

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

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение сварочного цеха производственной базы г. Саяногорска

УДК 621.31.031:621.791(571.513)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–5Г13	Бурехин Владислав Леонидович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭПЭО	Кладиев С.Н.	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Мелик-Гайказян М.В.	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электропривода и электрооборудования	Дементьев Ю.Н.	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2016 г.

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

Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
 Кафедра Электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Дементьев Ю.Н.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3–5Г13	Бурехину Владиславу Леонидовичу

Тема работы:

Электроснабжение сварочного цеха производственной базы г. Саяногорска	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 1.04.2016 г. № 2533/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Объектом исследования является сварочный цех производственной базы г. Саяногорска. В качестве исходных данных представлены:</i> - генеральный план производственной базы; - план сварочного цеха; - сведения об электрических нагрузках производственной базы; - сведения об электрических нагрузках цеха.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	- постановка задачи проектирования; - проектирование системы электроснабжения рассматриваемого предприятия; - детальное рассмотрение особенностей трансформаторных подстанций в системах электроснабжения с последующим выбором цеховых трансформаторов; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		- картограмма электрических нагрузок предприятия; - план внутризаводского электроснабжения; - однолинейная схема сварочного цеха.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	
«Социальная ответственность»	Романцов Игорь Иванович	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭПЭО	Кладиев С.Н.	К.Т.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–5Г13	Бурехин В.Л.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-5Г13	Бурехину Владиславу Леонидовичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Электропривода и электрооборудования
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость затрат технического проекта: на материальные затраты, зарплаты, страховые отчисления и накладные расходы	В техническом проекте были задействованы 2 человека (руководитель, бакалавр). Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г.Томску. Зарботная плата рассчитывается в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ.
2. Продолжительность выполнения	Приблизительная оценка продолжительности выполнения технического проекта определяется исходя из ожидаемой трудоёмкости работ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирования графика работ по реализации технического проекта	Для составления графика по проектированию электроснабжения предприятия используется оценка трудоемкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным строится график Ганта, позволяющий спланировать процесс реализации технического проекта.
2. Формирование сметы технического проекта	В процессе формирования сметы технического проекта используется следующая группировка затрат по статьям: <i>материальные затраты;</i> <i>полная заработная плата исполнителей;</i> <i>отчисления во внебюджетные фонды;</i> <i>накладные расходы.</i>
3. Ресурсоэффективность технического проекта	Оценка эффективности проекта производится с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.02.2016г.
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г13	Бурехин В.Л.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-5Г13	Бурехину Владиславу Леонидовичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Электропривода и электрооборудования
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Описание рабочего места работника сварочного цеха на предмет возникновения: - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, электрической, природы)
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ПУЭ, СН-245, НПБ 105-03, ГОСТ 12.1.012-90, ГОСТ 12.0.002-97, ГОСТ 12.1.005-97, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ) - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, средства пожаротушения)	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Охрана окружающей среды: – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – разработка и принятие решений по обеспечению экологической безопасности предприятия.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – эвакуация людей из зданий и помещений.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г13	Бурехин В.Л.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 98 с., 13 рис., 26 табл., 10 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: расчетная нагрузка, картограмма нагрузок, выбор трансформаторов, электроснабжение цеха, выбор оборудования, проверка оборудования, однолинейная схема, финансовый менеджмент, социальная ответственность.

Объектом исследования является сварочный цех производственной базы г. Саяногорска.

Цель работы: разработка системы электроснабжения промышленного предприятия. Экономическое обоснование принятых решений.

В процессе исследования произведен выбор метода расчета на основе исходных данных, поэтапный расчет электрических нагрузок рассматриваемого цеха, выбор оборудования и его проверка при различных режимах работы.

В результате исследования была спроектирована конкретная модель электроснабжения сварочного цеха, представлен расчет бюджета затрат и безопасность для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: исследуемое предприятие состоит из семнадцати цехов, напряжение питающей линии 10 кВ; рабочие напряжения внутри завода: 0,4 кВ; схема внутривародской сети – радиальная.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	7
ВВЕДЕНИЕ	10
1. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	11
2.РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	14
2.1.Определение расчетной нагрузки сварочного цеха.....	14
2.2.Определение расчётной нагрузки предприятия в целом	20
2.3 Определение полной нагрузки предприятия в целом	22
2.4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок	23
2.5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов подстанций	27
2.6. Схема внешнего электроснабжения цеха.	31
2.7. Схема внутриварочной сети 0,4 кВ.....	34
2.8. Электроснабжение сварочного цеха	37
2.8.1 Распределение приёмников по пунктам питания.....	38
2.8.2 Определение расчетной нагрузки по пунктам питания цеха	40
2.9. Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети до 1000 В ..	44
2.10. Выбор сечений линий питающей сети цеха	48
2.11.1.Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения. Построения эпюры отклонений напряжения	52
2.12. Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000 В.....	62
2.13. Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети	65
3.1 Организация работ технического проекта	68
3.3. Определение сметы проекта.....	72
3.3.2. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	75
4.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	81
4.1.Описание рабочей зоны	81
4.2 Анализ опасных и вредных факторов.....	82
4.3 Производственная санитария	83
4.3.1 Микроклимат	84
4.3.2 Вентиляция.....	85
4.3.3 Защита от шума и вибрации	85
4.3.4 Освещение	86
4.4 Электробезопасность	87
4.4.1 Защитное заземление	89
4.5 Пожарная безопасность.....	92

4.6 Охрана окружающей среды	93
4.7 Эвакуация людей из зданий и помещений	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	96
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Целью ВКР является разработка проекта системы электроснабжения промышленного предприятия с учетом основных требований, предъявляемых к системам электроснабжения (надежность, простота, экономичность), роста электрических нагрузок, перспективы развития предприятия или изменения и совершенствования технологического процесса.

В качестве исходных данных были заданы установленные мощности цехов, генплан производственной базы и генплан сварочного цеха. Процесс выполнения проектирования предусматривает следующие этапы:

1. Расчет нагрузки сварочного цеха.
2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в ГПП и линиях.
3. Построение картограммы электрических нагрузок с целью определения наиболее оптимального места расположения ГПП на территории предприятия.
4. Расчет схемы электроснабжения. На данном этапе производится выбор числа и мощности трансформаторных подстанций и схемы их электроснабжения.
5. Выбор напряжения питающей сети предприятия, сечения проводов, выбор мощности трансформаторов.
6. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В для проверки правильности выбора сечений проводников. Построения карты селективности действия защитных аппаратов, с помощью которой, в свою очередь, можно проверить правильность выбора защитных аппаратов и селективность их действия.
7. Расчет электроснабжения сварочного цеха.

1. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является производственная база в целом и его сварочный цех в частности. Исходными данными на проектирование являются генплан производственной базы (рисунок 1.1), сведения об электрических нагрузках производственной базы (таблица 1.1), генплан сварочного цеха и сведения об электрических нагрузках сварочного цеха (рисунок 1.2, таблица 1.2).

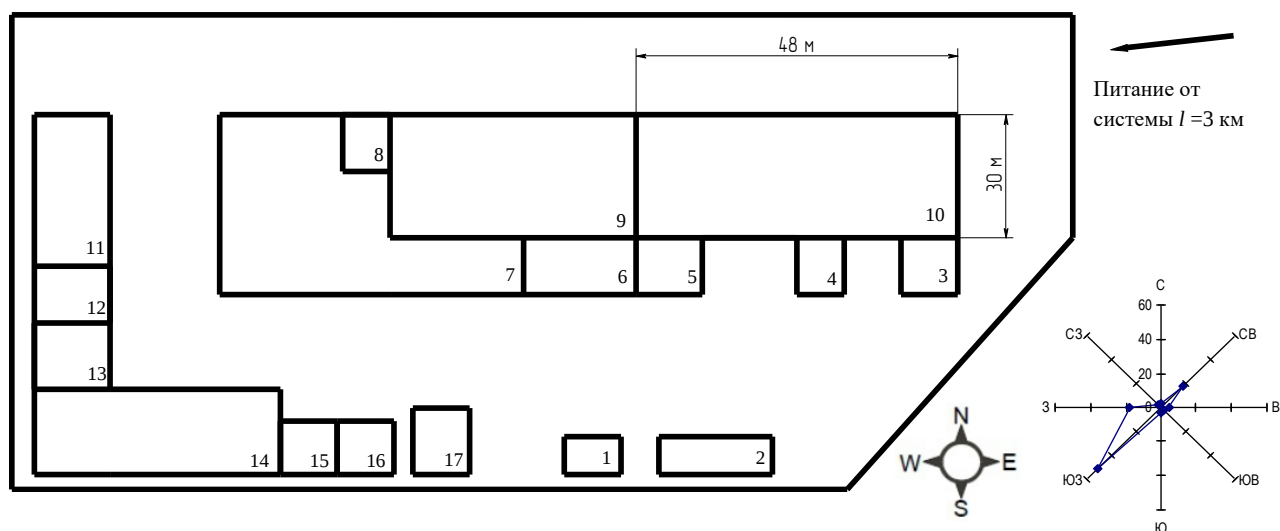


Рисунок 1.1 - Генплан производственной базы ООО СК «СтройЛайн»

Таблица 1.1 - Сведения об электрических нагрузках производственной базы

Номер на генплане	Название цеха	Установленная мощность, кВт
1	Административный корпус	35
2	Бытовые помещения	20
3	Кузнечный	70
4	Отрезной	50
5	Инструментальный	45
6	Покрасочный	40
7	Деревообрабатывающий	130
8	Компрессорная	48
9	Столярный	150
10	Сварочный	-
11	Складские помещения	30
12	Стекольный	45
13	Токарный	105
14	Автомобильный бокс	65
15	Слесарный	70
16	Бытовое помещение	15
17	Лесосушильный	150

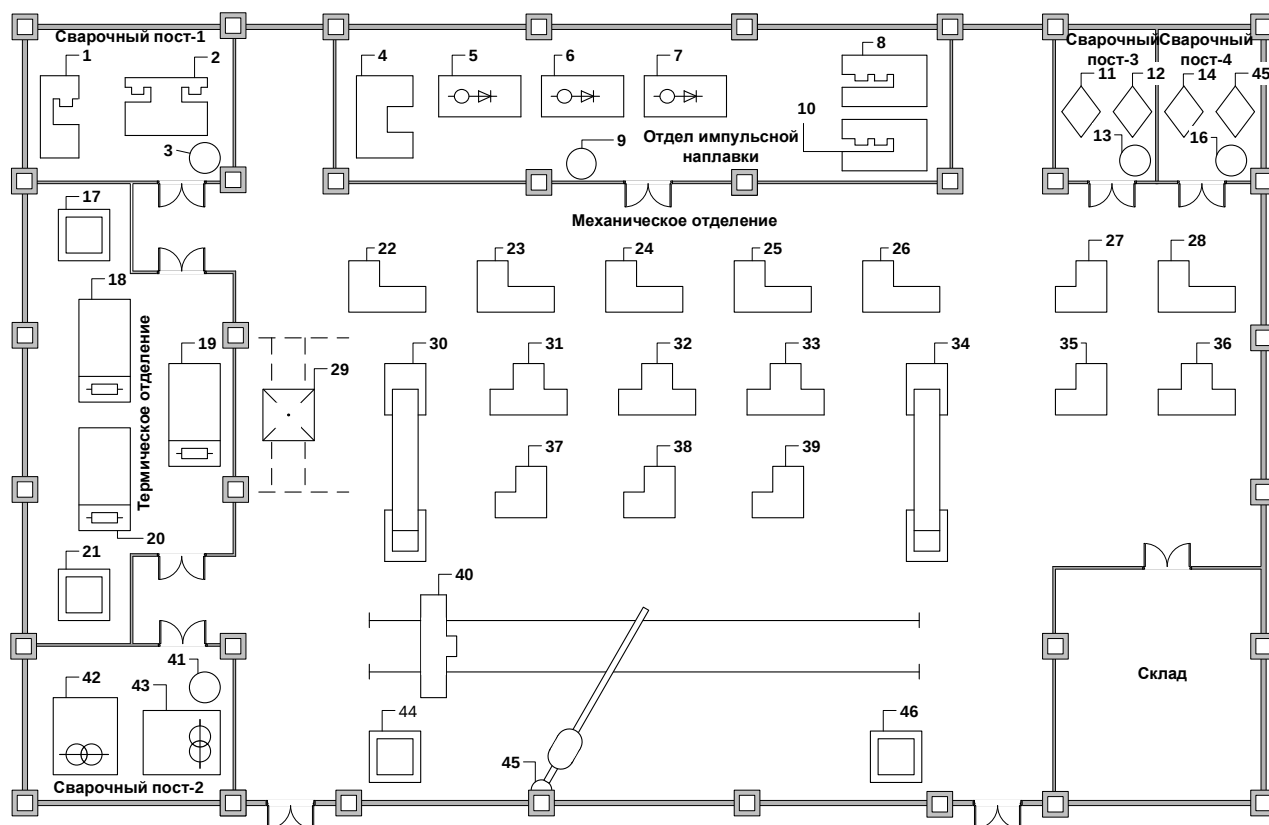


Рисунок 1.2 – План сварочного цеха

Таблица 1.2 - Сведения об электрических нагрузках сварочного цеха

Номер на плане	Наименование электроприёмников	Установленная мощность ЭП, кВт
1,4	Сварочный преобразователь	22
2	Сварочный полуавтомат	18
3,9,13,16,41	Вентиляторы	9
5,6,7	Сварочный выпрямитель	12,2
8,10	Токарный станок импульсной наплавки	10,5
11,12,14,15	Сварочный агрегат	8,1
17,21,44,46	Кондиционер	12
18,19,20	Электрод печ сопротивления	75
22,23,24,25,26,28	Слиткообдирочный станок	6,5
27,35,37,38,39	Сверлильный станок	2,2
29	Кран - балка ПВ=40%	6,3
30,34	Ленточные конвейеры	3
31,32,33,36	Обдирно-шлифовальный станок	4
40	Стенд сварочный	8,7
42,43	Сварочные трансформаторы ПВ=60%	32
45	Электроталь ПВ=25%	3,5

2. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

2.1. Определение расчетной нагрузки сварочного цеха

Расчет силовых нагрузок цеха производим методом упорядоченных диаграмм в следующей последовательности.

При расчетах электрических нагрузок будем использовать табл.1.2.

Все электроприемники цеха разбиваются на две группы с одинаковыми режимами работы:

- группа А - электроприёмники с переменным графиком нагрузки, $k_u < 0,6$;
- группа Б - электроприёмники с практически постоянным графиком нагрузки, $k_u \geq 0,6$.

По каждой группе определяется суммарная номинальная мощность:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном i},$$

в которую входят мощности ЭП, приведенные к ПВ=100%.

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

$$P_{см} = K_u \cdot P_{ном} \text{ кВт},$$

где K_u – коэффициент использования активной мощности.

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприёмников:

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

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

Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{u.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}};$$

где $\sum P_{см}$ - суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену, а $\sum P_{ном}$ - суммарная установленная мощность группы электроприёмников цеха.

Коэффициент максимума активной мощности определяется по таблице [2, табл. 2.1], в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования $K_{и.ср.}$ и эффективного числа электроприёмников $n_э$, для данной группы:

$$n_э = \frac{\left[\sum_{1}^n P_{ном} \right]^2}{\sum_{1}^n P_{ном}^2}.$$

Расчетная активная $P_м$ и реактивная $Q_м$ максимальные мощности группы приемников определяются из выражений:

$$P_м = K_м \cdot P_{см} \text{ кВт},$$

$$Q_м = Q_{см} \text{ при } n_э > 10,$$

$$Q_м = 1.1 Q_{см} \text{ при } n_э \leq 10.$$

Расчетная осветительная нагрузка цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

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

где $K_{с.о.}$ принимается по справочным данным [1, табл. П.2.2].

$$P_{н.о.} \text{ находится как: } P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F,$$

где $P_{уд.о.}$ - удельная плотность осветительной нагрузки Вт/м² по [1, табл. П.2.3], F - площадь цеха, м² (определяется по генплану).

