

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование электроснабжения токарно-автоматного цеха конденсаторного завода

УДК 621.31.031:621.319.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4Д1	Карпинский Виктор Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Герасимов Дмитрий Юрьевич	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСНГ ШБИП	Завьялова Зинаида Сергеевна	Кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Шестакова Вера Васильевна	Кандидат технических наук		

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники
 Профиль Электроснабжение

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ Шестакова В.В.
 (Дата) (Подпись) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студент

Группа	ФИО
3-5А4Д1	Карпинский Виктор Сергеевич

Тема работы:

Проектирование электроснабжения токарно-автоматного цеха конденсаторного завода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	а) ген.план с размещением производственно–вспомогательных цехов; б) сведения об электрических нагрузках цеха; в) план цеха; г) сведения об электрических нагрузках предприятия.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; Описание предприятия; Картограмма и определение центра электрических нагрузок; Схема внешнего и внутриводского электроснабжения; Внутриводская распределительная сеть 10 кВ; Расчет токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В; Электроснабжение цеха полимеризации;
Перечень графического материала	а) расположение цеховых ТП на плане завода; б) схема питающей и распределительной сети токарно-автоматного цеха; в) принципиальная схема питающей силовой сети токарно-автоматного цеха; г) карта селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4кВ и радиальная сеть для расчета падений напряжений с эпюрами отклонения напряжения;

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.ф.н, доцент, Завьялова З.С.
Социальная ответственность	к.т.н, доцент, Дашковский А.Г.

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4Д1	Карпинский Виктор Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3 – 5А4Д1	Карпинский Виктор Сергеевич

Школа	ИШЭ	Отделение	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Электроснабжение промышленных предприятий

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	-Стоимость материалов и оборудования -Квалификация исполнителей -Трудоемкость работы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-Нормы амортизации -Размер минимальной оплаты труда
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	-Отчисления в социальные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Формирование вариантов решения проблем с учетом потерь электроэнергии
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование выполнения проекта: -Расчет бюджета затрат на проектирование -Расчет капитальных вложений в основные средства
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение научно - технической эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений; 2. Матрица SWOT; 3. Альтернативы проведения проектирования; 4. График проведения и бюджет проектирования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Завьялова Зинаида Сергеевна	Кандидат философских наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 5А4Д1	Карпинский Виктор Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа <u>3-5А4Д1</u>		ФИО Карпинский Виктор Сергеевич	
Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и Электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса):	Помещение с приточно-вытяжной вентиляцией и фильтрами для очистки воздуха. Площадь помещения составляет: 1940 м ² . В помещении находится электрооборудование в количестве 55 станков.
2. Отбор законодательных и нормативных документов по теме:	ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. 1999 г.) Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных вредных факторов: – общая система производственного освещения; – шум от работы металлообрабатывающих станков; – электромагнитные поля от работы электрооборудования.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных опасных факторов: – Электрический ток; – Быстровращающиеся части агрегатов и механизмов; – Возможность поражения дугой и брызгами раскаленного металла при проведении сварочных работ.
3. Охрана окружающей среды:	Влияние выбросов на атмосферный воздух токсичными соединениями и пылью, нормативы ПДВ.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Вероятной ЧС являются: - пожар; - стихийные бедствия. - аварии;
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии.	Организационные вопросы обеспечения безопасности в рабочей зоне для электротехнического персонала

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<u>3-5А4Д1</u>	Карпинский Виктор Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа имеет 112 страниц, 12 рисунков, 29 таблиц, 18 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: электроснабжение цеха, трансформатор, расчет токов короткого замыкания, автоматический выключатель, карта селективности.

Объект исследования – конденсаторный завод, токарно-автоматный цех.

Цель работы: проектирование электроснабжения конденсаторного завода.

В ходе работы:

- выполнен расчет нагрузки конденсаторного завода по исходным данным;
 - расчет нагрузки токарно-автоматного цеха;
 - построена картограмма электрических нагрузок;
 - сделан выбор схемы электроснабжения предприятия;
 - выбраны сечения кабельных и воздушных линий;
 - сделан выбор мощности трансформаторов на ГПП и цеховых трансформаторов.
- рассчитаны токи короткого замыкания выше и ниже 1000 В.

Расчет электрических нагрузок токарно-автоматного цеха был сделан методом упорядоченных диаграмм, в процессе расчета были получены значения расчетной мощности и расчетного тока. Расчетные мощности остальных цехов и полная мощность предприятия были сделаны методом коэффициента спроса. Схема внутривозвратной сети – радиальная.

СОДЕРЖАНИЕ

Задание	2
Введение	8
1. Характеристики производственных помещений и потребителей электроэнергии	10
2. Определение расчетной нагрузки токарно-автоматного цеха	13
3. Определение суммарной нагрузки потребления в целом по заводу	20
4. Картограмма электрических нагрузок и определение центра электрических нагрузок	25
5. Выбор числа и мощности трансформатора	27
6. Схема внешнего электроснабжения предприятия	29
7. Схема внутризаводской сети 6 - 10 кВ	37
8. Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	43
9. Распределение электроприемников по пунктам питания и определение расчетных нагрузок этих пунктов	49
10. Выбор ответвлений к ЭП с учетом защитных ответвлений	55
11. Построение эпюры отклонения напряжения	62
12. Построение карты селективности действия защитных аппаратов	66
13. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	67
14. Финансовый менеджмент	70
15. Социальная ответственность	87
Заключение	109
Список литературы	111

ВВЕДЕНИЕ

За основу дипломной работы было принято существующее производственное здание завода ТОО «Усть-Каменогорский конденсаторный завод».

Процесс организации электроснабжения в промышленной сфере, требует весьма солидных капиталовложений, которые к тому же способны стремительно расти по мере осуществления электромонтажных работ. Поэтому одним из ключевых вопросов в данной области является вопрос правильной организации работ, что необходимо для достижения высококачественного результата и оптимизации расходов на монтаж. Для этого нужно привлечь к работе ответственность и повышенное внимание, подобрать нужное оборудование, расходные и прочие материалы.

Именно проектировочные работы, выполненные на достаточном уровне качества, являются неременным условием для создания работоспособной, высокоэффективной, безопасной и надёжной энергосистемы производства.

Роль проектирования электроснабжения промышленных предприятий ещё более значима в том аспекте, что от эффективности электросети объекта зависит работа всех прочих инженерно-коммуникационных систем – водоснабжение, отопление, пожарная сигнализация и так далее.

Целью данного проекта является проектирование надёжной системы бесперебойного, энергоэффективного электроснабжения завода, заводоуправления, вспомогательных зданий и сооружений. Расчет общей нагрузки питающей сети от ПС 35 кВ. Необходимо произвести расчет электрических нагрузок на низкой (0,4 кВ) и высокой (10кВ) стороне, определить уровень токов короткого замыкания в различных точках системы. Выбрать оборудования распределительной сети, удовлетворяющее соответствующим требованиям современных нормативных документов.

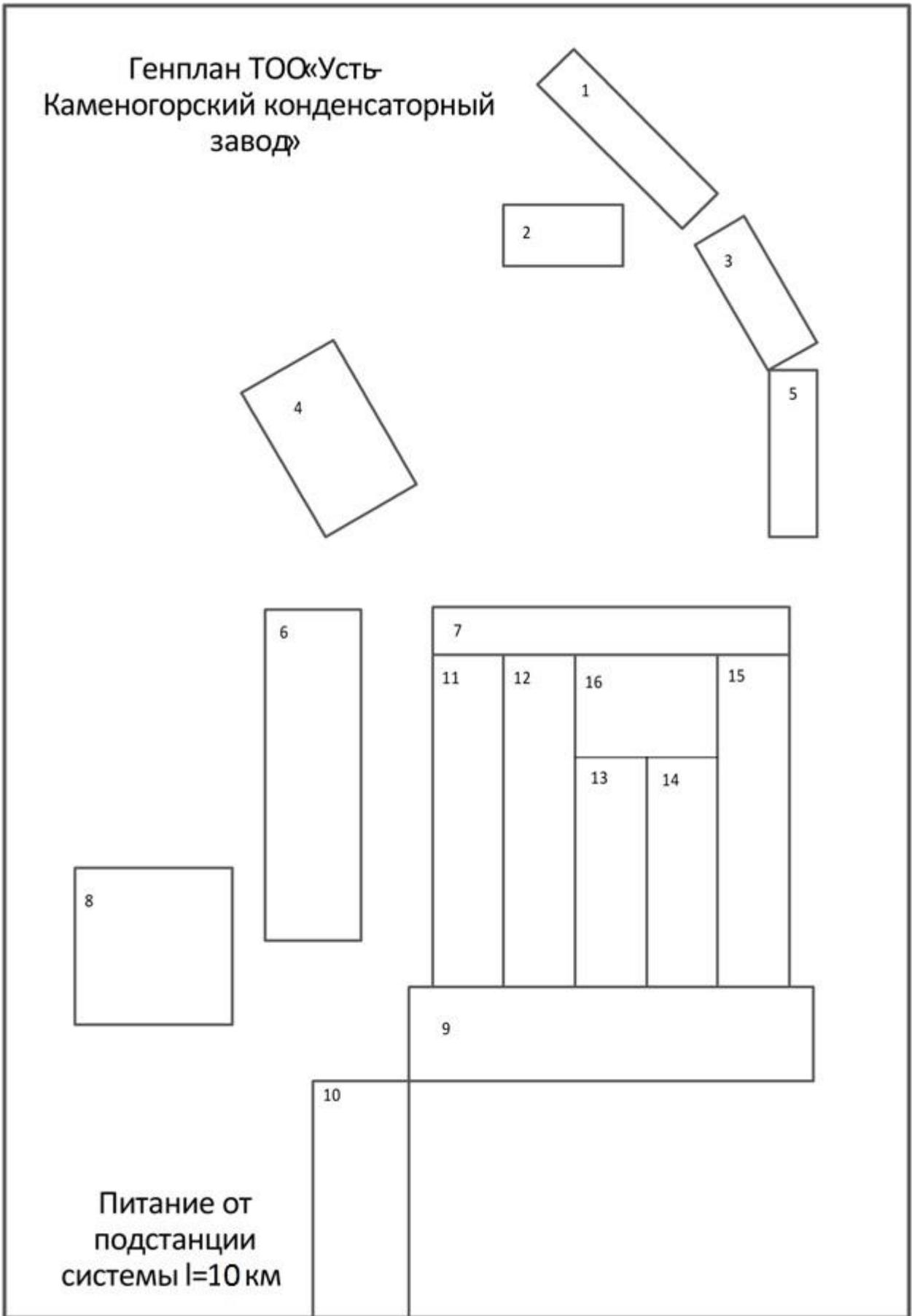


Рисунок 1.1–Генеральный план предприятия.

Исходные данные

Таблица 1.1– Сведения об электрических нагрузках завода.

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт	Категория электробезопасности	Характеристика среды	Категория энергопотребителя по степени бесперебойного питания
1	Гаражи	1	30	2	Нормальное	III
2	Административное здание	1	10	1	Нормальное	III
3	Гаражи	1	20	2	Нормальное	III
4	Зона таможенной	1	10	1	Нормальное	III
5	Пескоструйная	1	50	3	Сухое, пыльное	III
6	Ремонтно-строительный участок	1	80	3	Нормальное	III
7	Склад	1	14	2	Нормальное	III
8	Столовая	1	16	2	Нормальное	III
9	Заводоуправление	1	52	2	Нормальное	III
10	Заводоуправление	1	50	2	Нормальное	III
11	Участок сборки	1	57	3	Нормальное	III
12	Цех покраски и контрольно-измерительная лаборатория	1	180	3	Нормальное	III
13	Термовакuumный цех	2	800	3	Нормальное	II
14	Токарно-автоматный и ремонтно-инструментальный цех	1	500	3	Нормальное	III
15	Цех сварки	1	450	3	Нормальное	III
16	Высоковольтная лаборатория	1	300	3	Нормальное	II

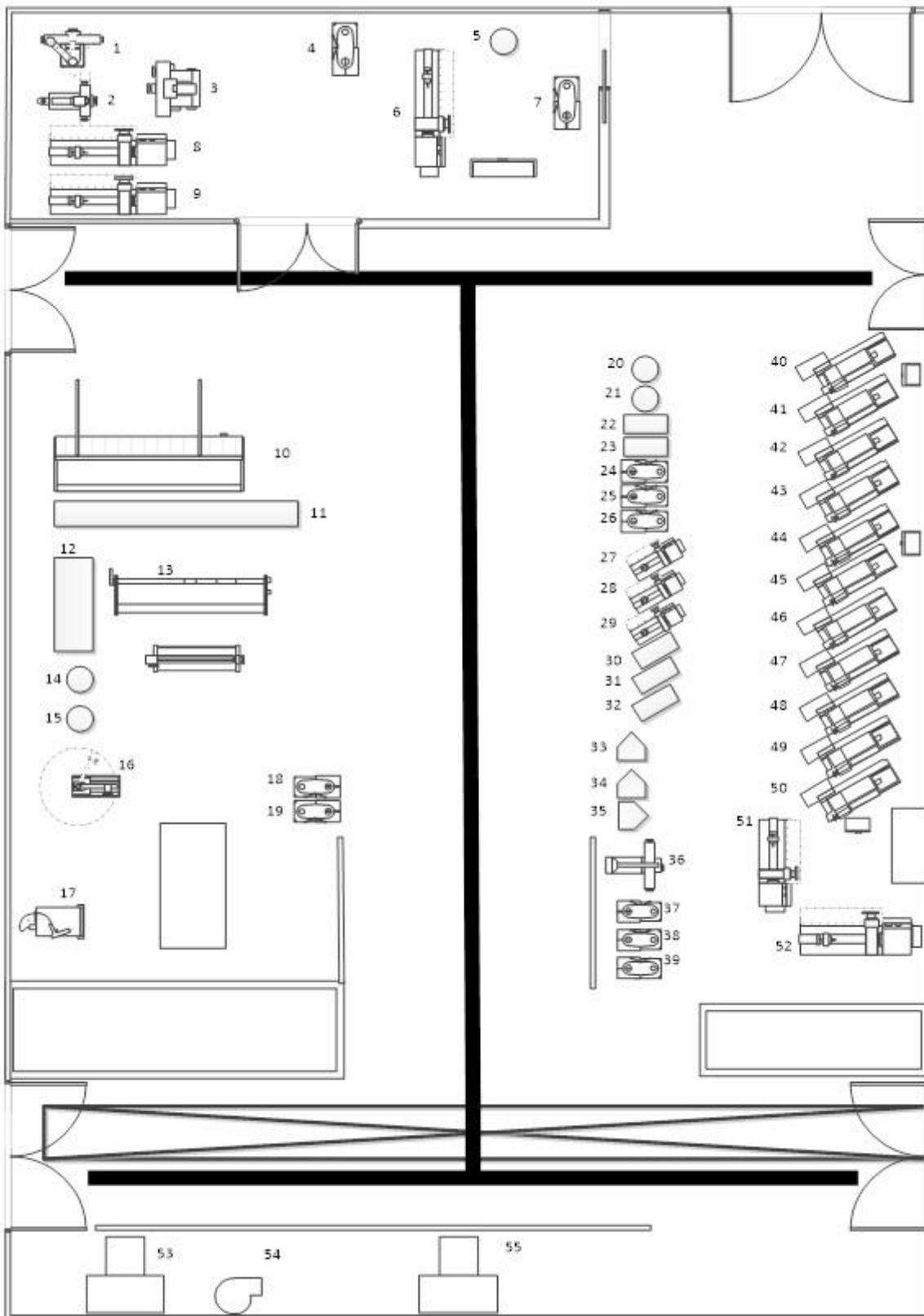


Рисунок 1.2—Схема расположения электроприемников в здании токарно-автоматного цеха.

Таблица 1.2– Сведения об электрических нагрузках цеха.

№ п/п	Наименование электроприёмника	$P_{уст}$ кВт	$K_{исп}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	η	$K_{пуск}$	Группа ЭП
1	Фрезерный станок	18	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
2	фрезерный станок	11	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
3	Плоскошлифовальный станок	20	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
4, 7, 18, 19,24-26, 37-39	сверлильный станок	3,0	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
5, 14, 15, 20, 21,	Точильный станок	2,4	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
6,52	токарный станок	22	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
8, 9	токарный станок	15	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
10	Механические ножницы	24	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
11	Листогиб	10	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
12	Механические ножницы	14	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
13	Фальцевальная машина	3	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
16	Сверлильный станок	1,7	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
17	Дуговой сварочный аппарат	2,8	0,3	0,80	0,75	0,95	3	А
22, 23	Резьбонарезной автомат	3	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
27-32	токарный станок	12	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
33,34,35	Резьбонакатной станок	4,0	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
36	фрезерный станок	8	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
40-48	Токарно-автоматный станок	6	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
49,50	Токарно-автоматный станок	3,5	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
51	Центровой токарный станок	18	0,14	0,60	1,33	0,89	5	А
53,55	Обогреватель помещения	4,5	0,8	0,95	0,33	0,95	-	Б
54	Радиальный вентилятор	5	0,65	0,80	0,75	0,89	5	Б
56	Кран-балка, г/п 5 т	9	0,10	0,60	1,33	0,89	5	А

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Согласно ПУЭ [1] ЭП в отношении обеспечения надежности электроснабжения подразделяются на три категории.

Электроприемники I категории – ЭП, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству; повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса.

Электроприемники II категории – ЭП, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих механизмов и промышленного транспорта.

Электроприемники III категории – все остальные ЭП, не подходящие под определение I и II категорий.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ ТОКАРНО-АВТОМАТНОГО ЦЕХА

Электрические нагрузки систем электроснабжения (СЭС) определяются для выбора числа и мощности силовых трансформаторов, мощности и места подключения компенсирующих устройств, выбора и проверки токоведущих элементов по условию допустимого нагрева, расчета потерь и колебаний напряжения и выбора защиты.

Под максимальной (расчетной) нагрузкой понимают наибольшее значение нагрузки элементов СЭС, усреднённое на интервале времени, за которое температура этих элементов достигает установившегося значения.

Расчетная силовая нагрузка цеха, электроснабжение которого разрабатывается подробно в работе, определяется по методу упорядоченных диаграмм. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы:

- а) электроприемники с переменным графиком нагрузки, у которых

$$K_{и} < 0,6 ;$$

б) электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых

$$K_{и} \geq 0,6 .$$

При расчетах электрических нагрузок удобно пользоваться специальной таблицей 2.

Расчёт электрических нагрузок производим с использованием следующих формул:

Установленная (номинальная) мощность отдельных электроприёмников принимается равной:

а) для электродвигателей длительного режима работы:

$$P_{ном} = P_{пасп};$$

где $P_{пасп}$ – номинальная мощность на валу электродвигателя;

б) для электродвигателей повторно-кратковременного режима работы:

$$P_{ном} = P_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ}, \text{ кВт};$$

где $\sqrt{ПВ}$ - паспортная продолжительность включения, отн. ед.;

в) для силовых электропечных трансформаторов – паспортной мощности, кВА;

г) для сварочных трансформаторов:

$$S_{ном} = S_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ}, \text{ кВА};$$

$$P_{ном} = S_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ} \cdot \cos\varphi, \text{ кВт};$$

д) крановая установка рассматривается, как один ЭП, при этом мощности всех двигателей складываются:

$$P_{ном} = \sum_1^n P_{ном i}, \text{ кВт};$$

где n – число ЭП; $P_{ном i}$ – номинальная активная мощность i -го ЭП.

$$m = \frac{P_{ном max}}{P_{ном min}} = \frac{24}{1,7} = 14,1$$

где $P_{ном max}$ – максимальная мощность 1-го ЭП, $P_{ном min}$ – минимальная мощность 1-го ЭП.

