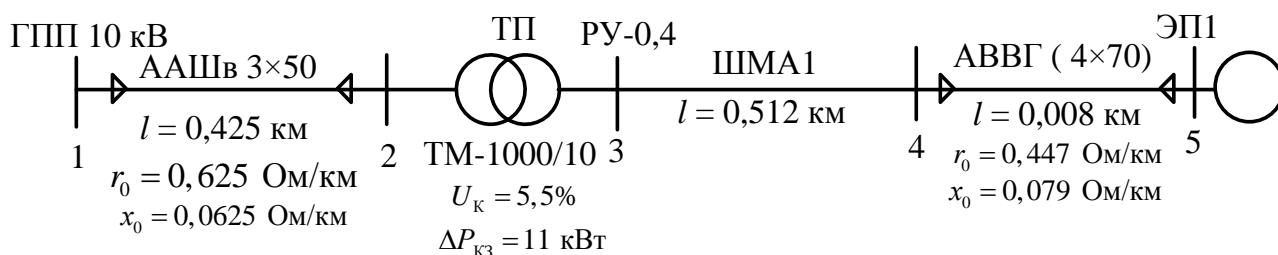


Рисунок 2.7 – Радиальная схема для расчета отклонений напряжения

Узел 5

Расчетная активная нагрузка на участке 4 – 5:

$$P_{4-5} = P_{\text{ном.эп1}} = 50 \text{ кВт},$$

где $P_{\text{ном.эп1}}$ – номинальная активная мощность ЭП1.

Расчетная реактивная нагрузка на участке 4 – 5:

$$Q_{4-5} = Q_{\text{ном.эп1}} = 66,6 \text{ кВар},$$

где $Q_{\text{ном.эп1}}$ – номинальная реактивная мощность ЭП1.

Узел 4

$$S_{\text{расч.шма1}} = 100,43 + j92,97 \text{ кВА},$$

где $S_{\text{расч.шма1}}$ – суммарная нагрузка ШМА1.

Узел 3

$$S_{\text{расч.кТП11}} = 1403,6 + j1370,84 \text{ кВА},$$

где – суммарная нагрузка КТП11.

Расчетная нагрузка на 1 трансформатор:

$$S_{\text{расч.тр}} = \frac{S_{\text{расч.кТП11}}}{2} = 701,8 + j685,42 \text{ кВА.}$$

Узел 2_– сторона ВН трансформатора КТП11. Нагрузка складывается из мощности на стороне НН плюс потери в трансформаторе.

Определяем потери в трансформаторе ТМ-1000/10.

Потери активной мощности:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{хх.тр}} + \Delta P_{\text{кз.тр}} \beta_{\text{тр}}^2 = 2,45 + 11 \cdot \left(\frac{\sqrt{701,8^2 + 685,42^2}}{1000} \right)^2 = 13,03 \text{ кВт};$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{тр}} &= \Delta Q_{\text{хх.тр}} + \Delta Q_{\text{кз.тр}} \beta_{\text{тр}}^2 = \frac{I_{\text{хх}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{100} + \frac{U_{\text{кз}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{100} \cdot \left(\frac{S_{\text{расчт}}}{S_{\text{н.тр}}} \right) = \\ &= \frac{1,4 \cdot 1000}{100} + \frac{5,5 \cdot 1000}{100} \cdot \left(\frac{\sqrt{701,8^2 + 685,42^2}}{1000} \right)^2 = 66,92 \text{ кВар.} \end{aligned}$$

Находим расчетную нагрузку в узле 2:

$$P_{\text{расч2}} = P_{\text{расч3}} + \Delta P_{\text{тр}} = 701,8 + 13,03 = 714,83 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{расч2}} = Q_{\text{расч3}} + \Delta Q_{\text{тр}} = 685,42 + 66,92 = 754,34 \text{ кВар.}$$

Нагрузки минимального режима

Для минимального режима необходим годовой график активной и реактивной нагрузок: в качестве такого графика принимаем характерный суточный график нагрузок завода на рисунке 2.10.1.

$$P_{\text{min12}} = 0,85 \cdot P_{\text{max12}} = 0,85 \cdot 714,83 = 607,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{min12}} = 0,55 \cdot Q_{\text{max12}} = 0,55 \cdot 754,34 = 414,88 \text{ кВар};$$

$$P_{\text{min23}} = 0,85 \cdot P_{\text{max23}} = 0,85 \cdot 701,8 = 596,53 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{min23}} = 0,55 \cdot Q_{\text{max23}} = 0,55 \cdot 685,42 = 376,98 \text{ кВар};$$

$$P_{\text{min34}} = 0,85 \cdot P_{\text{max34}} = 0,85 \cdot 100,43 = 85,37 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{min34}} = 0,55 \cdot Q_{\text{max34}} = 0,55 \cdot 92,97 = 54,13 \text{ кВар};$$

Нагрузка в 5 узле остается неизменной, если она в максимальном режиме меньше, чем в узле 4 в минимальном.

$$P_{\max 5} \leq P_{\min 34}, Q_{\max 5} \leq Q_{\min 34}.$$

Условие не выполняется.

$$P_{\min 34} = 0,85 \cdot P_{\max 34} = 0,85 \cdot 50 = 42,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 34} = 0,55 \cdot Q_{\max 34} = 0,55 \cdot 66,6 = 36,6 \text{ кВар}.$$

Нагрузки послеаварийного режима

В послеаварийном режиме величина нагрузки в узлах 2,3, увеличивается в два раза по сравнению с максимальным, а в узле 4 и 5 остается без изменений.

Таблица 2.20 – Расчет нагрузок для различных режимов

Нагрузка в режимах, кВА	Обозначение участка			
	1-2	2-3	3-4	4-5
максимальный	714,83+j754,34	701,8+j674,42	100,43+j92,9 7	50+j66,6
минимальный	607,6+j414,88	596,53+j376,98	85,37+j54,13	42,5+j36, 6
послеаварийный	1429,66+j1508,68 2	1403,6+j1348,8 4	100,43+j92,9 7	50+j66,6

Потери напряжения

Максимальный режим

Участок 1 – 2

Потери напряжения на данном участке определим по выражению:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2}, \%$$

где R_{12} , X_{12} – активное и индуктивное сопротивления КЛ, питающей КТП;

U_1 – напряжение на шинах РУ НН ГПП (величину напряжения в начале участка в максимальном и послеаварийном режиме принимаем равным $U_1=10,5$ кВ).

Тогда в процентах

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{714,83 \cdot 0,806 + 754,34 \cdot 0,0806}{10 \cdot 10,5^2} = 0,5\%.$$

В вольтах:

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12\%} \cdot \frac{U_1}{100} = 0,5 \cdot \frac{10500}{100} = 52,5 \text{ В.}$$

Тогда напряжение в узле 2:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 52,5 = 10447,5 \text{ В.}$$

Участок 2 – 3

Потери напряжения на участке 2 – 3 определяются потерей напряжения на цеховом трансформаторе и определяется по выражению:

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

где U_a , U_p – активная и реактивная составляющие напряжения КЗ;

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

Активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора определяется:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_k \cdot 100}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{11 \cdot 100}{1000} = 1,1\%.$$

Реактивная составляющая:

$$U_p \% = \sqrt{U_{\text{кз}}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,1^2} = 5,39\%.$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos\varphi_2 = \frac{P_{23}}{\sqrt{(P_{23})^2 + (Q_{23})^2}} = \frac{701,8}{\sqrt{(701,8)^2 + (674,42)^2}} = 0,72;$$

$$\sin\varphi_2 = \frac{Q_{23}}{\sqrt{(P_{23})^2 + (Q_{23})^2}} = \frac{674,42}{\sqrt{(701,8)^2 + (674,42)^2}} = 0,693.$$

Отношение фактической нагрузки одного трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме работы:

$$\beta_T = \frac{\sqrt{(P_{23})^2 + (Q_{23})^2}}{S_{\text{н.тр}}} = \frac{\sqrt{701,8^2 + 674,42^2}}{1000} = 0,83;$$

Тогда

$$\begin{aligned}\Delta U_{T\%} &= \beta_T \cdot (U_a \cdot \cos\varphi_2 + U_p \cdot \sin\varphi_2) + \frac{\beta_T^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin\varphi_2 - U_p \cdot \cos\varphi_2)^2 = \\ &= 0,83 \cdot (1,1 \cdot 0,72 + 5,39 \cdot 0,693) + \frac{0,83^2}{200} \cdot (1,1 \cdot 0,693 - 5,39 \cdot 0,72)^2 = 3,787\%.\end{aligned}$$