Полная расчётная нагрузка цеха (с учётом освещения) определяется:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{р.о.})^2 + Q_p^2}.$$

Расчетный ток:

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

Примеры расчетов:

Установленная мощность кран балки приведенная к ПВ=100%:

$$P_{ном} = P_{наст} \cdot \sqrt{ПВ} = 6,3 \cdot \sqrt{0,4} = 6,3 \cdot 0,63 = 3,9 \text{ кВт};$$

Средняя активная и реактивная нагрузка для кран балки:

$$P_{см} = K_u \cdot P_{ном} = 0,1 \cdot 3,9 = 0,39 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}(\varphi) = 0,39 \cdot 1,73 = 0,67 \text{ кВар}.$$

Эффективное число электроприемников для группы А:

$$m = \frac{P_{\max ном}}{P_{\min ном}} = \frac{24,8}{1,75} = 14,2;$$

где m - модуль сборки;

$$m > 3;$$

Эффективное число электроприемников:

$$n_э = \frac{2 \sum P_{ном.}}{P_{ном. \max}} = \frac{2 \cdot 287,95}{24,8} = 23,22$$

Принимаем $n_э = 23$

Расчетные активная и реактивная мощности группы А в соответствии с $n_э$:

$$P_p = K_M \cdot P_{см} = 1,35 \cdot 72 = 97,2 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{см} = 113,44 \text{ кВар, при } n_э > 10.$$

Коэффициент максимума K_M определяем по [1, табл.2.1] в функции $n_э$ и $K_{и.ср.}$.

Расчетную нагрузку осветительных приемников цеха определяем по формуле:

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

где $K_{с.о.}$ - коэффициент спроса осветительной нагрузки.

Согласно [1, табл. П2.2] принимаем $K_{с.о.} = 0,85$;

$P_{н.о.}$ - номинальная мощность осветительной нагрузки.

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F,$$

где $P_{уд.о}$ - удельная нагрузка на 1 м² площади цеха, принимаем по [1, табл. П2.3.] $P_{уд.о} = 0.015$ кВт/м²;

F – площадь цеха.

С учетом масштаба определим площади цехов на генплане предприятия

Площадь сварочного цеха:

$$F = (a \cdot b) = 48 \cdot 30 = 1440 \text{ м}^2,$$

Где a и b длина и ширина цеха соответственно.

Тогда

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F = 0,015 \cdot 1440 = 21,6 \text{ кВт};$$

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 21,6 \cdot 0,85 = 18,4 \text{ кВт}.$$

Полная расчетная нагрузка цеха (с учетом освещения):

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{р.о.})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(315,1 + 18,4)^2 + 206^2} = 391 \text{ кВА}.$$

Расчетный максимальный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{391}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 594,1 \text{ А}.$$

Проведенными расчетами была определена общая мощность сварочного цеха, а также найдены расчетный ток нагрузок групп электроприёмников.

Таблица 2.1. - Определение расчётных электрических нагрузок сварочного цеха

№ п/п	Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количес тво ЭП п	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		m=Рн.макс / Рн.мин.	Коэффициент использования Ки	Cosφ / tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число Электроприёмников пэф	Коэффициент максимума Км	Расчётная нагрузка			Расчётный ток Iр А
			Одного ЭП (наимень шего, наиболь шего) Рн, кВт	Общая Рн, кВт				Рсм=Ки·Рн кВт	Qсм=Рсм·tgφсм кВар			Рм=Км·Рсм, кВт	Qр=Qсм при пэ>10 Qр=1,1·Qсм при пэ≤10	Sp=√Pp²+Qp² кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<u>Группа А</u>														
1	Металлообрабатываю щие станки	17	2,2-10,5	87	4,8	0,14	0,5/1,73	12,2	21,1						
2	Сварочные аппараты разные	8	8,1-12,2	77,7	1,5	0,25	0,6/1,3	19,4	25,2						
3	Сварочные аппараты разные	3	18-22	62	1,2	0,35	0,5/1,73	21,7	37,5						
4	Конвейеры ленточные	2	3	6	1	0,55	0,75/0,9	3,3	3						
5	Электроталь ПВ=25%	1	1,75	1,75	1	0,06	0,5/1,73	0,1	0,17						
6	Кран-балка ПВ=40%	1	3,9	3,9	1	0,1	0,5/1,73	0,39	0,67						
7	Сварочные трансформаторы ПВ=60%	2	24,8	49,6	1	0,3	0,5/1,73	14,9	25,8						
	Итого по группе А	34	1,75-24,8	287,95	>3	0,25	-	72	113,44	23	1,35	97,2	113,44		

Таблица 2.1. (Продолжение)

	<u>Группа Б</u>														
8	Вентиляционные установки	9	9-12	93		0,65	0,8/0,75	60,45	45,33						
9	Электропечи сопротивления	3	75	225		0,7	0,95/0,3	157,5	47,25						
	Итого по группе Б	12	9-75	318	-	-	-	217,95	92,6	-	1	217,9	92,6		
	Итого по цеху (Силовая нагрузка)	46	1,75-75	605,95	-	-	-	289,95	206	-	-	315,1	206		
	Осветительная нагрузка	-	-	21,6	-	$K_{co}=0,85$	-	18,4	-	-	-	18,4	-		
	Итого по цеху:	-	-	627,55	-	-	-	308,35	206	-	-	333,5	206	391	594,1

2.2.Определение расчётной нагрузки предприятия в целом

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

$$P_p = K_c \cdot P_n;$$

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

где P_n – суммарная установленная мощность всех приёмников цеха;

K_c – коэффициент спроса, принимается по справочным данным;

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

Пример расчетов для сварочного цеха:

Расчётные активная и реактивная нагрузки силовых приёмников цеха:

$$P_p = K_c \cdot P_n = 0,35 \cdot 627,55 = 219,64 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 219,64 \cdot 0,88 = 193,3 \text{ кВАр}.$$

Номинальная мощность осветительной нагрузки цеха:

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F = 0,015 \cdot 1440 = 21,6 \text{ кВт}.$$

Расчетная нагрузка от освещения:

$$P_{p.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 21,6 \cdot 0,85 = 18,4 \text{ кВт}.$$

Полная расчетная нагрузка цеха:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.о.})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(219,64 + 18,4)^2 + 193,3^2} = 306,64 \text{ кВА}.$$

Результаты расчетов по определению расчетной нагрузки предприятия в целом приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. - Определение полной нагрузки предприятия в целом

№ на ген. плане	Наименование потребителей	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузка		
		P_H , кВт	K_c	$\frac{\cos \varphi}{\tan \varphi}$	P_p , кВт	Q_p , кВар	$F_{ц}$, м²	$P_{уд.о.}$, Вт	$P_{но.}$, кВт	K_{co}	$P_{po.}$, кВт	$P_p+P_{po.}$, кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 КВ														
1	Административный корпус	35	0,4	0,8/0,75	14	10,5	70	14	0,98	0,9	0,88	14,9	10,5	18,23
2	Бытовые помещения	20	0,4	0,8/0,75	8	6	105	14	1,47	0,8	1,18	9,18	6	11
3	Кузнечный	70	0,5	0,75/0,88	35	30,8	100	15	1,5	0,85	1,28	36,8	30,8	48
4	Отрезной	50	0,4	0,65/1,17	20	23,4	80	15	1,2	0,85	1,02	21,02	23,4	31,5
5	Инструментальный	45	0,6	0,8/0,75	27	20,25	120	15	1,8	0,85	1,53	28,53	20,25	35
6	Покрасочный	40	0,4	0,6/1,33	16	21,3	150	15	2,25	0,85	1,9	17,9	21,3	28
7	Деревообрабатывающий	130	0,35	0,7/1,02	45,5	46,4	900	15	13,5	0,95	12,82	58,33	46,4	74,54
8	Компрессорная	48	0,5	0,8/0,75	24	18	80	16	1,28	0,85	1,09	25,1	18	31
9	Столярный	150	0,4	0,6/1,33	60	80	1230	15	18,45	0,95	15,52	75,52	80	110
10	Сварочный	627,55	0,35	0,75/0,88	219,64	193,3	1440	15	21,6	0,85	18,4	238,1	193,3	306,64
11	Складские помещения	30	0,3	0,8/0,75	9	6,75	450	15	6,75	0,6	4,05	13,05	6,75	14,7
12	Стекольный	45	0,3	0,7/1,02	13,5	13,77	145	15	2,2	0,85	1,87	15,37	13,77	20,64
13	Токарный	105	0,4	0,8/0,75	42	31,5	180	15	2,7	0,85	2,3	44,3	31,5	54,4
14	Автомобильный бокс	65	0,2	0,7/1,02	13	13,3	600	15	9	0,95	8,55	21,55	13,3	25,32
15	Слесарный	70	0,3	0,8/0,75	21	15,8	90	15	1,35	0,85	1,15	22,15	15,8	27,2
16	Бытовое помещение	15	0,4	0,8/0,75	6	4,5	100	14	1,5	0,8	1,2	7,2	4,5	8,5
17	Лесосушильный	150	0,6	0,75/0,88	90	79,2	160	15	2,4	0,85	2,04	92,04	79,2	121,4
	Территория завода	—	—	—	—	—	11400	0,22	2,5	1	2,5	2,5	—	—
	Итого по 0,38 КВ	1695,55	—	—	663,64	614,8	$F_{ц}=6000$	—	92,63	—	79,3	743,5	614,8	966,1

2.3 Определение полной нагрузки предприятия в целом

Расчетная мощность предприятия на шинах напряжением до 1 кВ за максимально загруженную смену определяется по формуле:

$$\begin{aligned} S_p^H &= \sqrt{\left(\sum P_p^H + \sum P_{p.o}^H\right)^2 + \left(\sum Q_p^H\right)^2} = \\ &= \sqrt{(663,64 + 79,3)^2 + 614,8^2} = 964,4 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Так как трансформаторы цеховых подстанций и распределительная сеть 10 кВ еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить по формулам:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 964,4 = 19,3 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H = 0,1 \cdot 964,4 = 96,44 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_{\text{Л}} = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 964,4 = 28,9 \text{ кВт}.$$

Суммарные расчетные активная, реактивная и полная мощности, приведенные к шинам 10 кВ КТП, определяются по формулам:

$$\begin{aligned} P_{p\Sigma} &= \left(\sum P_{p\text{расч}}^H\right) \cdot k_{p.m} + P_{p.o} + \Delta P_T + \Delta P_{\text{Л}} = \\ &= (663,64) \cdot 0,95 + 79,3 + 19,3 + 28,9 = 758 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum Q_p^H\right) \cdot k_{p.m} + \Delta Q_T = (614,8) \cdot 0,95 + 96,44 = 680,5 \text{ кВар},$$

где $k_{p.m}$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприёмников, характеризующий смещение максимума отдельных ЭП во времени, что вызывает снижение суммарного графика нагрузки по сравнению с суммой максимумов отдельных ЭП или групп ЭП, принимаются в пределах 0,9-0,95.

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{758,1^2 + 680,5^2} = 1019 \text{ кВА}.$$

Так как трансформаторы комплектной подстанции еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:

$$\Delta P_{T.ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 1019 = 20,4 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{T.ГПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 1019 = 101,9 \text{ кВар}.$$

Наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 758 = 182 \text{ кВар},$$

где α – расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы к потребителям, с учетом затрат на потери мощности и энергии в различных объединенных энергетических системах.

Для предприятий, расположенных в Сибири: $\alpha = 0,24$ при $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$;

Мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{ку} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 680,5 - 182 = 498,5 \text{ кВар}.$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП определяется:

$$\begin{aligned} S_{p, ГПП} &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{Т. ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{Т. ГПП} - Q_{ку})^2} = \\ &= \sqrt{(758 + 20,4)^2 + (680,5 + 101,9 - 498,5)^2} = 829 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

2.4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок

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

Радиусы окружностей для каждого цеха определяем из выражения:

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

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

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

Осветительную нагрузку наносим в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1 кВт. Угол сектора (α) определяем из соотношения полных расчётных (P_{pi}) и осветительных нагрузок (P_{po}) цехов:

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

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

$$x_0 = \frac{\sum S_{p.i} \cdot x_i}{\sum S_{p.i}};$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{p.i} \cdot y_i}{\sum S_{p.i}}.$$

Расчетные данные для построения картограммы нагрузок приведены в таблице 2.3. Генплан предприятия с картограммой нагрузок представлен на рисунке 2.1.

Таблица 2.3 - Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха	S _{p.i} , кВА	P _{p.o.i} , кВт	r _i , мм	α _i , град	X _i , м	Y _i , м	S _{p.i} · X _i , кВА·м	S _{расч.i} · Y _i , кВА·м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,4 кВ								
1	18,23	0,88	7,62	17	82	10	1493	181
2	11	1,18	6	39	97	10	1067	110
3	48	1,28	12,4	10	128	37	6093	1761
4	31,5	1,02	10	12	113	37	3559	1165
5	35	1,53	10,6	16	92	37	3220	1295
6	28	1,9	9,5	24	79	37	2212	1036
7	74,54	12,82	15,4	62	42	45	3173	3350
8	31	1,09	10	13	50	55	1550	1705
9	110	15,52	18,7	51	70	50	7700	5500
10	306,64	18,4	31,3	22	110	50	33730	15332
11	14,7	4,05	6,8	99	10	48	147	706
12	20,64	1,87	8,1	33	10	33	206	681
13	54,4	2,3	13,2	15	10	25	544	1360
14	25,32	8,55	9	122	21	15	532	380
15	27,2	1,15	9,3	15	43	12	1170	326
16	8,5	1,2	5,2	51	50	12	425	102
17	121,4	2,04	19,7	6	60	13	7290	1579
Итого	966,1	-	-	-	-	-	71985	36569

Пример расчетов для сварочного цеха:

Радиус окружности:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{306,64}{3,14 \cdot 0,1}} = 31,3 \text{ мм.}$$

Угол сектора осветительной нагрузки:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o}}{S_{p1}} = \frac{360^\circ \cdot 18,4}{306,64} = 22 \text{ град.}$$

Координаты центра электрических нагрузок:

$$x_o = \frac{\sum S_{расч.i} \cdot X_i}{\sum S_{расч.i}} = \frac{73860}{1118,5} = 66 \text{ м;}$$

$$y_o = \frac{\sum S_{расч.i} \cdot Y_i}{\sum S_{расч.i}} = \frac{41261}{1118,5} = 37 \text{ м.}$$

Так как расположить КТП в центре электрических нагрузок невозможно (координаты ЦЭН совпадают с местоположением 9-го цеха), смещаем его в сторону. Фактические координаты расположения КТП следующие $x_0 = 70 \text{ (м)}$ $y_0 = 83 \text{ (м)}$.

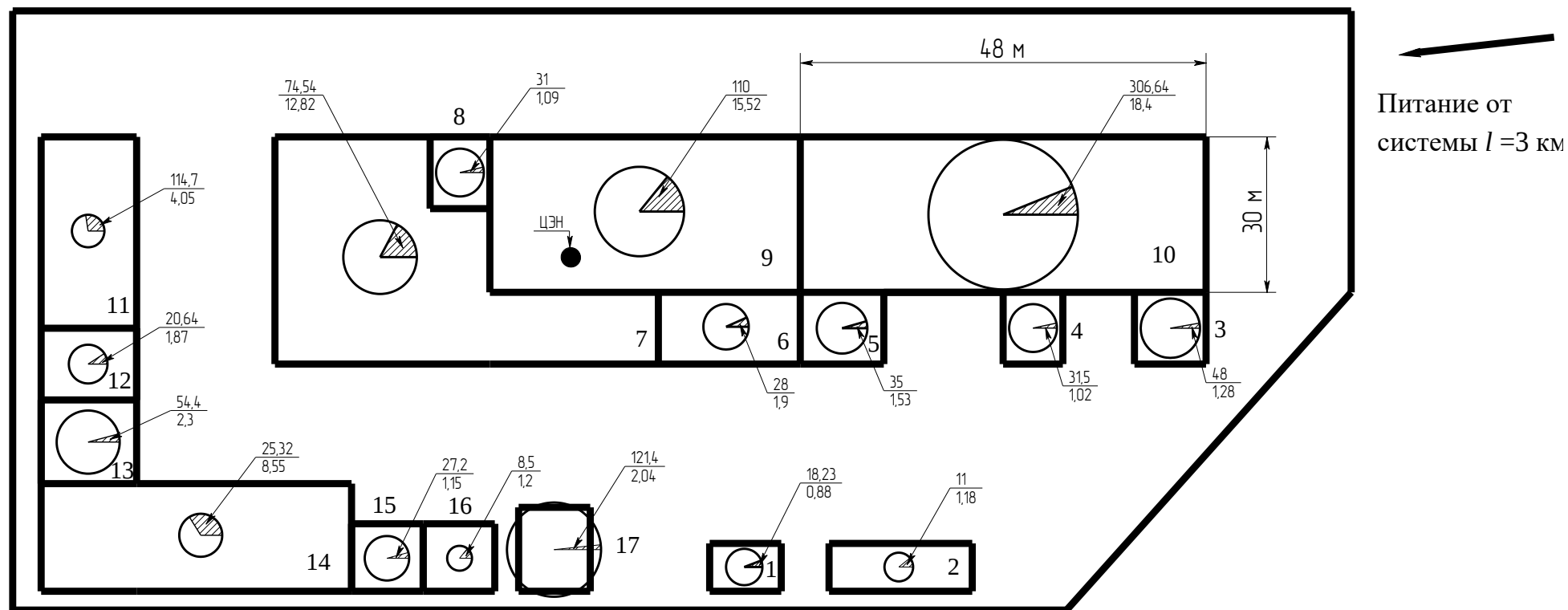


Рисунок 2.1- Генплан предприятия с картограммой нагрузок и ЦЭН

2.5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов подстанций

При установке на 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:

$$\sigma = \frac{S_p''}{F_{\text{ц}}} = \frac{964,4}{6000} = 0,16 \text{ кВА} / \text{м}^2,$$

где $F_{\text{ц}}$ – площадь всех цехов предприятия, м^2 .