Средняя активная нагрузка за максимально загруженную смену для каждой группы ЭП определяется:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}, \text{ кВт};$$

для 1 группы: $P_{\text{см}} = 0,14 \cdot 411,5 = 57,7$ и так для следующих групп результаты заносим в таблицу 2.

Средняя реактивная нагрузка за максимально загруженную смену для каждой группы ЭП определяется:

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

для 1 группы: $Q_{\text{см}} = 57,7 \cdot 1,33 = 73,44$ и так для следующих групп результаты заносим в таблицу 2.

$K_{\text{и}}$ и $\cos\varphi$ для каждого ЭП или группы ЭП принимаются по справочным данным. Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{ном}}} = \frac{57,7}{411,5} = 0,14$$

где $\sum P_{\text{см}}$ – суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену группы электроприемников цеха, кВт; $\sum P_{\text{ном}}$ – суммарная установленная мощность группы электроприемников цеха, кВт.

Эффективное число ЭП (n_3) – количество одинаковых по мощности и режиму работы условных ЭП, которые создают такой же получасовой максимум, как и расчетная группа ЭП с различными режимами работы и номинальными мощностями.

$$N_3 = \frac{\left(\sum_1^n P_{\text{ном}i} \right)^2}{\sum_1^n P_{\text{ном}i}^2};$$

При большом числе групп ЭП допускается считать n_3 равным n при числе ЭП в группе четыре и более и соблюдении отношения:

$$m = \frac{P_{НОМ\max}}{P_{НОМ\min}} \geq 3.$$

При определении m исключены ЭП, мощность которых не превышает 5% номинальной мощности всей группы.

При $m > 3$ и $K_{и} > 0,2$ $n_э$ можно определить по более простой формуле:

$$n_э = \frac{2 \sum_1^n P_{НОМ i}}{P_{НОМ\max}} = \frac{2 \times \sum_1^{1,7} 1,7}{24} = 33$$

округляем до наименьшего целого числа $= 33$.

Когда найденное по этой формуле $n_э$ окажется больше n , то следует принимать $n_э = n$.

При $K_{и} < 0,2$ $n_э$ определяется по справочной литературе.

Коэффициент максимума $K_{м}$ определяется с учетом $n_э$ и $K_{и}$.

Для ЭП в длительном режиме работы практически с постоянным графиком нагрузки, у которых $K_{и} \geq 0,6$, значение $K_{м}$ принимается равным 1.

Расчётные активная ($P_{м}$) и реактивная ($Q_{м}$) мощности группы приёмников с переменным графиком нагрузки определяются из выражений

$$P_{м} = K_{м} \cdot P_{см} = 1,3 \cdot 57,7 = 75 \text{ кВт}$$

где значение коэффициентов расчётной нагрузки $K_{м}$ для сетей напряжение до 1кВ. принимается по табличным значениям.

$$Q_{м} = Q_{см}, \text{ квар; при } n_э > 10$$

$$Q_{м} = Q_{см} = 76,44 \text{ квар;}$$

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} K_{со} = 31,04 \cdot 0,92 = 28,6 \text{ кВт.}$$

$K_{со}$ принимается по справочным данным. Величина $P_{н.о.}$ находится как:

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} F = 16 \cdot 1940 = 31,04 \text{ кВт.}$$

где $P_{уд.о.}$ - удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м² (принимается по справочным материалам). F – площадь цеха, м² (определяется по генплану).

Полная расчётная нагрузка цеха (с учётом освещения) определяется по формуле:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{101^2 + 86,9^2} = 134 \text{ кВА};$$

Расчетный ток:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{134}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 203,25 \text{ А.}$$

Все произведённые расчеты заносим в таблицу 2

№ на плане	Электроприемники	Количество	Установленная мощность, Рном		$m = P_{\text{накс}} / P_{\text{плн}}$	Кэф-нт исп-ия K_n	\cos / tg	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число ЭП n_s	Кэффициент максима. K_m	Максимальная нагрузка			$I_m = S_m / 1,73 U_n, A$
			$p_{\text{ном}}$	ΣP_n				$P_{\text{см}} = K_n * P_n, \text{ кВт}$	$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} * \text{tg}, \text{ квар}$			$P_m = K_m * P_{\text{см}}, \text{ кВт}$	$Q_m = Q_{\text{см}}, \text{ квар}, \text{ при } n_s > 10$ $Q_m = 1,1 Q_{\text{см}}, \text{ квар}, \text{ при } n_s \leq 10$	$S_m, \text{ кВА}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Приёмники группы А															
1	Фрезерный станок	1	18	18		0,14	0,60/1,33	2,52	3,360			2,52	3,36	4,20	45,58
2	Фрезерный станок	1	11	11		0,14	0,60/1,33	1,54	2,053			1,54	2,05	2,57	27,85
3	Плоскошлифовальный станок	1	20	20		0,14	0,60/1,33	2,80	3,733			2,80	3,73	4,67	50,64
4, 7, 18, 19,24-26, 37-39	Сверлильный станок	10	3,0	30		0,14	0,60/1,33	4,20	5,600			4,20	5,60	7,00	7,60
5, 14, 15, 20, 21,	Точильный станок	5	2,4	12		0,14	0,60/1,33	1,68	2,240			1,68	2,24	2,80	6,08
6,52	Токарный станок	2	22	44		0,14	0,60/1,33	6,16	8,213			6,16	8,21	10,27	55,71
8, 9	Токарный станок	2	15	30		0,14	0,60/1,33	4,20	5,600			4,20	5,60	7,00	37,98
10	Механические ножницы	1	24	24		0,14	0,60/1,33	3,36	4,48			3,36	4,48	5,60	60,77
11	Листогиб	1	10	10		0,14	0,60/1,33	1,40	1,867			1,40	1,87	2,33	25,32
12	Механические ножницы	1	14	14		0,14	0,60/1,33	1,96	2,613			1,96	2,61	3,27	35,45

13	Фальцевальная машина	1	3	3		0,14	0,60/1,33	0,42	0,260			0,42	0,56	0,70	7,60
16	Сверлильный станок	1	1,7	1,7		0,14	0,60/1,33	0,24	0,317			0,24	0,32	0,40	4,30
17	Дуговой сварочный аппарат	1	2,8	2,8		0,3	0,80/0,75	0,84	0,630			0,84	0,63	1,05	5,32
22, 23	Резьбонарезной автомат	2	3	6		0,14	0,60/1,33	0,84	1,120			0,84	1,12	1,40	7,60
27-32	Токарный станок	6	12	72		0,14	0,60/1,33	10,1	13,44			10,08	13,44	16,80	30,39
33,34,35	Резьбонакатной станок	3	4,0	12		0,14	0,60/1,33	1,68	2,24			1,68	2,24	2,80	10,13
36	Фрезерный станок	1	8	8		0,14	0,60/1,33	1,12	1,493			1,12	1,49	1,87	20,26
40-50	Токарно-автоматный станок	11	6	66		0,14	0,60/1,33	9,24	2,32			9,24	12,32	15,40	15,19
51	Центровой токарный станок	1	18	18		0,14	0,60/1,33	2,52	3,36			2,52	3,36	4,20	45,58
56	Кран-балка, г/п 5 т	1	9	9		0,1	0,60/1,33	0,90	1,20			0,90	1,20	1,50	22,79
	ИТОГО по ЭП с переменныс ГЭН	53	206,9	411,5		0,14	0,60/1,32	57,70	73,44	33	1,07	75,01	76,44	107,09	151,83
	Приёмники группы Б														
53,55	Обогреватель помещения	2	4,5	9		0,8	0,95/0,33	7,2	2,367			7,2	2,37	7,58	7,2
54	Радиальный вентилятор	1	5	5		0,65	0,80/0,75	3,2	2,238			3,25	2,44	4,06	9,5
	ИТОГО по ЭП с постоянным ГЭН	3	9,5	14		0,75	0,91/0,46	10,4	4,8	3	1,06	11,08	5,28	12,27	18,65
	Итого по цеху силовая	56		425,5		0,16	0,64/1,19	68,1	81	35,2	1,07	72,9	86,9	113	172,6
	Освещение			31		$K_{co}=0,92$		28,6				28,6			30,7
	Итого по цеху	56		456,5		0,16	0,76/0,84	96,7	81			101	86,9	134	203,25

Таблица 2. Расчет электрических нагрузок токарно-автоматного цеха.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ЦЕЛОМ ПО ЗАВОДУ

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

Расчетная нагрузка на шинах НН, определяется с учётом силовой и осветительной нагрузки по формуле:

$$P_{p.n} = P_p + P_{p.o}, \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.n} = Q_p + Q_{p.o.}, \text{ кВАр.}$$

где P_p , $P_{p.o}$ соответственно расчетная активная мощность силовых потребителей и осветительных установок; Q_p , $Q_{p.o}$ расчетная реактивная мощность силовых потребителей и осветительных установок (в случае использования источников света, отличных от ламп накаливания).

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цехов (кроме рассмотренного) определяются из соотношений:

$$P_p = K_c \cdot P_n$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

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.

Приемники напряжением выше 1000 В учитываются отдельно. Расчетная активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В определяются по выше приведенным формулам.

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{p.o.} = P_{n.o.} K_{co}$$

K_{co} принимается по справочным данным. Величина $P_{n.o.}$ находится как:

$$P_{n.o.} = P_{уд.o} F$$

где $P_{уд.о}$ - удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м² (принимается по справочным материалам). F – площадь цеха, м² (определяется по генплану).

$$\text{для главного корпуса: } P_p = 30 \cdot 0,3 = 9 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = 9 \cdot 1,02 = 9,18 \text{ кВар.}$$

$$P_{н.о} = 17 \cdot 1050 = 17,8 \text{ кВт.}$$

$$P_{р.о} = 17,8 \cdot 0,85 = 15,2 \text{ кВт.}$$

$$P_{р.н} = 15,2 + 9 = 24,2 \text{ кВт.}$$

Т.к применяем лампы накаливания, то $Q_{р.н} = Q_p = 9,18$ кВАр.

Аналогичный расчёт производим для всех цехов и значения записываем в таблицу 3 и 3.1.

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

$$\Delta P_T = 0,02 S_{нр}; .$$

$$\Delta Q_T = 0,1 S_{нр}; .$$

$$\Delta P_{л} = 0,03 S_{нр}; .$$

где $S_{нр}$ - расчетная мощность предприятия на шинах напряжением до 1000 В за максимально загруженную смену.

$$S_{нр} = 1713 \text{ кВА. .}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 1713 = 34,26 \text{ кВт. .}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 1713 = 171,3 \text{ кВАр. .}$$

$$\Delta P_{л} = 0,03 \cdot 1713 = 51,4 \text{ кВт. .}$$

Суммарные расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГПП, определяются суммой расчетных мощностей и потерь.

Таблица 3. – Определение расчетной максимальной нагрузки

№	Наименование объекта	$P_n, \text{кВт}$	K_c	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$
п/п	<i>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</i>						
1	Гаражи	30	0,3	0,7	1,02	9	9,18
2	Административное здание	10	0,5	0,8	0,75	5	3,75
3	Автомобильный бокс	20	0,3	0,7	1,02	6	6,12
4	Зона таможи	10	0,3	0,8	0,75	3	2,25
5	Пескоструйная	50	0,3	0,7	1,02	15	15,3
6	Ремонтно-строительный участок	80	0,5	0,8	0,75	40	30
7	Склад	14	0,4	0,7	1,02	5,6	5,712
8	Столовая	16	0,5	0,8	0,75	8	6
9	Заводоуправление	52	0,5	0,8	0,75	26	19,5
10	Заводоуправление	50	0,5	0,8	0,75	25	18,75
11	Участок сборки	57	0,5	0,8	0,75	28,5	21,357
12	Цех покраски и контрольно измерительная лаборатория	180	0,5	0,8	0,75	90	67,5
13	Термо-вакуумный цех	800	0,4	0,7	1,02	320	326,4
14	Токарно-автоматный и ремонтно-инструментальный цех	456,5	0,16	0,76	0,84	72,9	86,9
15	Цех сварки	450	0,4	0,7	1,02	180	183,6
16	Высоковольтная лаборатория	300	0,5	0,8	0,75	150	112,5
	Итого по 0,38 кВ	2575,5				984	914,82

Таблица 3.1 – Определение осветительных нагрузок

№	Наименование объекта	Осветительная нагрузка				Силовая+осветительная			S _p ,кВА
		F,м ²	P _{уд} , Вт/м ²	P _{но} ,кВт	K _{с.о.}	P _{ро} , кВт	P _p +P _{ро} , кВт	Q _p ,квар	
п/п	Потребители электроэнергии 0,38 кВ								
1	Гаражи	1050	17	17,8	0,85	15,1	30,1	9,18	31,5
2	Административное здание	450	18	8,1	0,9	7,3	12,3	3,75	12,85
3	Автомобильный бокс	800	17	13,6	0,85	11,56	17,56	6,12	18,6
4	Зона таможи	800	18	14,4	0,9	13	16	2,25	16,16
5	Пескоструйная	900	17	15,3	0,85	13	27	15,3	31
6	Ремонтно-строительный участок	3360	18	60,5	0,95	57,5	97,5	30	102
7	Склад	1500	17	27,0	0,6	16,2	21,8	5,712	22,5
8	Столовая	900	18	16,2	0,85	5,3	13,3	6	14,6
9	Заводоуправление	2400	18	43,2	0,9	38,9	64,9	19,5	67,7
10	Заводоуправление	2400	18	43,2	0,9	38,9	63,9	18,75	66,5
11	Участок сборки	2800	17	47,60	0,95	45,2	70,7	21,357	71,5
12	Цех покраски и контрольно измерительная лаборатория	2800	18	50,4	0,85	42,8	132,8	67,5	149
13	Термо-вакуумный цех	1940	17	33,0	0,95	31,3	351,3	326,4	479,5
14	Токарно-автоматный и ремонтно-инструментальный цех	1940	16	31,0	0,92	28,6	101,5	86,9	134
15	Цех сварки	2800	16	44,8	0,85	42,5	222,5	183,6	288,5
16	Высоковольтная лаборатория	1600	18	28,8	0,85	23,8	173,8	112,5	207
	Территория завода	30000	0,16	4,8	1	4,8	4,8		
	Итого по 0,38 кВ	Fц = 25270		499,7		436,56	1421,76	914,82	1713
	ИТОГО ПО ЗАВОДУ						1421,76	914,82	1713

Расчетная мощность на шинах 6-10 кВ ГПП:

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_{p10} + \sum P_{p0,38})K_{pm} + P_{po} + \Delta P_m + \Delta P_l =$$

$$(984) \cdot 0,95 + 436,56 + 34,26 + 51,4 = 1457 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_{p10} + \sum Q_{p0,38})K_{pm} + \Delta Q_m =$$

$$(904,5)0,95 + 171,3 = 1030,6 \text{ кВАр.}$$

где K_{pm} – коэффициент разновременности максимумов силовой нагрузки отдельных групп электроприёмников, принимаемый в пределах 0,9-0,95.

Полная мощность на 6-10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{1457^2 + 1030,6^2} = 1784,6 \text{ кВА.}$$

Полная расчётная мощность предприятия со стороны высшего напряжения, необходимая для выбора линий, питающих трансформаторы ГПП определяется:

$$S_{pГПП} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{ГПП} - Q_{ку})^2}$$

где $Q_{ку}$ – мощность компенсирующих устройств;

$$\text{Определяется: } Q_{ку} = Q_{p\Sigma} - Q_c,$$

где Q_c – наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок;

$$\text{Определяется: } Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma}.$$

Для предприятий, расположенных в Сибири,

$\alpha = 0,24$, если величина напряжения питающей линии – 35 кВ;

$\alpha = 0,29$, если величина напряжения питающей линии – 110 кВ;

$$Q_c = 0,24 \cdot 1457 = 386 \text{ кВар,}$$

$$Q_{ку} = 1030,6 - 386 = 644,6 \text{ кВар,}$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются:

$$\Delta P_{т.ГПП} = 0,02 S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 1784,6 = 35,7 \text{ кВт.};$$

$$\Delta Q_{т.ГПП} = 0,1 S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 1784,6 = 178,4 \text{ кВар;}$$

$$S_{pГПП} = \sqrt{(1457 + 35,7)^2 + (1030,6 + 178,4 - 644,6)^2} = 1596 \text{ кВА.}$$

4 КАРТОГРАММА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi \cdot m}}$$

где S_{pi} - расчетная полная мощность i -го цеха с учетом освещения, кВА; m – масштаб для определения площади круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами или секторами в круге. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора (α) определяется из соотношения полных расчетных (S_{pi}) и осветительных нагрузок ($P_{p.o}$) цехов:

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

Расчет картограммы нагрузок сводим в таблицу 4.

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

$$x_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}} = \frac{230284,6}{1940,5} = 118,7 \text{ м.}$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}} = \frac{306008,9}{1940,5} = 157,78 \text{ м.}$$

Таблица 4.- Расчет центра нагрузок

№ цеха	S_{pi} , кВА	P_{po} , кВт	r , м	α , град	x , м	y , м	$S_{pi}x_i$, кВАм	$S_{pi}y_i$, кВАм
Потребители 0,4 кВ								
1	31,5	15,1	3,16	172,6	217	114	6835,5	3591
2	12,85	7,3	2	204,5	200	103	2570	1323,55
3	18,6	11,56	2,4	223,7	189	137	3515,4	2548,2
4	16,16	13	2,3	289,6	162	60	2618,892	969,96
5	31	13	3,14	151	160	144	4960	4464
6	102	57,5	5,7	203	100	56	10200	5712
7	22,5	16,2	2,68	259,2	170	160	3825	3600
8	14,6	5,3	2,16	130,7	68	27	992,8	394,2
9	67,7	38,9	4,6	206,8	70	155	4739	10493,5
10	66,5	38,9	4,6	210,6	22	65	1463	4322,5
11	71,5	45,2	4,8	227,6	123	115	8794,5	8222,5
12	149	42,8	6,9	103,4	123	135	18327	20115
13	479,5	31,3	12,35	23,5	112	155	53648	74245
14	134	28,6	6,6	29,3	112	175	40432	63175
15	288,5	42,5	9,6	53	123	195	35485,5	56257,5
16	207	23,8	8,1	41,4	154	225	31878	46575
Итого	1713				118,7	157,78	230284,59	306008,91

Генплан предприятия с картограммой нагрузок показан на рис. 1.

5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЦЕХОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{S_{расч.н}}{F_{ц}} = \frac{1784}{25270} = 0,070 \text{ кВА/м}^2.$$

где $F_{ц}$ - площадь всех цехов предприятия, м^2 , $S_{расч.н}$ – суммарная расчетная мощность предприятия напряжением до 1кВ.

По удельной плотности нагрузки выбираем по таблице рекомендуемые номинальные мощности трансформаторов. В нашем случае выбираем трансформатор на 1000 кВА.

Минимально возможное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_0 = \frac{\sum S_p}{\beta_m S_{н.т}} = \frac{1785}{0,7 \cdot 1000} = 2,55$$

где β_m - коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме (принимается 0,7). $S_{н.т}$ - номинальная мощность одного трансформатора, кВА; $\sum S_p$ – полная мощность в сетях до 1000 В, кВт.