Потери напряжения

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{T\%} \cdot \frac{U_2}{100} = 3,787 \cdot \frac{10447,5}{100} = 395,6 \text{ В.}$$

Напряжение в узле 3

$$U_3 = (U_2 - \Delta U_{23}) \cdot \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} = (10447,5 - 395,6) \cdot \frac{400}{10500} = 382,9 \text{ В.}$$

Участок 3 – 4

$$\Delta U_{34\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{100,43 \cdot 0,102 + 92,9 \cdot 0,05}{10 \cdot 382,9^2} = 0,001\%$$

В вольтах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34\%} \cdot \frac{U_3}{100} = 0,001 \cdot \frac{382,9}{100} = 0,004 \text{ В.}$$

Напряжение в узле 4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 382,9 - 0,004 = 382,896 \text{ В.}$$

Участок 4 – 5

$$\Delta U_{45\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{50 \cdot 0,004 + 66,6 \cdot 0,0006}{10 \cdot 382,896^2} = 0,006\%$$

В вольтах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45\%} \cdot \frac{U_4}{100} = 0,006 \cdot \frac{382,896}{100} = 0,02 \text{ В.}$$

Напряжение в узле 5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 382,896 - 0,02 = 382,876 \text{ В.}$$

Для режимов минимальных нагрузок и послеаварийного режима расчет проводим аналогично.

Таблица 2.21 – Результаты расчета режимов

Участок	1-2	2-3	3-4	4-5
Марка кабеля	ААШв (3х50)	ТМ – 1000/10	ШМА1	АВВГ- (4х70)
R , Ом	0,807	$U_{кз}=5,5\%$	0,102	0,004
X , Ом	0,00807	$\Delta P_{кз}=11$ кВт	0,051	0,0006
<u>Максимальный режим</u>				
P , кВт	714,83	701,8	100,43	50
Q , кВар	754,34	674,42	92,9	66,6
ΔU , %	0,5	3,787	0,001	0,006
ΔU , В	52,5	395,6	0,004	0,02
<u>Минимальный режим</u>				
P , кВт	607,6	596,53	85,37	42,5
Q , кВар	414,88	376,98	54,13	36,5
ΔU , %	0,47	2,65	0,0007	0,004
ΔU , В	49,3	276,9	0,002	0,15
<u>Послеаварийный режим</u>				
P , кВт	1429,66	1403,6	100,43	50
Q , кВар	1508,68	1348,8	92,9	66,6
ΔU , %	1,1	7,2	0,001	0,006
ΔU , В	115,5	747,6	0,004	0,02

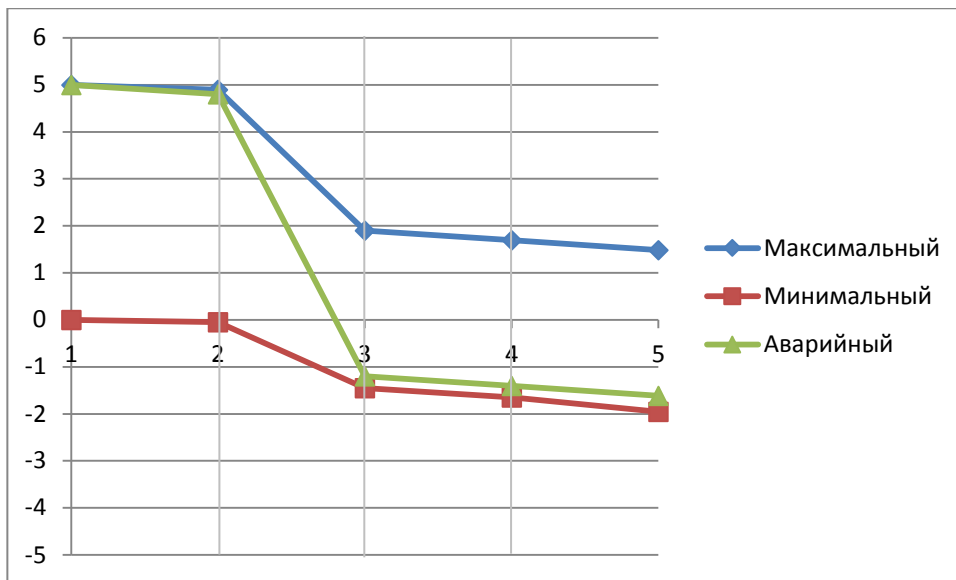


Рисунок 2.8 – Эпюры отклонения напряжения

2.12 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В

Особенности расчета токов КЗ в сетях до 1000 В:

- 1) мощность системы ($S_{\text{сист}}$) 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;

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

Расчет трехфазных токов КЗ

Ток трехфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{рез}}},$$

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

Ударный ток КЗ определяется по формуле:

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

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

Для расчета токов КЗ составим расчетную схему.

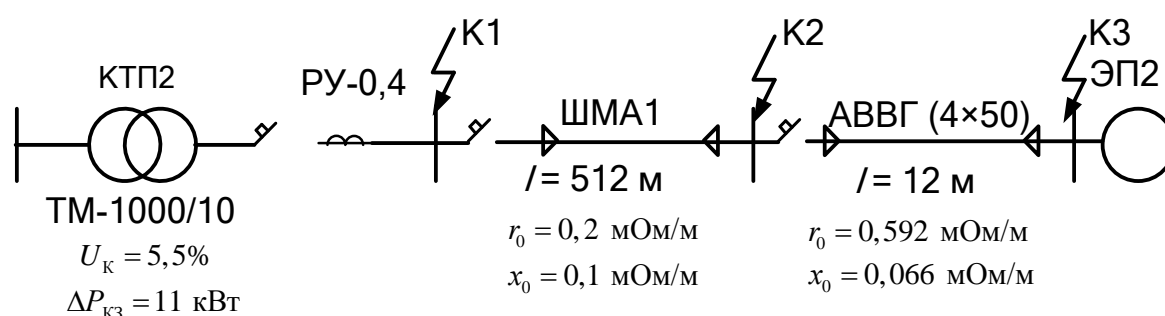


Рисунок 2.9 – Расчетная схема распределительной сети

Определяем сопротивления для расчета трехфазного КЗ, используя справочные данные [1].

1. Сопротивления трансформатора:

$$R_{\text{тр}} = 1 \text{ мОм}; X_{\text{тр}} = 6,5 \text{ мОм}.$$

2. Сопротивления первичной обмотки трансформатора тока ТТ:

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

3. Сопротивления автоматического выключателя QF1:

$$R_{\text{QF1}} = 0,07 \text{ мОм}; X_{\text{QF1}} = 0,08 \text{ мОм}; R_{\text{кQF1}} = 0,08 \text{ мОм}.$$

4. Сопротивления автоматического выключателя QF2:

$$R_{\text{QF2}} = 0,40 \text{ мОм}; X_{\text{QF2}} = 0,50 \text{ мОм}; R_{\text{кQF2}} = 0,60 \text{ мОм}.$$

5. Сопротивления автоматического выключателя QF3:

$$R_{\text{QF3}} = 0,40 \text{ мОм}; X_{\text{QF3}} = 0,50 \text{ мОм}; R_{\text{кQF3}} = 0,60 \text{ мОм}.$$