Так как $\sigma < 0,2$ то в соответствии с рекомендациями принимаем номинальную мощность одного трансформатора $S_{\text{н.тр}} = 1000 \text{ кВА}$ [2, Табл.2.5].

При этом придерживаясь требуемого коэффициента загрузки: для потребителей I-категории $\beta = 0,65 - 0,7$, для потребителей II-категории $\beta = 0,7 - 0,8$, для потребителей III-категории $\beta = 0,9 - 0,95$. В предварительном выборе трансформаторов расчёт коэффициента загрузки производим по активной мощности

Минимально возможное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{\text{min}} = \frac{\sum (P_p'' + P_{\text{п.о.}})}{\beta_T \cdot S_{\text{н.тр}}} = \frac{743,5}{0,7 \cdot 1000} = 1,06.$$

где β_T – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме (принимаем 0,7 согласно [2]).

$S_{\text{н.тр}}$ - номинальная мощность одного трансформатора, кВА;

$\sum P_p''$ – номинальная расчётная активная мощность в сетях до 1000 В, кВт.

Полученная величина округляется до ближайшего большего целого числа, принимаем $N = 2$ трансформатора.

После выбора числа и мощности цеховых трансформаторов распределяют активные нагрузки цехов между ними равномерно. Активная нагрузка,

приходящаяся на один цеховой трансформатор может быть определена по формуле:

$$P_1 = \frac{\sum (P_p + P_{p.o.})}{N} = \frac{743,5}{2} = 372 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторов N_i , которое следует установить в том или ином цехе, определяется делением нагрузки цеха $(P_p + P_{p.o.})_i$ на P_1 :

$$N_1 = \frac{P_p + P_{p.o.}}{P_1}.$$

Для систематизации расчёта представим полученное число трансформаторов, устанавливаемое в каждом цехе в виде таблицы, представленной ниже.

Пример расчета для сварочного цеха:

$$N_1 = \frac{P_p + P_{p.o.}}{P_1} = \frac{238,1}{372} = 0,64.$$

Таблица 2.4 - Число трансформаторов в цехе

№ цеха на генплане	Наименование цехов	$P_p + P_{p.o.}$, кВт	Количество трансформаторов N , шт
1	2	3	4
1	Административный корпус	14,9	0,04
2	Бытовые помещения	9,18	0,02
3	Кузнечный	36,8	0,09
4	Отрезной	21,02	0,05
5	Инструментальный	28,53	0,07
6	Покрасочный	17,9	0,05
7	Деревообрабатывающий	58,33	0,15
8	Компрессорная	25,1	0,06
9	Столярный	75,52	0,2
10	Сварочный	238,1	0,64
11	Складские помещения	13,05	0,035
12	Стекольный	15,37	0,04
13	Токарный	44,3	0,16
14	Автомобильный бокс	21,55	0,058
15	Слесарный	22,15	0,06
16	Бытовое помещение	7,2	0,02
17	Лесосушильный	92,04	0,25

Так как получаются дробные числа, то необходимо нагрузки ближайших цехов объединить:

$$N_1 + \dots + N_{17} = 0,04 + \dots + 0,25 = 1,99 .$$

Таблица .2.5 - Распределение трансформаторной подстанции

№ п/п	Наименование пункта питания	Потребители электроэнергии	Место расположения пункта питания на генплане	Кол-во и мощность трансформаторов
1	2	3	4	5
1	КТП	Цех 1 - 17	Территория завода	2х1000кВА

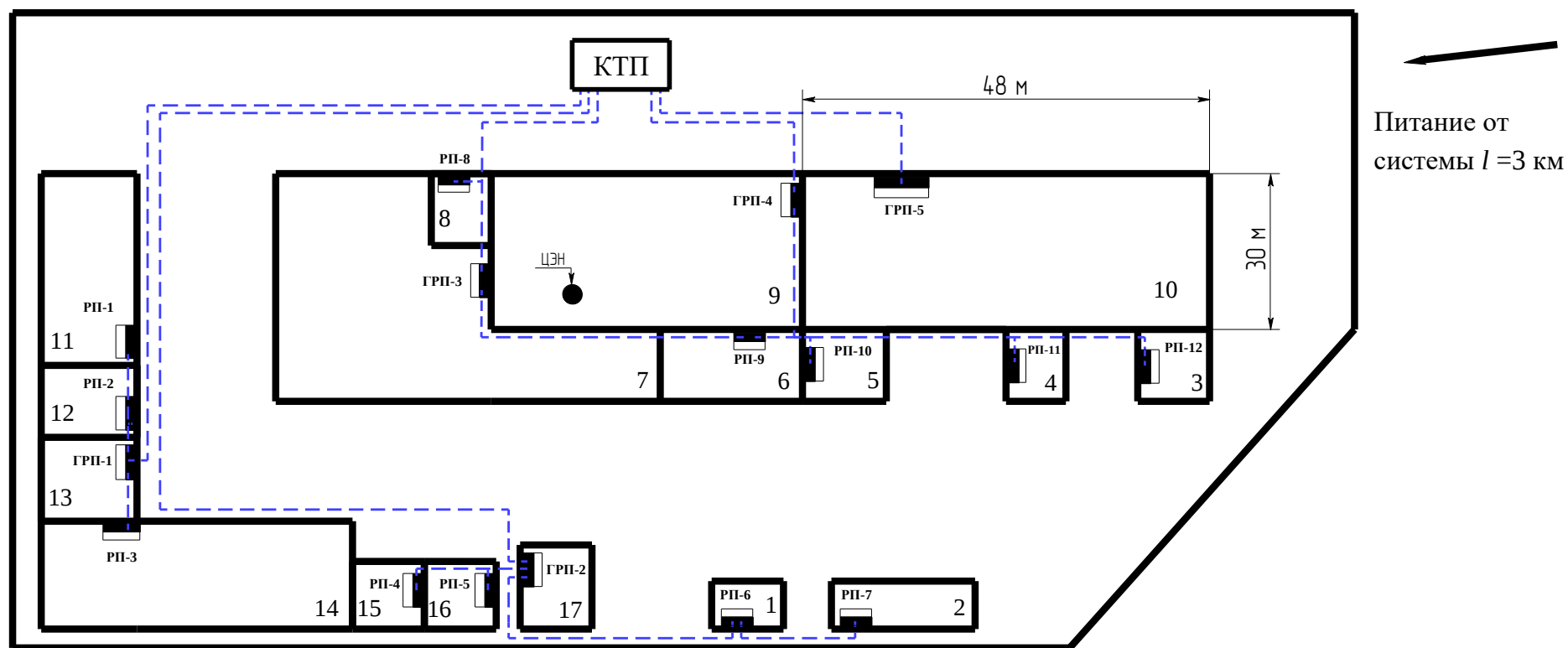


Рисунок 2.2. – Ген.план с размещением КТП и распределением распределительных пунктов по цехам

2.6. Схема внешнего электроснабжения цеха.

Электроснабжение производства 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). Питание ГПП осуществляется воздушными линиями. 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 категории.

ГПП размещается на территории производства в соответствии с расчётным центром электрических нагрузок со 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.

Мощность трансформаторов на ГПП определяется по формуле:

$$S_{н.тр.ГПП} = \frac{S_{р.ГПП}}{2\beta_T} = \frac{829}{2 \cdot 0,7} = 592 \text{ кВА}.$$

Полученное значение округляется до ближайшего большего стандартного значения.

Выбираем трансформаторы с $S_{ном} = 1000$ кВА, ТМГ – 1000/10.

В нормальном режиме работы коэффициент загрузки трансформаторов ГПП принимается равным 0,7, в аварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40%) обеспечит полностью необходимую мощность производства, так как:

$$S_{р.ГПП} = 829 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{н.тр} = 1,4 \cdot 1000 = 1400 \text{ кВА}.$$

Питающие линии выполняются проводом АС. Выбор сечения провода производится по нагреву расчетным током и экономической плотности тока:

$$I_p = \frac{S_{p.гпп}}{2\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{829}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 23,93 \text{ А}.$$

В послеаварийном режиме:

$$I_{p.макс} = \frac{S_{p.гпп}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{829}{\sqrt{3} \cdot 10} = 47,9 \text{ А}$$

По таблице [3, табл. 6.1] при $T_m = 3000 - 5000$ часов для алюминиевых голых проводов принимаем экономическую плотность тока равной $j_{эк} = 1,1 \text{ А/мм}^2$.

Экономически целесообразное сечение проводов равно:

$$F_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{23,93}{1,1} = 21,75 \text{ мм}^2.$$

Полученное сечение округляем до ближайшего стандартного сечения и принимаем в качестве ВЛЭП провода марки АС – 25/4,2. Допустимый длительный ток для выбранного сечения равен $I_{дон} = 142 \text{ А}$ [4, табл. 3.1].

Выбранное сечение должно удовлетворять условию

$$1,3I_{дон} \geq I_{p.макс},$$

где 1,3 – коэффициент допустимой перегрузки линии.

$$1,3I_{дон} = 1,3 \cdot 142 = 184,6 \text{ А} > I_{p.макс} = 47,9 \text{ А}, \text{ условие выполняется.}$$

Кроме этого, для выбранного сечения провода сделаем необходимые проверки:

а) по условиям коронирования проводов.

ЛЭП напряжением 10 кВ по условиям коронирования не проверяются;

б) по условиям механической прочности:

$$F_{расч} \geq F_{min.мех} = 25 \text{ мм}^2.$$

$$F_{расч} = 25 \text{ мм}^2 > F_{min.мех} = 25 \text{ мм}^2, \text{ условие выполняется;}$$

в) по допустимой потере напряжения:

$$I_{дон} = I_{\Delta U \ 1\%} \cdot \Delta U_{дон\%} \cdot k_3 \geq I,$$

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

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

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

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

l – фактическая длина линии, км.

Принимаем $l_{\Delta U 1\%} = 1,34$ км [3, табл.П. 5.1].

Тогда:

$$l_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_z = 1,34 \cdot 5 \cdot \frac{175}{23,93} = 49 \text{ км.}$$

$$l_{\text{доп}} = 49 \text{ км} > l = 3 \text{ км}$$

Таким образом, электроснабжение завода от подстанции энергосистемы напряжением 10 кВ, выполненным проводом АС – 25/4,2 на металлических опорах.

На ГПП установлены два трансформатора типа ТМГ – 1000/10.

Принятая схема внешнего электроснабжения отвечает основным требованиям, предъявляемым к схемам внешнего электроснабжения:

- необходимая надёжность;
- простота и удобство в эксплуатации;
- при аварийных ситуациях (выход из строя линии, трансформатора) оставшийся в работе элемент принимает на себя полностью или частично нагрузку с учетом дополнительной перегрузки в послеаварийном режиме работы (трансформатор допускает перегрузку 40%, линия 30%);
- схема учитывает перспективу развития предприятия;
- схема обеспечивает возможность проведения плановых и внеплановых ремонтных работ.

Электроснабжение производственной базы осуществляется от подстанции энергосистемы, которая находится на расстоянии 3 км от ГПП. При наличии одного источника в целях резервирования принимается схема внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям напряжением 10 кВ (ГПП с двумя трансформаторами связи). Питающие линии выполняются воздушными. На ГПП установлены два двух обмоточных трансформатора ТМГ – 1000/10. ГПП размещается на территории предприятия, в соответствии с расчетным центром электрических нагрузок, со смещением в сторону источника питания.

Питание электроприемников производится через распределительные пункты, нагрузка распределена равномерно.

2.7. Схема внутризаводской сети 0,4 кВ

Распределительная сеть 0,4 кВ по территории предприятия выполняется четырехжильными кабелями с алюминиевыми жилами и изоляцией из сшитого полиэтилена с прокладкой в кабельных траншеях и кабельных каналах.

Выбор сечений кабелей производим по экономической плотности тока. Выбранные сечения проверяем по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме и с учетом допустимой перегрузки в аварийном режиме. Полученное сечение округляем до ближайшего стандартного сечения.

Расчётным током линии для питания цеховых распределительных пунктов является их номинальный ток, независимо от $I_{тqcnde.otq}$ загрузки.

Экономически целесообразное сечение определяем из выражения:

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

где I_p – расчётный ток на один кабель, А; $j_{\text{эк}}$ – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм². Для высоковольтных кабелей с алюминиевыми жилами и изоляцией из сшитого полиэтилена при $T_m = (3000-5000)$ часов принимаем $j_{\text{эк}} = 1,7$ А/мм² [4, табл. 3.16].

Выбор кабеля для линии Л-1 (ГПП – ГРП-1)

$$I_{расч} = \frac{N_{мп} \cdot S_p}{N_{кл} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{155,06}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 224 \text{ А.}$$

Экономически целесообразное сечение

$$F_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{224}{1,7} = 131,8 \text{ мм}^2.$$

Так как ближайшее стандартное сечение проходит проверку на термическую стойкость к токам КЗ, то принимаем $F=150 \text{ мм}^2$: $I_{дон}=310 \text{ А}$ [3, табл. П.11.8].

При прокладке кабелей в траншее учитываем поправочный коэффициент: $k_{прокл} = 0,9$. [4, табл. 3.13], получаем $I'_{дон} = k_{прокл} \cdot I_{дон} = 0,9 \cdot 310 = 279 \text{ А}$.

Проверка выбранного сечения:

$$I_p \leq I'_{дон}$$

$$224 \text{ А} < 279 \text{ А};$$

Таким образом, выбранное сечение проходит по нормальному и послеаварийному режимам.

В качестве линии КЛ-1 принимаем кабель марки АПвБШп – (4х150).

Результаты расчетов по выбору сечений кабельных линий распределительной сети 0,4 кВ сведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Выбор сечений кабельных линий распределительной сети 0,4 кВ

№	Номер линии	Назначение линии	Количество линий	Расчетная нагрузка на один кабель	длина линии l , км	Марка и сечение кабеля, выбранного по условию допустимого нагрева S , мм ²	Допустимая нагрузка на один кабель
				в нормальном режиме I_p , А			в нормальном режиме $I_{доп}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8
1	КЛ1	КТП-ГРП1	2	224	0,1	АПвБШп - (4×150)	279
2	КЛ2	КТП-ГРП2	1	266	0,15	АПвБШп - (4×150)	279
3	КЛ3	КТП-ГРП3	1	286	0,04	АПвБШп - (4×185)	313
4	КЛ4	КТП-ГРП4	2	226	0,04	АПвБШп - (4×120)	245
5	КЛ5	КТП-ГРП5	2	438	0,05	ПвБШп - (4×240)	476
6	КЛ6	ГРП1-РП1	1	21	0,02	АВВГ - (4×4)	24
7	КЛ7	ГРП1-РП2	1	30	0,01	АВВГ - (4×6)	34
8	КЛ8	ГРП1-РП3	1	36	0,01	АВВГ - (4×10)	47
9	КЛ9	ГРП2-РП4	1	39	0,015	АВВГ - (4×10)	47
10	КЛ10	ГРП2-РП5	1	6	0,005	АВВГ - (4×2,5)	20
11	КЛ11	ГРП2-РП6	1	42	0,03	АВВГ - (4×10)	47
12	КЛ12	РП 6-РП7	1	7,7	0,015	АВВГ - (4×2,5)	20
13	КЛ13	ГРП3-РП8	1	44,3	0,005	АВВГ - (4×10)	47
14	КЛ14	ГРП3-РП9	1	135	0,04	АВВГ - (4×70)	155
15	КЛ15	РП 9-РП10	1	50	0,005	АВВГ - (4×16)	62
16	КЛ16	РП 9-РП11	1	45	0,03	АВВГ - (4×16)	10
17	КЛ17	ГРП4-РП12	2	69	0,07	АВВГ - (4×25)	82

2.8. Электроснабжение сварочного цеха

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности:

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

2. Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания цеха.