Полученная расчетная величина округляется до ближайшего большего целого значения $N=3$.

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

$$S_1 = \frac{\sum S_p}{N} = \frac{1785}{3} = 595 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторов N_i , которое следует установить в том или ином цехе, определяется делением нагрузки цеха S_p на P_1 :

$$N_i = \frac{S_p}{S_1}$$

Таблица 5. Число трансформаторов в цехах предприятия

№ на генплане	Наименование цехов	S_p, kVA	Количество трансформаторов, N
1	Гаражи	31,5	0,053
2	Административное здание	12,85	0,0216
3	Автомобильный бокс	18,6	0,0312
4	Зона таможи	16,16	0,027
5	Пескоструйная	31	0,0521
6	Ремонтно-строительный участок	102	0,171
7	Склад	22,5	0,0378
8	Столовая	14,6	0,0245
9	Заводоуправление	67,7	0,114
10	Заводоуправление	66,5	0,11
11	Участок сборки	71,5	0,12
12	Цех покраски и контрольно измерительная лаборатория	149	0,25
13	Термо-вакуумный цех	479,5	0,805
14	Токарно-автоматный и ремонтно-инструментальный цех	134	0,225
15	Цех сварки	288,5	0,485
16	Высоковольтная лаборатория	207	0,348

Если получается число дробное, то объединяют нагрузки близлежащих цехов. Подстанции обычно устанавливают одно- или двухтрансформаторные, в зависимости от необходимой надежности электроснабжения

После этого на плане предприятия обозначаем места расположения цеховых ТП и намечают схему их питания от ГПП.

Схему электрических соединений подстанции выбирают на основании общей схемы электроснабжения предприятия и схемы развития энергосистемы. При этом она должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать надёжность электроснабжения потребителей подстанции в соответствии с категориями электроприёмников;
- учитывать перспективу развития подстанции; допускать возможность поэтапного расширения;
- обеспечивать возможность проведения ремонтных и эксплуатационных работ на отдельных элементах схемы без отключения соседних присоединений;
- обеспечивать наглядность, простоту, экономичность и автоматичность, т.е. возможность восстановления питания потребителей в послеаварийном режиме средствами автоматики.

Главная схема электрических соединений выбирается среди типовых схем, нашедших широкое применение при проектировании. Нетиповая главная схема применяется при наличии технико-экономического обоснования или специального требования заказчика. В настоящем проекте какие-либо условия, способствующие применению нетиповой схемы, отсутствуют.

В 1960-85 гг. на подстанциях 35-110 кВ с упрощенными схемами на ВН в качестве коммутационных аппаратов получили широкое распространение отделители и короткозамыкатели. Из-за того, что эти аппараты обладают конструктивными дефектами и эксплуатационными недостатками в настоящее время их использование на вновь сооружаемых подстанциях прекращено.

Для распределительных устройств 35кВ преимущественно применяют одну из двух упрощенных схем:

блок (линия-трансформатор) с разъединителем на стороне высшего напряжения (ВН);

блок (линия-трансформатор) с выключателем на стороне ВН.

В первом случае для отключения головного выключателя линии используется телеотключающий импульс. Такая схема в первую очередь рекомендуется в условиях загрязненной атмосферы с целью сокращения числа коммутационных аппаратов. Так как в настоящем проекте загрязненная атмосфера не предполагается, окончательно предпочтение отдаётся схеме блока (линия- выключатель). Как правило, в таких схемах предусматривается неавтоматическая перемычка со стороны линий (перемычку не устанавливают только в условиях стесненной площадки).

На стороне низкого напряжения используются комплектные распределительные устройства (КРУ), выполненные из отдельных ячеек (шкафов), которые унифицированы и обеспечивают удобство обслуживания и монтажа.

Количество ячеек, присоединённых к секции шин, должно быть выбрано исходя из следующих потребностей:

по одной ячейке на каждое проектируемое присоединение 10 кВ;

по одной резервной ячейке на каждой секции шин;

ячейка с межсекционным выключателем;

ячейка с измерительным трансформатором напряжения на каждой секции шин;

ячейка с вводным выключателем и с трансформатором собственных нужд на каждой секции шин.

Основными потребителями собственных нужд являются: оперативные цепи переменного и выпрямленного тока; система охлаждения трансформаторов; устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН); электромагнитные приводы выключателей, освещение (аварийное, внутреннее, наружное, охранное); устройства связи и телемеханики; насосные установки (пожаротушения, хозяйственные, технического водоснабжения); устройства электроподогрева помещений выключателей и их приводов, вентиляция и др.

Для собственного обслуживания предусматривается отдельный трансформатор собственных нужд (ТСН) со встроенными предохранителями типа ТЛС- СЭЩ-63/10(6)/0,4 У1. Так как этот трансформатор предназначается также для питания оперативных цепей переменным (выпрямленным) током, то он подключается до выключателя ввода.

Для устройства низкого напряжения выбирается схема с двумя одинарными секционированными системами шин .

В проекте принимаются к установке ячейки КРУ Самарского завода «Электроцит» типа КРУ СЭЩ-63(К-63) на номинальные токи выключателей от 630 до 1600 А. Эти ячейки предназначены для приёма и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения.

В последние годы широкое распространение получили вакуумные коммутационные аппараты. В них гашение дуги при коммутации электрической цепи осуществляется в вакуумной дугогасящей камере. К основным достоинствам вакуумных выключателей относятся:

- высокая износостойкость при коммутации номинальных токов и номинальных токов отключения (10-20 тыс. отключений номинальных токов, 20-200 отключений тока отключения);
- снижение эксплуатационных затрат;
- полная взрыво- и пожаробезопасность и возможность работы в агрессивных средах;
- малые габариты;
- бесшумность, чистота и удобство обслуживания.

В качестве коммутационных аппаратов во вводных и секционных ячейках 10 кВ выбраны вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-10-ЭЗ-31,5(40)/2000, а в ячейках отходящих линий - вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-10-ЭЗ- 10(20)/1000(1600).

Для создания электрической связи между секциями шин, расположенными в верхней части шкафов КРУ, рядом с секционным выключателем устанавливается пустая («холостая») ячейка, позволяющая связать нижние втычные контакты выключателей с шинами верхнего отсека.

Трансформаторы цеховых ТП запитываем по радиальной схеме.

Трансформаторы двухтрансформаторной подстанции запитываем от разных секций РУ 10 кВ ГПП.

Примем ТМ - 1000/10

Генплан ТОО «Усть-Каменогорский конденсаторный завод»

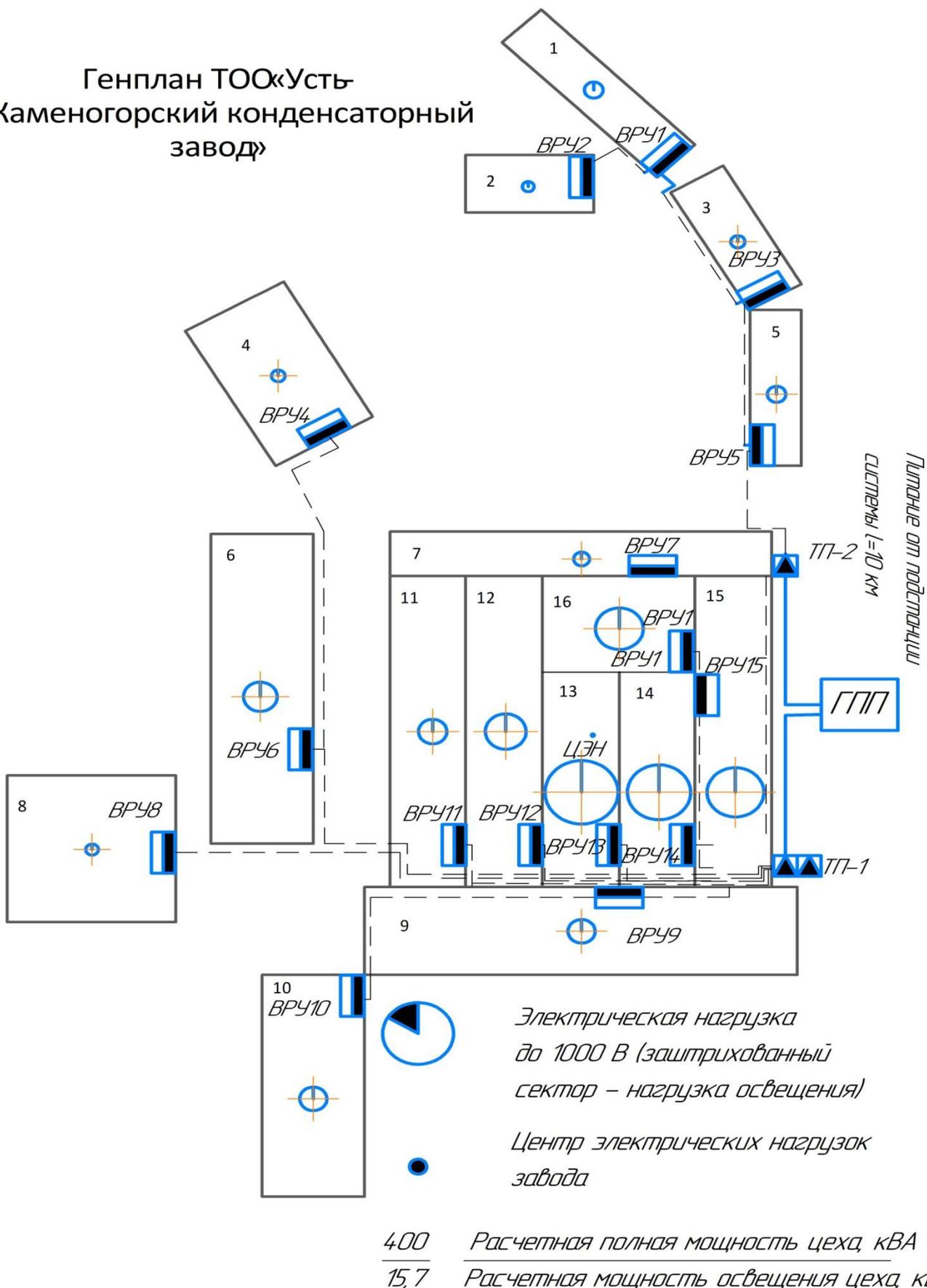


Рис 5.1- Генплан предприятия с картограммой нагрузок

6 СХЕМА ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы. При наличии одного источника питания в целях резервирования принимается схема внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям (ГПП с двумя трансформаторами связи). Питающие линии выполняются воздушными. В нормальном рабочем режиме пропускная способность каждой из питающих линий составляет не менее половины расчетной нагрузки завода. В аварийном режиме работы любая из питающих линий с учетом допустимой перегрузки (до 30 %) должна обеспечить электроэнергией потребители первой и второй категорий.

ГПП размещается на территории завода в соответствии с расчетным центром электрических нагрузок с некоторым смещением в сторону источника питания.

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности ЭП (электродвигателей, электрических печей, преобразователей и т.д.). Обычно величина напряжения выбирается на основе технико-экономического сравнения вариантов. Выполнение технико-экономических расчетов в каждом отдельном случае повышает трудоемкость проектирования электроснабжения. Для удобства проектирования можно использовать следующие основные рекомендации по выбору напряжения.

Принимаем напряжение 35 кВ, так как оно имеет экономические преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВА.

Мощность трансформаторов на ГПП определяется по формуле:

$$S_{н.т.} \geq \frac{S_{рГПП}}{\beta_m \cdot 2}$$

где $S_{рГПП}$ - полная расчетная мощность предприятия со стороны высшегонапряжения трансформаторов ГПП; β_m - коэффициент загрузки

трансформаторов ГПП (принимается 0,7), 2 – число трансформаторов на ГПП.

Полученное значение $S_{н.тр}$ округляется до ближайшего большего стандартного значения.

$$S_{н.т.} \geq \frac{1596}{2 \cdot 0,7} = 1140$$

Принимаем два трансформатора ТМН -1600/35.

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

$$I_p = \frac{S_{рГПП}}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{1596}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 13,18 \text{ А.}$$

В аварийном режиме:

$$I_{ав} = \frac{S_{рГПП}}{\sqrt{3}U_H} = 26,36 \text{ А}$$

Выбираем провод АС-35/6,2 с допустимым током 175 А. Меньше сечение недопустимо согласно условию механической прочности.

Проверяем на нагрев максимальным током:

$$1,3I_{доп} \geq I_{\max}$$
$$1,3 \cdot 175 \geq 26,36 \text{ А}$$

Условие соблюдается.

На коронирование провода 35 кВ не проверяются.

По допустимой потере напряжение:

$$l_{доп} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{доп} \cdot k_3 \geq l$$

где $l_{\Delta U 1\%}$ - длина линии при полной нагрузке на 1% потери напряжения, км (спрочные данные), $\Delta U_{доп}$ - допустимая потеря напряжения, %; $\Delta U_{доп} = 5\%$, $\Delta U_{доп.ав} = 10\%$; $k_3 = I_{доп} / I_p$ – коэффициент загрузки линии, $l_{доп}$ - допустимая длина линии, км; l - фактическая длина линии, км.

$$K_3 = 175/13,18 = 13,28$$

$$l_{дон} = 1340 \cdot 5 \cdot 13,28 = 89 \text{ км.}$$

$$l_{дон} = 89 > l = 10$$

Условие соблюдается.

Окончательно принимаем провод АС-35/6,2.

7 СХЕМА ВНУТРИЗАВОДСКОЙ СЕТИ 6-10 кВ

Для обозначения линий, трансформаторных подстанций, силовых и распределительных пунктов используется простой принцип нумерации – все эти элементы системы имеют номер того цеха, в котором (или около которого) располагаются или подводятся (для линий).

В системе распределения предприятия для электроснабжения электроприёмников используются:

- распределительные пункты 10 кВ;
- цеховые трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ;
- силовые пункты 0,4 кВ.

Распределение электроприёмников между пунктами питания зависит от их номинального напряжения, мощности, категории по надёжности, расстояния от центров питания.

На первом этапе решается вопрос питания нагрузок 10 кВ.

На втором этапе определяются цеха и прочие здания предприятия, в которых из-за малости расчётной нагрузки установка цеховых ТП нецелесообразна. К ним относятся практически все цеха, в виду малой плотности нагрузки. В них устанавливаются силовые пункты 0,4 кВ, питание которых осуществляется от ближайших цеховых ТП. Число секций на СП определяется категорией надёжности электроприёмников здания, в котором расположен СП. В настоящем проекте все СП односекционные.

На третьем этапе определяются цеха, в которых устанавливаются цеховые ТП, количество таких ТП, количество установленных в них трансформаторов и их мощность.

Цеховые ТП располагаются в центрах нагрузок цеха или группы цехов, запитанных от этой ТП. При составлении схемы распределения преимущественно отдаётся магистральным схемам, так как они позволяют приблизить сечение, выбираемое по длительно допустимым токам и

экономической плотности тока, к сечению, выбираемому по термической стойкости к действию токов КЗ.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода выполняется кабельными линиями. По территории завода кабельные линии прокладываются по возможности по технологическим эстакадам, стенам зданий и сооружений, а при их отсутствии вдоль трассы линий - в земле. Внутри зданий кабельные линии прокладываются по конструкциям зданий или в кабельных каналах.

При прокладке в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака. Кабели на всём протяжении должны быть защищены от механических повреждений путём покрытия плитами или кирпичом в один слой поперёк трассы.

Рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей. При большом количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 метра. Сечение кабельных линий выбирается по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение F , мм², определяется из выражения:

$$F = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}$$

$J_{\text{эк}}$ – нормированная плотность тока, А/мм², так как все основные цеха предприятия работают в одну смену – что эквивалентно $T_m=1000-3000$ ч, принимаем для кабелей с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами $j_{\text{эк}}=1,6$ А/мм² (справочные данные), где I_p – расчетный ток определяется исходя из нормального режима работы электроустановки, при его определении не следует учитывать увеличение тока при аварийных ситуациях, определяется по формуле:

$$I_p = \frac{\sqrt{(P_p^H + \Delta P_T)^2 + (Q_p^H + \Delta Q_T)^2}}{n_{\text{лин}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{\sqrt{(468,9 + 6,12)^2 + (225,72 + 47,3)^2}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 15,1 \text{ А}$$

для линии 1.

где P_p^H, Q_p^H – расчетные нагрузки на шинах НН; $\Delta P_T, \Delta Q_T$ – потери активной и реактивной мощности в цеховых трансформаторах; $n_{\text{лин}}$ – число питающих линий.

Если на общую нагрузку работают отдельно n однотипных трансформаторов, то потери мощности можно рассчитать как:

$$\Delta P_{mp} = \Delta P_x \cdot n + \Delta P_{кз} \cdot \beta_T^2 \cdot n, \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{mp} = \Delta Q_x \cdot n + \Delta Q_{кз} \cdot \beta_T^2 \cdot n, \text{ кВАр;}$$

$$\Delta Q_x = S_{н.мп} \cdot I_x / 100;$$

$$\Delta Q_{кз} = S_{н.мп} \cdot U_{кз} / 100.$$

где коэффициент загрузки определяется: $\beta_T = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} / S_{н.мп}$.

для ТМ-1000/10 : $S_{\text{ном.}} = 1000 \text{ кВА}; \Delta P_{xx} = 1,9 \text{ кВт}; \Delta P_{кз} = 10,5 \text{ кВт};$

$I_{xx} = 1,15\%; U_{кз} = 5,5\%.$

$$\beta_T = 1421 / 3000 = 0,47$$

$$\Delta P_{mp} = 1,9 \cdot 2 + 10,5 \cdot 0,47^2 \cdot 2 = 6,12 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{mp} = (1000 \cdot 1,15 / 100) \cdot 2 + (1000 \cdot 5,5 / 100) \cdot 0,47^2 \cdot 2 = 47,3 \text{ кВт.}$$

$$\text{Для линии 1: } F = \frac{15,1}{1,6} = 9,44 \text{ мм}^2$$

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного сечения.

Выбираем кабель АСБ 3*16 с допустимым током прокладки в земле $I_{\text{доп}} = 90 \text{ А}$

Сечение, полученное необходимо проверить:

1. По допустимому нагреву максимальным расчетным током и током послеаварийного режима

$$I_{p, \text{max}} = \frac{n_{Tp} \cdot S_{\text{ном.}} + n_{Tp} \cdot \Delta S_{Tp}}{n_{\text{лин}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot (1000 + 47,3)}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 57,7 \text{ А.}$$

где $S_{ном i}$ – номинальная мощность i -го трансформатора; $n_{тр}$ – число трансформаторов, питающихся по кабелю в нормальном режиме, $\Delta S_{тр}$ – потери мощности в трансформаторах ; $n_{лин}$ – число питающих линий. Длительно допустимый ток кабеля $I_{доп}$, соответствующий выбранному по нормированной плотности сечению, должен обеспечить по тепловому нагреву прохождение по линии максимального расчетного тока по выражению:

$$I_{доп} = 90 \geq I_{р.макс} = 57.7$$

Полученное по жк сечение кабеля необходимо проверить на термическую стойкость при КЗ в начале линии. Термически стойкое сечение равно:

$$F_{мин} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T}$$

где $B_k = I^2(t_{омк}+T_a)$ - тепловой импульс тока КЗ, A^2c ; T_a - постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ, c ; $t_{омк} = t_3 + t_в$ - время отключения КЗ, c ; t_3 - время действия основной защиты, c ; $t_в$ - полное время отключения выключателя, c ; C_m - коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ иматериала проводника.

$$C_m = 90 A c^{1/2} / мм^2$$

$$T_a = \frac{x_{\Sigma}}{\omega \cdot r_{\Sigma}} = \frac{5.625}{314 \cdot 2,04} = 0.008$$

$$B_k = (0,267 \cdot 10^3)^2 \cdot (0,06 + 0.008) = 4,85 \cdot 10^3 A^2 \cdot c.$$

$$F_{мин} = \frac{\sqrt{4,85 \cdot 10^3}}{90} = 0,77 мм^2$$

2. По потере напряжения.