6. Сопротивления кабельной линии ШМА1:

$$R_{\text{шма1}} = 102,4 \text{ мОм}; X_{\text{шма1}} = 51,2 \text{ мОм}.$$

7. Сопротивления кабельной линии КЛ2:

$$R_{\text{КЛ2}} = 7,1 \text{ мОм}; X_{\text{КЛ2}} = 0,8 \text{ мОм}.$$

8. Переходные сопротивления ступеней распределения:

$$R_{\text{ру.нн}} = 15 \text{ мОм}; .$$

Определяем эквивалентные сопротивления до точек КЗ:

$$R_1 = R_{\text{тр}} + R_{\text{QF1}} + R_{\text{кQF1}} + R_{\text{ТТ}} + R_{\text{ру.нн}} = 16,26 \text{ мОм};$$

$$X_1 = X_{\text{тр}} + X_{\text{QF1}} + X_{\text{ТТ}} = 6,75 \text{ мОм};$$

$$R_2 = R_{\text{QF2}} + R_{\text{шма1}} + R_{\text{кQF2}} = 103,4 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_{\text{шма1}} + X_{\text{QF2}} = 51,7 \text{ мОм}.$$

$$R_3 = R_{\text{QF3}} + R_{\text{кQF3}} + R_{\text{КЛ2}} = 8,1 \text{ мОм};$$

$$X_3 = X_{\text{КЛ2}} + X_{\text{QF3}} = 1,3 \text{ мОм}.$$

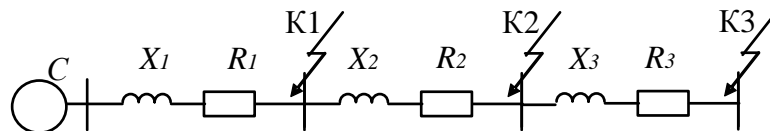


Рисунок 2.10 – Упрощенная схема замещения цеховой сети

Пример расчета тока КЗ для точки К1:

$$Z_{\text{к1}} = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{16,26^2 + 6,75^2} = 17,61 \text{ мОм};$$

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 17,61} = 13,11 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{к3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 13,11 = 18,54 \text{ кА}.$$

По рис 1.1 [1] определим $k_{\text{уд}}$. Для этого требуется определить $X_1/R_1=0,42$, откуда $k_{\text{уд}} = 1$.

Для остальных точек расчет проводится аналогично, и результаты заносятся в таблицу 2.22.

Расчет однофазных токов КЗ

Ток однофазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}};$$

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

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

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

Схема замещения для расчетов однофазного КЗ не изменится, однако необходимо добавить сопротивления нулевых проводников [8].

Сопротивление нулевой жилы кабельной линии:

$$R_{0-кЛ2} = r_0 \cdot l = 12,5 \cdot 12 = 150 \text{ мОм}.$$

Индуктивное сопротивление кабельной линии [17]:

$$X_{кЛ2} = x_0 \cdot l = 0,15 \cdot 12 = 1,8 \text{ мОм}.$$

Сопротивления трансформатора:

$$Z_{\text{тр}}^{(1)} = 81 \text{ мОм};$$

Пример расчета тока КЗ для точки К2:

$$R_1 = R_{\text{QF1}} + R_{\text{кQF1}} + R_{\text{тт}} + R_{\text{ру.нн}} = 15,26 \text{ мОм};$$

$$X_1 = X_{\text{QF1}} + X_{\text{тт}} = 0,25 \text{ мОм};$$

$$R_2 = R_{\text{QF2}} + R_{\text{шма1}} + R_{\text{кQF2}} = 103,4 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_{\text{шма1}} + X_{\text{QF2}} = 51,7 \text{ мОм}.$$

Тогда

$$Z_{\phi-0} = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2} = \sqrt{(15,26 + 103,4)^2 + (0,25 + 51,7)^2} = 129,5 \text{ мОм};$$

$$I_{\kappa 1}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} = \frac{230}{\frac{81}{3} + 129,5} = 1,45 \text{ кА}.$$

Результаты расчетов токов КЗ для остальных точек сведены в таблицу 5.22.

Таблица 2.22 – Сводная ведомость токов КЗ

Расчетные точки		К1	К2	К3
Токи КЗ, кА	$I_{\text{КЗ}}^{(3)}$	13,11	1,73	1,63
	$I_{\text{КЗ}}^{(2)}$	11,35	1,49	1,41
	$I_{\text{КЗ}}^{(1)}$	5,44	1,35	0,74
	$i_{\text{вд}}$	18,54	2,45	2,31

2.13 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 КТП2 – РУНН – ШМА1– ЭП2.

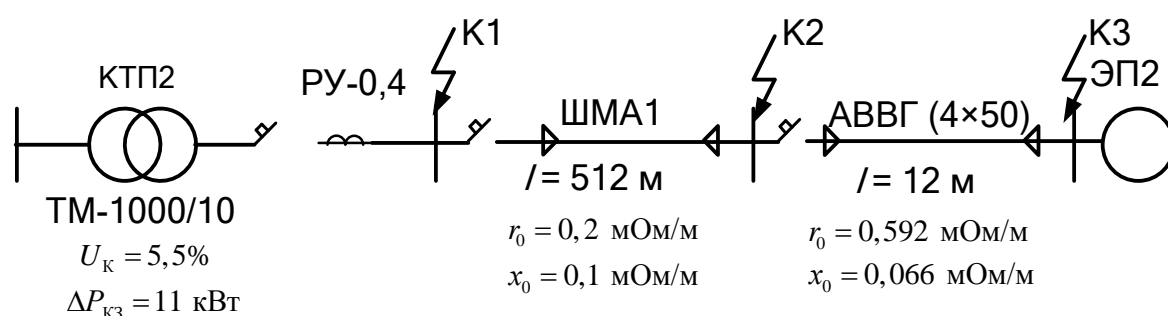


Рисунок 2.11 – Расчетная схема для участка цеховой сети КТП – ЭП2

Таблица 2.23– Данные для построения карты селективности

	РУ НН	ШМА1	ЭП1	Ток КЗ, кА		
				1	2	3
I_p, A	529,34	207,87	-	13,11	1,73	1,63
$I_{пик}, A$	2248,8	883,1	-			
$I_{ном}, A$	-	-	118,3			
$I_{пуск}, A$	-	-	591,5			

Таблица 2.24 – Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
ВА 74-40 (РУНН1)	625	3125
ВА88-35-250 (ШМА1)	250	1600
ВА51-35М2 (ЭП2)	160	1000

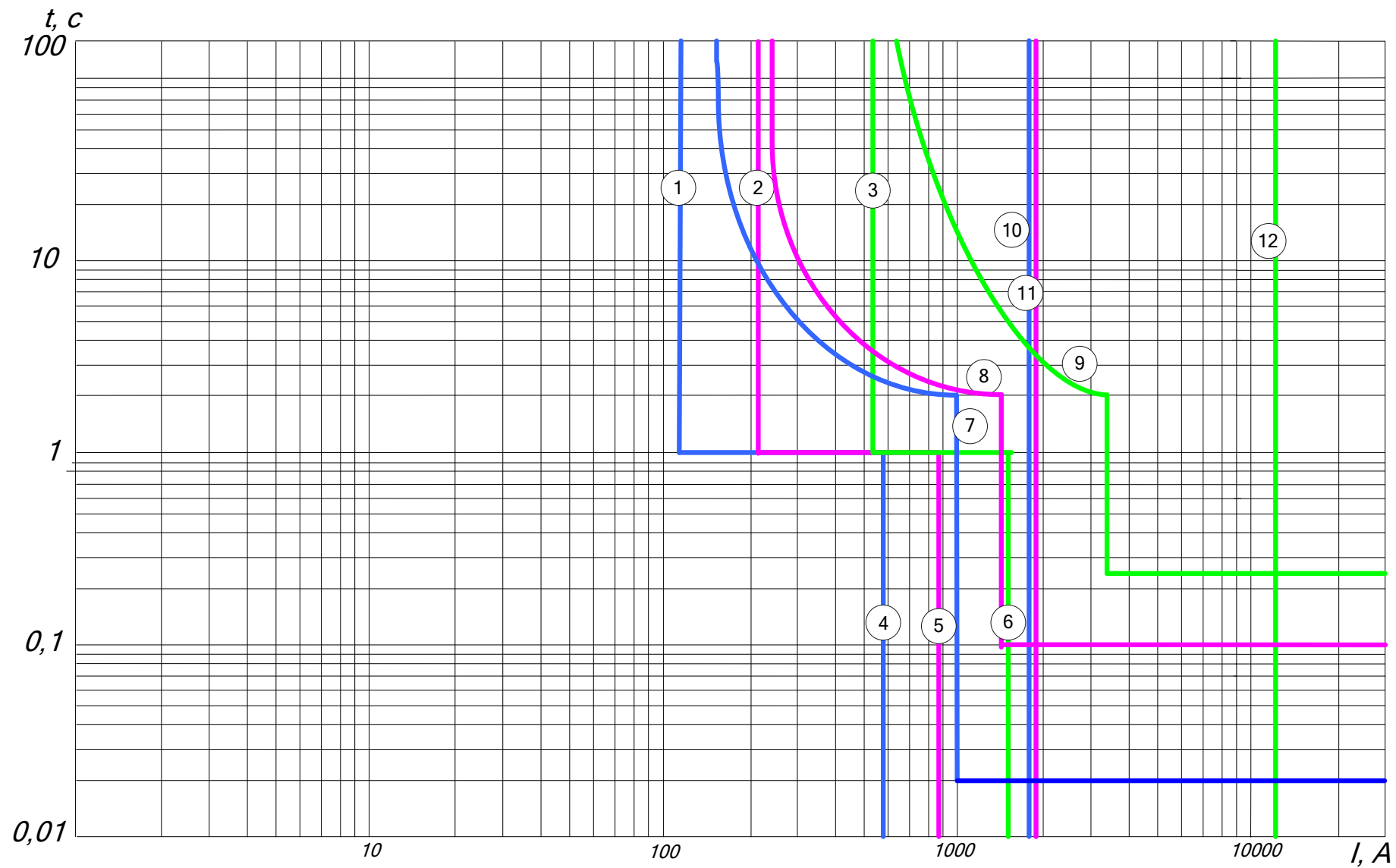


Рисунок 2.12 - Карта селективности аппаратов защиты в установках до 1000 В

На рисунке 2.12 приняты следующие обозначения:

1 – номинальный ЭП 2;

2 – расчетный ток ШМА1;

3 – расчетный ток РУНН;

4 – пусковой ток ЭП 2;

5 – пиковый ток ШМА1;

6 – пиковый ток РУ НН;

7 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА51-35М2 (ЭП);

8 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА88-35-250 (ШМА);

9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА74-40 (РУ НН);

10 – ток КЗ в точке К1;

11 – ток КЗ в точке К2;

12 – ток КЗ в точке К3.

2.14 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ

Проверка условия:

$$I_{кз}^{(1)} > 3 \cdot I_{ном.расц}$$

В случае возникновения однофазного КЗ, автомат, защищающий электроприемник, должен безотказно сработать.

Сведем результаты расчетов в таблицу 2.25.

Таблица 2.25 – Результаты расчетов токов короткого замыкания

Точка КЗ	$I_{кз}^{(1)}$, кА	$3 \cdot I_{ном.расц}$, кА
К1	5,44	4,8
К2	1,35	0,75
К3	0,74	0,48

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Введение

Цель финансового менеджмента – создание различных вариантов, которые будут отвечать всевозможным условиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Решаются такие задачи как:

1. Производится оценка перспективности проведения и научных работ;
2. Определяются возможные альтернативы проведения научных работ, которые бы отвечали новейшим требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
3. Создается план научно-исследовательской деятельности;
4. Определяется ресурсная, финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность работ.

3.1 Анализ конкурентных технических решений

Развернутый анализ конкурентных альтернатив, имеющих на рынке, необходимо проводить регулярно, так как условия на рынке изменчивы с течением времени. Как правило, анализ производят, прибегая к оценочной карте.

Оценочная карта делается для возможных альтернатив схем электроснабжения 1) магистральной, 2) радиальной и 3) смешанной сети.

Таблица 3.1.1 – Оценочная карта для сравнения технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		№1	№2	№3	K_{k1}	K_{k2}	K_{k3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,3	5	3	4	1,5	0,9	1,2
2. Экономия электроэнергии	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
3. Лёгкость монтажа	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
4. Безопасность	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,2	3	3	4	0,6	0,6	0,8
2. Минимальные затраты при монтаже схемы	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
3. Простота монтажа	0,05	5	4	2	0,25	0,2	0,1
4. Долговечность оборудования	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
Итого	1	35	29	28	4,35	3,35	3,75

Любая позиция измеряется по каждому признаку по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее низкая точка зрения, а 5 – наиболее мощная. Вес абсолютно всех характеристик в сумме 1.

Анализ альтернатив:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K - конкурентоспособность разработки;

B_i - вес показателя;

B_i - балл i -го показателя.

Пример для 1 варианта:

$$K_{k1} = 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 = 4,35.$$

По расчетным данным видно, что наиболее привлекательный вариант № 1 – магистральная схема.

3.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) дает возможность определять свойства, описывающих качество и перспективность исследования на рынке, и дают возможность решать задачу рационального вложения инвестиций в проектируемый труд.

Согласно технологии QuaD каждый коэффициент измеряется по стобальной шкале, где 1 – наиболее низкая точка зрения, а 100 –наиболее мощная. Вес абсолютно всех характеристик в сумме равен 1.

Таблица 3.2.1 – Магистральная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	60	100	0,6	0,09
2. Надёжность	0,2	100	100	1	0,2
3. Унифицированность	0,05	100	100	1	0,05
4. Простота монтажа	0,05	60	100	0,6	0,03
5. Безопасность	0,2	100	100	1	0,2
6. Расход материалов	0,05	30	100	0,3	0,015
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	85	100	0,85	0,085
8. Перспективность	0,1	85	100	0,85	0,085
9. Цена	0,1	60	100	0,6	0,06
Итого	1	680	-	6,8	0,815

Таблица 3.2.2 – Радиальная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 3.2.2

Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	90	100	0,9	0,135
2. Надёжность	0,2	60	100	0,6	0,12
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	100	100	1	0,05
5. Безопасность	0,2	80	100	0,8	0,16
6. Расход материалов	0,05	90	100	0,9	0,045
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	80	100	0,8	0,08
8. Перспективность	0,1	85	100	0,85	0,085
9. Цена	0,1	80	100	0,8	0,08
Итого	1	735	-	7,35	0,79

Таблица 3.2.3– Смешанная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	80	100	0,8	0,12
2. Надёжность	0,2	70	100	0,7	0,14
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	50	100	0,5	0,025
5. Безопасность	0,2	90	100	0,9	0,18
6. Расход материалов	0,05	50	100	0,5	0,025
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	70	100	0,7	0,07
8. Перспективность	0,1	70	100	0,7	0,049
9. Цена	0,1	50	100	0,5	0,05
Итого	1	600	-	6	0,694

По технологии QuaD качество и перспективность проектируемого варианта:

$$P_{CP} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где P_{CP} - – средневзвешенное значение;

B_i - вес показателя

B_i - средневзвешенное значение i -го показателя.

Численное значение P_{CP} демонстрирует качество и перспективность альтернативы. Если $80 \leq P_{CP} \leq 100$ - альтернатива перспективна; $60 \leq P_{CP} \leq 79$ – альтернатива выше среднего; $40 \leq P_{CP} \leq 59$ – перспективность альтернативы средняя; $20 \leq P_{CP} \leq 39$ – перспективность альтернативы ниже среднего; $P_{CP} \leq 19$ – то перспективность альтернативы очень низкая.

Следовательно, $P_{CP} = 0,815 \cdot 100\% = 81,5\%$, это показывает перспективность разработки в данном направлении.

3.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – систематический анализ научно-исследовательского плана. Он применяется для изучения внешней и внутренней стороны плана.

Таблица 3.3.1 Матрица SWOT для радиальной сети сети

	<p>Сильные стороны проекта: С1: Применяется в любой окружающей среде С2: Высокое качество надежности С3: Применение простых элементов</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1: Требуются большие инвестиции Сл2: Сложно делать перемещение электроустановок</p>
--	---	---

Продолжение таблицы 3.3.1

<p>Возможности проекта: В1: Использование негорючей и бронированной изоляции В2: Уменьшение цен на применяемые электростановки В3: Использование новейшего оборудования</p>	<p>Добавление в производственный процесс новых типов кабелей и выключателей, повышающих качество надежности, что снижает инвестиции на ремонтное</p>	<p>Добавление в производственный процесс новых типов кабелей и выключателей, что потребует увеличение инвестиций на обучение сотрудников, плюс инвестиции на приобретение оборудования.</p>
<p>Угрозы проекта: У1: Кабели в каналах очень сильно увеличивают инвестиции на создание схемы У2: Увеличение необходимости в шинопроводах</p>	<p>Использование самого современного электрооборудования снизит число аварий, связанных с отказом РЗиА, это приведет к уменьшению инвестиций на реконструкцию оборудования, непрерывное улучшение даст возможность удерживать первые места на рынке.</p>	<p>Большая стоимость электрооборудования, инвестиции нужные для повышения уровня образования персонала может быть причиной, что бюджетных денег не хватит для реконструкции, а это не даст стимула для дальнейшего развития</p>

SWOT матрицы для двух других вариантов построены аналогично.