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

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

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

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

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

2.8.1 Распределение приёмников по пунктам питания

Распределение электроприёмников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному пункту РП. Так как РП бывают различных типов и имеют определённое число присоединений (до 12), то для каждого электроприёмника необходимо выбрать автоматический выключатель. Кроме того, для каждого РП необходимо выбрать защитный аппарат.

Намечаем радиальную схему питающей сети цеха. Способ прокладки питающей сети цеха (от ГРП-5 до пунктов питания) – в каналах (рис. 2.4).

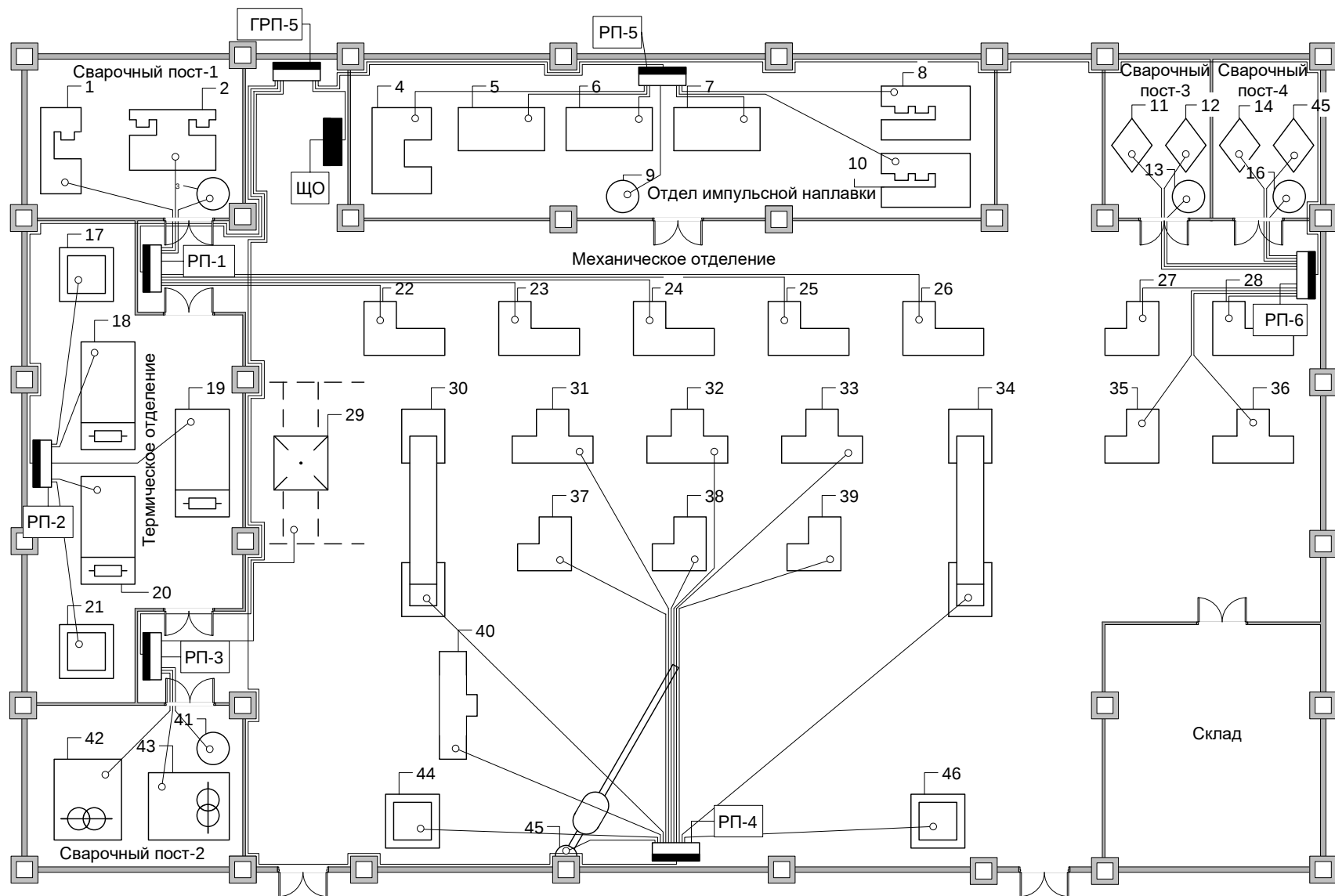


Рисунок 2.4 – Схема питающей и распределительной сети цеха

2.8.2 Определение расчетной нагрузки по пунктам питания цеха

Примеры расчетов:

Определяем установленную мощность группы А, РП-1.

$$P_{ном} = 6,5 \cdot 5 + 18 + 22 = 72,5 \text{ кВт};$$

Средняя активная и реактивная нагрузка для:

$$P_{см} = K_u \cdot P_{ном} = 0,25 \cdot 72,5 = 18,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}(\varphi) = 18,5 \cdot 1,73 = 32,1 \text{ кВар}.$$

Эффективное число электроприемников для группы А:

$$m = \frac{P_{\max ном}}{P_{\min ном}} = \frac{22}{6,5} = 3,39;$$

где m - модуль сборки;

$$m > 3;$$

$$n_э = \frac{2 \sum P_{ном.}}{P_{ном. \max}} = \frac{2 \cdot 72,5}{22} = 6,59$$

Принимаем $n_э = 7$

Расчетные активная и реактивная мощности группы А в соответствии с $n_э$:

$$P_p = K_M \cdot P_{см} = 1,95 \cdot 18,5 = 36 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{см} = 1,1 \cdot 32,1 = 35,3 \text{ кВар.} \quad \text{при } n_э < 10.$$

Коэффициент максимума K_M определяем по [1, табл.2.1] в функции $n_э$ и $K_{u.ср.}$.

Полная расчетная нагрузка РП-1 (с учетом группы Б):

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.б})^2 + (Q_p + Q_{p.б})^2} = \sqrt{(36 + 5,85)^2 + (35,3 + 4,4)^2} = 57,68 \text{ кВА}.$$

Расчетный максимальный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{57,68}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 87,6 \text{ А}.$$

Таблица 2.7 – Определение расчётных электрических нагрузок по пунктам питания цеха

№ п/ п	Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Коли- честв о ЭП п	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		m=Р _{н.макс} / Р _{н.мин} .	Коэффициент использования К _и	Cosφ/tgφ	Средняя нагрузка за максимальн о загруженну ю смену		Эффективное число Электроприёмников пэф	Коэффициент максимума К _м	Расчётная нагрузка			Расчётный ток I _p , А
			Одного ЭП (наименьшего , наибольшего) Р _н , кВт	Обща я Р _н , кВт				Р _{см} =К _и ·Р _н кВт	Q _{см} =Р _{см} ·tgφ _{см} кВар			Р _м =К _м ·Р _{см} , кВт	Q _p =Q _{см} при пэ>10 Q _p =1,1·Q _{см} при пэ≤10	S _p =√P _p ² + Q _p ² кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Распределительный пункт ПР-1															
	Группа А														
1	Металлообрабатывающи е станки разные № 22,23,24,25,26	5	6,5	32,5		0,14	0,5/1,7 3	4,5	7,9						
2	Сварочные аппараты разные № 1,2	2	18-22	40		0,35	0,5/1,7 3	14	24,2						
	Итого по группе А	7	6,5-22	72,5	>3	0,25	-	18,5	32,1	7	1,95	36	35,3		
	Группа Б														
	Вентиляционная установка № 3	1	9	9	-	0,65	0,8/0,7 5	5,85	4,4	-	1	5,85	4,4		
	Итого по ПР-1	8	6,5-22	81,5	-	-	-	24,35	36,5	-	-	41,85	39,7	57,68	87,6

Продолжение Таблицы 2.7

Распределительный пункт ПР -2															
	Группа Б														
8	Кондиционеры №17,21	2	12	24		0,65	0,8/0,7 5	15,6	11,7						
9	Электроды сопротивления № 18,19,20	3	75	225		0,7	0,95/0, 3	157,5	47,25						
	Итого по РП-2	5	12-75	249	-	-	-	173,1	58,95	-	1	173,1	58,95	182,9	277,9
Распределительный пункт ПР -3															
	Группа А														
	Кран-балка ПВ=40% № 29	1	3,9	3,9		0,1	0,5/1,7 3	0,39	0,67						
	Сварочные трансформаторы ПВ=60% № 42,43	2	24,8	49,6		0,3	0,5/1,7 3	14,9	25,8						
	Итого по группе А	3	3,9-24,8	53,5	>3	0,29	-	15,3	26,5	3	2,2	33,7	29,15		
	Группа Б														
	Вентиляционная установка № 41	1	9	9		0,65	0,8/0,7 5	5,85	4,4	-	1	5,85	4,4		
	Итого по РП-3	4	3,9-24	62,5	-	-	-	21,15	30,9	-	-	48,85	39,55	62,85	95,5
Распределительный пункт ПР -4															
	Группа А														
	Электроталь ПВ=25% №45	1	1,75	1,75		0,06	0,5/1,7 3	0,1	0,17						
	Конвейеры ленточные № 30,34	2	3	6		0,55	0,75/0, 9	3,3	3						
	Металлообрабатывающи е станки разные № 31,32,33,37,38,39	6	2,2-4	18,6		0,14	0,5/1,7 3	2,6	4,5						
	Сварочный стенд №40	1	8,7	8,7		0,25	0,6/1,3	2,18	2,8						
	Итого по группе А	10	1,75-8,7	26,35	>3	0,23	-	6	5,77	6	2,2	13,2	6,4		

Продолжение Таблицы 2.7

	Группа Б														
	Кондиционеры №44,46	2	12	24		0,65	0,8/0,7 5	15,6	11,7		1	15,6	11,7		
	Итого по РП-4	12	1,75-12	50,35	-	-	-	21,6	17,5	-	-	28,8	18,1	34	51,7
	Распределительный пункт ПР -5														
	Сварочный преобразователь № 4	1	22	22		0,35	0,5/1,7 3	7,7	13,3						
	Сварочные выпрямители № 5,6,7	3	12,2	36,6		0,25	0,6/1,3	9,2	12						
	Токарные станки импульсной наплавки № 8,10	2	10,5	21		0,14	0,5/1,7 3	3	5,2						
	Итого по группе А	6	10,5-22	79,6	<3	0,25	-	19,9	30,5	6	2,06	41	33,55		
	Группа Б														
	Вентиляционная установка № 9	1	9	9		0,65	0,8/0,7 5	5,85	4,4	-	1	5,85	4,4		
	Итого по РП-5	7	10,5-22	88,6	-	-	-	21,9	23	-	-	46,85	37,95	60,3	91,6
	Распределительный пункт ПР -6														
	Группа А														
	Сварочные агрегаты №11,12,14,15	4	8,1	32,4		0,25	0,6/1,3	8,1	10,53						
	Металлообрабатывающие станки разные № 27,28,35,36	4	2,2-6,5	14,9		0,14	0,5/1,7 3	2,1	3,63						
	Итого по группе А	8	2,2-8,1	47,3	>3	0,22	-	10,2	14,16	8	1,99	20,3	15,6		
	Группа Б														
	Вентиляционная установка № 13,16	2	9	18		0,65	0,8/0,7 5	11,7	8,8	-	1	11,7	8,8		
	Итого по РП-6	10	2,2-9	65,3	-	-	-	21,9	23	-	-	32	24,4	40,24	61,2
	Щит освещения ЩО	-	-	21,6	-	K _{co} = 0,85	-	18,4	-	-	-	18,4	-		27,95

2.9. Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети до 1000 В

Условия выбора автоматических выключателей:

$$1. I_{н.расц} \geq I_{\partial л}$$

$I_{\partial л} = I_{ном}$ для отдельного ЭП,

$I_{\partial л} = I_p$ для группы ЭП. [1].

$I_{н.расц}$ - номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя.

$$2. I_{кз} \geq 1,5 \cdot I_{пуск} - \text{для отдельного ЭП,}$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{пуск} - \text{для группы ЭП,}$$

$$I_{кз} = k \cdot I_{н.расц} - \text{номинальный ток срабатывания уставки в зоне кз. [1]}$$

Пример выбора автоматического выключателя для слиткообдирочного станка № 22 (РП-1):

Номинальный ток определяем по формуле

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{6,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 19,7 \text{ А.}$$

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

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

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности;

$$I_{пуск} = k \cdot I_{ном} = 5 \cdot 19,7 = 98,5 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат серии ВА57-31

$$I_{н.расц} = 25 \geq I_{\partial л} = 19,7 \text{ (А) ;}$$

$$I_{кз} = 160 \geq 1,5 \cdot 98,5 = 147,7 \text{ (А)}$$

$$160 \geq 147,7$$

Выбираем автомат ВА57-35.

Номинальный ток автомата $I_{ном} = 25 \text{ А}$, номинальный ток расцепителя

$I_{н.расц} = 25 \text{ А}$, уставка мгновенного срабатывания $I_{кз} = 160 \text{ А}$. [5, табл.2.63].

Выбор автоматических выключателей для остальных электроприемников сведем в табл. 2.8.

Таблица 2.8 – Защитные аппараты для электроприёмников цеха

№ по плану цеха	Наименование производственного механизма	Р _{ном}	I _{ном}	Ипуск	Тип выключателя	I _{т.рас}	I _{Э.рас}
		кВт	А	А			
Распределительный пункт ПР-1							
1	Сварочный преобразователь	22	66,8	334	BA57-35	80	800
2	Сварочный полуавтомат	18	54,7	273,5	BA57-35	63	500
3	Вентиляционная установка	9	17	85	BA57-35	25	160
22-26	Слиткообдирочные станки	6,5	19,7	98,5	BA57-35	25	160
Распределительный пункт ПР-2							
17,21	Кондиционеры	12	22,8	114	BA57-35	25	250
18-20	Электроды сопротивления	75	120	600	BA57-35	125	800
Распределительный пункт ПР -3							
29	Кран-балка ПВ=40%	8	24,3	121,5	BA57-35	31,5	320
41	Вентиляционная установка	9	27,4	137	BA57-35	31,5	320
42,43	Сварочные трансформаторы	32	97,3	486,5	BA57-35	100	1000
Распределительный пункт ПР -4							
30,34	Конвейеры ленточные	3	6,1	30,5	BA57-35	16	80
31-33	Однорезные шлифовальные станки	4	12,2	61	BA57-35	16	125
37-39	Сверлильные станки	2,2	6,7	33,5	BA57-35	16	80
40	Сварочный стенд	8,7	22	110	BA57-35	25	200
45	Электроталь ПВ=25%	3,5	10,6	53	BA57-35	16	80
44,46	Кондиционеры	12	22,8	114	BA57-35	25	200
Распределительный пункт ПР -5							
4	Сварочный преобразователь	22	66,8	334	BA57-35	80	800
5-7	Сварочные выпрямители	12,2	30,9	154,5	BA57-35	31,5	320
8,10	Токарные станки импульсной наплавки	10,5	31,9	159,5	BA57-35	40	250
9	Вентиляционная установка	9	17	85	BA57-35	25	160
Распределительный пункт ПР -6							
11,12, 14,15	Сварочные агрегаты	8,1	20,5	102,5	BA57-35	25	250
13,16	Вентиляционные установки	9	17	85	BA57-35	25	160
27,35	Сверлильные станки	2,2	6,7	33,5	BA57-35	16	80
28	Слиткообдирочные станки	6,5	19,7	98,5	BA57-35	25	160
36	Однорезные шлифовальные станки	4	12,2	61	BA57-35	16	125

По данным табл. 2.10 согласно [3, Таблица П.8.2] примем типы распределительных шкафов. Результаты сведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9 – Распределительные пункты цеха

№ шкафа	Тип шкафа	Число отходящих линий
РП-1	ПР8503	8
РП-2	ПР8503	6
РП-3	ПР8503	4
РП-4	ПР8503	12
РП-5	ПР8503	8
РП-6	ПР8503	10
ГРП-5	ПР8503	8

Выберем автоматические выключатели для защиты линий, питающих распределительные пункты цеха.

Условия выбора автоматических выключателей:

- 1) $I_{н.расц.} \geq I_{дл};$
- 2) $I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{кр}.$

где $I_{н.расц.}$ - номинальный ток расцепителя автомата;

$I_{дл}$ - длительно протекающий в линии ток;

$I_{кз}$ - уставка по току срабатывания расцепителя в зоне КЗ;

$I_{кр}$ - максимальный кратковременный ток линии; 1,25 – учитывает разброс срабатываний автомата по току.