Потерю напряжения в линиях напряжением до 35 кВ определяют по формуле:

$$\Delta U = 3 \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{y0} \cdot \cos \varphi + x_{y0} \cdot \sin \varphi), В$$

$$\Delta U = 3 \cdot 44,5 \cdot 0,120 \cdot (0,894 \cdot 0,85 + 0,088 \cdot 0,53) = 12,2 В.$$

$$\Delta U_{\text{ном}} \% = \frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{12,2}{10 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,12\%$$

Из расчётов видно , что потери напряжения незначительные.

Все расчеты проводились для линии Л-1.

Вносим в таблицу 6.

Таблица 6.- Выбор кабельных линий внутризаводской сети 10 кВ.

№	Номер линии	Назначение	Количество	Расчетная нагрузка на кабель		Длина линии, км	Способ прокладки	Поправочный коэффициент	Марка и сечение кабеля	Допустимая нагрузка	
				Ip, А	Im, А					В нормальном режиме	В аварийном режиме
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Л-1	ГПП-ТП1	2	15,1	57,7	0,120	траншея	0,9	АСБ(3x16)	90	117
1	Л-2	ГПП-ТП3	2	14,8	57,7	0,120	траншея	0,9	АСБ(3x16)	90	117

8 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В.

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение коротких замыканий (КЗ) в сети.

Для снижения ущерба, обусловленного выходам из строя электрооборудования при протекании КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы системы электроснабжения, необходимо правильно определить токи КЗ и после чего выбрать электрооборудование, защитную аппаратуру и средства ограничения токов КЗ. При возникновении КЗ имеет место увеличение токов в фазах системы по сравнению с их значениями в нормальном режиме работы.

Определение токов КЗ зависит от требований к точности результатов, от исходных данных и цели расчета. В общем случае токи КЗ определяются переходными процессами в электрических цепях. Расчет токов КЗ в электрических сетях промышленных предприятий несколько отличается от расчетов, осуществляемых в электрических сетях и системах. Это объясняется возможностью не выделять (не учитывать) турбо- и гидрогенераторы электростанций, подпитку от нескольких источников питания, работу разветвленных сложных кольцевых схем, свойства дальних ЛЭП, действительные коэффициенты трансформации.

Для выбора аппаратов и проводников, для определения воздействия на несущие конструкции при расчете токов КЗ исходят из следующих положений:

- все источники, участвующие в питании рассматриваемой точки, работают с номинальной нагрузкой;
- синхронные машины имеют автоматические регуляторы напряжения и устройства быстродействующей форсировки возбуждения;
- короткое замыкание наступает в такой момент времени, при котором ток КЗ имеет наибольшее значение;

- электродвижущие силы всех источников питания совпадают по фазе;
- расчетное напряжение каждой ступени принимают на 5% выше номинального напряжения сети.

Расчётным видом для выбора или проверки электрооборудования обычно является трёхфазное короткое замыкание. Для решения большинства технических задач вводят допущения, которые не дают существенных погрешностей:

- не учитывается сдвиг по фазе ЭДС различных источников питания, входящих в расчётную схему;
- трёхфазная сеть принимается симметричной;
- не учитываются токи нагрузки;
- не учитываются ёмкостные токи в ВЛ и КЛ;
- не учитывается насыщение магнитных систем;
- не учитываются токи намагничивания трансформатора.

Учитывают влияние на токи КЗ присоединенных к данной сети синхронных компенсаторов, синхронных и асинхронных электродвигателей.

Влияние асинхронных электродвигателей на токи КЗ не учитывают:

- при единичной мощности электродвигателей до 100 кВт;
- если электродвигатели отдалены от места КЗ ступенью трансформации.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ учитывают индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, токопроводов. Активное сопротивление следует учитывать только для воздушных линий с проводами малых площадей сечений и стальными проводами, а также для протяжённых кабельных сетей малых сечений с большим активным сопротивлением.

В электроустановках напряжением до 1 кВ учитывают индуктивные и активные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи. При этом

следует отметить, что влияние сопротивления энергосистемы на результаты расчета токов КЗ на стороне до 1 кВ невелико. Поэтому в практических расчётах сопротивлением на стороне 6 - 10 кВ часто пренебрегают, считая его равным нулю. В случае питания электрических сетей напряжением до 1 кВ от понижающих трансформаторов при расчете токов КЗ следует исходить из условия, что подведенное к трансформатору напряжение неизменно и равно его номинальному значению.

Требования к расчёту токов КЗ для релейной защиты и системной автоматики несколько отличаются от требований к расчёту для выбора аппаратов и проводников. Требования к точности расчётов токов КЗ для выбора заземляющих устройств невысоки из-за низкой точности методов определения других параметров, входящих в расчёт заземляющих устройств (например, удельного сопротивления грунта). Поэтому для выбора заземляющих устройств допускается определять значения токов КЗ приближенным способом.

Расчётная схема для определения токов КЗ представляет собой схему в однолинейном исполнении, в которую введены элементы оказывающие влияние на ток КЗ, связывающие источники электроэнергии с местом КЗ. Расчётная схема должна учитывать перспективу развития внешних сетей и генерирующих источников, с которыми электрически связывается рассматриваемая установка.

По расчётной схеме составлена схема замещения, в которой трансформаторные связи заменяют электрическими. Элементы системы электроснабжения, связывающие источники электроэнергии с местом КЗ, вводят в схему замещения сопротивлениями, а источники энергии - сопротивлениями и ЭДС. Сопротивления и ЭДС схемы замещения должны быть приведены к одной ступени напряжения. Активные сопротивления элементов системы электроснабжения при определении тока КЗ не учитывают, если выполняется условие: $r_{\Sigma} < (x_{\Sigma} / 3)$, где r_{Σ} и x_{Σ} – суммарные

активные и реактивные сопротивления элементов системы электроснабжения до точки КЗ.

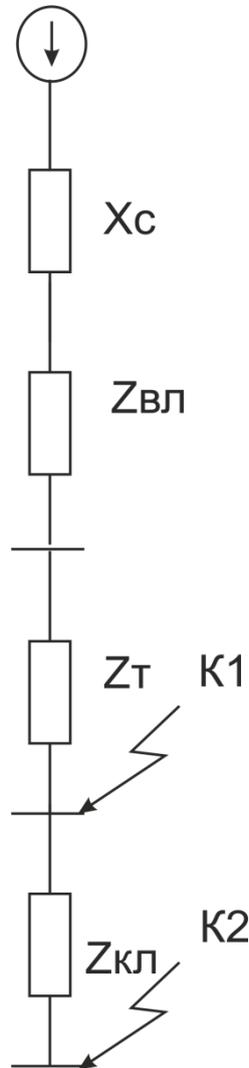


Рисунок 3. Схема замещения расчета ТКЗ выше 1000 В.

Система: $X_c = 1,1$; $S_c = \infty$; $U_1 = 35$ кВ. Питающая линия: $L = 10$ км; провод АС-35; $r_0 = 0,85 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$, $X_0 = 0,38 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$; Шины низкого напряжения ГПП: $U_2 = 10$ кВ. Базисные условия:

$$S_B = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}, U_{B1} = 37 \text{ кВ}, U_{B2} = 10,5 \text{ кВ}.$$

Базисные токи определяются из выражений:

$$I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3}U_{B1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,6 \text{ кА}; I_{B2} = \frac{S_B}{\sqrt{3}U_{B2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}.$$

Расчёт производится в относительных единицах.

Сопrotивления воздушной линии, приведенные к базисным условиям

$$r_{\text{ВЛ1}} = r_0 l \frac{S_{\text{Б}}}{U_{\text{Б1}}^2} = 0,85 \cdot 10 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,62;$$

$$X_{\text{ВЛ1}} = X_0 l \frac{S_{\text{Б}}}{U_{\text{Б1}}^2} = 0,38 \cdot 10 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,28.$$

Точка К1 расположена за трансформатором 35/10 кВ на шинах низкого напряжения. Индуктивное сопротивление трансформатора с расщепленной обмоткой: $U_{\text{кз}}=6,5\%$

$$X_{\text{ТР1,2}} = \frac{U_{\text{кз}} S_{\text{Б}}}{100 S_{\text{Н}}} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 1,6} = 4,062;$$

Суммарное сопротивление до точки К1:

$$x_{\Sigma 1} = \frac{x_{\text{T1}} \cdot x_{\text{T2}}}{x_{\text{T1}} + x_{\text{T2}}} + x_{\text{ВЛ1}} = \frac{4,062 \cdot 4,062}{4,062 + 4,062} + 0,28 = 2,311$$

$$r_{\Sigma 1} = r_{\text{ВЛ1}} = 0,62$$

Сопrotивление КЛ-10кВ.: $r_{0\text{КЛ}} = 1,95 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$, $x_{0\text{КЛ}} = 0,08 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$, $l = 0,10 \text{ км}$

$$r_{\text{КЛ1}} = r_0 l \frac{S_{\text{Б}}}{U_{\text{Б1}}^2} = 1,95 \cdot 0,10 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,177;$$

$$x_{\text{КЛ1}} = x_0 l \frac{S_{\text{Б}}}{U_{\text{Б1}}^2} = 0,08 \cdot 0,10 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0072;$$

Суммарное сопротивление до точки К2:

$$x_{\Sigma 2} = \frac{x_{\text{T1}} \cdot x_{\text{T2}}}{x_{\text{T1}} + x_{\text{T2}}} + x_{\text{ВЛ1}} + x_{\text{КЛ1}} = \frac{4,062 \cdot 4,062}{4,062 + 4,062} + 0,28 + 0,0072 = 2,318$$

$$r_{\Sigma 2} = r_{\text{ВЛ1}} + r_{\text{КЛ1}} = 0,62 + 0,177 = 0,797$$

Так как условие $r_{\Sigma} < \frac{x_{\Sigma}}{3}$ не выполняется, то в обоих случаях в расчетах учитываются активные сопротивления.

Ток КЗ в рассматриваемых точках составит:

$$I_{\text{к,К1}} = \frac{I_{\text{Г}}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{I_{\text{Г}}}{\sqrt{x_{\Sigma 1}^2 + r_{\Sigma 1}}} = \frac{1,6}{\sqrt{2,311^2 + 0,62}} = 0,655 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к,К2}} = \frac{I_{\text{Г}}}{Z_{\Sigma 2}} = \frac{I_{\text{Г}}}{\sqrt{x_{\Sigma 2}^2 + r_{\Sigma 2}}} = \frac{1,6}{\sqrt{2,318^2 + 0,797}} = 0,644 \text{ кА}$$

Определяем ударный ток в точках К1 и К2.:

где постоянная времени:

$$T_{A1} = \frac{x_{\Sigma 1}}{\omega \cdot r_{\Sigma 1}} = \frac{2,311}{314 \cdot 0,62} = 0,011 \text{ с.}$$

$$T_{A2} = \frac{x_{\Sigma 2}}{\omega \cdot r_{\Sigma 2}} = \frac{2,318}{314 \cdot 0,797} = 0,0092 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент можно определить по формуле:

$$k_{уд1} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{A1}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,011}} = 1,372,$$

$$k_{уд2} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{A2}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,0092}} = 1,268$$

Тогда значение ударного тока короткого замыкания от системы:

$$i_{уд К1} = \sqrt{2} k_{уд} I_{пок1} = \sqrt{2} \cdot 1,372 \cdot 0,655 = 0,99 \text{ кА.}$$

$$i_{уд К2} = \sqrt{2} k_{уд} I_{пок2} = \sqrt{2} \cdot 1,268 \cdot 0,644 = 1,07 \text{ кА.}$$

9 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЦЕХА

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности.

1. Приемники цеха распределяются по пунктам питания (силовым распределительным шкафам или шинопроводам), выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до пунктов питания). Принятая схема (радиальная, магистральная, смешанная) питающей сети должна обеспечивать требуемую степень надежности питания приемников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников и перемещения приемников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учетом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов и шинопроводов должно также соответствовать характеру окружающей среды .
2. Определяются расчетные электрические нагрузки по пунктам питания цеха (см. табл.6).
3. Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения (см. табл.).
4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха (см. табл.8, 9, 10).
5. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного или наиболее удаленного электроприемника) строится карта селективности действия аппаратов защиты (см. рис.).
6. Производится расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения и построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного от цеховой ТП или наиболее мощного электроприемника для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного режима (см. рис.).

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

9.1. Распределение ЭП по ПР и расчет нагрузок

Электроприемники распределяем по ПР с учетом технологического процесса и соответственно их расположения. Произведем расчет электрических нагрузок для питающих ПР и занесём в таблицу 7. .

По данным табл. 7 . примем тип распределительных пунктов.

№ на плане	Электроприемники	Количество	Установленная мощность, Pном		$\eta = P_{\text{наос}} / P_{\text{наин}}$	Коэф-нт исп-ция $K_{\text{и}}$	\cos / tg	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное количество ЭП $n_{\text{э}}$	Коэффициент максимума, $K_{\text{м}}$	Максимальная нагрузка			$I_{\text{м}} = S_{\text{м}} / 1,73 U_{\text{н}}, \text{ A}$
			$p_{\text{ном}}$	$\Sigma P_{\text{н}}$				$P_{\text{см}} = K_{\text{в}} * \Sigma P_{\text{н}}, \text{ кВт}$	$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} * \text{tg}, \text{ квар}$			$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} * P_{\text{см}}, \text{ кВт}$	$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}}, \text{ квар}, \text{ при } n_{\text{э}} > 10$ $Q_{\text{м}} = 1,1 Q_{\text{см}}, \text{ квар}, \text{ при } n_{\text{э}} \leq 10$	$S_{\text{м}}, \text{ кВА}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Распределительный пункт ПР-1			Приёмники группы А												
1	Фрезерный станок	1	18	18		0,14	0,6/1,33	2,52	3,4						
2	Фрезерный станок	1	11	11		0,14	0,6/1,33	1,54	2,1						
3	Плоскошлифовальный станок	1	20	20		0,14	0,6/1,33	2,8	3,7						
10	Механические ножницы	1	24	24		0,14	0,6/1,33	3,36	4,5						
11	Листогиб	1	10	10		0,14	0,6/1,33	1,4	1,9						
6	Токарный станок	1	22	22		0,14	0,6/1,33	3,08	4,1						
12	Механические ножницы	1	14	14		0,14	0,6/1,33	1,96	2,6						
8,9	Токарный станок	2	15	30		0,14	0,6/1,33	2,1	2,8						
	ИТОГО по ПР-1	9		179	-	0,14	0,6/1,33	20,9	28	-	-	37,5	30,6	47	71
Распределительный пункт ПР-2			Приёмники группы А												
4	Сверлильный станок	1	3	3		0,14	0,6/1,33	0,42	0,6						
5	Точильный станок	1	2,4	2,4		0,14	0,6/1,33	0,336	0,448						
7	Сверлильный станок	1	3	3		0,14	0,6/1,33	0,42	0,56						
13	Фальцевальная машина	1	3	3		0,14	0,6/1,33	0,42	0,6						
14,15	Точильный станок	2	2,4	4,8		0,14	0,6/1,33	0,672	0,9						
16	Сверлильный станок	1	1,7	1,7		0,14	0,6/1,33	0,238	0,3						
17	Дуговой сварочный аппарат	1	2,8	2,8		0,3	0,8/0,75	0,84	0,6						
18,19	Сверлильный станок	2	3	6		0,14	0,6/1,33	0,84	1,1						
	ИТОГО по ПР-2	10		26,7	-	0,157	0,63/1,22	4,19	5	-	-	6,9	5,60	8,89	14
Распределительный пункт ПР-3			Приёмники группы А												
20,21	Токарный станок	2	2,4	4,8		0,14	0,6/1,33	0,672	0,9						
22,23	Резьбонарезной автомат	2	3	6		0,14	0,6/1,33	0,84	1,1						

24,25,26	Сверлильный станок	3	3	9		0,14	0,6/1,33	1,26	1,7						
40-43	Токарно-автоматный станок	4	6	24		0,14	0,6/1,33	3,36	4,5						
56	Кран-балка	1	9	9		0,1	0,6/1,33	0,9	1,2						
	ИТОГО по ПР-3	12		52,8	-	0,133	0,6/1,33	7,03	9	-	-	11,3	10,31	15,3	23
	Распределительный пункт ПР-4	Приёмники группы А													
27-32	Токарный станок	6	12	72		0,14	0,6/1,33	10,08	13,4						
44-48	Токарно-автоматный станок	5	6	30		0,14	0,6/1,33	4,2	5,6						
	ИТОГО по ПР-4	11	3-40	102		-	-	14,3	19			23	20,94	31,1	47
	Распределительный пункт ПР-5	Приёмники группы А													
33,34,35	Резьбонакатной станок	3	4	12		0,14	0,6/1,33	1,68	2,2						
36	Фрезерный станок	1	8	8		0,14	0,6/1,33	1,12	1,5						
37,38,39	Сверлильный станок	3	3	9		0,14	0,6/1,33	1,26	1,7						
49,50	Токарно-автоматный станок	2	6	12		0,14	0,6/1,33	1,68	2,2						
	ИТОГО по Приёмники группы А	9		41		0,14	0,6/1,33			-	-				
		Приёмники группы Б													
53,55	Обогреваль помещения	2	4,5	9		0,8	0,95/0,33	7,2	2,4						
54	Радиальный вентилятор	1	5	5		0,65	0,8/0,75	3,25	2,4						
	ИТОГО по Приёмники группы Б	3		14											
	ИТОГО по ПР-5	12		55		0,294	0,79/0,77	16,2	12	-	-	20,6	12,46	24	37
	Распределительный пункт ПР-6	Приёмники группы А													
51	Центровой токарный станок	1	18	18		0,14	0,6/1,33	2,52	3,4						
52	Токарный станок	1	22	22		0,14	0,6/1,33	3,08	4,1						
	ИТОГО по ПР-6	2		40		0,14	0,6/1,33	5,6	7	-	-	24,2	8,21	25,6	39
	ИТОГО по цеху	56		425		0,16	0,643/1,19	61,8	81	35,26	1,07	72,7	86,93	113	172,596

9.2 Выбор распределительных пунктов

Распределительные пункты выбирают по номинальному току ввода, по количеству отходящих линий, типу защитного аппарата и номинальному току аппарата для присоединения.

По номинальному току ввода:

$$I_{н.РП}, A$$

$$I_{н.РП} \geq I_p.$$

$$250 A \geq 172,6 A$$

По количеству отходящих линий:

$$n_{лин.РП}, шт$$

$$n_{лин.РП} \geq n_{лин.РП.факт}$$

$$4 \geq 3$$

Где $n_{лин.РП.факт}$ - фактическое число отходящих от РП линий.

Примечание: в целях перспективы развития электроснабжения цеха целесообразно брать шкафы с запасом по числу отходящих линий в разумных пределах (1-2 линии).