Таблица 3.3.2 – Матрица SWOT для магистральной схемы

	<p>Сильные стороны проекта: С1: Высокий класс унифицированности С2: Легкий монтаж С3: Стоимость ниже, чем при радиальной схеме С4: Большая степень готовности к изменению</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1: Высокие токи КЗ Сл2: Низкое качество надежности потребителей</p>
<p>Возможности проекта: В1: Отсутствие РУ НН В2: Использование сквозных двойных магистралей В3: Использование изолированного короба специально для прокладки шинопровода</p>	<p>Низкая сложность монтажа и унифицированность благодаря отсутствию РУ НН и использованию двойных магистралей, что также дает уменьшение инвестиций, готовность и удобство монтажа.</p>	<p>Использование сквозных магистралей дает высокие токи КЗ, магистральные сети характеризуются малой надежностью электроснабжения потребителей.</p>
<p>Угрозы проекта: У1: Высокая цена схемы У2: Сложность монтажа</p>	<p>Отсутствие РУ НН снижает инвестиции строительство, а двойные магистрали дают для простоту монтажа.</p>	

Таблица 3.3.3 – Матрица SWOT для смешанной схемы

	<p>Сильные стороны проекта: С1: Высокая степень надежности С2: Самая высокая степени рациональности использование площади цеха</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1: Высокие токи КЗ Сл2: Сложно делать перемещение электроустановок</p>
<p>Возможности проекта: В1: Использование новейшего оборудоание В2: Использоание изолированного короба специально для прокладки шинопровода и негорючей бронированной изоляции кабелей</p>	<p>Добавление в производственный процесс новых типов кабелей и выключателей, повышающих степень надежности.</p>	<p>Добавление в производственный процесс новых типов кабелей и выключателей, что потребует увеличение инвестиций на обучение сотрудников, плюс инвестиции на приобретение оборудования.</p>
<p>Угрозы проекта: У1: Большая стоимость схемы У2: Более сложная схема монтажа</p>	<p>Добавление в производственный процесс новых типов кабелей и выключателей дает возможность максимально грамотно применить площадь цеха.</p>	<p>Использование сложной схемы сильно увеличивает степень сложности монтажа.</p>

3.4 Структура работы в рамках научного исследования

Необходимо сформулировать перечень стадий работ в рамках проектирования научного исследования, разделить исполнителей по видам деятельность. Алгоритм создания стадий работ, разделение исполнителей по видам работ представлен в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1 – Перечень этапов работ при проектировании

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Поиск и рассмотрение информации по теме	Инженер
	3	Структурирование найденных материалов	Инженер

Продолжение таблицы 3.4.1

	4	Календарное планирование работ	Инженер
Теоретические исследования	5	Расчет электрических нагрузок химического комбината	Инженер
	6	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	Инженер
	7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Инженер
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	10	Составление пояснительной записки	Инженер
Защита проекта	11	Представление проекта ГЭК	Руководитель Инженер

По таблице 3.4.1 видны этапы проектирования. Итогом данного проекта является выпускная квалификационная работа.

3.5 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ

Трудовые затраты составляют основную часть от стоимости разработки, поэтому важным аспектом является определение трудоемкости работ каждого из участников проекта.

Для нахождения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож_i}$ применяется выражение:

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

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

t_{\min_i} – минимальная возможная трудоемкость исполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\max i}$ – максимальная возможная трудоемкость исполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях, с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

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

3.6 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобный и наглядный способ - ленточный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и конца исполнения данных работ.

Время каждого рабочего этапа из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_k - 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:

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

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.

Коэффициент календарности на 2017 год:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,478.$$

Длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к4}} = T_{\text{р4}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,4 \cdot 1,478 = 3,547 \approx 4 \text{ дн.}$$

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

Полученные значения представлены в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях $T_{\text{рi}}$	Длительность работ в календарных днях $T_{\text{кi}}$
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}$, чел-дни		
Составление и утверждение технического задания	3	5	3,8	3,8	6
Поиск и рассмотрение информации по теме	2	3	2,4	2,4	4
Структурирование найденных материалов	5	7	5,8	5,8	9
Календарное планирование работ	2	3	2,4	2,4	4
Расчет электрических нагрузок химического комбината	9	11	9,8	9,8	15
Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	6	7	6,4	6,4	10
Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	5	6	5,4	5,4	8

Продолжение таблицы 3.6.1

Оценка эффективности полученных результатов	5	6	5,4	5,4	8
Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	12	14	12,8	12,8	19
Составление пояснительной записки	2	3	2,4	2,4	4
Представление проекта ГАК	1	2	1,4	1,4	2
Итого				85,724	89

По таблице 3.6.1 создаётся календарный план–график. График создается для максимального по времени выполнения работ в рамках научного исследования с разбивкой на месяцы, декады.

Таблица 3.6.2 – Календарный план – график

№	Вид работ	Ткi, кал. дней	Продолжительность выполнения работ											
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1			
1	Составление и утверждение технического задания	6	■											
2	Поиск и рассмотрение информации по теме	4		■										
3	Структурирование найденных материалов	9		■	■									
4	Календарное планирование работ	4			■									
5	Расчет электрических нагрузок завода железобетонных конструкций	15			■	■	■							
6	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	10					■	■						
7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	8						■	■					
8	Оценка эффективности полученных результатов	8							■	■				
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	19								■	■	■	■	
10	Составление пояснительной записки	4											■	■
11	Представление проекта ГАК	2												■

3.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

3.7.1 Расчёт материальных затрат НТИ

В стоимость материальных затрат включается стоимость материалов, которые используются при проектировании системы электроснабжения химического комбината, а именно канцелярских принадлежностей.

Таблица 3.7.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб .
Ручка	шт.	1	35	35
Тетрадь	шт.	1	40	40
Бумага	лист.	170	2	340
Картридж	шт.	1	700	700
Папка	шт.	1	20	20
Итого :				1135

3.7.2 Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчеты по приобретению оборудования, которое есть у организации, но используется для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу

3.7.2.1

Таблица 3.7.2.1 – Бюджет на приобретение оборудования

№	Наименование оборудования	Кол – во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб
1	ПК	1	43,000	43,000
Итого :				43,000

3.7.3 Расчет амортизационных отчислений

Под амортизационными отчислениями понимаются отчисления части стоимости основных фондов для возмещения их износа

Цена ПК больше 40000 руб., необходимо учитывать амортизацию:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{\text{Срок службы} \cdot 365} = \frac{43000 \cdot 41}{3 \cdot 365} = 1610 \text{ тыс.руб.}$$

3.7.4 Основная заработная плата исполнителей

Расходы по заработной плате определяются по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок. В основную заработную плату вносится премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 15 % от оклада.

Заработная плата инженера-проектировщика:

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

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

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot Z_{\text{осн}} \text{ – дополнительная заработная плата.}$$

Размер основной заработной платы находится из выражения:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p;$$

где $Z_{\text{дн}}$ - среднедневная заработная плата;

T_p суммарная продолжительность работ, выполняемая научно – техническим работником.

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D};$$

где Z_M - месячный оклад научно – технического работника;

M - количество месяцев работы без отпуска ($M = 11,2$ для пятидневной рабочей недели и отпуске в 28 рабочих дней, $M = 10,4$ для шестидневной рабочей недели и отпуске в 56 рабочих дней);

F_D - действительный годовой фонд научно технического персонала.

Месячный оклад научно – технического работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}};$$

где $Z_{\text{ТС}}$ - заработная плата по тарифной ставке;

$k_{\text{пр}}$ - премиальный коэффициент, 0,15;

$k_{\text{д}}$ - коэффициент доплат и надбавок, 0,2;

$k_{\text{р}}$ - районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

С помощью представленных выше формул находим основную заработную плату инженера НТИ:

$$Z_M = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,15 + 0,2) \cdot 1,3 = 29830 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{29830 \cdot 11,2}{365 - 118 - 28} = 1526 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1526 \cdot 41 = 62570 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{П}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} + 0,15 \cdot Z_{\text{осн}} = 62570 + 0,15 \cdot 62570 = 71960 \text{ руб}.$$

Руководитель имеет оклад равный 6000 рублей. С учётом этого, рассчитаем размер основной заработной платы руководителя НТИ.

3.7.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.5.5.1.

Таблица 3.7.5.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Инженер	62570	9390
Руководитель	22099	3315
Коэффициент отчислений	0,3	
Итого	$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (62570 + 9390 + 22099 + 3315) =$ 29212 руб.	