Пример выбора автоматического выключателя для защиты РП-1:

Максимальный кратковременный ток линии $I_{кр}$ равен пиковому току шкафа $I_{пик}$, который определяем по формуле

$$I_{пик} = I_{пуск.наиб.} + (I_p - I_{ном.м} \cdot K_u),$$

где $I_{н.м}$, $I_{ном.м}$, K_u - соответственно наибольший из пусковых токов двигателей в группе по паспортным данным, его номинальный (приведенный к ПВ=100%) ток и коэффициент использования;

I_p - расчетный ток нагрузки всей группы электроприемников.

Получаем

$$I_{\text{ник}} = I_{\text{н.м}} + (I_p - K_u \cdot I_{\text{ном.м}}) = 334 + (87,6 - 0,5 \cdot 66,8) = 388,2.$$

Условия для выбора автоматического выключателя:

$$I_{\text{н.расц}} \geq I_{\text{дл}} \quad A$$

$$100 \geq 87,6 \quad ;$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{кр}} = 1,25 \cdot 388,2 = 485,25 \quad A.$$

По [5, табл.2.63] принимаем автоматический выключатель типа ВА57-35 с номинальным током расцепителя $I_{\text{н.расц}} = 100 \quad A$.

Уставка по току срабатывания расцепителя в зоне КЗ $I_{\text{кз}} = 500 \quad A$.

Результаты выбора автоматических выключателей для защиты распределительных шкафов приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10 – Аппараты защиты для силовых распределительных шкафов

№ шкафа	$I_{\text{дл}}$	$I_{\text{кр}}$	$1,25I_{\text{кр}}$	Тип автоматического выключателя	$I_{\text{н.расц}}$	$I_{\text{кз}}$
	A	A	A		A	A
РП-1	87,6	388,2	485,5	ВА57-35	100	500
РП-2	277,9	763,9	954,9	ВА57-39	320	1000
РП-3	95,5	533,35	666,7	ВА57-35	100	1000
РП-4	51,7	147,5	184,4	ВА57-35	63	500
РП-5	91,6	392,2	490,25	ВА57-35	100	500
РП-6	61,2	153,45	191,8	ВА57-35	100	500
ЩО	27,95	139,75	174,7	ВА57-35	31,5	320

Выбор вводного автомата на подстанции ГПП:

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{р.цеха}} \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{391 \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 782 \quad A;$$

$$I_{\text{ник}}^{n/cm} = I_{\text{н.м.}} + (I_{\text{ном.тр}} - K_u \cdot I_{\text{ном.м}}) = 600 + (782 - 0,95 \cdot 120) = 1268 \quad A;$$

$$I_{\text{кз}} = 1,25 \cdot I_{\text{ник}}^{n/cm} = 1,25 \cdot 1268 = 1585.$$

Принимаем автоматический выключатель типа ВА88-43 с номинальным током расцепителя $I_{ном.расц.} = 1000 A$.

Уставка по току срабатывания расцепителя в зоне КЗ

$$I_{кз} = 2 \cdot I_{ном.расц.} = 2 \cdot 1000 = 2000 A.$$

2.10. Выбор сечений линий питающей сети цеха

Выбор сечений проводников питающей сети цеха будем производить из условий допустимой нагрузки и допустимой потери напряжения.

Выбор сечения проводника по условию допустимого нагрева при длительном протекании расчетного тока нагрузки I_m определяется из условия

$$I_{доп} \geq \frac{I_m}{k_{прокл}}.$$

Кроме того, сечение проводника должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию

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

где $k_{прокл}$ - 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.

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

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

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

Результаты расчета сечений питающей сети цеха приведены в табл. 2.11.

Пример расчетов для линии ГРП–РП1:

$$I_{дон} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{87,6}{1} = 87,6 \text{ A},$$

где $k_{\text{прокл}} = 1$ при способе прокладки кабеля каналам.

$$I_{дон} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 100}{1} = 100 \text{ A},$$

где $I_z = I_{\text{ном.расч}} = 100 \text{ A}$, $k_z = 1$

По [3, табл.П.11.7] выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки АВВГ 4х35: $I_{дон} = 101 \text{ A}$.

Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{\text{p\%}} = \frac{P \cdot l \cdot r_0 + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot 0,4^2} = \frac{41,85 \cdot 0,012 \cdot 0,894 + 39,7 \cdot 0,088 \cdot 0,012}{10 \cdot 0,4^2} = 0,3\%,$$

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется. Окончательно принятое сечение и марка кабеля – АВВГ 4х35мм².

Таблица 2.11 – Выбор сечений линий питающей сети цеха

№ п/п	Назначение участка (линии) питающей сети	Расчетная нагрузка S_p , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина линии L , км	Способ прокладки	Коэффициент прокладки, K	Марка кабеля	Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева S_n , мм ²	Допустимый длительный ток $I_{доп}$, А
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	РП-1	57,68	87,6	0,012	В канале	1	АВВГ	1(4х35)	101
2	РП-2	182,9	277,9	0,025	В канале	1	АВВГ	1(4х185)	291
3	РП-3	62,85	95,5	0,030	В канале	1	АВВГ	1(4х35)	101
4	РП-4	34	51,7	0,046	В канале	1	АВВГ	1(4х25)	82
5	РП-5	60,3	91,6	0,015	В канале	1	АВВГ	1(4х35)	101
6	РП-6	40,24	61,2	0,053	В канале	1	АВВГ	1(4х35)	101
7	ЩО		27,95	0,006	В канале	1	АВВГ	1(4х6)	34

2.11. Выбор сечений распределительной сети цеха

Условия выбора сечений проводников для электроприемников:

$$1) I_{доп} \geq \frac{I_{ном}}{k_{прокл}};$$

$$2) I_{доп} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}}.$$

Для проводов, проложенных в кабель-канале, $k_{прокл} = 1$.

Значения номинальных токов электроприемников приведены в таблице.

Пример расчетов для ответвления к сварочному трансформатору (РП-1):

$$I_{доп} \geq \frac{I_{ном}}{k_{прокл}} \Rightarrow 82 \geq \frac{66,8}{1}; 82 \geq 66,8;$$

$$I_{доп} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}} \Rightarrow 82 \geq \frac{1 \cdot 80}{1}; 82 \geq 80 A,$$

где $I_3 = I_{\text{ном.расц}} = 80 \text{ А}$, $k_3 = 1$.

По [3, табл. П.11.7] выбираем провод марки АВВГ – 1(4х25): $I_{\text{дон}} = 82 \text{ А}$.

Таблица 2.12– Выбор сечения проводников и защитных аппаратов

№ по плану цеха	Наименование производственного механизма	Р _{ном}	І _{ном}	І _{пуск}	Тип выключателя	I _{т.рас}	I _{дон}	Марка КЛ
		кВт	А	А				
Распределительный пункт РП-1								
1	Сварочный преобразователь	22	66,8	334	ВА57-35	80	82	АВВГ 1(4х25)
2	Сварочный полуавтомат	18	54,7	273,5	ВА57-35	63	82	АВВГ 1(4х25)
3	Вентиляционная установка	9	17	85	ВА57-35	25	27	АВВГ 1(4х4)
22-26	Слиткообдирочные станки	6,5	19,7	98,5	ВА57-35	25	27	АВВГ 1(4х4)
Распределительный пункт РП-2								
17,21	Кондиционеры	12	22,8	114	ВА57-35	25	27	АВВГ 1(4х4)
18-20	Электропечи сопротивления	75	120	600	ВА57-35	125	126	АВВГ 1(4х50)
Распределительный пункт РП -3								
29	Кран-балка ПВ=40%	8	24,3	121,5	ВА57-35	31,5	34	АВВГ 1(4х6)
41	Вентиляционная установка	9	27,4	137	ВА57-35	31,5	34	АВВГ 1(4х6)
42,43	Сварочные трансформаторы	32	97,3	486,5	ВА57-35	100	101	АВВГ 1(4х35)
Распределительный пункт РП -4								
30,34	Конвейеры ленточные	3	6,1	30,5	ВА57-35	16	20	АВВГ 1(4х2,5)
31-33	Одирно-шлифовальные станки	4	12,2	61	ВА57-35	16	20	АВВГ 1(4х2,5)
37-39	Сверлильные станки	2,2	6,7	33,5	ВА57-35	16	20	АВВГ 1(4х2,5)
40	Сварочный стенд	8,7	22	110	ВА57-35	25	27	АВВГ 1(4х4)
45	Электроталь ПВ=25%	3,5	10,6	53	ВА57-35	16	20	АВВГ 1(4х2,5)
44,46	Кондиционеры	12	22,8	114	ВА57-35	25	27	АВВГ 1(4х2,5)

Продолжение Таблицы 2.12

Распределительный пункт РП -5								
4	Сварочный преобразователь	22	66,8	334	BA57-35	80	82	ABBГ 1(4x25)
5-7	Сварочные выпрямители	12,2	30,9	154,5	BA57-35	31,5	34	ABBГ 1(4x6)
8,10	Токарные станки импульсной наплавки	10,5	31,9	159,5	BA57-35	40	47	ABBГ 1(4x10)
9	Вентиляционная установка	9	17	85	BA57-35	25	27	ABBГ 1(4x4)
Распределительный пункт РП -6								
11,12, 14,15	Сварочные агрегаты	8,1	20,5	102,5	BA57-35	25	27	ABBГ 1(4x4)
13,16	Вентиляционные установки	9	17	85	BA57-35	25	27	ABBГ 1(4x4)
27,35	Сверлильные станки	2,2	6,7	33,5	BA57-35	16	20	ABBГ 1(4x2,5)
28	Слиткообдирочный станки	6,5	19,7	98,5	BA57-35	25	27	ABBГ 1(4x4)
36	Одирно-шлифовальные станки	4	12,2	61	BA57-35	16	20	ABBГ 1(4x2,5)

2.11.1. Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения. Построения эпюры отклонений напряжения

Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонений напряжения выполняем для цепочки линий от шин ГПП до зажимов наиболее отдалённого и мощного электроприемника (электропечь №20).

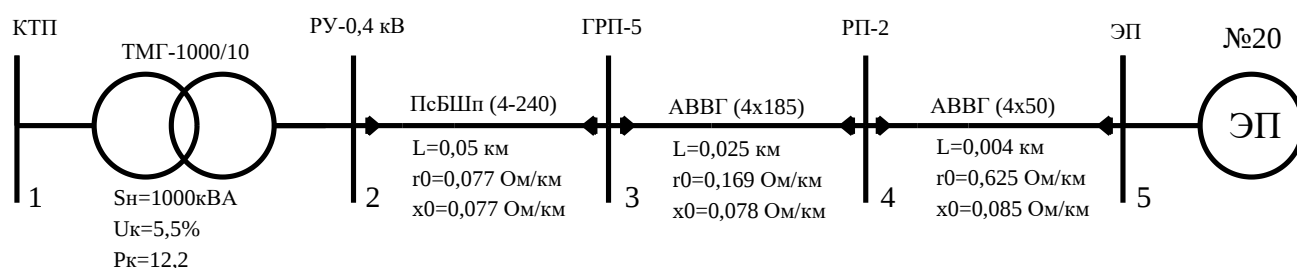


Рисунок 2.5 - Участок сети для расчета потерь напряжения и построения эпюры отклонений напряжения

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

Для трансформатора

$$\Delta U_m \% = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2), \quad (2.51)$$

где $\beta_m = \frac{S_{\text{фактич}}}{S_{\text{н.тр.}}}$ – фактический коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{\text{фактич}}$ – фактическая нагрузка одного трансформатора, кВА;

$S_{\text{н.тр.}}$ – номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

$U_a = \frac{\Delta P_{\text{кз}} \cdot 100\%}{S_{\text{н.тр.}}}$ – активная составляющая напряжения короткого

замыкания цехового трансформатора, %;

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

$U_p = \sqrt{(U_k)^2 - (U_a)^2}$ – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %;

U_k – напряжение короткого замыкания, %;

$\cos \varphi_2$ и $\sin \varphi_2$ – коэффициент мощности вторичной нагрузки трансформатора и соответствующий ему $\sin \varphi_2$.

Для линии

$$\Delta U \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_i^2},$$

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.

Расчет для максимального режима нагрузок

Участок 1-2(ГПП-1000/10):

Активная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора определяется по выражению:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa 3} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}} = \frac{12,2 \cdot 100\%}{1000} = 1,22\%;$$

$$U_p = \sqrt{(U_{\kappa})^2 - (U_a)^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,36\%;$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi = \frac{P^2}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{743,5}{\sqrt{743,5^2 + 614,8^2}} = 0,77$$

$$\sin \varphi = \frac{Q^2}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{614,8}{\sqrt{743,5^2 + 614,8^2}} = 0,63$$

β_m - отношение фактической нагрузки трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме работы:

$$\beta_m = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{743,5^2 + 614,8^2}}{2 \cdot 1000} = 0,48$$

Определяем потери напряжения на трансформаторе:

$$\begin{aligned} \Delta U_T &= \frac{\beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2)}{2} = \\ &= \frac{0,48(1,22 \cdot 0,77 + 5,36 \cdot 0,63) + \frac{0,48^2}{200}(1,22 \cdot 0,63 - 5,36 \cdot 0,77)}{2} = 1,03\%; \end{aligned}$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН будет равно

$$U_{BH} = 10500 - 1,03 \cdot \frac{10,500}{100} = 10392 \text{ В};$$

$$\Delta U_2 = 400 \cdot \frac{10392}{10500} = 395 \text{ В}.$$

Участок 2-3 (РУ-0,4кВ – ГРП-5)

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{23} = r_0 \cdot l_{23} = 0,077 \cdot 0,050 = 0,00385 \text{ Ом};$$

$$X_{23} = x_0 \cdot l_{23} = 0,077 \cdot 0,050 = 0,00385 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\Delta U_{23} = \frac{(P_{23}R_{23\gamma\delta} + Q_{23}X_{23\gamma\delta})}{10U_H^2} =$$

$$= \frac{(238,1 \cdot 0,00385 + 193,3 \cdot 0,00385)}{10 \cdot 0,38^2} = 1,04\%;$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{23} = 1,04 \cdot \frac{395}{100} = 4,1 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_3 = 395 - 4,1 = 390,9 \text{ В}.$$

Участок 3-4 (ГРП-5 –РП-2):

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{34} = r_0 \cdot l_{34} = 0,169 \cdot 0,025 = 0,00423 \text{ Ом};$$

$$X_{34} = x_0 \cdot l_{34} = 0,078 \cdot 0,025 = 0,00195 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\Delta U_{34} = \frac{(P_{34}R_{34\gamma\delta} + Q_{34}X_{34\gamma\delta})}{10U_H^2} =$$

$$= \frac{(173,1 \cdot 0,00423 + 58,95 \cdot 0,00195)}{10 \cdot 0,4^2} = 0,53\%;$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{34} = 0,53 \cdot \frac{390,9}{100} = 2,07 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_4 = 390,9 - 2,1 = 388,83 \text{ В}.$$

Участок 4-5(РП-2 – ЭП№20):

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{45} = r_0 \cdot l_{45} = 0,625 \cdot 0,004 = 0,0025 \text{ Ом};$$

$$X_{45} = x_0 \cdot l_{45} = 0,085 \cdot 0,004 = 0,00034 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\Delta U_{45} = \frac{(P_{45} R_{45, \text{yd}} + Q_{45} X_{45, \text{yd}})}{10 U_H^2} =$$

$$= \frac{(157,5 \cdot 0,0025 + 47,25 \cdot 0,00034)}{10 \cdot 0,4^2} = 0,26\%;$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{45} = 0,26 \cdot \frac{388,83}{100} = 1,01 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_5 = 388,83 - 1,01 = 387,82 \text{ В}.$$

Согласно [3], для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 5\%$. В данном случае условие выполняется.