По номинальному току аппарата для присоединения $I_{н.апп}, A$:

$$I_{н.апп} \geq I_{ном максЭП}$$

Результаты сведены в таблицу 8.

Таблица 8. – Распределительные пункты цеха

№ пункта	Тип пункта	Ном.ток вводного аппарата/ шкафа, А	Число отходящих линий	Тип защитного аппарата	Ном.ток аппаратов для присоединения. А
ПР	ПР-8501	250/172,6	4	выключатель	1-250
ПР1	ПР8501	160/71	12	выключатель	1-250
ПР2	ПР8501	160/14	12	выключатель	1-250

ПР3	ПР8501	160/23	14	выключатель	1-250
ПР4	ПР8501	160/47	12	выключатель	1-250
ПР5	ПР8501	160/23	12	выключатель	1-250
ПР6	ПР8501	160/23	4	выключатель	1-250

Распределительные пункты ПР выбираем с 2-я вводными коммутационными аппаратами.

9.3 Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети до 1кВ.

В цеховых сетях могут возникать следующие ненормальные по току режимы работы:

- увеличение тока вследствие перегрузки;
- увеличение тока в момент пуска или самозапуска двигателей;
- увеличение тока вследствие КЗ.

Защита производится автоматическими выключателями

Выбор аппаратов защиты цеховой сети:

1). Выбор типа автомата. Выбираем аппараты серии ВА.

2). Выбор номинального тока автомата по условию

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{длит}}$$

3). Выбор номинального тока теплового расцепителя автоматов $I_{\text{ном.расц.т}}$

по условию:

$$I_{\text{ном.расц.т}} \geq I_{\text{длит}}$$

4) Проверка по току срабатывания (уставки) электромагнитного расцепителя:

$$\text{Для группы ЭП} - I_{\text{ср.расц.э.}} \geq 1,25I_{\text{пик}}$$

$$\text{Для отдельного ЭП} - I_{\text{ср.расц.э.}} \geq 1,5I_{\text{пуск}}$$

$$I_{\text{ном.расц.э.}} = I_{\text{ном.расц.т}} \cdot K_{\text{кз}}, \text{ А}$$

Пример расчёта: АВ на отдельные ЭП (Сверлильный станок).

Определяем ном. ток станка

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot 10^3}{\sqrt{3}U_{\text{н}} \cos \varphi \eta} = \frac{18}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,6 \cdot 0,89} = 51,3 \text{ А}$$

Пусковой ток найдём: $I_{п.} = 5 \cdot I_{н.} = 5 \cdot 51,3 = 256,41 \text{ А}$

$I_{ном.а} \geq 51,3 \text{ А} ; I_{ном.расц.т.} \geq 51,3 \text{ А}$

Выбираем выключатель типа ВА 13-29 $I_{ном.а} = 63 \text{ А} , I_{ном.расц.т.} = 63 \text{ А}$.

Определим необходимую уставку срабатывания в зоне КЗ

$$K_{кз} = \frac{1,5I_{пуск}}{I_{ном.расц.т.}} = \frac{1,5 \cdot 256,41}{63} = 6,1$$

Выбираем уставку срабатывания в зоне КЗ $K_{кз} = 7,5$

$$I_{ном.расц.э.} = 7,5 \cdot 63 = 472,5 \text{ А}.$$

$472,5 \text{ А} \geq 384,6 \text{ А}$ условие выполняется.

Выбор автоматических выключателей для остальных электроприемников сведём в таблицу 8, 9, 10.

Номинальные токи расцепителей соседних ВА последовательно включенных в сеть должны различаться не менее чем на одну ступень. Номинальные токи расцепителей автоматического выключателя, ближайшего к источнику питания (вводного в ТП), должны быть не менее в 1,5 раза больше, чем у наиболее удалённого. Выполняя эти условия обеспечивается селективность срабатывания тепловых расцепителей.

9.4.Выбор сечения силовых линий.

Сечение силовых линий выбирают по допустимому нагреву длительно протекающим максимальным током нагрузки, по потере напряжения и по условию соответствия выбранному аппарату защиты. Питающие и распределительные кабели прокладываем в коробах. Температура внутри цеха $+30 \text{ }^{\circ}\text{С}$.

Выбираем сечение от ПР-1 до токарного станка:

По допустимому нагреву выбирают по условию:

$$I_{доп} \cdot K_{п1} \cdot K_{п2} \geq I_{длит.}$$

$$46 \cdot 0,94 \cdot 1 = 43,2\text{A} > 38\text{A}$$

Выбираем кабель ВВГнг-LS 4*6 с $I_{\text{доп}} = 46\text{A}$.

Проверка сечений проводника должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{\text{прокл}}},$$

$$46\text{A} > 42,5\text{A} \text{ условие выполняется}$$

где $k_{\text{прокл}}$ - поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей;

k_z - коэффициент защиты или кратность защиты; I_z - номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата, А.

Проверка выбранного сечения проводника по допустимой потере напряжения выполняется из условия:

$$\Delta U_{p\%} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_n^2} \leq \Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%$$

$$\Delta U_{\text{рл}} = \frac{(12,4,2 \cdot 0,017) + (32,2 \cdot 0,08 \cdot 0,017)}{10 \cdot 0,38^2} = 0,6\% \text{ условие выполняется}$$

где $\Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%$ - допустимая потеря напряжения согласно ПУЭ.

Провод АВВГ 4*6 оставляем.

Аналогичные расчеты проводим для остальных ЭП и групп ЭП и заносим в таблицу 9.

Таблица 9. Выбор автоматических выключателей распределительной сети от ПР.

Распреде- лительный пункт	наименование ЭП	P, кВт	cosφ	I _{ном} ,А	K _п	I _{пуск} ,А	Защитная аппар.	I _{т.р} ,А	К	I _{э.р} ≥1,5I _п уск для ЭП, I _{э.р} ≥1,25 I _{пуск} для гр. ЭП,	I _{доп}	Марка кабеля	го, Ом/ км	хо, Ом/ км	L, м	ΔU, %
ПР1	Фрезерный станок	18	0,6	50,15	5	250,75	ВА-13-29	63	6	378> 376,1	63	ВВГнг-LS 5*10	1,84	0,09 9	6	0,147
ПР1	Фрезерный станок	11	0,6	31,34	5	156,55	ВА-51Г-26	25	10	250> 234,8	63	ВВГнг-LS 5*4	4,64	0,10 7	7	0,255
ПР1	Плоскошлифова- льный станок	20	0,6	57	5	285	ВА-13-29	63	5	378>356	63	ВВГнг-LS 5*10	1,84	0,09 9	4	0,109
ПР1	Механические ножницы	24	0,6	68,4	5	342	ВА-51Г-31	31,5	14	441 > 427,5	84	ВВГнг-LS 5*16	1,16	0,09 5	12	0,257
ПР1	Листогиб	10	0,6	25,5	5	127,5	ВА-51-26	20	10	200 > 191,2	27	ВВГнг-LS 5*2,5	7,4	0,11 6	14	0,732
ПР1	Токарный станок	22	0,6	62,7	5	313,5	ВА-51Г-31	31,5	14	560 > 470,2	84	ВВГнг-LS 5*16	1,16	0,09 9	7	0,138
ПР1	Механические ножницы	14	0,6	40	5	200	ВА-13-29	50	6	300 >300	46	ВВГнг-LS 5*6	3,09	0,1	16	0,500
ПР1	Токарный станок	15	0,6	42,7	5	213,5	ВА-13-29	63	6	378 > 319,5	46	ВВГнг-LS 5*6	3,09	0,1	10	0,335
ПР2	Сверлильный станок	3	0,6	8,55	5	42,75	ВА-51-31	10	7,5	75> 64,1	21	ВВГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	35	0,906
ПР2	Точильный станок	2,4	0,6	6,84	5	34,2	ВА-51-31	8	6	48> 51,3	21	ВВГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	37	0,767

ПР2	Сверлильный станок	3	0,6	8,55	5	42,75	BA-51-31	10	7,5	75 > 64,1	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	39	1,010
ПР2	Фальцевальная машина	3	0,6	8,55	5	42,75	BA-51-31	10	7,5	75 > 64,1	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	2	0,051
ПР2	Точильный станок	2,4	0,6	6,84	5	34,2	BA-51-31	20	3	60 > 51,3	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	3	0,062
ПР2	Сверлильный станок	1,7	0,6	4,7	5	24,2	BA-51-31	6,3	6	37,8 > 36,3	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	5	0,0734
ПР2	Дуговой сварочный аппарат	2,8	0,6	8	5	40	BA-51-31	20	3	60 > 60	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	11	0,266
ПР2	Сверлильный станок	3	0,6	8,55	5	42,75	BA-51-31	10	7,5	75 > 64,1	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	19	0,492
ПР3	Точильный станок	2,4	0,6	6,84	5	34,2	BA-51-31	20	3	60 > 51,3	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	8	0,166
ПР3	Резьбонарезной автомат	3	0,6	8,55	5	42,75	BA-51-31	10	7,5	75 > 64,1	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	9,5	0,246
ПР3	Сверлильный станок	3	0,6	8,55	5	42,75	BA-51-31	10	7,5	75 > 64,1	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	12	0,311
ПР3	токарно-автоматный станок	6	0,6	17,1	5	87,5	BA-51Г-25	20	7	140 > 130,5	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	3	0,155
ПР3	Кран-балка	9	0,6	25,64	5	128,2	BA-13-29	16	12	192 > 191,2	27	BBГнг-LS 5*2,5	7,4	0,11 6	8	0,377
ПР4	Токарный станок	12	0,6	34,2	5	171	BA-13-29	25	12	300 > 256,7	60	BBГнг-LS 5*16	1,16	0,09 9	15	0,161
ПР4	Токарноавтоматный станок	6	0,6	17,1	5	87,5	BA-51-26	20	7	140 > 130	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	9	0,466

ПР5	Резьбонакатной станок	4	0,6	11,4	5	57	BA-51-26	12,5	7	87,5 > 85,2	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	11	0,380
ПР5	Фрезерный станок	8	0,6	22,8	5	114	BA-13-25	25	7	175>171	27	BBГнг-LS 5*2,5	7,4	0,11 6	10	0,418
ПР5	Сверлильный станок	3	0,6	8,55	5	42,75	BA-51-31	10	7,5	75> 64,1	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	11	0,285
ПР5	Токарно-автоматный станок	6	0,6	17,1	5	87,5	BA-51-26	20	7	140 > 130	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	4	0,207
ПР5	Обогреваль помещения	4,5	0,8	9,61	-	9,61	BA-51-31	6,3	3	18,9>14,4	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	41	1,671
ПР5	Радиальный вентилятор	5	0,65	13,16	5	65,8	BA-51Г-25	10	8	80 > 68,8	21	BBГнг-LS 5*1,5	12,3	0,12 6	43	1,770
ПР6	Центровой токарный станок	18	0,6	50,15	5	250,75	BA-51Г-31	25	14	378> 376,1	63	BBГнг-LS 5*10	1,84	0,09 9	1	0,024
ПР6	Токарный станок	22	0,6	62,7		313,5	BA-51Г-31	31,5	14	560 > 470,2	63	BBГнг-LS 5*10	1,84	0,09 9	3	0,090

Таблица 10. Выбор вводных аппаратов ПР.

Распределительный пункт	наименование ЭП	$P_{кВт}$	$\cos\phi$	$I_{ном,А}$	$I_{пуск,А}$	Защитная аппарат.	$I_{т.р,А}$	К	$I_{э.р.} \geq 1,25I_{пуск}$ для гр. ЭП,	$I_{доп}$	Марка кабеля
ВРУ	ВРУ	456,5	0,61	203	342	ВА-57-40	250	2	$500 > 427$	261	ВВГнг-LS 5*95
ПР1	Вводной аппарат	149	0,6	71	342	ВА-57-35	160	2,5	$500 > 427,5$	84	ВВГнг-LS 5*16
ПР2	Вводной аппарат	26,7	0,63	14	40	ВА-13-29	20	3	$60 > 50$	21	ВВГнг-LS 5*1,5
ПР3	Вводной аппарат	52,8	0,6	23	128,2	ВА-13-29	31,5	6	$189 > 160,2$	63	ВВГнг-LS 5*10
ПР4	Вводной аппарат	102	0,6	47	171	ВА-57-35	63	4	$252 > 214$	63	ВВГнг-LS 5*10
ПР5	Вводной аппарат	55	0,79	37	114	ВА-51-33	50	4	$200 > 142,5$	63	ВВГнг-LS 5*16
ПР6	Вводной аппарат	40	0,6	39	313	ВА-57-35	160	2,5	$400 > 391$	63	ВВГнг-LS 5*10

Таблица 11. Выбор аппаратов на ТП.

Распределительный пункт	наименование ЭП	$P_{кВт}$	$\cos\phi$	$I_{ном,А}$	$I_{пуск,А}$	Защитная аппарат.	$I_{т.р,А}$	К	$I_{э.р.} \geq 1,25I_{пуск}$ для гр. ЭП,	$I_{доп}$	$I_{доп} \geq \frac{I_3 \cdot K_3}{K_{прокл.}}$	Марка кабельной линии	L,км
ТП-ПР2	Отходящий аппарат	456,5	0,61	203	342	ВА-74-40	190	2,5	$475 > 427$	261	$261 > 203$	ВВГнг-LS 5*95	2*0,0 40

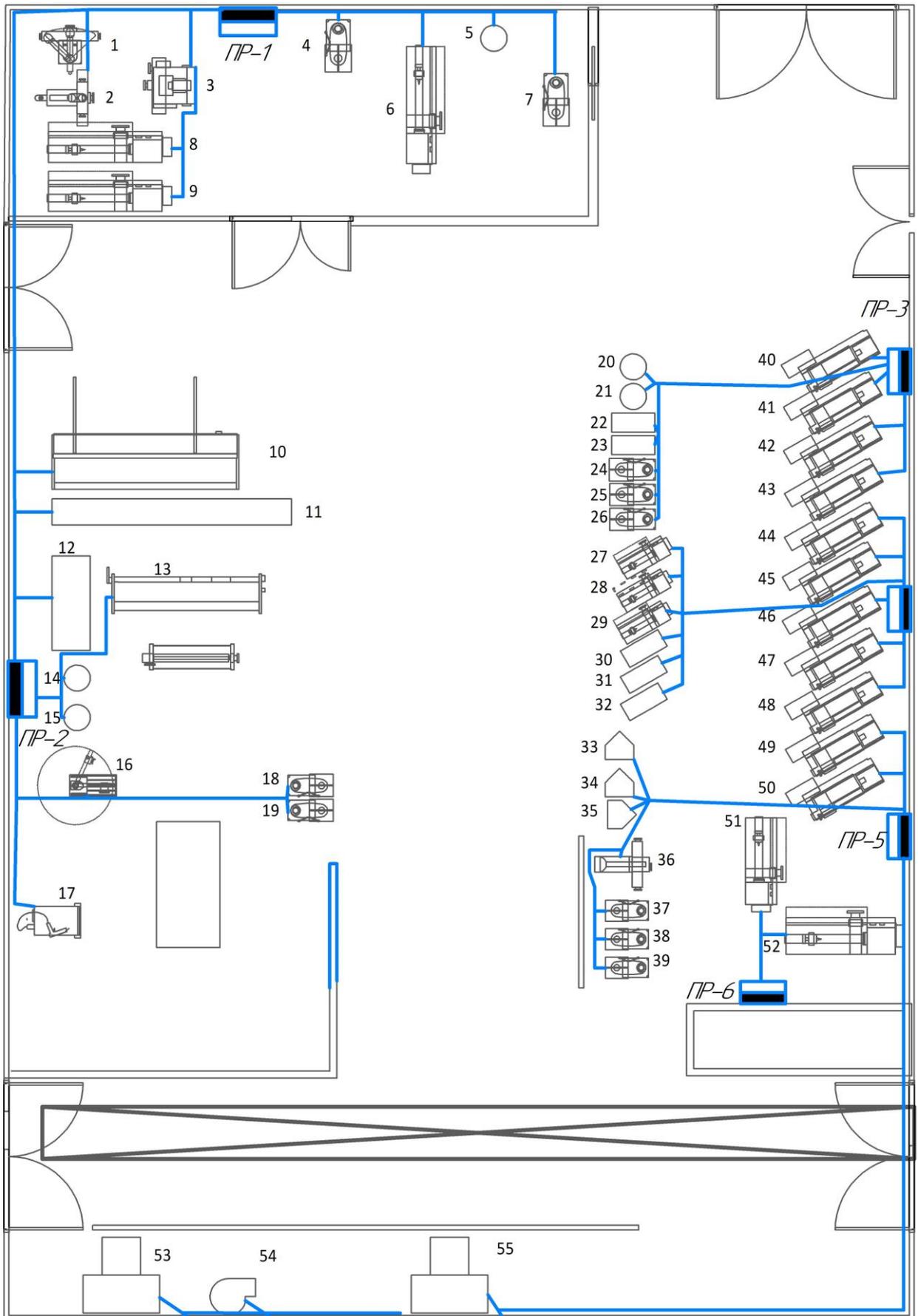


Рисунок 9.1- Схема силовой сети токарно-автоматного цеха.

10 ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮРЫ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Находим падение напряжение для цепочки линий от шин ГПП до зажимов наиболее удалённого электроприемника (радиальный вентилятор).

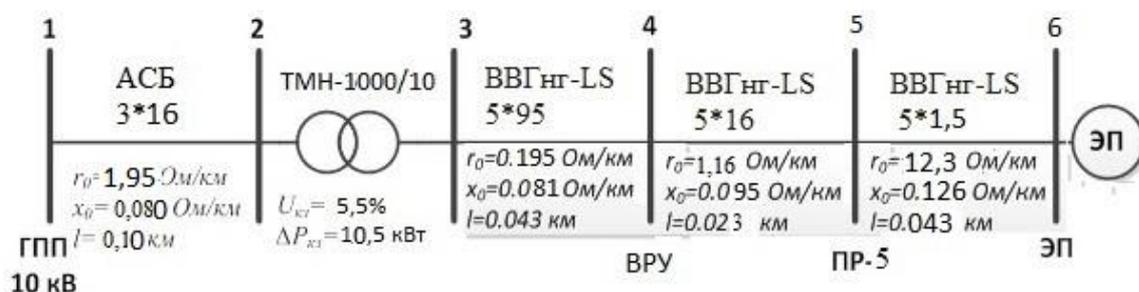


Рисунок 5 – Участок сети для расчета потерь напряжения и построения эпюры отклонений напряжения.

$$P_{12} = 468,9 \text{ кВт.} \quad P_{34} = 101 \text{ кВт.} \quad P_{45} = 20,6 \text{ кВт.} \quad P_{56} = 4,5 \text{ кВт.}$$

$$Q_{12} = 225,72 \text{ кВар.} \quad Q_{34} = 86,9 \text{ кВар.} \quad Q_{45} = 12,46 \text{ кВар.} \quad Q_{56} = 1,8 \text{ кВар.}$$

Расчет потерь напряжений в различных элементах выбранной цепочки производим по нижеприведенным формулам.

Для трансформатора:

$$\Delta U_{\text{т}} \% = \beta_{\text{т}} (U_{\text{а}} \cdot \cos \varphi_2 + U_{\text{р}} \sin \varphi_2) + \frac{\beta_{\text{т}}^2}{200} (U_{\text{а}} \cdot \sin \varphi_2 - U_{\text{р}} \cdot \cos \varphi_2),$$

где $\beta_{\text{т}}$ – отношение фактической загрузки одного трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме.