3.7.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи расходов. Накладные расходы находятся по выражению:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{Сумма статей } 1 - 5) \cdot 0,2 = \\ = (1135 + 43000 + 1610 + 71960 + 25414 + 29212) \cdot 0,2 = 34466 \text{ руб.}$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 20%.

3.7.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные затраты научно-исследовательской работы – основа для определения бюджета затрат проекта.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 3.7.7.1

Таблица 3.7.7.1 – Бюджет затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля в %
Расчет материальных затрат НИИ	1135	0,55
Расчет затрат на специальное оборудование	43000	20,80
Расчет амортизационных отчислений	1610	0,79
Расчёт затрат на заработную плату инженера	71940	34,79
Расчёт затрат на заработную плату руководителя	25414	12,29
Расчёт затрат на отчисления во внебюджетные фонды	29212	14,12
Расчёт накладных расходов	34466	16,67
Бюджет затрат НИИ	206777	100

Из данных таблицы видно, что большую долю всех затрат из бюджета научно-технического исследования составляют заработные платы инженера и руководителя. Самые малые доли от общих затрат имеют материальные затраты НИИ и амортизационные отчисления. Все затраты проекта могут быть реализованы, так как оказались ожидаемы.

С практической точки зрения из данного раздела видно, что выбранная магистральная схема электроснабжения является наиболее выгодным вариантом, так как она обладает большей надежностью и безопасностью. Улучшением данного варианта может послужить использование более дешевых кабелей и оборудования.

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Безопасность жизнедеятельности предполагает собой законодательные акты и соответствующие им социально - экономические, технические, гигиенические, организационные мероприятия, которые обеспечивают безопасность, поддерживают здоровье и работоспособность персонала в ходе работы.

Цель данного раздела - анализ условий работы, исследование опасных и вредных факторов, которые воздействуют на персонал, создание способов защиты от них, анализ вопросов техники безопасности, пожарной профилактики и защиты окружающей среды в ходе рабочего процесса в ремонтно-механическом цехе химического комбината.

Производство в ремонтно-механическом осуществляется с помощью 29 технологического оборудования. Производственная деятельность состоит из работы со станками, сварочным оборудованием, и транспортными приспособлениями.

Рабочие, которые обслуживают электрооборудование, находится в условиях постоянного действия различных отрицательных факторов для здоровья, которые объясняются характером производства и состоянием помещений. Поэтому, соблюдение санитарных норм при проектирования промышленных предприятий является обязательным условием.[6].

4.1. Производственная безопасность

4.1.1. Анализ вредных факторов

Вредные производственные факторы : отклонение параметров микроклимата от нормы, превышение уровня вибрации и шума. Опасные факторы на данном производстве:

- Поражение персонала движущимися частями электроустановок (универсально-заточный станок, вертикально-фрезерный станок);

- Термическое поражение при взаимодействии с электрооборудованием;
- Поражение электрическим током.

Производственная санитария

По ГОСТ 12.0.002-2014 производственная санитария - система технических средств и организационных мероприятий, которые предотвращают или уменьшают действие вредных факторов на персонал [7].

Для того, чтобы условия трудовой деятельности были оптимальны объем цехов должен быть на одного человека как минимум 15 м, площадь 4,5 м, высота цеха 3,2 м.

Микроклимат рабочей зоны

В ходе почти каждого технологического процесса выделяется теплота, при сжигании топлива, нагреве, при переходе электрической энергии в тепловую энергию.

Множество технологических процессов происходят с выделением пыли. Пыль, проникая в организм человека при дыхании, при заглатывании и через поры кожи, вызывает различные болезни. Поэтому для того, чтобы держать микроклимата в производственных помещениях завода в нормальном состоянии применяют вентиляцию.

Вентиляция дает возможность регулировать воздухообмен, который обеспечивает оптимальные санитарно-гигиенические условия в цехах, применяются такие виды как: общеобменная, механическая приточно-вытяжная вентиляция. Для того, чтобы очистить загрязненный воздух, который выбрасывается в атмосферу применяются пылеотделители.

Высокое ценится качество воздуха в цехах для охраны труда и здоровья человека.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (далее – ССБТ) нормируются параметры: относительная влажность,

температура, ПДК вредных веществ, скорость движения воздушного потока, [8]

Эти данные приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Допустимые значения температуры

Сезон года	Категория работы	Температура, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	П б	17-19	60-40	0,3
Теплый	П б	20-22	60-40	0,4

Для того, чтобы оценить допустимые значения влажности и температуры воздуха, необходимо учитывать категорию тяжести работ, по степени физической тяжести данная работа считается категорией средней тяжести Пб [9].

Микроклимат в холодное время поддерживается отоплением, теплое время – вентиляцией.

Освещение

Оценивать освещенность рабочего места нужно для того, чтобы обеспечить оптимальные условия работы в цехах и проводится по СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». [5]

Грамотное освещение на комбинате, дает возможность оптимальному техническому процессу. Для нашего комбината принимаем освещенность минимум 300 лк.

Лучшее освещение - солнечное, поэтому по СП все производственные помещения комбината имеют естественное освещение. Однако дневной свет не может дать необходимое освещение на протяжении всего трудового дня, так как оно зависит от погоды.

Поэтому все цеха комбината оснащены искусственным и естественным освещением. Роль источников искусственного освещения выполняют дуговые ртутные лампы.

Защита от шума и вибрации

Шум также относится к вредным факторам.

Согласно ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности»: «шум на рабочем месте дает раздражающее действие на персонал, способствует его утомляемости, а при выполнении работ, которые требуют внимания и сосредоточенности, приводит к увеличению ошибок и росту времени выполнения задачи. Долгое действие шума может повлечь тугоухость персонала и даже полную глухоту» [6].

Превышение звукового давления отрицательно действует на слух. Для того, чтобы измерить громкость (в децибелах Дб) используется двухшкальный шумомер. В ремонтно-механическом цехе разрешена громкость примерно 80 Дб. Громкость более 140 Дб вызывает болевой эффект.

Шум в рабочей зоне создается из-за вентиляционной системы и производственного оборудования.

Защитой от шума и звука применяют нормирование; некоторые технические тонкости, звукопоглощение, звукоизоляцию, специальные глушители аэродинамического шума, средства индивидуальной защиты.

Таблица 4.2 – Допустимые уровни шума (ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ)

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 на территории предприятий	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Вибрацию также относят к вредным факторам. Вибрация - колебательный процесс, который возникает при периодическом изменении центра тяжести от точки равновесия, при периодическом смещении формы тела, которая была в состоянии покоя. Вибрация может возникать из-за

колебаний частей аппаратов, машин, которые вызываются неуравновешенностью движущихся частей.

Диапазон колебаний, который может ощущать человек при касании с колеблющейся поверхностью, находится в границах (12–8000) Гц. Колебания менее 12 Гц ощущаются всем телом отдельными толчками. Предельные амплитуды колебаний приведены в таблице 4.3.

В производственной среде действие вибрации приводит к разным видам нарушений в организме человека. При постоянном действии на человека общей вибрации может развиваться нарушения опорно-двигательного аппарата, нервной системы, которые приводят к изменению в сердечно-сосудистой системе, вестибулярном аппарате, к нарушению обмена веществ. Данные воздействия выявляются в виде утомления, головокружений, снижения работоспособности, головных болей.

Таблица 4.3 – Допустимые амплитуды виброперемещений для различных условий воздействия вибрации (ГОСТ 12.4.046-2016 ССБТ)

Частота гармонической составляющей, Гц	Амплитуда виброперемещений, $\text{м} \times 10^{-3}$		
	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

В качестве виброзащиты используют индивидуальную защиту рук, ног и тела. Для рук: рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки согласно ГОСТ 12.4.002-97 "Система стандартов безопасности труда. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний". [16]

Виброизоляция идет с помощью ввода в систему дополнительных упругих связей, которые препятствуют передаче вибрации от машин к основанию.

Электрооборудование, которое является источником вибраций, должно быть на виброопорах.

4.1.2. Анализ опасных факторов

Электробезопасность

Электричество очень опасно для здоровья человека, непосредственно при касании работника с токопроводящей поверхностью.

Электробезопасность представляет собой систему технических и организационных мероприятий и средств, которые обеспечивают защиту персонала от опасного вредного и воздействия электричества.

При прохождении электрического тока через тело человека может произойти поражение различных органов, может быть оказано воздействие на нервную систему, сердце, кровеносно-сосудистую систему человека, мозг.