Расчет для минимального режима:

Участок 1-2(ГПП-1000/10):

Для определения потоков мощностей для минимального режима воспользуемся характерным суточным графиком активной и реактивной нагрузок.

$$P_{\min} = 0,66 \cdot P_p = 0,66 \cdot 743,5 = 490,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min} = 0,95 \cdot Q_p = 0,95 \cdot 614,8 = 584,1 \text{ кВар}$$

Активная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора определяется по выражению:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa\text{з}} \cdot 100\%}{S_{\text{н.тр.}}} = \frac{12,2 \cdot 100\%}{1000} = 1,22\%;$$

$$U_p = \sqrt{(U_{\kappa})^2 - (U_a)^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,36\%;$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{490,7}{\sqrt{490,7^2 + 584,1^2}} = 0,64$$

$$\sin \varphi = \frac{Q}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{584,1}{\sqrt{490,7^2 + 614,8^2}} = 0,76$$

β_m - отношение фактической нагрузки трансформатора к его номинальной мощности

в рассматриваемом режиме работы:

$$\beta_m = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{S_{н.мп}} = \frac{\sqrt{490,7^2 + 584,1^2}}{2 \cdot 1000} = 0,38$$

Определяем потери напряжения на трансформаторе:

$$\begin{aligned} \Delta U_T &= \frac{\beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2)}{2} = \\ &= \frac{0,38(1,22 \cdot 0,64 + 5,36 \cdot 0,76) + \frac{0,38^2}{200}(1,22 \cdot 0,76 - 5,36 \cdot 0,64)}{2} = 0,92\%; \end{aligned}$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН будет равно

$$U_{BH} = 10500 - 0,92 \cdot \frac{10500}{100} = 10403 \text{ В};$$

$$\Delta U_2 = 400 \cdot \frac{10403}{10500} = 396,3 \text{ В}.$$

Участок 2-3 (РУ-0,4кВ – ГРП-5)

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{23} = r_0 \cdot l_{23} = 0,077 \cdot 0,050 = 0,00385 \text{ Ом};$$

$$X_{23} = x_0 \cdot l_{23} = 0,077 \cdot 0,050 = 0,00385 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\begin{aligned} \Delta U_{23} &= \frac{(P_{23} R_{23\gamma\delta} + Q_{23} X_{23\gamma\delta})}{10 U_H^2} = \\ &= \frac{(238,1 \cdot 0,66 \cdot 0,00385 + 193,3 \cdot 0,95 \cdot 0,00385)}{10 \cdot 0,38^2} = 0,82\%; \end{aligned}$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{23} = 0,82 \cdot \frac{396,3}{100} = 3,25 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_3 = 396,3 - 3,25 = 393,05 \text{ В}.$$

Участок 3-4 (ГРП-5 – РП-2):

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{34} = r_0 \cdot l_{34} = 0,169 \cdot 0,025 = 0,00423 \text{ Ом};$$

$$X_{34} = x_0 \cdot l_{34} = 0,078 \cdot 0,025 = 0,00195 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\begin{aligned} \Delta U_{34} &= \frac{(P_{34} R_{34} + Q_{34} X_{34})}{10 U_H^2} = \\ &= \frac{(173,1 \cdot 0,00423 + 58,95 \cdot 0,00195)}{10 \cdot 0,4^2} = 0,37\%; \end{aligned}$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{34} = 0,37 \cdot \frac{393,05}{100} = 1,45 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_4 = 393,05 - 1,45 = 391,6 \text{ В}.$$

Участок 4-5(РП-2 – ЭП№20):

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{45} = r_0 \cdot l_{45} = 0,625 \cdot 0,004 = 0,0025 \text{ Ом};$$

$$X_{45} = x_0 \cdot l_{45} = 0,085 \cdot 0,004 = 0,00034 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\begin{aligned} \Delta U_{45} &= \frac{(P_{45} R_{45} + Q_{45} X_{45})}{10 U_H^2} = \\ &= \frac{(157,5 \cdot 0,0025 + 47,25 \cdot 0,00034)}{10 \cdot 0,4^2} = 0,17\%; \end{aligned}$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{45} = 0,17 \cdot \frac{391,6}{100} = 0,66 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_5 = 391,6 - 0,66 = 390,94 \text{ В}.$$

Согласно [3], для силовых сетей отклонения напряжения от минимального должны составлять не более -5% . В данном случае условие выполняется.

Расчет для аварийного режима нагрузок

Участок 1-2(ГПП-1000/10):

Активная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора определяется по выражению:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa 3} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}} = \frac{12,2 \cdot 100\%}{1000} = 1,22\%;$$

$$U_p = \sqrt{(U_{\kappa})^2 - (U_a)^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,36\%;$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi = \frac{P^2}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{743,5}{\sqrt{743,5^2 + 614,8^2}} = 0,77$$

$$\sin \varphi = \frac{Q^2}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{614,8}{\sqrt{743,5^2 + 614,8^2}} = 0,63$$

β_m - отношение фактической нагрузки трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме работы:

$$\beta_m = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{743,5^2 + 614,8^2}}{1000} = 0,96$$

Определяем потери напряжения на трансформаторе:

$$\begin{aligned} \Delta U_T &= \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2) = \\ &= 0,96 (1,22 \cdot 0,77 + 5,36 \cdot 0,63) + \frac{0,96^2}{200} (1,22 \cdot 0,63 - 5,36 \cdot 0,77) = 4,13\%; \end{aligned}$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН будет равно

$$U_{ВН} = 10500 - 4,13 \cdot \frac{10500}{100} = 10066 \text{ В};$$

$$\Delta U_2 = 400 \cdot \frac{10066}{10500} = 383,47 \text{ В}.$$

Участок 2-3 (РУ-0,4кВ – ГРП-5)

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{23} = r_0 \cdot l_{23} = 0,077 \cdot 0,050 = 0,00385 \text{ Ом};$$

$$X_{23} = x_0 \cdot l_{23} = 0,077 \cdot 0,050 = 0,00385 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\begin{aligned}\Delta U_{23} &= \frac{(P_{23}R_{23\text{yd}} + Q_{23}X_{23\text{yd}})}{10U_H^2} = \\ &= \frac{(238,1 \cdot 0,00385 + 193,3 \cdot 0,00385)}{10 \cdot 0,38^2} = 1,04\%;\end{aligned}$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{23} = 1,04 \cdot \frac{383,47}{100} = 3,9 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_3 = 383,47 - 3,9 = 379,6 \text{ В}.$$

Участок 3-4 (ГРП-5 – РП-2):

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{34} = r_0 \cdot l_{34} = 0,169 \cdot 0,025 = 0,00423 \text{ Ом};$$

$$X_{34} = x_0 \cdot l_{34} = 0,078 \cdot 0,025 = 0,00195 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\begin{aligned}\Delta U_{34} &= \frac{(P_{34}R_{34\text{yd}} + Q_{34}X_{34\text{yd}})}{10U_H^2} = \\ &= \frac{(173,1 \cdot 0,00423 + 58,95 \cdot 0,00195)}{10 \cdot 0,4^2} = 0,53\%;\end{aligned}$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{34} = 0,53 \cdot \frac{379,6}{100} = 2 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_4 = 379,6 - 2 = 377,6 \text{ В}.$$

Участок 4-5(РП-2 – ЭП№20):

Рассчитаем активное и реактивное сопротивление кабельной линии:

$$R_{45} = r_0 \cdot l_{45} = 0,625 \cdot 0,004 = 0,0025 \text{ Ом};$$

$$X_{45} = x_0 \cdot l_{45} = 0,085 \cdot 0,004 = 0,00034 \text{ Ом};$$

Определяем потери на данном участке:

$$\Delta U_{45} = \frac{(P_{45} R_{45\gamma\delta} + Q_{45} X_{45\gamma\delta})}{10 U_H^2} =$$

$$= \frac{(157,5 \cdot 0,0025 + 47,25 \cdot 0,00034)}{10 \cdot 0,4^2} = 0,26\%;$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляют:

$$U_{45} = 0,26 \cdot \frac{377,6}{100} = 1 \text{ В};$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_5 = 377,6 - 0,9 = 376,6 \text{ В}.$$

Согласно [3], для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 5\%$. В данном случае условие выполняется.

Согласно [3], для силовых сетей отклонения напряжения от минимального должны составлять не более -5% . В данном случае условие выполняется

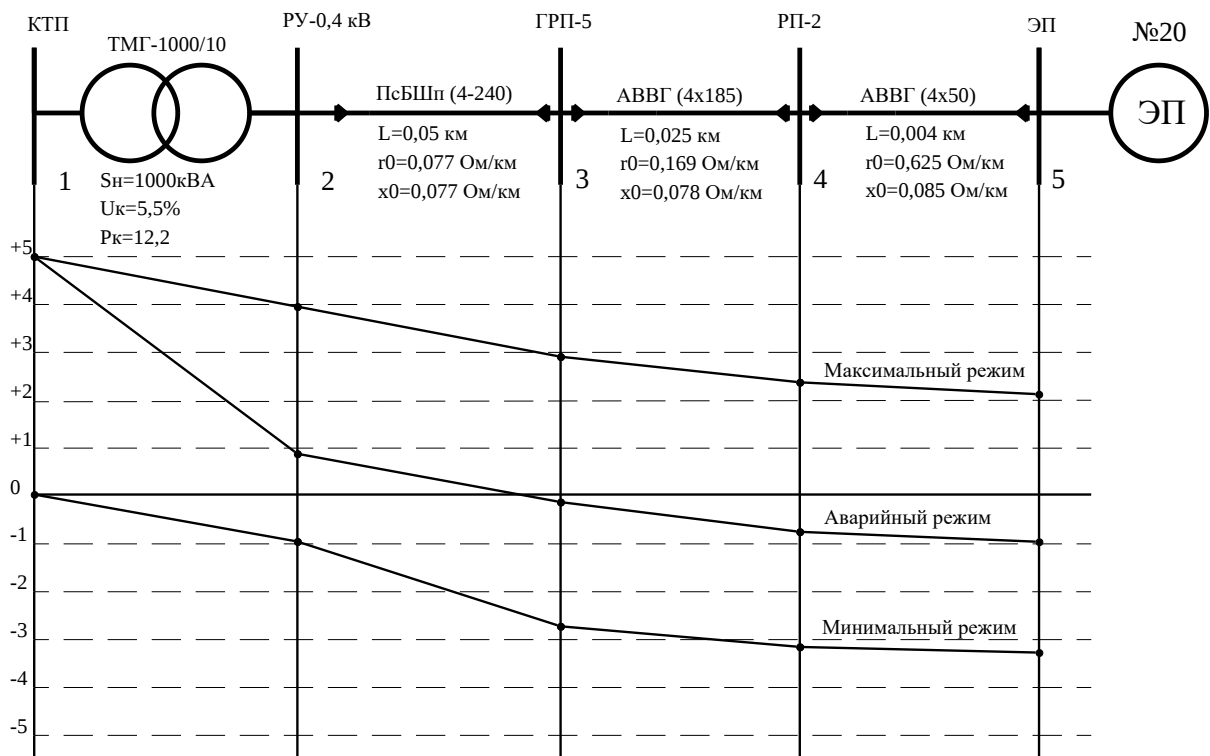


Рисунок 2.6 – Эпюры отклонений напряжения

2.12. Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчет токов КЗ проводим для участка цеховой сети от ГПП до наиболее мощного электроприемника цеха (№20). Полученные данные наносим на карту селективности действия аппаратов защиты.

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В имеет следующие особенности:

1) принимаем мощность системы $S_c = \infty$, что правомерно при $S_c \geq 50S_{н.тр.}$, т.е. напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;

2) при расчёте учитываются активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силового трансформатора, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;

3) расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение принимается на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем $U_c = 400В$.

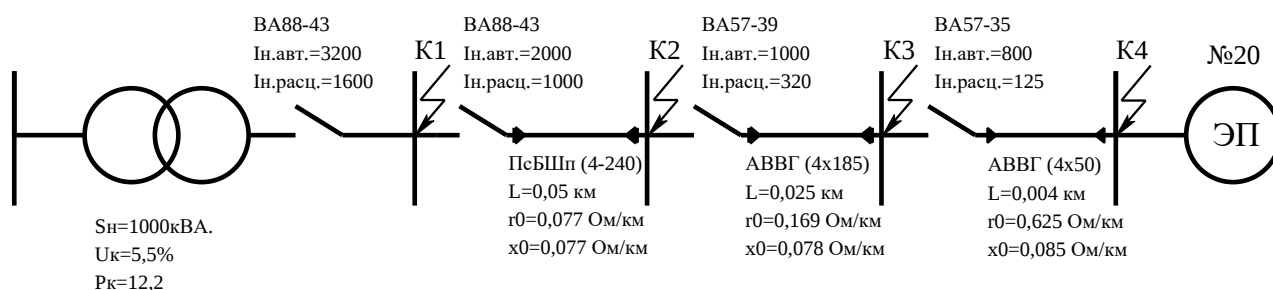


Рисунок 2.7 – Схема для расчета токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчёт токов КЗ для точки К1:

Активное сопротивление трансформатора:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_c^2}{S_{н.тр}^2} = \frac{12,2 \cdot 400^2}{1000^2} = 1,95 \text{ мОм.}$$

Реактивное сопротивление трансформатора:

$$X_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_k \%}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_{н.тр}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{н.тр}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,2}{1000}\right)^2} \cdot \frac{400^2}{1000} = 8,58 \text{ мОм.}$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{к1} = \sqrt{(R_{mp})^2 + (X_{mp})^2} = \sqrt{(1,95)^2 + (8,58)^2} = 8,8 \text{ мОм.}$$

Действующее значение тока КЗ:

$$I_{к1} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,8} = 26,24 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{к1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 26,24 = 38,15 \text{ кА,}$$

где k_y – ударный коэффициент [4, рис. 6.1].

Расчёт токов КЗ для точки К2:

$$R_{кл} = r_0 \cdot l = 0,077 \cdot 0,050 \cdot 10^3 = 3,85 \text{ мОм;}$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l = 0,077 \cdot 0,050 \cdot 10^3 = 3,85 \text{ мОм.}$$

Сопротивление катушек максимального тока автомата

$$R_{кат} = 0,1 \text{ мОм;}$$

$$X_{кат} = 0,1 \text{ мОм.}$$

Переходное сопротивление контактов:

$$R_{конт} = 0,15 \text{ мОм.}$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{к2} = R_{mp} + R_{кл} + R_{кат} + R_{конт} = 1,95 + 3,85 + 0,1 + 0,15 = 6,05 \text{ мОм;}$$

$$X_{к2} = X_{mp} + X_{кл} + X_{кат} = 8,58 + 3,85 + 0,1 = 12,53 \text{ мОм.}$$

Суммарное полное сопротивление до точки К2:

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{R_{\kappa 2}^2 + X_{\kappa 2}^2} = \sqrt{6,05^2 + 12,53^2} = 13,9 \text{ мОм.}$$

Действующее значение тока КЗ:

$$I_{\kappa 2} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 13,9} = 16,61 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{\kappa 2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 2} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 16,61 = 23,49 \text{ кА}$$

где k_y – ударный коэффициент [4, рис. 6.1].

Расчёт токов КЗ для точки КЗ:

$$R_{\kappa л} = r_0 \cdot l = 0,169 \cdot 0,025 \cdot 10^3 = 4,22 \text{ мОм;}$$

$$X_{\kappa л} = x_0 \cdot l = 0,078 \cdot 0,025 \cdot 10^3 = 1,95 \text{ мОм.}$$

Сопротивление катушек максимального тока автомата

$$R_{\kappa ат} = 0,25 \text{ мОм;}$$

$$X_{\kappa ат} = 0,3 \text{ мОм.}$$

Переходное сопротивление контактов:

$$R_{\kappa онт} = 0,5 \text{ мОм.}$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{\kappa 3} = R_{\kappa 2} + R_{\kappa л} + R_{\kappa ат} + R_{\kappa онт} = 6,05 + 4,22 + 0,25 + 0,5 = 11,02 \text{ мОм;}$$

$$X_{\kappa 3} = X_{\kappa 2} + X_{\kappa л} + X_{\kappa ат} = 12,53 + 1,95 + 0,3 = 14,78 \text{ мОм.}$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{\kappa 3} = \sqrt{R_{\kappa 3}^2 + X_{\kappa 3}^2} = \sqrt{11,02^2 + 14,72^2} = 18,4 \text{ мОм.}$$

Действующее значение тока КЗ:

$$I_{\kappa 3} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 18,4} = 12,55 \text{ кА;}$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{\kappa 3} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,55 = 17,75 \text{ кА.}$$

где k_y – ударный коэффициент [4, рис. 6.1].

Расчёт токов КЗ для точки К4:

$$R_{\kappa 4} = r_0 \cdot l = 0,625 \cdot 0,004 \cdot 10^3 = 2,5 \text{ мОм};$$

$$X_{\kappa 4} = x_0 \cdot l = 0,085 \cdot 0,004 \cdot 10^3 = 0,34 \text{ мОм}.$$

Сопротивление катушек максимального тока автомата

$$R_{\kappa \text{ат}} = 1 \text{ мОм};$$

$$X_{\kappa \text{ат}} = 0,95 \text{ мОм}.$$

Переходное сопротивление контактов:

$$R_{\kappa \text{онт}} = 0,7 \text{ мОм}.$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{\kappa 4} = R_{\kappa 3} + R_{\kappa 4} + R_{\kappa \text{ат}} + R_{\kappa \text{онт}} = 11,02 + 2,5 + 1 + 0,7 = 15,22 \text{ мОм};$$

$$X_{\kappa 4} = X_{\kappa 3} + X_{\kappa 4} + X_{\kappa \text{ат}} = 14,78 + 0,34 + 0,95 = 16,1 \text{ мОм}.$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{\kappa 4} = \sqrt{R_{\kappa 4}^2 + X_{\kappa 4}^2} = \sqrt{15,22^2 + 16,1^2} = 22,15 \text{ мОм}.$$

Действующее значение тока КЗ:

$$I_{\kappa 4} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 22,15} = 10,43 \text{ кА}.$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{\kappa 4} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 4} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 10,43 = 14,75 \text{ кА}.$$

где k_y – ударный коэффициент [4, рис. 6.1].