$U_{\text{а}} = \frac{\Delta P_{\text{кз}} \cdot 100\%}{S_{\text{н.тр.}}}$ – активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %;

$\Delta P_{\text{кз}}$ – потери активной мощности при КЗ, [кВт];

$U_{\text{р}} = \sqrt{(U_{\text{к}})^2 - (U_{\text{а}})^2}$ – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %;

$U_{\text{к}}$ – напряжение короткого замыкания, %;

$\cos \varphi_2$ и $\sin \varphi_2$ – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора.

Для линии:
$$\Delta U \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_1^2},$$

где P и Q – соответственно величины активной и реактивной мощностей, передаваемых по расчетному участку в рассматриваемом режиме, [кВт] и [кВар];

R и X – активное и индуктивное сопротивления данного участка сети, [Ом];

U_i – напряжение на данном участке сети (в начале участка), [кВ].

10.1. Расчет потерь напряжения для максимального режима нагрузок:

Участок 1-2 (АСБ 3х35):

$$\Delta U_{12}\% = \frac{(468,9 \cdot 1,95 \cdot 0,10) + (225,72,15 \cdot 0,080 \cdot 0,10)}{(10 \cdot 10,5^2)} = 0,08\%$$

Определим потери напряжения в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 0,08 \cdot \frac{10500}{100} = 8,4 \text{ В}$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_2 = 10500 - 3,1 = 10491,6 \text{ В}$$

Участок 2-3 (ТМН-1000/10):

Потери напряжения на участке определяется потерей напряжения в трансформаторе.

$$U_a\% = \frac{10,5}{1000} \cdot 100 = 1,05 \%$$

$$U_p\% = \sqrt{10,5^2 + 1,05^2} = 10,53 \%$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = \frac{468,9}{\sqrt{468,9^2 + 225,72^2}} = 0,901$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = \frac{225,72}{\sqrt{468,9^2 + 225,72^2}} = 0,434$$

$$\beta_T = \frac{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{468,9^2 + 225,72^2}}{1000} = 0,226$$

$$\Delta U_T = 0,226 \cdot (1,05 \cdot 0,901 + 10,53 \cdot 0,434) + \frac{0,226^2}{200} \cdot (1,05 \cdot 0,434 - 10,53 \cdot 0,901)^2 = 1,46\%$$

С учётом потерь в обмотке ВН напряжение ВН будет равно:

$$U_{ВН} = 10491,6 - 1,46 \cdot \frac{10500}{100} = 10338,3 \text{ В}$$

Напряжение на низкой стороне с учетом потерь будет составлять:

$$\Delta U_3 = 400 \cdot \frac{10338,3}{10500} = 393,8 \text{ В}$$

Участок 3-4 (ВВГнг 5x95):

$$\Delta U_{34}\% = \frac{(101 \cdot 0,195 \cdot 0,043) + (86,9 \cdot 0,081 \cdot 0,043)}{(10 \cdot 0,3838^2)} = 0,9\%$$

Определим потери напряжения в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 0,9 \cdot \frac{393,8}{100} = 3,5 \text{ В}$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_4 = 393,8 - 3,5 = 390,3 \text{ В}$$

Аналогично рассчитываем участки 4-5, 5-6.

$$\Delta U_{45}\% = 0,33\%$$

$$\Delta U_{45} = 1,2 \text{ В}$$

$$U_5 = 389,1 \text{ В}$$

$$\Delta U_5\% = 3,1\%$$

$$U_6 = 371,2 \text{ В}$$

Согласно ПУЭ, для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более 5%. В данном случае условие выполняется.

Для остальных режимов ведем расчет аналогично. Строим эпюру отклонения напряжения

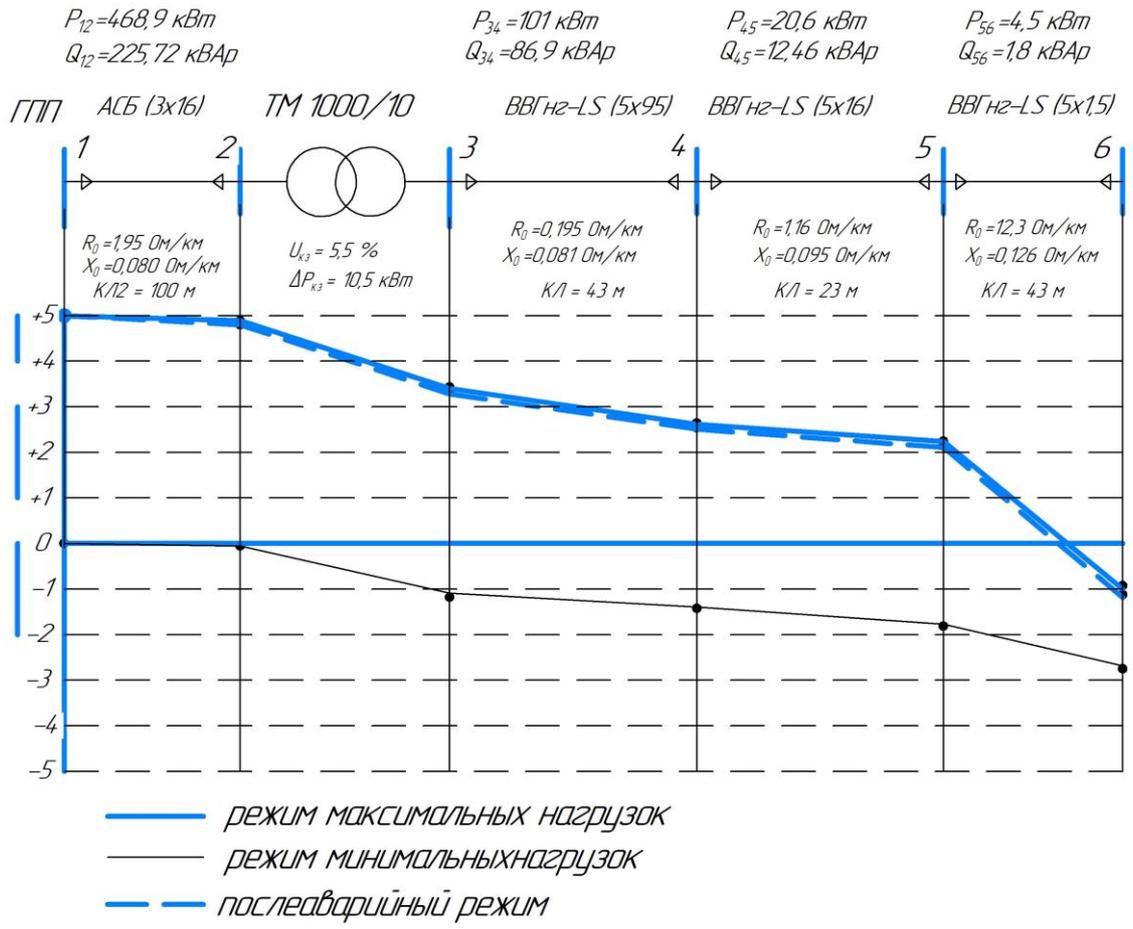


Рисунок 11.1 Эпюра отклонения напряжения

11 ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ СЕЛЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНЫХ АППАРАТОВ

На карте селективности действия защит располагаем характеристики электроприемников и автоматических выключателей, соблюдая селективность срабатывания защит. Схема для построения карты селективности представлена на рисунке 11.1, а карта селективности защит на 11.2.

Рисунок 11.1- Схема для расчета карты селективности

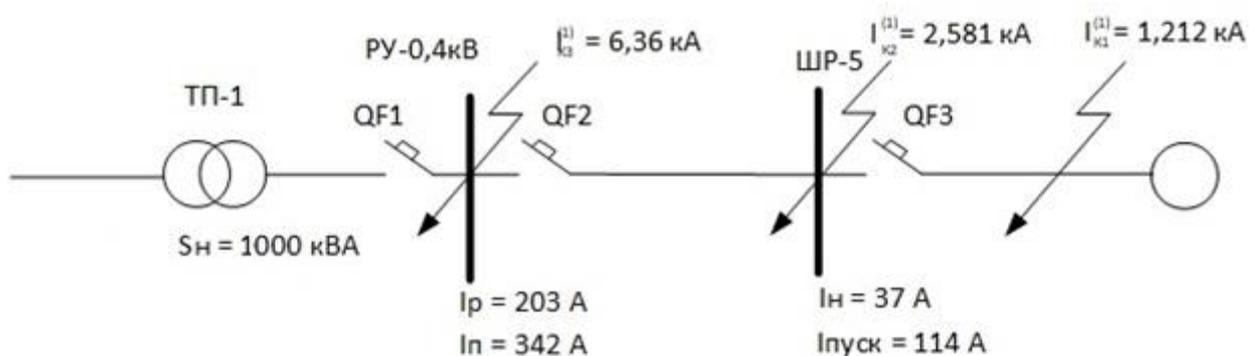
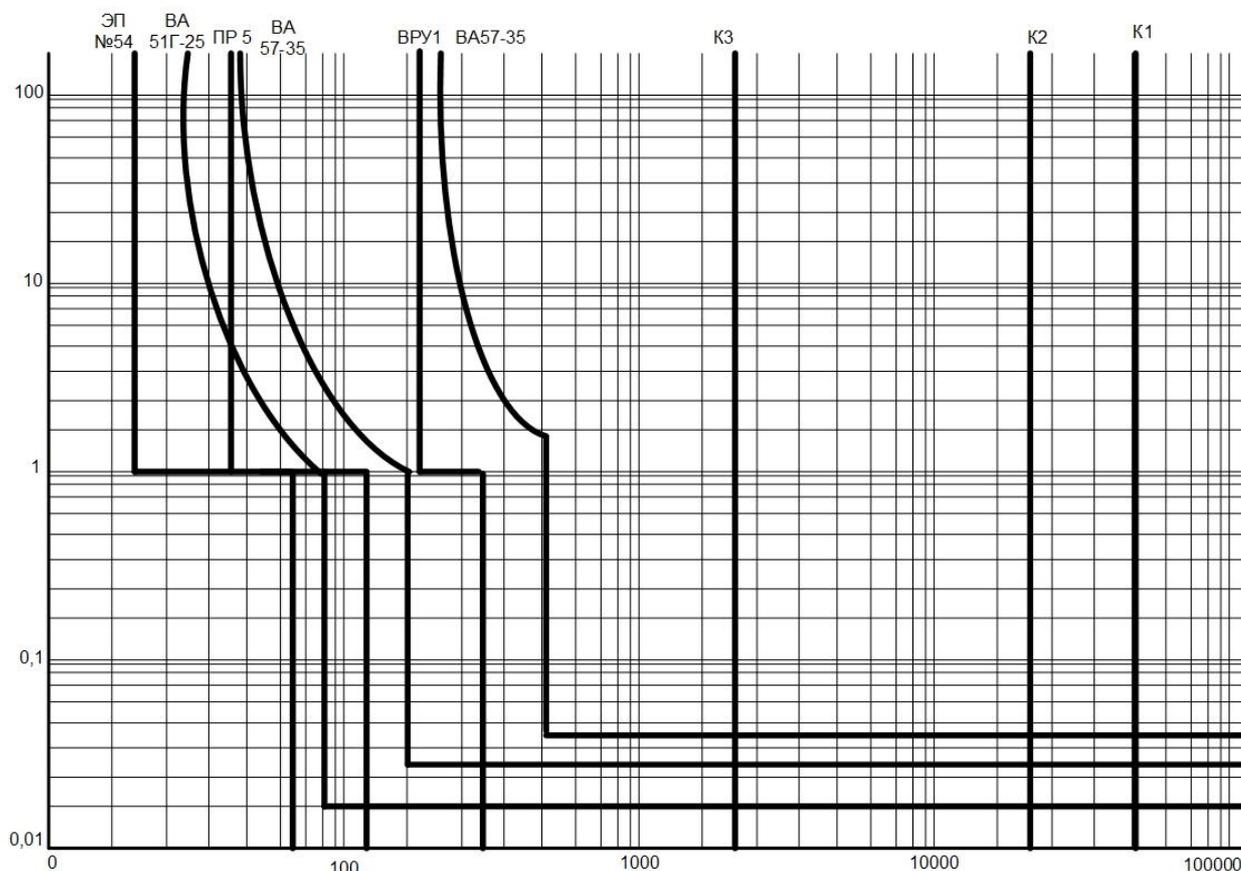


Рисунок 11.2- Карта селективности защит



12 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ НИЖЕ 1000 В

Расчет токов короткого замыкания ведем для вентилятора, номинальной мощностью 10 кВт.

Расчет производим приближительным приведением к базисным условиям в именованных единицах.

$S_{кз}=42$ МВА – мощность КЗ на шинах питающей подстанции;

$U_{ср.в}=10,5$ кВ, $U_{ср.н}=0,4$ кВ – среднее напряжения на высокой и низкой стороне трансформатора.

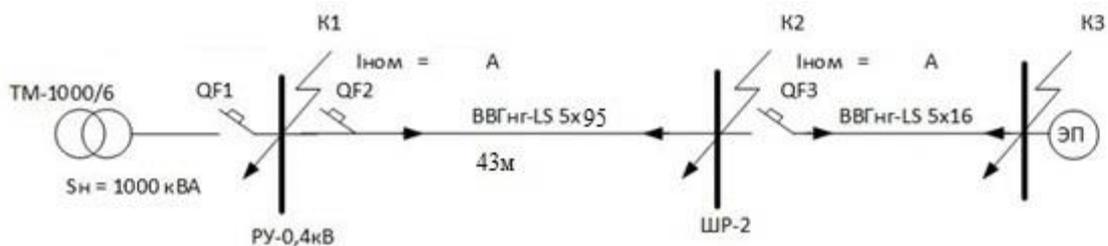


Рис 14.- Схема для расчета токов КЗ.

Сопротивление системы, приведенное к напряжению 0,4 кВ:

$$X_c = \frac{U_n^2}{S_k} \cdot K_T^2 = \frac{10^2}{42} \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} = 3,4 \text{ мОм}$$

Сопротивление цехового трансформатора

$$R_T = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_n^2}{S_{н.т}^2} \cdot \left(\frac{U_{ср.осн}^2}{U_{ср.л}^2} \right) = \frac{10,5 \cdot 10^2}{1000^2} \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} \cdot 10^6 = 0,98 \text{ мОм}$$

$$Z_T = \frac{u_{к\%} \cdot U_n^2}{100 \cdot S_{н.т}} \cdot \left(\frac{U_{ср.осн}^2}{U_{ср.л}^2} \right) = \frac{5,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} \cdot 10^6 = 5,9 \text{ мОм}$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{5,9^2 - 0,98^2} = 5,81 \text{ мОм}$$

Сопротивление кабельных линии

1) ВВГнг-LS 5x95

$$R_{\text{кл1}} = r_0 l \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.осн}}^2}{U_{\text{ср.и}}^2} \right) = 0,27 \cdot 43 \cdot 1 = 11,61 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{кл1}} = x_0 l \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.осн}}^2}{U_{\text{ср.и}}^2} \right) = 0,043 \cdot 43 \cdot 1 = 1,85 \text{ мОм}$$

2) ВВГнг-LS 5x16

$$R_{\text{кл2}} = r_0 l \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.осн}}^2}{U_{\text{ср.и}}^2} \right) = 1,16 \cdot 23 \cdot 1 = 26,68 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{кл2}} = x_0 l \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.осн}}^2}{U_{\text{ср.и}}^2} \right) = 0,0675 \cdot 23 \cdot 1 = 1,55 \text{ мОм}$$

Для расчетов токов короткого замыкания составим схему замещения

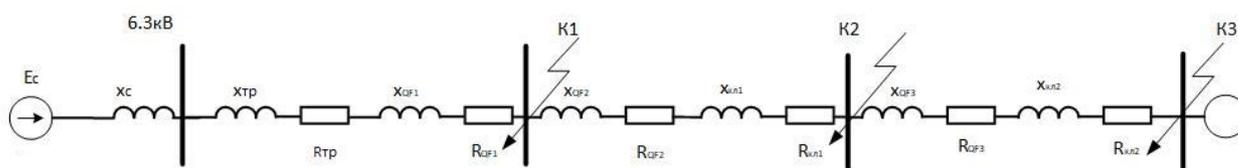


Рис 14.1- Схема замещения сети

При расчете токов К3 в сетях до 1000 В необходимо учитывать переходные сопротивления контактов.

$$R_{QF1} = 0.05 \text{ мОм}; \quad R_{QF2} = 0.25 \text{ мОм}; \quad R_{QF3} = 0.75 \text{ мОм};$$

$$X_{QF1} = 0.05 \text{ мОм}; \quad X_{QF2} = 0.13 \text{ мОм}; \quad X_{QF3} = 1.20 \text{ мОм};$$

$$R_1 = R_{\text{тр}} + R_{QF1} = 0.98 + 0.05 = 1.03 \text{ мОм}$$

$$X_1 = X_{\text{тр}} + X_{QF1} = 5.9 + 0.05 = 5.95 \text{ мОм}$$

$$R_2 = R_{QF2} + R_{\text{кл1}} = 0.25 + 11.61 = 11.65 \text{ мОм}$$

$$X_2 = X_{QF2} + X_{\text{кл1}} = 0.13 + 1.85 = 1.98 \text{ мОм}$$

$$R_3 = R_{QF3} + R_{\text{кл2}} = 1.2 + 8.12 = 9.32 \text{ мОм}$$

$$X_3 = X_{QF3} + X_{\text{кл2}} = 1.2 + 1.55 = 2.75 \text{ мОм}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 + X_3)^2} = 24.365 \text{ мОм}$$

Производим расчет тока КЗ в точке К₃. Суммарное активное сопротивление:

Ток трехфазного КЗ:

$$I_{K3} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 24,365} = 2,87 \text{ кА} \quad (14.11)$$

Ток двухфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K3}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2,87 = 2,48 \text{ кА} \quad (14.12)$$

Ток однофазного КЗ:

$$R_{0к1} = \frac{r_0 l}{5} = \frac{0,124 \cdot 41}{5} = 1,0168 \text{ мОм};$$

$$X_{0к1} = \frac{x_0 l}{5} = \frac{0,0596 \cdot 41}{5} = 0,489 \text{ мОм.}$$

$$R_{0к2} = \frac{r_0 l}{5} = \frac{1,16 \cdot 7}{5} = 1,624 \text{ мОм};$$

$$X_{0к2} = \frac{x_0 l}{5} = \frac{0,0675 \cdot 7}{5} = 0,0945 \text{ мОм}$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\text{ср.ф}}}{\frac{Z_{\text{ГР}}}{3} \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3 + R_{0к2} + R_{0к1})^2 + (X_1 + X_2 + X_3 + X_{0к2} + X_{0к1})^2}} =$$

$$= \frac{230}{\frac{18}{3} \cdot \sqrt{(1,03 + 11,65 + 9,32 + 1,0168 + 1,624)^2 + (5,95 + 1,98 + 1,75 + 0,489 + 0,0945)^2}} = 1,212 \text{ кА}$$

$$i_1 = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 1,001 \cdot 2,87 = 4,063 \text{ кА}$$

Мощность трехфазного КЗ:

Результаты расчета токов КЗ в других точках сводим в таблицу

Таблица 13.-Результаты расчетов токов КЗ

Точка КЗ	R _Σ , мОм	X _Σ , мОм	I _к ⁽³⁾ , кА	I _к ⁽²⁾ , кА	I _к ⁽¹⁾ , кА	K _y	i _y ⁽³⁾ , кА
К1	1,03	5,95	38,25	33,124	6,36	1	54,094
К2	12,68	7,93	15,55	12,88	2,581	1,007	22,145
К3	22	9,68	2,87	2,48	1,212	1,001	4,063

13 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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.