Воздействие электричества на организм человека может носить характер:

- термическое воздействие проявляется как ожог, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, которые находятся на пути прохождения тока до предельной температуры;
- электролитическое действие тока проявляется в виде разложения крови, нарушающий ее состав и функции;
- механическое действие тока в виде значительного давления в мышцах и кровеносных сосудах;
- биологическое действие тока в виде раздражения тканей, вызывающих реакцию организма такую как возбуждение, которое объясняет непроизвольное сокращение мышц.

Самый неблагоприятный исход воздействия электричества – смерть человека.

Основной документ, который регламентирует действие электричества в производственных условиях - ГОСТ 12.1.009-2009. [17]

Защита рабочих от поражения электричеством в производственных помещениях комбината: защита от случайного прикосновения; защитное заземление; зануление.

Цеха химического комбината - категория 3в согласно ПУЭ по степени опасности от поражения людей электричеством, относящейся к особо опасным помещениям при наличии органической или химически активной среды.

Защита от случайного прикосновения

Для того, чтобы исключить возможность случайного касания или опасного приближения к токоведущим частям в производственных помещениях комбината обеспечивается их недоступность с помощью ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

Ограждения используются сплошные, такие как кожухи и крышки, которые применяются до 1 кВ, также применяются сетчатые, имеющие двери, которые закрываются на замок.

До 1к В защищаются – неизолированные токоведущие части, которые находятся под напряжением, пусковая аппаратура, открытые плавкие вставки.

В электрооборудовании более 1кВ – все токоведущие части (изолированные и неизолированные) должны ограждаться сетками, закрытыми металлическими дверями, должны быть закрыты в металлические ящики или находиться на недосягаемой высоте.

Электрические блокировки создают разрыв цепи специальными контактами, устанавливаемыми на дверях кожуха. Блокировки используются для избежания ошибочных действий сотрудников.

Безопасность механических повреждений

Источники механических травм - циркулярная пила, фрезерный станок.

Другие причины механических травм:

- падение на скользком полу;

- падение с высоты или неустойчивого основания, на котором стоит человек при выполнении работы;
- технологический транспорт, который передвигается в цеху.

Для того, чтобы защититься от механических травм необходимо обеспечить: недоступность для человека опасных объектов, применение устройств, защищающих человека от опасного объекта, применение средств индивидуальной защиты.

Защитные устройства должны удовлетворять минимальным требованиям:

- останавливать контакт;
- гарантировать безопасность;
- защищать от падающих предметов;
- не делать новых опасных ситуаций;
- не делать новых помех.

Максимальное распространение для защиты от механического травматизма получили предохранительные, оградительные, тормозные устройства, устройства дистанционного управления устройства автоматического контроля и сигнализации.

Защитное заземление

Защитное заземление – специальный электрический контакт с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением из-за замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Основное назначение защитного заземления – устранить опасность поражения человека электричеством при возникновении напряжения на частях электроустановок.

Следует помнить, что защитное заземление не всегда эффективно, поэтому используют зануление.

Зануление

Зануление в электрооборудовании до 1 кВ – специальный электрический контакт открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сети трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Зануление используют в четырехпроводных сетях до 1 кВ с заземленной нейтралью.

Принцип: зануление преобразует замыкание в однофазное КЗ, в результате чего реагирует МТЗ и выборочно обесточивает поврежденный участок сети. Также, зануление уменьшает напряжения поверхностей, которые появляются в момент КЗ. При замыкании на зануленный корпус ток КЗ протекает через обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод.

4.2. Экологическая безопасность

Требования охраны окружающей среды изложены согласно СанПиНом 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» и ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. №7-ФЗ. [22, 23]

При слесарных работах накапливаются твердые отходы, для которых предусмотрены места временного накопления. Накопленные отходы передаются специализированным организациям для утилизации и вывоза на объекты размещения отходов. Примеры отходов цеха (наименование) приведены в приказе №242 от 22.05.2017г.

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

Газообразные отходы, загрязняющие воздух: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, как альдегиды, кетоны, азотистые соединения и т.д., бытовая пыль. Перед выбросом воздух цехов обязательно очищается в фильтровентиляционных системах, что уменьшает загрязнение воздуха

атмосферы. Жидкие отходы – бытовые отходы, которые образуются в процессе влажных уборок цехов, использовании водопровода, туалета, утилизируются в городскую канализацию и потом поступают в системы централизованной очистки.

При контакте с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, использованные специальные ткани для протирки оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); использованные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, которые утратили свои свойства в результате пользования – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014).

К сфере защиты грамотного использования относится экономия ресурсов, энергетических. Наиболее значима экономия электроэнергии и тепловой энергии на территории комбината.

Во-первых, повышаются экономические характеристики деятельности комбината (уменьшаются затраты на электроэнергию и тепловую энергию).

Во-вторых, экономия энергии уменьшит газ, мазут, уголь, который сжигается в ТЭС, что уменьшит выброс веществ в воздух атмосферы, которые ее загрязняют. Кажется, что данный вклад в энергосбережении мал, но это принесет значительный эффект.

Как дополнительные средства защиты применяются аппараты и системы для отчистки газовых выбросов. Важная роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнения: наилучшее расположение промышленных предприятий с учетом местности; установление санитарно-защитных норм вокруг промышленных предприятий.

Вследствие пользования персоналом душевыми и туалетами образуются жидкие отходы, которые удаляются с помощью канализационной системы.

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Ремонтно-механический цех химического комбината, согласно Федеральному закону РФ от 22.07.2008г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», относится к категории «Г», т.е. это производство, где присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) негорючие вещества или материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и/или пламени. [20]

Противопожарная защита необходима для создания наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации, с минимизацией ущерба при наиболее грамотном применении сил и технических средств тушения.

Система пожарной защиты подразумевает меры: использование не горючих и трудногорючих веществ и материалов в производстве, ограничения количества горючих веществ и их надлежащее размещение; изоляция горючей среды; использование средств коллективной и индивидуальной защиты от огня и средств пожарной сигнализации.

Все промышленные помещения комбината оснащены электрической пожарной сигнализацией, служащей для быстрого извещения службы пожарной безопасности о возгорании.

Помимо пожарного оборудования в местах, которые определяются 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.

При тушении пожаров в электрооборудовании возникает опасность поражения электричеством. Нужно обесточить напряжение, прежде чем начинать тушить пожар. Поражение электрическим током согласно ГОСТ 12.2 037-78:

- непосредственного касания токоведущих частей, находящимся под напряжением;

- прохождения тока утечки через тело человека;

- попадание под шаговое напряжение.

Максимальная возможность поражения наступает в случае, когда струя огнетушащего состава достигает частей электрооборудования, которое находится под напряжением. Одним из решений является использование токонепроводящих огнетушащих составов. Кроме того, возгорание возможно в труднодоступных для тушения частях установки. [23]

Большую роль в пожарной безопасности электрооборудования имеет грамотный выбор и режим работы электрооборудования с учетом пожароопасности и взрывоопасности помещений.

Выбор электрического оборудования для пожароопасных помещений, и наружных установок осуществляется в зависимости от класса помещения, по степени пожарной опасности осуществляется согласно ПУЭ гл.7.4.

В пожароопасных помещениях, обычно используют машины закрытого типа, защита и аппаратура в пыленепроницаемом исполнении.

На каждом предприятии должен быть установлен противопожарный режим и выполнены противопожарные мероприятия. Составляются карточки тушения пожара и оперативный план пожаротушения. Оперативный план - основной документ, состоящий из графической и текстовой частей, и создается комбинатом вместе с пожарной охраной.

При обнаружении возгораний или пожара оперативный персонал по регламенту:

1. Вызывает пожарную команду, единый телефон пожарных и спасателей – 101.

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.

В каждом цехе должна быть создана инструкция о конкретных мерах пожарной безопасности, противопожарном режиме и план эвакуации рабочих из цеха.

Пути эвакуации рабочих запрещено загромождать оборудованием. На путях эвакуации устанавливаются указатели и световые табло.

Каждый случай пожара (возгорания) должен быть расследован согласно «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.