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) в отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяют на следующие три категории:

Электроприемники 1 категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству; повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Электроприемники 2 категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники 3 категории — все остальные электроприемники, не подходящие под определения 1 и 2 категорий.

Для построения карты сегментирования рынка выберем два наиболее значимых критерия: мощность предприятия и категория потребителя по надежности электроснабжения.

Таблица 13.1 – Карта сегментирования рынка услуг по использованию методики анализа

Размер предприятия	Категория потребителя по надежности электроснабжения		
	1	2	3
Крупное	Р	С	М
Среднее	Р,С	Р,С,М	М,С
Малое	Р,С	Р,С,М	Р,С,М

В данной таблице: Р = радиальная, М = магистральная, С = смешанная схемы электроснабжения.

В силу того, что радиальная схема обеспечивает наибольшую надёжность, по сравнению с магистральной, её применение возможно для электроснабжения потребителей 1 категории. Для предприятий средних и малых смешанная схема так же обеспечивает достаточную надёжность электроснабжения, наравне с радиальной.

Для крупных и средних потребителей 2 и 3 категорий высокая надёжность электроснабжения не требуется, поэтому возможно применение магистральной схемы.

13.1 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; 3) смешанной сети.

Таблица 13.2 — 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:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i$$

где K - конкурентоспособность разработки;

B_i - вес показателя;

Б_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.

1.2 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 13.3 - 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 13. 4 - Радиальная 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	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 13.5 - 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 $80 < P_{cp} < 100$ - альтернатива перспективна; $60 < P_{cp} < 79$ - альтернатива выше среднего; $40 < P_{cp} < 59$ - перспективность альтернативы средняя; $20 < P_{cp} < 39$ - перспективность альтернативы ниже среднего; $P_{cp} < 19$ - то перспективность альтернативы очень низкая.

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

1.3 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 13.6 - Матрица SWOT для радиальной сети

	Сильные стороны проекта: С1: Применяется в любой окружающей среде С2: Высокое качество надежности С3: Применение простых элементов	Слабые стороны проекта: Сл1: Требуются большие инвестиции Сл2: Сложно делать перемещение электроустановок
Возможности проекта: В1: Использование негорючей и бронированной изоляции В2: Уменьшение цен на применяемые электростановки В3: Использование новейшего оборудования	Добавление в производственный процесс новых типов кабелей и выключателей, повышающих качество надежности, что снижает инвестиции на ремонт	Добавление в производственный процесс новых типов кабелей и выключателей, что потребует увеличение инвестиций на обучение сотрудников, плюс инвестиции на приобретение оборудования.

<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 13.7 - 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 13.8 - 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>

13.4 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 13.8.

Таблица 13.9 - 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
	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 13.8 видны этапы проектирования. Итогом данного проекта является выпускная квалификационная работа.

13.5 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 применяется выражение:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}.i} + 2 \cdot t_{\text{max}.i}}{5}$$

где $t_{\text{ож}i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i - ой работы чел. - дн.;

$t_{\text{min}.i}$ - минимальная возможная трудоемкость исполнения заданной i - ой работы, чел. - дн.;

$t_{\text{max}.i}$ - 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.

13.6 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

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

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

$k_{кал}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

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

где $T_{кал}$ - количество календарных дней в году; $T_{вых}$ - количество выходных дней в году; $T_{пр}$ - количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности на 2019 год:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 118 - 14} = 1,478$$

Длительность первой работы в календарных днях:

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе

необходимо округлить до целого числа.

Полученные значения представлены в таблице 13.9.

Таблица – 13.10 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{max} , чел-дни	t_{min} , чел-дни	$t_{ож}$, 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
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 13.9 создаётся календарный план-график. График создается для максимального по времени выполнения работ в рамках научного исследования с разбивкой на месяцы, декады.

Таблица 13.11 – Календарный план - график

№	Вид работ	T_{ki} , кал. дней	Продолжительность выполнения работ										
			январь		февраль			март			апрель		
			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 инструментального завода	15			■	■	■						
6	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	10					■	■					
7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	8						■	■				
8	Оценка эффективности полных результатов	8								■			

9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	19										
10	Составление пояснительной записки	4										
11	Представление проекта ГАК	2										

13.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

13.8 Расчёт материальных затрат НТИ

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

Таблица 12 - 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

13.9 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 13.12.

Таблица 13.13 — 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

13.10 Расчет амортизационных отчислений

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

Цена ПК больше 40000 руб., необходимо учитывать амортизацию:

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

13.11 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; $Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot Z_{\text{осн}}$ - 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:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

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

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

k_d - коэффициент доплат и надбавок, 0,2;

k_p - районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

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

$$Z_M = 17000 \cdot (1 + 0,15 + 0,2) \cdot 1,3 = 29830 \text{ руб}$$

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

$$Z_{дн} = 62570 + 0,15 \cdot 62570 = 71960 \text{ руб}$$

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

13.12 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды:

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

где $k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в 13.14.

Таблица 13.14 - Отчисления во внебюджетные фонды

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

13.13. 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 $k_{\text{пр}} = 0,2$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 20%.

1.14 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 13.15

Таблица 13.15 - 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 больше дешевых кабелей и оборудования.

14 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе дипломной работы проанализируем условия труда с точки зрения наличия возможности появления опасных и вредных факторов и их воздействие на работающих, рассмотрим мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, а также мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте электромонтера обслуживающего электрооборудование токарно-автоматного цеха конденсаторного завода.

14.1 Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса)

Основным электрооборудованием токарно-автоматного цеха №14, завода ТОО УККЗ являются группы токарных, шлифовальных, фрезерных, заточных станков. Данный цех относится к группе вспомогательных цехов и служб. Цех обеспечивает нормальный технологический процесс, изготавливают инструмент и технологическую оснастку, проводят профилактический и капитальный ремонт оборудования.

Согласно [1] производственное помещение классифицируются по условиям окружающей среды: с нормальной средой - сухие помещения, относительная влажность которых составляет не более 60 %, отапливаемые и не отапливаемые помещения, не опасные по коррозии, пожару, взрыву.

Таким образом, все электроприемники токарно-автоматного цеха располагаются в помещениях без повышенной опасности - имеют нормальную среду, т.е. относительная влажность не превышает 60%. В помещении отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным, химически и биологически активным средам.[1]

Потребителями электроэнергии данного цеха являются станки токарной, заточной шлифовальной групп.

14.2 Производственная и экологическая безопасность

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда. Одним из важных нормативных документов по охране труда является ГОСТ 12.2003-91 «Система стандартов безопасности труда» (ССБТ), представляющая собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда.

В данном разделе рассмотрен анализ опасных и вредных факторов токарно-автоматного цеха, предложены меры по устранению этих факторов или защита от них. При разработке мероприятий рассмотрен более детально вопрос защитного заземления. Рассмотрены вопросы противопожарной профилактики, охраны окружающей среды и вопрос о чрезвычайных ситуациях.

14.3 Анализ опасных факторов

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях человека приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

В рассмотренном корпусе токарно-автоматного цеха имеются следующие опасные факторы:

- Быстровращающиеся части агрегатов и механизмов;

- Возможность поражения электрическим током;
- Возможность поражения дугой и брызгами раскаленного металла при проведении сварочных работ.

14.4 Анализ вредных факторов

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. В данных помещениях имеются следующие вредные факторы:

- Наличие повышенного уровня шума при работе разнообразного оборудования и механизмов;
- Недостаточная освещенность;
- Наличие вредных примесей в воздухе, которые образуются при работе основного оборудования цеха – это испарением масла и металлическая пыль.

14.5 Производственная безопасность

Техника безопасности – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Помещение, в котором находится электрооборудование, является сухим помещением с повышенной опасностью, т.к. имеются железобетонные токопроводящие полы.

Производственное оборудование, при работе которого есть опасность поражения или травмирования быстровращающимися частями или

механизмами должно иметь следующие средства для устранения этой опасности:

- Ограждение оборудования, а если это невозможно, то защитное ограничение непосредственно на самих вращающихся частях и механизмах, а там где необходимо, чтобы была возможность наблюдения за процессом обработки применяются щитки из органического стекла;

- Согласно ПТЭЭП, выключатели, контакторы и другие пускорегулирующие аппараты должны иметь четкие надписи указывающие к какому электрооборудованию они относятся;[2]

- Если с места, где установлен аппарат для управления работой электропривода, не виден производственный механизм, то для безопасности технологического персонала необходимо предусмотреть меры безопасности:

- а) кнопка пуска устанавливается непосредственно у механизма, приводимого в движение;

- б) оборудование сигнализации, оповещающей о пуске производственного механизма;

- в) непосредственно вблизи электропривода устанавливается аппарат для быстрого аварийного отключения электропривода.

- Оснащение всех защитных и технологических кожухов, ограждений, щитков системной блокировки, которая исключает работу производственного механизма без обеспечения необходимых мер предосторожности, таких как незакрытый защитный кожух и т.п. и которая вдобавок производит немедленное отключение электропривода при попытке открыть или снять защитный кожух или щиток.[2]

Основные причины поражения электрическим током:

- Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

- Появление напряжения на механических конструктивных частях электрооборудования (корпусе, кожухе и т.п.) в результате повреждения изоляции, коротких замыканий и других причин;
- Появление напряжения на отключенных частях, на которых производится какая-либо работа (наладка, ремонт и т.д.) из-за ошибочного включения установки;
- Возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания на землю.

Согласно ПТЭЭП, основными мерами защиты от возможности поражения электрическим током является:

- Надежное ограждение всех токоведущих частей от возможного случайного прикосновения, в первую очередь незащищенных, а по возможности и защищенных частей;[2]
- Применение защищенного разделения сетей;[2]
- Устранение возможности поражения электрическим током, вызванным прикосновением к конструкциям или корпусам, оказавшимся случайно под напряжением, а также появлением напряжения на отключенных частях применением устройств защищенного заземления или защитного заземления, или же применение устройств защитного (немедленного) отключения;
- Обеспечение организации безопасной эксплуатации электроустановок в соответствии со всеми требованиями, предусмотренными ПУЭ, ПТЭЭП-2003;
- Соблюдение правил технической безопасности и правил технической эксплуатации электроустановок.

Но в процессе эксплуатации электроустановок часто возникают ситуации, при которых даже самое полное соблюдение всех вышеперечисленных общих мер не обеспечивает безопасности работающего и тогда требуется применение специальных средств защиты согласно ПТЭЭП-2003:

- Изолирующие электрозащитные средства;
- Временные ограждения, предупреждающие и запрещающие плакаты;
- Средства для индивидуальной защиты.

Все работы, выполняемые с целью осмотра и обслуживания электроустановок, проводятся в обязательном порядке после осуществления ряда организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасность личного состава бригады.

При производстве работ в электроустановках выполняются технические и организационные мероприятия (меры) предосторожности для того, чтобы исключить случайную подачу напряжения к месту работы и случайное приближение или прикосновение к токоведущим частям, оставшимся под напряжением.

К организационным мероприятиям относят:

- Заполнение наряда-допуска на безопасное проведение работ, бланка переключений, оформление записи в оперативном журнале;
- производство допуска;
- организация надзора во время производства работ;
- перевод на другое рабочее место;
- отметка о перерывах в работе, об изменении состава бригады;
- оформление окончания работ.

14.6 Расчет защитного заземления

Защитным заземлением называется преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции и контакта их с токоведущими частями. Назначение защитного заземления в том, чтобы создать между металлическими частями (конструкциями) или корпусом защищаемого устройства и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления (конкретные значения для различных условий определены ПУЭ).

В установках до 1000 В применяют систему заземления при которой заземленные проводники соединяются с заземленной нейтралью. Наличие такого соединения превращает замыкание токоведущих частей на заземленные части установки в короткое замыкание из-за чего происходит отключение аварийного участка защитным аппаратом ГОСТ 12.1.030-86.

Из сказанного следует, что целью устройства защитного заземления является:

- В установках с изолированной нейтралью – обеспечение безопасной величины тока протекающего через тело человека при замыканиях фазы сети на заземленные участки;
- В установках с заземленной нейтралью – обеспечение возможности автоматического отключения поврежденного участка сети при таких же замыканиях, что и в предыдущем пункте.

Наибольшие допустимые значения R_z , установленные Правилами устройства электроустановок, составляют:

- для установок до 1000 В:
10 Ом – при суммарной мощности генераторов или трансформаторов, питающих данную сеть, не более 100 кВА;
4 Ом – во всех остальных случаях;

Рассчитаем систему заземления по следующим исходным данным: заземление необходимо сделать для оборудования токарно-автоматного цеха, работающего на напряжение 0,38 кВ имеющего ТП с $S_H=1000$ кВА. Для заземлителей используя стальные трубы $\varnothing 4,5$ см. с толщиной стенок 3,5 мм длиной 2,5 м.

Вертикально установленные трубы соединяются стальной лентой 48x4 мм. Заземлители располагаются по контуру. Характер грунта в месте установки заземлителей суглинок.

Расчет производится в следующем порядке:

1. Трубчатые заземлители устанавливаются в земле на глубине (от поверхности земли до верхнего конца трубы) = 0,7 м, а величину расстояния между трубами примем равной 3 длинам заземлителя: $a=3 \cdot l=3 \cdot 2,5=7,5$ м. Верхние концы заземлителей соединим с помощью полосовой стали.

2. По исходным данным в соответствии с ПУЭ для нашего случая, учитывая возможность промерзания грунта зимой и просыхания летом, удельные сопротивления грунта при расчетах следует принимать более высоким. Для этого определяются расчетные значения β и $\rho_{п}$ при использовании трубчатых заземлителей и соединительной полосы:

$$\rho_{\text{Э}} = \rho_{\text{Т}} \cdot K_{\text{Э}} \quad (1)$$

$$\rho_{\text{П}} = \rho_{\text{Т}} \cdot K_{\text{П}} \quad (2),$$

где: ρ_T – сопротивление суглинка $\rho_T=1 \cdot 10^4$ (Ом·см);

K_{II} и $K_{\text{Э}}$ – повышающие коэффициенты для данной климатической зоны: $K_{II}=4,5 \div 7,0$, $K_{\text{Э}}=1,8 \div 2,0$.

$$\rho_{\text{Э}}=1 \cdot 10^4 \cdot 1,9=1,9 \cdot 10^4 \text{ (Ом·см)}$$

$$\rho_{II}=1 \cdot 10^4 \cdot 4,5=4,5 \cdot 10^4 \text{ (Ом·см);}$$

Величина растекания сопротивления одной забитой в землю трубы:

$$R_{\text{Э}} = \frac{\rho_{\text{Э}}}{2\pi \cdot L_t} \left(L_n \frac{2L_t}{\alpha} + 0,5 L_n \frac{4h_T + l_T}{4h_T - l_T} \right) \quad (3)$$

где: $\rho_{\text{Э}}$ – удельное расчетное сопротивление грунта;

L_T – длина трубы (см);

d - наружный диаметр трубы (см);

h_T – глубина заложеной трубы в землю равное расстоянию от поверхности земли до середины трубы (см)

$$R_{\text{Э}} = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2\pi \cdot 250} \left(L_n \frac{2 \cdot 250}{4,5} + 0,5 L_n \frac{4 \cdot 195 + 250}{4 \cdot 195 - 250} \right) = 60,98 \text{ (Ом)}$$

Определим требуемое число трубчатых заземлителей

$$n=R_{\text{Э}}/r_3 \quad (4),$$

где: $R_{\text{Э}}$ - сопротивление растекания одного заземлителя;

r_3 – сопротивление заземляющего устройства по ПУЭ.

$$n=60,98/4=15,29 \text{ шт}$$

Учитывая, что трубы соединяются заземляющей полосой, которая выполняет роль заземлителей, уменьшаем полученное число труб до 15 штук.

Определим длину соединительной полосы

$$L_n=1,05 \cdot a \cdot n=1,05 \cdot 7,5 \cdot 15=118,13 \text{ (м)}$$

Сопротивление соединительной полосы:

$$R_{II} = \frac{\rho_{II}}{2\pi \cdot L_n} \cdot L_n \frac{2L_n^2}{h_{II} \cdot b} \quad (5),$$

где: h_{II} – глубина заложения полосы в земле;

b – ширина полосы.

$$R_{II} = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2\pi \cdot 118,13 \cdot 10^3} \cdot L_n \frac{2(118,13 \cdot 10^2)^2}{70 \cdot 4,8} = 8,263 \text{ (Ом)}$$

Результирующее сопротивление растеканию системы с учетом коэффициента использования труб и полосы:

$$R_C = \frac{R_{\mathcal{E}} \cdot R_{II}}{R_{\mathcal{E}} \cdot r_K + R_{II} \cdot r_{II} \cdot n} \quad (6),$$

где: r_K – коэффициент использования труб контура $r_K = 0,5$;

r_{II} – коэффициент использования полосы, $r_{II}=0,8$.

$$R_c = \frac{60,98 \cdot 8,263}{60,98 \cdot 0,5 + 8,263 \cdot 0,8 \cdot 15} = 3,88(\text{Ом}),$$

Полученная величина удовлетворяет нормам. Расположение штырей заземления указано на рисунке 14.1

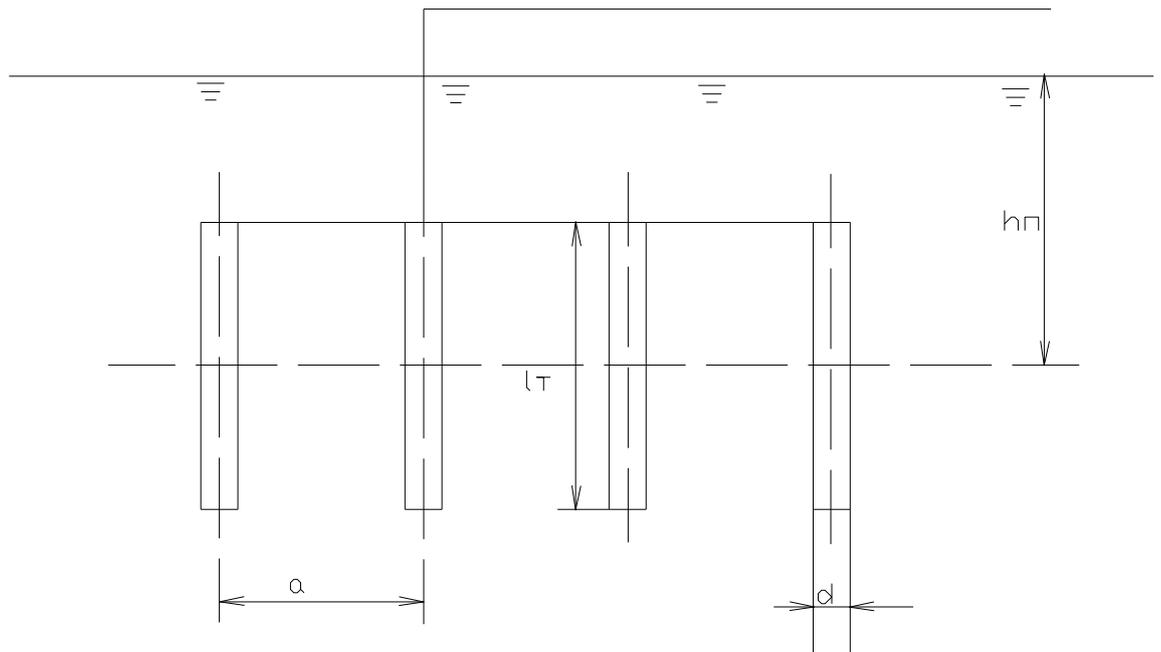


Рисунок 14.1- Схема расположения заземлителей

$d=4,5$ см $a=750$ см

$l_T=250$ см $h_{П}=70$ см

Электросварочные работы должны выполняться согласно требованию ГОСТ 12.3.003-86, ГОСТ 12.3.002-2014, СНиП 12-03-2001 ч.1, СНиП 12-04-2001 ч.2 и правил противопожарной безопасности.

Основные меры, предусмотренные для безопасной работы при проведении электросварочных работ:

- Регулярно, не реже 1 раза в месяц, проверять электросварочные аппараты на соответствие техническим нормам;

- Применение защитные средств (щитки и маски с защитными стеклами);
- Для уменьшения вредных примесей в зале проведения работ персоналом, применение местной и общей вентиляции, а также местного отсоса воздуха;
- Для защиты от брызг раскаленного металла предусматривается применение спецодежды и индивидуальных средств защиты;
- Меры, предусмотренные для защиты от поражения электрическим током перечисленные выше.

14.7 Производственная санитария

Повышенное воздействие шума наносит ощутимый ущерб на организм человека и снижает производительность труда: снижается острота зрения и слуха, снижается внимание и т.п.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 для токарно-автоматного цеха (цех№14) допустимый уровень звукового давления на рабочих местах равен 85 дБ. Для снижения уровня шума предусматриваются следующие общие меры:

- Уменьшение уровня шума непосредственно в самом источнике шума применением шумопоглощающих кожухов, звуконепроницаемых камер и т.п.;
- Изменение направленности излучения путем применения экранов (защитных и направляющих);
- Уменьшение механического шума путем совершенствования технологических процессов (например, заменить ударные процессы безударными);
- Применение индивидуальных средств защиты (наушники, шлемы и т.п.).

Величина предельно допустимой напряженности по СанПиН 2.2.4.3359-16 электромагнитного поля на рабочих местах частотой 50 Гц в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м, для защиты от повышенного уровня электромагнитных излучений предусматриваются следующие меры:

- Для ослабления мощности электромагнитного излучения на рабочем месте увеличиваем расстояние между источником и рабочим местом;
- Для ослабления мощности электромагнитного излучения от источников применяются различные виды экранов и поглотителей мощности (металлические экраны и сетки и т.п.);
- Для защиты самих рабочих мест они тоже экранируются;
- Применение индивидуальных средств защиты (это экраны изготовленные из металлизированных материалов, радиозащитные очки из стекла отражающего электромагнитное излучение и т.п.

В ремонтно-механическом цехе присутствует освещенность.

Естественное освещение оказывает благоприятное воздействие на человека, поэтому все помещения в соответствии с санитарными нормами должны иметь естественное освещение, т.е. освещение помещений светом неба проникающим через световые проемы в наружных конструкциях, рекомендуется СП 52.13330.2016. При недостаточном уровне естественного освещения применяются следующие меры для повышения освещенности:

- Применение местного (локального) диодного освещения на рабочем месте с помощью светильников;
- Применение дополнительного общего освещения при помощи светодиодных светильников или ламп ДРЛ, которые включаются по необходимости.

В данном помещении присутствуют вредные примеси в воздухе (механическая пыль и примеси масла). Согласно ПОТЭЭ-2014 ПДК металлических частиц в воздухе 1,5 мг/м³. Основные меры защиты от вредных примесей в воздухе:

- Применение устройств местной вытяжной вентиляции для отсоса этих примесей непосредственно от мест их образования;
- Применение удвоенного воздухообмена в помещении;
- Применение индивидуальных средств защиты (фильтрующие и изолирующие приборы).

14.8 Охрана окружающей среды

Исходя из ГОСТ 17.4.3.04-85, в охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почвы для получения данных о фактических уровнях загрязняющейся окружающей среды. Полученная информация о загрязнениях позволяет быстро выявлять причины повышения концентрации вредных веществ в окружающей среде и активно их устранять.

Для очистки вентиляционного воздуха от примесей, а также для очистки газовых выбросов используют фильтры. Процесс фильтрования состоит в задержке частиц примесей на пористых перегородках фильтров при движении дисперсных частиц через них.

Предотвратить загрязнение атмосферы токсичными соединениями и пылью удаляемыми из производственных помещений, можно, пропуская загрязнений воздух через специальные очистные фильтрующие и обезвреживающие устройства.

Непосредственно в цехах установлены вытяжки, вентиляторы. На заводе необходимо установить дополнительное вентиляционное оборудование, поглотители и очистители газов.

Для избавления от брака и отходов производства предлагается установить оборудование по химической переработке отходов.

Для коренного решения проблемы окружающей среды необходимо капитальные вложения, дополнительное сооружение и реконструкция.

Стратегия контроля за загрязнением окружающей среды включает в себя четкое представление о сложности окружающей среды, разработку методов создания новых технических средств контроля за загрязнением и определение задач в отношении защиты окружающей среды.

14.9 Защита в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ 22.2.04-2012, к чрезвычайным ситуациям (ЧС) относятся: военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия.

Стихийные бедствия – это явление природы, возникающие, как правило внезапно. Они носят чрезвычайный характер, и приводит к нарушению нормальной жизни, иногда гибели людей и уничтожению материальных ценностей. К ним относятся: землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы и др.

Ликвидация последствий ЧС и стихийных бедствий организуется, как правило, под руководством специально создаваемых чрезвычайных комиссий.

Для ликвидации последствий ЧС на ТОО «УККЗ» созданы следующие службы:

- Оповещения и связи
- Противорадиационной и противохимической защиты
- Медицинская

- Аварийно-техническая
- Охраны общественного порядка и др.

Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных работ на всех объектах формируется служба ГО.

Основными формированиями ГО на ТОО «УККЗ» являются спасательные отряды (команды). Они предназначены для проведения спасательных работ в военное время, так и для ликвидации последствий стихийных бедствий и крупных аварий.

На сводные отряды, помимо спасения людей, возлагаются неотложные аварийно-восстановительные работы, тушение пожаров, обеззараживание участков местности, транспорта и техники.

На данном предприятии ТОО «УККЗ» могут быть следующие ЧС: военные действия, радиационное поражение, пожары.

Для защиты от ЧС предусмотрены следующие меры повышенной устойчивости:

- На предприятии есть бомбоубежище, которое пригодно и для защиты от радиоактивного излучения;
- Здания построены из негорючих материалов и расположены друг от друга на расстоянии, через которое огню трудно перекинуться на соседнее здание.

14.10 Пожарная безопасность

Основная причина пожаров на заводе ТОО «УККЗ» – это нарушение технологического режима станков и механизмов, неправильная их эксплуатация персонала, несоблюдение ПТЭЭП и ПОТЭЭ-2014. Также

пожары могут возникнуть от неисправности электрооборудования (короткое замыкание, перегрузка и т.п.).

Противопожарная безопасность рассматриваемого токарно-автоматного цеха обеспечивается мероприятиями противопожарной профилактики и активной пожарной защиты. Данный цех согласно ПУЭ и ПОТЭЭ-2014 относится к пожарной зоне класса П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

Основы противопожарной защиты определены ГОСТ 12.1.004-91.

Мероприятия по противопожарной профилактике подразделяется на:

1. Организационные мероприятия:
 - Эксплуатация оборудования и цеховой подстанции в соответствии с ПУЭ и ПОТЭЭ-2014;
 - Соблюдение правил противопожарной безопасности по содержанию порядка в цехе;
 - Инструктаж рабочего персонала направленный на соблюдение правил противопожарной безопасности.

2. Технические мероприятия:
 - Рациональное размещение оборудования (с проходами между отдельными станками);
 - Соблюдение правил противопожарной безопасности, ПУЭ при устройстве оборудования, отопления, вентиляции.

3. Режимные мероприятия:
 - Запрет курения в неустановленных местах;
 - Строгое соблюдение ТБ во время работы.
 - Эксплуатационные мероприятия:

- Ремонт вышедшего из строя оборудования;
- Периодические испытания оборудования.

При проектировании токарно-автоматного цеха предусматривается безопасная эвакуация персонала на случай возникновения пожара, во время которого персонал покинет здание в течение минимального времени в соответствии с планом эвакуации представленном на рисунке 2.

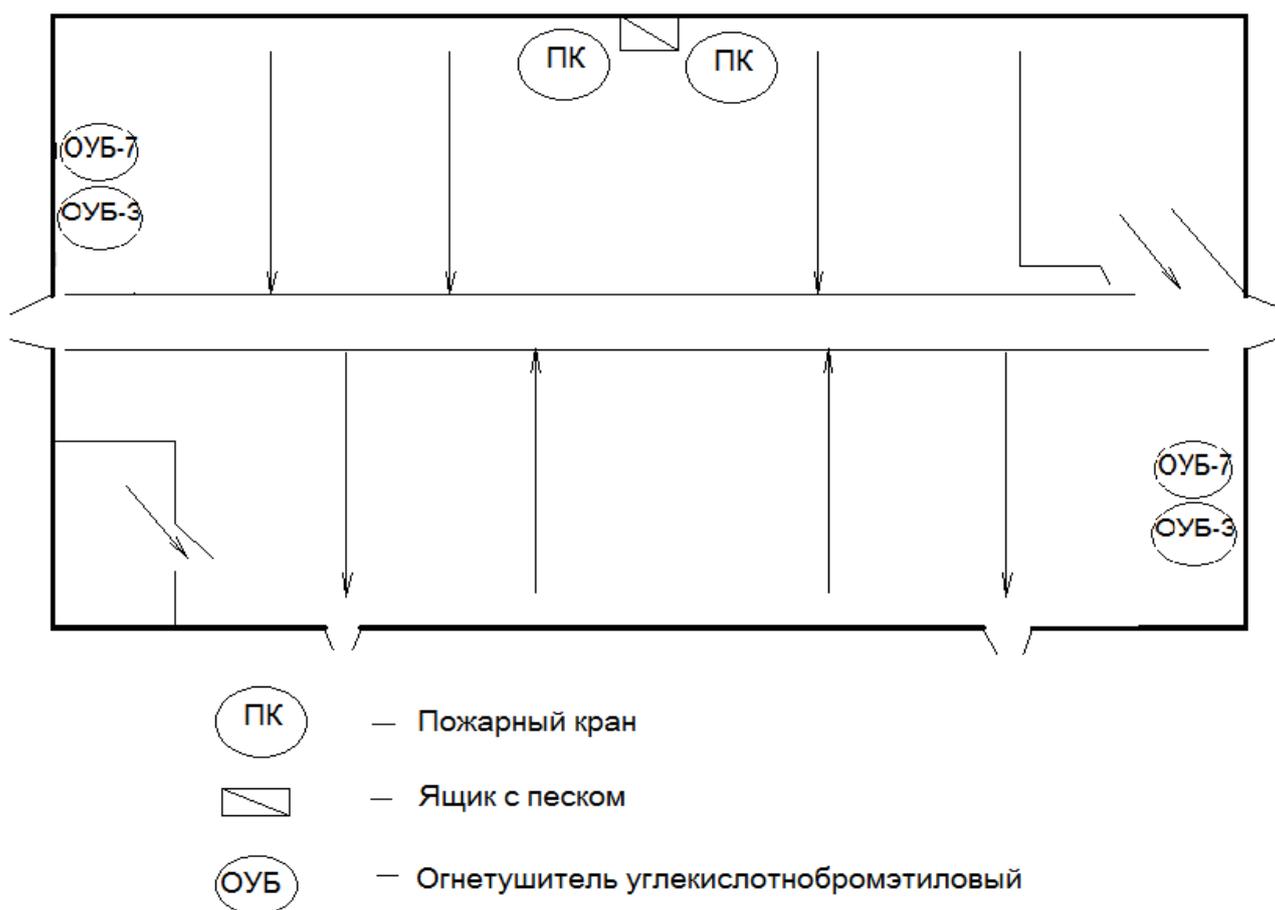


Рисунок- 14.2 План эвакуации при пожаре

Условные обозначения:

В соответствии со СНиП 21-01-97 число эвакуационных выходов должно быть не менее четырех. В данном цехе предусматривается пожарная сигнализация, наличие огнетушителей (типа углекислотнобромэтиловых), пожарные краны и ящик с песком.

Кроме того около территории завода находится пожарное депо, что значительно облегчает действия персонала завода во время пожара.

14.11 Обеспечение социальной защиты работников на предприятии

Общие принципы возмещения причиненного вреда

Если вред причинен источником повышенной опасности, работодатель обязан возместить его в полном объеме, если не докажет, что вред возник вследствие непреодолимой силы либо умысла потерпевшего, т.е. работодатель в этих случаях отвечает и при отсутствии своей вины, например, если вред причинен случайно.

Если вред причинен не источником повышенной опасности, работодатель несет ответственность лишь при наличии своей вины и освобождается от ответственности, если докажет, что вред причинен не по его вине.

Понятие вины работодателя понимается в широком смысле, как не обеспечение работодателем здоровых и безопасных условий труда.

Полагающиеся пострадавшему денежные суммы в возмещение вреда, компенсации дополнительных расходов и единовременное пособие могут быть увеличены по согласованию сторон или на основании коллективного договора.

Заявление о возмещении вреда подается работодателю (администрации предприятия).

Работодатель рассматривает заявление о возмещении вреда и принимает соответствующее решение в десятидневный срок. Решение оформляется приказом (распоряжением, постановлением) администрации предприятия.[14.ст.40]

При несогласии заинтересованного гражданина с решением работодателя или при неполучении ответа в установленный срок спор рассматривается судом.

Социальное страхование

Страховщик – Фонд социального страхования РФ.

Страхователь – Юридические лица любой организационно-правовой формы (в том числе иностранные организации, осуществляющие свою деятельность на территории РФ и нанимающие граждан РФ) либо физические лица, нанимающие лиц, подлежащих обязательному социальному страхованию.

Федеральным законом от 24 июля 1998 года № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" произведена замена должника в обязательствах по возмещению вреда, причиненного работнику при исполнении им трудовых обязанностей.

Сам пострадавший или лица, имеющие право на получение возмещения, должны предъявлять соответствующие требования не к работодателю, а к органам Фонда социального страхования РФ.

Если гражданин выполняет работу по гражданско-правовому договору, условия которого не предусматривают обязанность уплаты работодателем страховых взносов, то возмещение работнику утраченного заработка, в части оплаты труда, осуществляется причинителем вреда.

Возмещение застрахованным лицам морального вреда, причиненного, в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием, осуществляется причинителем вреда.

Виды обеспечения по страхованию:

- Пособие по временной нетрудоспособности;
- Единовременные страховые выплаты;
- Ежемесячные страховые выплаты;
- Лечение застрахованного, осуществляемое на территории РФ;
- Приобретение лекарственных препаратов;
- Уход за застрахованным, в том числе осуществляемый членами его семьи;
- Проезд застрахованного и сопровождающего его лица для получения отдельных видов медицинской и социальной реабилитации;
- Медицинская реабилитация;
- Изготовление и ремонт протезов;
- Обеспечение транспортными средствами при наличии соответствующих медицинских показаний;
- Профессиональное обучение и получение дополнительного профессионального образования.

Пособие по временной нетрудоспособности

Пособие по временной нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием подлежит выплате застрахованному работнику за весь период временной нетрудоспособности до его выздоровления или установления стойкой утраты трудоспособности, в размере 100 % среднего заработка, исчисленного в соответствии с действующим законодательством РФ о пособиях по временной нетрудоспособности.

Единовременные и ежемесячные выплаты

Размер единовременной страховой выплаты определяется в соответствии со степенью утраты застрахованным профессиональной трудоспособности исходя из максимальной суммы, установленной федеральным законом о бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на очередной финансовый год.

Ежемесячные страховые выплаты подлежат выплате застрахованному работнику на протяжении всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности.

Если при расследовании страхового случая комиссией по расследованию страхового случая установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, размер ежемесячных страховых выплат уменьшается соответственно степени вины застрахованного, но не более чем на 25 процентов. Степень вины застрахованного устанавливается комиссией по расследованию страхового случая в процентах и указывается в акте о несчастном случае на производстве или в акте о профессиональном заболевании.

При определении степени вины застрахованного рассматривается заключение профсоюзного комитета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном дипломном проекте спроектирована и рассчитана система электроснабжения ТОО «Усть-Каменогорский конденсаторный завод». Произведены расчеты: электрических нагрузок на стороне 0,4 кВ, 10 кВ; выбор количества, мощности и типа трансформаторов ТП; расчет электрических потерь в трансформаторах ТП; расчет токов короткого замыкания; выбор защитной и коммутационной аппаратуры и проводниковой продукции на стороне 0,4 кВ и 10кВ.

Часть технологического оборудования морально устарела и требует модернизации с использованием современных технологий и оборудования. Системы электроснабжения данного промышленного объекта, оказывает существенное влияние на работу электроприводов, осветительных, преобразовательных и электротехнологических установок и, в конечном счете, на производственный процесс в целом. Именно поэтому усовершенствование направлено на повышение качества выпускаемой продукции и обеспечения конкурентоспособности. В связи с этим надежное и экономичное снабжение электроприемников электроэнергией требуемого качества — необходимое условие нормального функционирования любого промышленного предприятия.

Основными критериями при проектировании являются техническая применимость, экономичность, а также безопасность и экологичность проекта. Проектирование системы электроснабжения данного промышленного предприятия экономически целесообразно.

Следующим критерием является безопасность и экологичность проекта. В разделе были рассмотрены вопросы о мерах безопасности и охране труда, пожаробезопасности. Произведен расчет параметров заземления.

Электроприемники завода относятся к II-ой и III-й категории электроснабжения. На основании вышеизложенного, проектируемый объект должен получать питание от двух независимых источников.

Электроснабжение завода осуществляется от ГПП №33 35/10 кВ, расположенной в районе п. Аблакетка г. Усть-Каменогорска.

Питание потребителей низкого напряжения осуществляется от двух-трансформаторной подстанции с силовыми трансформаторами марки ТМ-1600-10/0,4, номинальной мощностью 1000 кВА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 406 с. (Электроустановки промышленных предприятий / Под ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общей ред. А.А. Федорова. Т.1: Электроснабжение. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.
3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общей ред. А.А. Федорова. Т.2: Электрооборудование. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 486 с.
4. Григорьев В.В., Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 142 с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций / Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
6. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры / Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 536 с.
7. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики Российской Федерации. – 6-ое изд. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. – 607 с.
8. Соколов Б.А., Соколова Н.Б. Монтаж электрических установок. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.
9. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – М.: Энергоиздат, 1981. – 408 с.
10. Аппараты расщепления устройств низкого напряжения: Справочник / ч. I. Вып. 1 и 2. Автоматические выключатели до и свыше 630 А. – М.: Патент, 1992. – 308 с.

11. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
12. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1970. – 581 с.
13. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах. – М.: Мир, 2003. – 283 с.
14. Мельников М.А. Внутривзаводское электроснабжение: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 180 с.
15. Грейсх М.В., Лазарев С.С. Расчеты по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1977. – 312 с.
16. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 143 с.
17. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
18. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.