Эвакуация людей из зданий и помещений

Согласно требованиям главы СНиП 11-2-80 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений» эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, которые находятся в помещениях зданий и сооружений, за необходимое время эвакуации. Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий рассчитывают исходя из длины эвакуационных путей и скорости передвижения людских потоков на всех участках пути от наиболее удаленных мест до эвакуационных выходов. [24]

4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Согласно Трудовому кодексу РФ, в целях соблюдения условий охраны труда существует контроль за их исполнением, в каждой организации, где численность более 50 сотрудников необходима служба по охране труда, или заключается специальный договор. Служба по охране труда находится в подчинении у директора комбината. На должность специалиста по охране

труда может претендовать инженер, который имеет квалификацию по охране труда, или который прошел специальное обучение.

Организация работ на комбинате производится по нарядам, наряд-допускам, распоряжениям или в порядке текущей эксплуатации согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Организационные мероприятия, которые обеспечивают безопасность работ в электроустановках:

- оформление наряда, распоряжения или перечня работ, которые выполняются в порядке текущей эксплуатации;
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;

При оформлении работ определяется круг лиц ответственных за безопасное проведение работ, технические и специальные мероприятия обеспечивающие безопасность во время работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы по теме «Проектирование системы электроснабжения химического комбината» были рассмотрены все вопросы технического задания.

По итогу расчета электрических нагрузок ремонтно-механического цеха методом упорядоченных диаграмм получены сведения: расчетный ток по цеху $I_p = 529,34$ А, полная расчетная мощность цеха $S_p = 347,99$ кВА. Полные расчетные мощности остальных цехов завода были найдены методом Кс, также найдена полная расчетная мощность всего завода, при этом была учтена осветительная нагрузка.

Создана картограмма нагрузок всего завода по полученным данным расчета электрических нагрузок, найден центр электрических нагрузок. ГПП размещена в зоне рассеяния рядом с центром электрических нагрузок.

Выполнен рациональный расчет и выбор числа и мощности цеховых силовых трансформаторов марки ТМ 1000/10, распределенных в соответствии с категориями надежности всех цехов завода. Питание цеховых силовых трансформаторов производится по радиальной схеме кабелями марки ААШв напряжением 10 кВ.

Питание завода электроэнергией происходит от внешней энергосистемы по двухцепной ВЛЭП на металлических опорах напряжением 110 кВ. Линия изготовлена из провода АС-70/161. Два трансформатора ТДН – 10000/110 устанавливаются на ГПП.

Схема ГПП 4Н - два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий.

Питание электроприемников происходит с помощью кабелей марки АВВГ, с учетом среды помещения. Аппараты защиты в сети низкого напряжения 0,4 кВ - автоматические выключатели серий АВ.

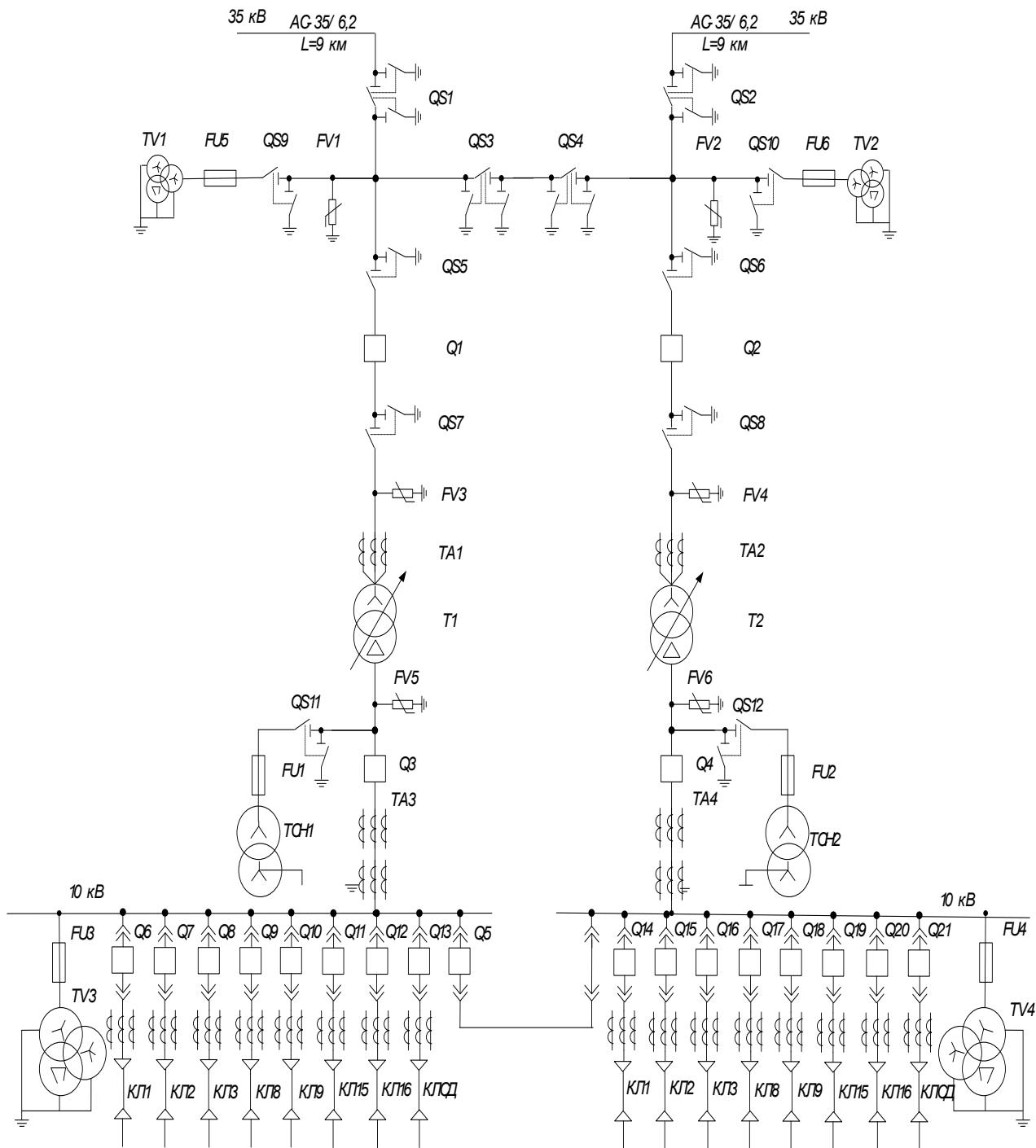
Выполнен расчет токов короткого замыкания в нескольких характерных точках как в сетях выше 1000 В, так и в сетях ниже 1000 В. В результате расчета были получены данные, по которым были созданы эпюры отклонений напряжения для максимального, минимального, послеаварийного режимов работы. Отклонение напряжения не больше, чем максимально допустимое во всех режимах

По токам короткого замыкания в сети ниже 1000В, которые были получены в результате расчётов, создана карта селективности действия аппаратов защиты, по которой видно, что аппараты настроены верно и работают селективно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Л.П. Сумарокова. Электроснабжение промышленных предприятий. Учеб. Пособие. - Томск: ТПУ, 2012. – 288 с.
3. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с.
4. Электрические сети [Электронный ресурс] / Электронные данные, URL: <http://leg.co.ua>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 20.03.2018 г.
5. Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 646 с.
6. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Часть 2. Расчет токов короткого замыкания в электроустановках до 1000 В. Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009 - 168с.
7. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС)
8. Электрические сети [Электронный ресурс] / Электронные данные, URL: <http://leg.co.ua>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 16.04.2016 г.
9. Кабельные системы [Электронный ресурс] / ООО «Кабельные системы» – Электронные данные – СПб. 2011 – 2016 г., URL: <http://www.kabel-s.ru>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 28.03.2016 г.
10. Электрические трансформаторы [Электронный ресурс] / ООО «Автоматика» – Электронные данные – г.Смоленск, URL: <http://www.tdtransformator.ru>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 16.04.2016г.

11. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: ТПУ, 2014. – 37 с.
12. Томпсон А.А., Стрикленд, Дж.А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа, 12-е издание: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006 – 928 с.
13. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.” СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
14. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
15. Федеральная служба по утилизации компьютеров и оргтехники [Электронный ресурс]. URL: <http://rusutilit.ru>. (Дата обращения: 11.05.2016г).
16. ГОСТ 12.1.005-88 “Общие сангигиенические требования к воздуху рабочей зоны.”
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 “Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы.”



ПРИЛОЖЕНИЕ А

ДП-ФЮРА. 3710000.252.Э4

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<p>Однолинейная схема химического комбината</p>	Лист	Лист	Лист
Выполнил						1	4	4
Руковод								