2.13. Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети

Карту селективности строим для участка цеховой сети от вводного автомата на подстанции ГПП до самого мощного электроприемника (электропечи).

Данные для построения карты селективности представлены в табл. 2.13. и в табл. 2.14.

Таблица 2.13 – Данные для построения карты селективности

	Электроприёмник: Электропечь №20	ШР-2	ГРШ-5	Подстанция ТП	Значение тока КЗ в соотв. точках, кА			
					1	2	3	4
Расчётный ток, А		227,9	782	1352	26,24	16,61	12,55	10,43
Пиковый ток, А		763,9	1268	1838				
Номинальный ток, А	120							
Пусковой ток, А	600							

Таблица 2.14 – Данные для построения карты селективности

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
ВА88-43(ГРШ5)	1000	2000
ВА57-39(ШР2)	320	1000
ВА51-35(ЭП)	125	800

Защитные характеристики автоматических выключателей, которые необходимо использовать для построения карты селективности действия аппаратов защиты, приведены в [3, с. 87].

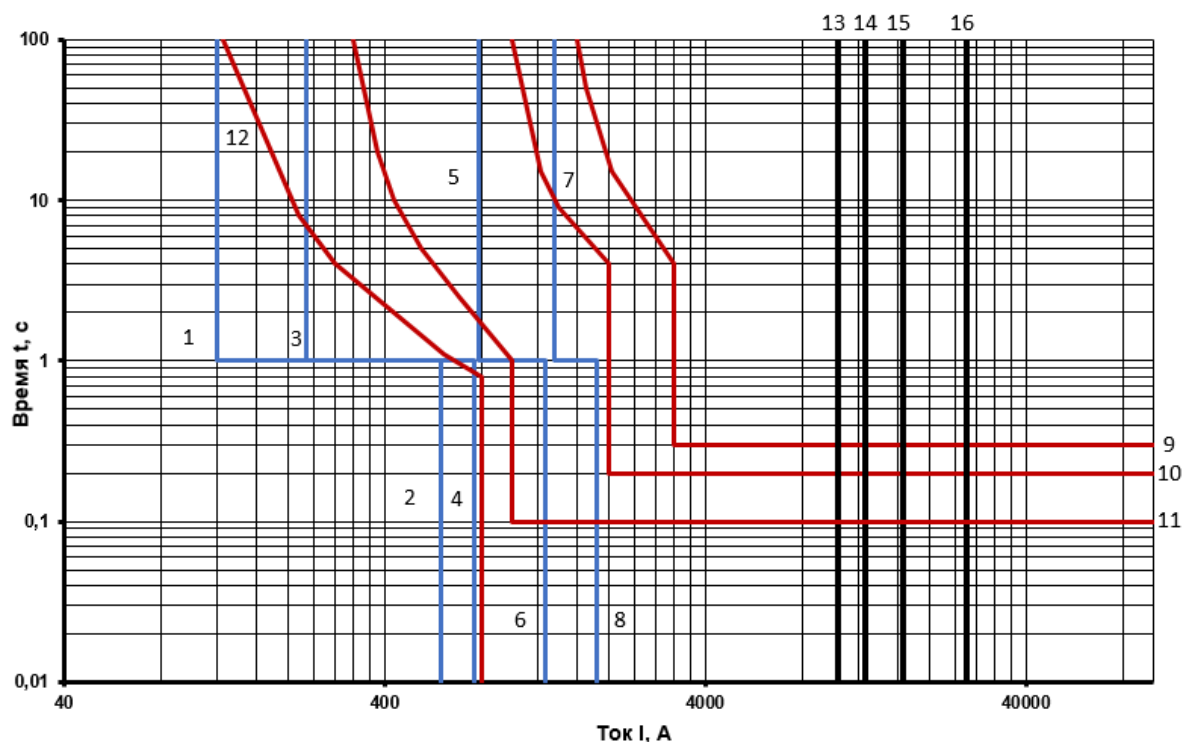


Рисунок 2.8-Карта селективности действия защиты в установках до 1000 В

Обозначения на карте селективности:

- 1 – номинальный ток ЭП;
- 2 – пусковой ток ЭП;
- 3 – расчетный ток РП-2;
- защитная характеристика автоматического выключателя ВА57–35;
- 4 – пиковый ток РП-2; расчётный ток силового распределительного шкафа;
- 5 – расчетный ток ГРП-5; пиковый ток силового распределительного шкафа;
- 6 – пиковый ток ГРП-5; защитная характеристика автоматического выключателя ВА51–29;
- 7 – расчетный ток подстанции ГПП;
- 8 – пиковый ток ГПП;
- 9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА88–43;
- 10 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА88–43;
- 11 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА57–39;
- 12 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА57–35;
- 13, 14, 15, 16 – значения токов короткого замыкания в точках K_4 , K_3 , K_2 и K_1 соответственно.

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цель данного раздела – рассмотрение технического проекта с точки зрения целесообразности и эффективности его использования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- планирование структуры работ технического проекта;
- определение сметы проекта;
- определение ресурсоэффективности проекта.

В данном разделе рассчитывается сумма затрат на проектирование системы электроснабжения сварочного цеха производственной базы г. Саяногорска и сумма затрат на покупку оборудования для реализации проекта.

3.1 Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в проектировании системы электроснабжения;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика выполнения проекта.

В рабочей группе предусматриваются два исполнителя: преподаватель и студент (бакалавр). Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ Раб	Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Постановка задачи	Изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу	Руководитель
2	Обзор литературы	Изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу	Бакалавр
3	Изучение особенностей основ расчета и проектирования электроснабжения	Подбор источников, касающихся расчетов и различных сторон ТП	Бакалавр
4	Сбор и систематизация данных об электроприемниках	Уточнение коэффициентов мощности для каждого электроприемника	Бакалавр
5	Создание схемы системы электроснабжения для сварочного цеха	Проектирование внутрицехового электроснабжения	Бакалавр
6	Проверка схемы	Согласование и ознакомление руководителя с принятым решением по созданию схемы электроснабжения	Руководитель
7	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций	Обоснование принятых решений по расчетам нагрузок цехов	Бакалавр
8	Проработка схемы внутризаводской сети до 1 кВ	Выбор оптимального варианта по электроснабжению предприятия	Бакалавр
9	Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1 кВ	Выбор оптимального варианта по электроснабжению цеха	Бакалавр
10	Проработка и проверка схемы прокладки низковольтных линий от КТП до отдельных ЭП	Обоснование выбора кабельных линий с учетом категории помещения	Бакалавр
11	Проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения. Построение эпюр отклонения напряжения	Расчет потерь напряжения до самого мощного электроприемника в цеху, построение эпюры отклонений напряжения	Руководитель Бакалавр

Продолжение таблицы 3.1

12	Построение карты селективности действия защитных аппаратов	Построение карты селективности с учетом принятой защитной аппаратуры	Руководитель Бакалавр
13	Обработка результатов	Обоснование принятых решений, корректировка замечаний и исправлений, указанных руководителем	Бакалавр
14	Оформление записки	Окончательная проверка руководителем, устранение недочетов дипломником	Руководитель Бакалавр
15	Сдача выпускной квалификационной работы	Подготовка к защите и защита ВКР	Бакалавр

3.2 Определение трудоемкости выполнения технического проекта

Задачей расчёта является разработка системы электроснабжения промышленного предприятия и экономическое обоснование принятых решений.

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула, [6]:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{махи}}{5},$$

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

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{махи}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Ожидаемая трудоёмкость и время выполнения работ приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Календарная продолжительность работ

№ этапа	Наименование этапа	Кол-во человек	Трудоёмкость работ, чел-дни		
			Минимально возможная	Максимально возможная	Ожидаемая
1	Постановка задачи	Руководитель	1	1	1
2	Обзор литературы	Бакалавр	6	9	8
3	Изучение особенностей основ расчета и проектирования электроснабжения	Бакалавр	2	5	4
4	Сбор и систематизация данных о электроприемниках	Бакалавр	7	15	11
5	Создание схемы системы электроснабжения для сварочного цеха	Бакалавр	7	11	9
6	Проверка схемы руководителем	Руководитель	1	1	1
7	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций	Бакалавр	6	10	8
8	Проработка схемы внутриводской сети до 1кВ	Бакалавр	8	10	9
9	Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1 кВ	Бакалавр	9	12	11
10	Проработка и проверка схемы прокладки низковольтных линий от КТП до отдельных ЭП	Бакалавр	6	10	8
11	Проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения. Построение эпюр отклонения напряжения.	Руководитель	1	1	1
		Бакалавр	9	13	10
12	Построение карты селективности действия защитных аппаратов	Руководитель	1	1	1
		Бакалавр	4	6	5
13	Обработка результатов	Бакалавр	4	8	6
14	Оформление записки	Руководитель	2	2	2
		Бакалавр	14	18	16
15	Сдача выпускной квалификационной работы	Бакалавр	2	4	3
		Руководитель	1	1	1

На основе таблицы 3.2 строим план-график проведения работ (рисунок 3.1). График строится для ожидаемого по длительности исполнения

работ в рамках технического проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР.

Общая продолжительность выполнения расчетов составила 108 рабочих дней ($t_{\text{раб}}$), при этом не учитывались выходные и праздничные дни.

По данным таблицы 3.2 и по линейному графику (рисунок 3.1) продолжительность работ для исполнителей проекта составляет:

- для руководителя проекта 7 раб. дн.;
- для студента 107 раб. дн.

3.3. Определение сметы проекта

В смету проекта включаются затраты на финансирование деятельности исполнителей: заработная плата всех работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данному проекту, отчисления во внебюджетные фонды, а также накладные расходы .

3.3.1. Заработная плата исполнителей проекта

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

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

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

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

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная.

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

№	Вид работ	Исполнители	Т _р Дн.	Продолжительность выполнения работ										
				фев	март			апрель			май			июнь
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1 2
1	Постановка задачи	Руководитель	1	■										
2	Обзор литературы	Бакалавр	8	■										
3	Изучение особенностей проектирования	Бакалавр	4		■									
4	Систематизация данных	Бакалавр	11		■	■								
5	Создание схемы электроснабжения цеха	Бакалавр	9			■	■							
6	Проверка схемы руководителем	Руководитель	1				■							
7	Выбор трансформаторных подстанций	Бакалавр	8				■	■						
8	Проработка внутризаводской схемы	Бакалавр	9					■	■					
9	Выбор распределительных пунктов	Бакалавр	11						■	■				
10	Проработка низковольтных линий	Бакалавр	8							■	■			
11	Проверка по потерям напряжения	Руководитель	1									■		
		Бакалавр	10								■	■		
12	Построение карты селективности	Руководитель	1										■	
		Бакалавр	5									■	■	
13	Обработка результатов	Бакалавр	6									■	■	
14	Оформление записки	Руководитель	2										■	■
		Бакалавр	16										■	■
15	Сдача проекта	Бакалавр	2											■
		Руководитель	1											■

Рисунок 3.1 – План-график продолжительности работы.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{т}} + З_{\text{д}} + З_{\text{рк}}}{F_{\text{д}}},$$

где $З_{\text{т}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$З_{\text{д}}$ – стимулирующие выплаты;

$З_{\text{рк}}$ – доплата с учетом районного коэффициента, (для Томска $K_{\text{рк}} = 1,3$).

$F_{\text{д}}$ – фонд рабочего времени персонала, раб. дн.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 3.3

Таблица 3.3 – Расчет основной заработной платы.

Исполнители	Оклад, руб	Доплата, руб	Доплата с учетом районного коэффициента, руб	Месячный оклад работника, руб	Среднедневная заработная плата, руб	Продолжительность, дн	Основная ЗП, руб
Руководитель	23264	2200	7639	33103	1273	7	8911
Бакалавр	8000	-	2400	10400	400	107	42800

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

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

Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Расчет полной заработной платы.

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Полная заработная плата, тыс. руб
Руководитель	0,15	8911	1337	10,2
Бакалавр	0,12	42800	5136	48,0
Итого				58,2

3.3.2. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot 58,2 = 17,6 \text{ тыс.руб.}$$

3.3.3. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат.

Результаты расчетов по затратам на полную заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы и структура затрат приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет сметы проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб	Структура затрат, %
1. Затраты на полную заработную плату исполнителей проекта	58,2	64,5
2. Отчисления во внебюджетные фонды	17,6	19,5
3. Накладные расходы	14,2	16,0
Итого	90,0	100,0

Общая сумма затрат проекта по принятому варианту исполнения составляет 90,0 тыс. руб. Наибольшую часть суммы (64,5%) данного проекта составляет заработная плата исполнителям.

3.4. Расчет стоимости технических средств

Для реализации электроснабжения сварочного цеха производственной базы г. Саяногорска требуются технические средства.

В качестве технических средств принимаются затраты на закупку:

- комплектной трансформаторной подстанции;
- кабелей с учетом условий прокладки;
- автоматических выключателей для сварочного цеха;
- транспортно-заготовительные расходы.

Стоимость технических средств сведена в таблице 3.6. [7-10]

Таблица 3.6 – Расчет стоимости технических средств.

Наименование	Кол-во, шт.	Цена, тыс. руб.	Стоимость, тыс. руб.
Комплектная трансформаторная подстанция – 2БКТП 1000 кВА	1	3795,0	3795,0
Автоматический выключатель ВА88-43	2	43,2	86,4
Автоматический выключатель ВА57-39	1	10,0	10,0
Автоматический выключатель ВА57-35	52	4,6	239,2
Пункт распределительный ПР-8503	8	26,0	208,0
Итого			4338,6

Стоимость технических средств учитывает затраты предприятия на их транспортировку и рассчитывается по формуле:

$$TЗР = C_{mc} \cdot \kappa_{тзр} ;$$

где C_{mc} – суммарная стоимость технических средств

$\kappa_{тзр}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаемый $\kappa_{тзр}=1,1$.

$$TЗР = 4338,6 \cdot 1,1 = 4,8 \text{ млн.руб.}$$

Для осуществления электроснабжения используются кабельные линии разного сечения, материала и типа изоляции.

Длина кабельных линий, тип кабельных линий, условия их прокладки и прочие расходы приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Расчет стоимости кабельных линий.

Вид кабеля	Длина линии, км	Условия прокладки	Цена кабеля, руб/м	Цена изолирующего материала, руб/м	Общая стоимость, тыс. руб
Кабель марки ПсБШп (КТП-ГРП)	0,05	В траншее	3058,8	-	152,9
Кабель марки АВВГ (ГРП - РП)	0,2	В канале	392,44	7,64	33,14
Кабель марки АВВГ (РП-ЭП)	0,9	В канале	98,77	7,47	96,4
Итого					282,44

Стоимость кабельных линий учитывает затраты предприятия на их транспортировку и рассчитывается по формуле:

$$TЗР = C_{кл} \cdot \kappa_{тзр} ;$$

где $C_{кл}$ – суммарная стоимость кабельных линий

$\kappa_{тзр}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаемый $\kappa_{тзр}=1,1$.

$$TЗР = 282,44 \cdot 1,1 = 310 \text{ тыс. руб.}$$

Сумма затрат на покупку всего оборудования с учетом их количества и кабельных линий, включая затраты на транспортировку приведена в таблице 3.8

Таблица 3.8 – Суммарная стоимость всего оборудования

Наименование	Стоимость, млн. руб.	Структура, %
Технические средства	4,8	94,1
Кабельные линии	0,3	5,9
Итого	5,1	100,0

Для реализации электроснабжения сварочного цеха производственной базы г. Саяногорска проектом предусмотрена закупка оборудования на сумму 5,1 млн. руб.

3.5. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности, [6]:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к системе электроснабжения промышленных предприятий:

1. Экономичность: оптимизация затрат на электрическую часть предприятия на стадии проектирования приводит к их уменьшению на доли процентов, в абсолютном же измерении речь идет об экономии значительных средств.

2. Гибкость: возможность частых перестроек технологии производства и развития предприятия.

3. Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;

4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии: качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97.

5. Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

6. Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электрооборудования на предприятии.

7. Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Весовые коэффициенты характеристик проекта приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Экономичность	0,15	4
2. Гибкость	0,10	4
3. Безопасность	0,15	5
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	5
5. Надежность	0,20	5
6. Простота и удобство эксплуатации	0,07	5
7. Энергоэффективность	0,15	4
Итого	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,07 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 4,6$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования

технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

В данном разделе выпускной квалификационной работы была рассчитана сумма затрат на расчет системы электроснабжения производственной базы в составе двух человек: руководителя проекта и бакалавра. Общая сумма затрат проекта по принятому варианту исполнения составляет 90,0 тыс. руб.

Проектом предусмотрена закупка всего оборудования, при реализации. Для принятого электрооборудования была посчитана общая сумма затрат на их покупку, которая составляет 5,1 млн.руб.

4.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально - экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Основной целью данного раздела является оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды при работе в сварочном цехе.

4.1.Описание рабочей зоны

Производственная безопасность – свойство производственного процесса соответствовать требованиям безопасности труда при проведении его в условиях, установленных нормативно-технической документацией.

На любого человека в процессе работы воздействуют параметры окружающей среды рабочей обстановки. Под безопасными условиями труда понимается наличие таких условий, при которых воздействие на работающего опасных и вредных производственных факторов исключено или не превышает предельно допустимых значений.

Производственное помещение – это пространство, производственная среда, где осуществляется производственная деятельность человека. Поэтому в производственных помещениях, оказывающих существенное влияние на безопасность и самочувствие человека, должны быть обеспечены и соблюдены нормативные санитарно-технические условия.

Для осуществления производства в рассматриваемом сварочном цехе установлено соответствующее оборудование (46 единиц). Технологический процесс включает в себя работу со сварочным оборудованием, станками и транспортными приспособлениями.

Персонал, обслуживающий электроустановки и оборудование промышленных предприятий, работает в условиях возможного воздействия ряда неблагоприятных для здоровья факторов, обусловленных состоянием помещений и характером производства. Рабочее помещение должно соответствовать количеству работающих и размещенному в них комплексу технических средств. В связи с этим, обязательным является соблюдение санитарных норм проектирования промышленных предприятий СП 2.2.1.1312 - 03.

4.2 Анализ опасных и вредных факторов

Под техникой безопасности понимается система организационных и технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Опасные и вредные производственные факторы, неблагоприятно действующие на человеческий организм в производственных условиях, в соответствии с ГОСТ 12.0.003 - 82 подразделяются на группы: физическая, химическая, биологическая, психофизиологическая.

Вредными производственными факторами являются также такие факторы, воздействия которых на рабочий персонал при определенных условиях ведёт к снижению трудоспособности и заболеваниям. К числу вредных производственных факторов относятся: неблагоприятные метеорологические условия (к примеру, низкая температура зимой); высокие уровни шума и вибрации (от работающих механизмов - редукторов, двигателей, насосов.); недостаточное освещение в темное время суток; электромагнитные и ионизирующие излучения; вредные примеси в воздухе (попутный газ, пары аммиака сероводорода, нафталиновая фракция).

Опасным производственным фактором называются такой производственный фактор, воздействия которого на рабочий персонал в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному ухудшению здоровья. К опасным на данном производстве относятся следующие

факторы: вращающиеся части двигателей; возможность поражения электрическим током (работа со сварочным аппаратом, случайное прикосновение к токоведущим частям оборудования); пожар.

4.3 Производственная санитария

Производственная санитария – это система организационных, санитарно-гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов (согласно ГОСТ 12.0.002-80).

Обеспечение безопасных условий труда осуществляется путем целенаправленного проведения научно обоснованной системы оздоровительных мероприятий во всех, без исключения, цепочках производственного цикла. В него входят ведение технологических процессов, эксплуатация оборудования, организация рабочего места, бытовое обслуживание, содержание производственных и бытовых помещений, эксплуатация приточно-вытяжных устройств (вентиляции), организация лечебно-профилактической работы, наличие и качество средств индивидуальной защиты и личной гигиены.

В систему таких мероприятий должны входить:

- постоянное совершенствование технологических процессов и оборудования с целью устранить и предотвратить возможность появления производственных вредностей;
- безукоснительное соблюдение технологических режимов, строгий контроль за их исполнением;
- безусловное соблюдение режимов труда и отдыха, правильная организация рабочего места;
- постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных помещений;
- регулярные медицинские осмотры.

Требования к производственным помещениям являются нормативным документом при проектировании производственных площадей. Санитарные нормы определяют объемно-планировочные решения (объем производственной площади на одного работающего), предопределяют требования к освещенности, отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, водоснабжению и канализации, регламентируют допустимые параметры шума, вибрации, ультразвука, температуру, влажность, скорость движения воздуха в рабочей зоне помещения, предельно допустимую концентрацию вредных веществ.

Для создания нормальных условий работы объем производственных помещений должен составлять на одного работающего не менее 15 м, площадь не менее 4,5 м, при высоте помещения не меньше 3,2 м. В цехах должны быть предусмотрены гардеробные, душевые, помещения для отдыха, оздоровительные кабинеты для рабочих.

4.3.1 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующим на организм сочетанием температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Под оптимальными микроклиматическими параметрами следует понимать такие, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционирования и теплового состояния организма, создают ощущение теплового комфорта и являются предпосылкой высокого уровня работоспособности. Для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Нормы оптимальных и допустимых метеорологических условий установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.24.548-96. Эти данные приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Нормируемое качество воздуха

Сезон года	Категория работы	Температура, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный периоды года	IIa	18-20	60-40	0,2
Теплый период года	IIa	21-23	60-40	0,3

При оценке допустимых значений температуры и влажности воздуха учитывается категория тяжести работ. По степени физической тяжести работа относится к категории средней тяжести IIб (СанПиН 2.2.4.548-96).

4.3.2 Вентиляция

При сварке в атмосферу выделяются газы - окислы азота, углерода, фтористые соединения и т.п. Количество выделяемых газов зависит, прежде всего, от расхода электродов. Поскольку цель вентиляции - разбавить вредности, выделяемые в цех до предельно допустимых значений, то чем лучше спроектирована система вентиляции, тем меньшее количество воздуха требуется для достижения заданного результата.

Вентиляция позволяет осуществлять регулируемый воздухообмен, обеспечивающий нормальные санитарно-гигиенические условия в производственных помещениях.

Если в цеху несколько стационарных постов, на которых свариваются небольшие изделия, то в цеху устанавливают местную вентиляцию с зонтом или другим местным отсосом. Кроме того, цех должен быть оснащен общеобменной вентиляцией для удаления тех вредностей, которые не уловил местный отсос.

4.3.3 Защита от шума и вибрации

Шум наносит большой ущерб, вредно действует на организм человека и снижает производительность труда. Утомление рабочих из-за сильного шума увеличивает число ошибок при работе, способствует возникновению травм. Сильный шум в условиях производства может способствовать возникновению

травматизма, т.к. на фоне этого шума не слышно сигналов транспорта, автопогрузчиков и других механизмов.

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука в дБА. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». Поэтому для работы на данном объекте допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБА, а допустимый уровень звука 85 дБА. При данном производственном процессе реальный уровень звукового давления превышает нормативный уровень.

Шум на исследовательском рабочем месте создаётся вентиляционной системой и производственным оборудованием.

В качестве защиты от шума и звука следует применять нормирование; некоторые технические тонкости, звукоизоляцию, звукопоглощение, специальные глушители аэродинамического шума, средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, противошумные каски, специальная противошумная одежда). Всё оборудование, являющееся источником вибраций, должно быть установлено на виброопорах.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума на данном объекте используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

4.3.4 Освещение

Производственное рациональное освещение территории предприятия, производственных помещений и рабочих мест имеет весьма важное гигиеническое значение. Оно обеспечивает труд, делает движение рабочего уравновешенными, снижает опасность травматизма.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Освещение производственных объектов может быть естественным и искусственным. Естественное освещение бывает боковое (оно в стеклах), верхнее, комбинированное (световые фонари и окна).

Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Все цеха имеют естественное освещение. Но дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течение всего рабочего дня, а так же зависит от погодных условий. Поэтому производственные цеха обеспечиваются естественным и искусственным освещением.

Для уменьшения вредного влияния яркости сварочной дуги и снижения контраста между дугой и окружающими предметами цветовую отделку интерьера помещений, оборудования цехов и участков электродуговых методов сварки нужно выполнять в светлых тонах (серый, желтый, голубой) с диффузным отражением света, применяя цинковые и титановые белила и желтый крон для поглощения ультрафиолетового излучения.

Для освещения цехов надо использовать, как правило, газоразрядные источники света: лампы ДРЛ, ДРИ; для освещения высоких цехов (до 4 м) большой площади - люминесцентные лампы. Допускается применение ламп накаливания. Для местного освещения рекомендуются светильники с непрозрачными отражателями, имеющими защитный угол $\geq 30^\circ$. Если светильники расположены ниже глаз сварщика, то защитный угол может быть в пределах 10... 30°.

4.4 Электробезопасность

Электробезопасность — система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих от электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества. Основным документом, регламентирующим

воздействие электрического тока в производственных условиях, является ГОСТ 12.1.009-76. Рассматриваемый цех в данной работе относится к помещениям с повышенной опасностью.

Факторами опасного и вредного воздействия на человека, связанными с использованием электрической энергии, являются:

- протекание электрического тока через организм человека;
- воздействие электрической дуги;
- воздействие биологически активного электрического поля;
- воздействие биологически активного магнитного поля;
- воздействие электростатического поля;
- воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ).

Электрическая травма возникает, если пострадавший замыкает собой цепь: проводник - рука – туловище – нога – пол – «земля». Возможны и другие пути прохождения тока, из которых наиболее опасен рука – рука.

Наиболее часто встречаются две электротравмы: электрический удар и электрический ожог. Ожог также может возникнуть при нахождении пострадавшего вблизи места короткого замыкания, если оно сопровождается электрической дугой.

Ток, проходя через тело пострадавшего, вызывает биологическое действие, обычно поражая при этом сердечно-сосудистую и нервную системы.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

- термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути протекания тока до критической температуры;
- электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;
- механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;

- биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение, что и обуславливает непроизвольное сокращение мышц.

Для защиты персонала от поражения электрическим током в цехах завода используются следующие меры: защита от случайного прикосновения; защитное заземление; зануление.

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям в цехе обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

Принцип действия: зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Кроме того, зануление снижает потенциалы корпусов, появляющиеся в момент замыкания на землю. При замыкании на зануленный корпус ток короткого замыкания проходит через обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод. Далее рассмотрим защитное заземление более подробно.

4.4.1 Защитное заземление

Защитное заземление — это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Цель защитного заземления заключается в создании электрического соединения с землей нетоковедущих металлических элементов, находящихся под угрозой возникновения напряжения. Причиной нежелательного возникновения напряжения могут быть разряды молнии, замыкание на корпус, вынос потенциала, индукция, появляющаяся под влиянием расположенных рядом токоведущих устройств или их частей и ряд иных ситуаций. Соединение может производиться с грунтом или его эквивалентом, таким как морская или

речная вода, залегающий в карьере каменный уголь, другие природные или искусственно созданные объекты с аналогичными свойствами.

Предназначено для защиты человека от прикосновения к корпусу электроустановки или других ее частей, оказавшихся под напряжением. Чем ниже сопротивление заземляющего устройства, тем лучше.

К естественным заземлителям относятся металлические конструкции зданий, надежно соединенные с землей.

В качестве искусственных заземлителей используют стальные трубы, стержни или уголок, длиной не менее 2,5 м, забитых в землю и соединенных друг с другом стальными полосами или приваренной проволокой. В качестве заземляющих проводников, соединяющих заземлитель с заземляющими приборами обычно используют стальные или медные шины, которые либо приваривают к корпусам машин, либо соединяют с ними болтами. Защитному заземлению подлежат металлические корпуса электрических машин, трансформаторов, щиты, шкафы.

В данной работе рассчитаем защитное заземление для одного из электроприёмников спроектированного цеха. Исходные данные примем произвольно.

Исходные данные:

- напряжение электроустановки – 380В;
- мощность источника питания сети - свыше 100 кВА;
- сеть с заземленной нейтралью;
- форма вертикальных электродов - уголок с шириной полки $b = 4$ см;
- длина вертикального электрода $l = 2,0$ м;
- глубина размещения вертикальных электродов $h = 0,7$ м;
- отношение расстояний между заземлителями к их длине составляет $a/l = 2$;
- размеры контура заземления $L_1 = 48$ м, $L_2 = 30$ м;
- форма горизонтального электрода - полоса шириной $b = 12$ мм;

- грунт суглинок;
- характеристика климатической зоны: средняя многолетняя высшая температура + 18 °С.

Ток замыкания на землю $I_z=500$ А, так как рассматривается сеть до 35 кВ.

Для установок с напряжением до 1000В и мощностью источника питания сети свыше 100кВА допустимое сопротивление растеканию тока $R_d = 4\text{Ом}$.

Тип заземляющего устройства - контурный (размер контура 48х30).

Рассчитаем параметры заземлителя.

Суммарная длина горизонтального электрода $l_\Gamma=2(48+30)=156\text{м}$.

Расстояние между вертикальными электродами должно быть не менее 2,5 - 3,0 м. Примем количество вертикальных электродов $n=16$ шт.

Расчетное значение удельного сопротивления грунта для:

- вертикального заземлителя:

$$\rho = \rho_{\text{гр}} \cdot K_\Pi = 60 \cdot 2 = 120 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

- для горизонтального заземлителя:

$$P = \rho_{\text{гр}} \cdot K_\Pi = 60 \cdot 7 = 420 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя R_B определяется по формуле:

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{120}{2} \log \frac{2 \cdot 2}{0,95 \cdot 0,12} + 0,51 \log \frac{4 \cdot (1+0,7)+2}{4 \cdot (1+0,7)-2} = 34 \text{ Ом}.$$

Сопротивление горизонтального заземлителя R_Γ определяется по формуле:

$$R_\Gamma = 0,366 \cdot \frac{420}{156} \log \frac{156^2}{0,5 \cdot 0,012 \cdot 0,7} = 6 \text{ Ом}.$$

Расчетное сопротивление заземлителя R_3 вычисляется по формуле:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n} = \frac{34 \cdot 6}{34 \cdot 0,4 + 6 \cdot 0,68 \cdot 16} = 2,5 \text{ Ом};$$

Поскольку выполняется условие $R_3 \leq R_d$, расчет защитного заземления выполнен верно.

Стоит отметить, что защитное заземление не всегда может быть эффективным, тогда прибегают к занулению.

4.5 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

В сварочном цехе опасными факторами пожара являются: открытый огонь (сварочная дуга, пламя газовой сварки и резки); искры и частицы расплавленного металла, которые возникают при сварке и резке; повышенная температура изделий, которые подвергаются обработке.

Травмы от пожаров могут возникнуть от воспламенения горючих материалов, находящихся вблизи мест производства сварочных работ, а также от неисправного состояния электроустановок и проводки.

Помещение, в котором осуществляется процесс изготовления изделия, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории помещения «Г» умеренная пожароопасность (процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени).

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

В помещении должны быть размещены пожарные щиты со следующим набором пожарного оборудования: топоров – 2; ломов и лопат – 2; багров железных – 2; ведер, окрашенных в красный цвет – 2; огнетушителей – 2. Кроме того должен быть размещен силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Желательно помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

4.6 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма ее решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Важными направлениями охраны окружающей среды следует считать совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов в окружающую среду, замену и по возможности широкое применение дополнительных методов и средств защиты окружающей среды.

Окружающий человека атмосферный воздух непрерывно подвергается загрязнению. Воздух производственных помещений загрязняется выбросами технологического оборудования или при проведении технологических процессов. Удаляемый из помещений вентиляционный воздух может стать причиной загрязнения атмосферного воздуха промышленных площадок и

населенных мест. В тех случаях, когда реальные выбросы выше установленного уровня, необходимо использовать аппараты для очистки газов от примесей.

В процессе производства образуются твердые отходы, для которых предусмотрены места хранения. При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются категории опасности и вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д.).

В качестве дополнительных средств защиты применяют аппараты и системы для очистки газовых выбросов, сточных вод от примесей. Важную роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнения: оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом местности; установление санитарно-защитных норм вокруг промышленных предприятий.

Производственные сточные воды после соответствующей очистки могут быть повторно использованы в технологическом процессе, для чего создаются системы оборотного водоснабжения либо замкнутые (бессточные) системы водоснабжения и канализации, при которых исключается сброс каких-либо вод в водоёмы.

4.7 Эвакуация людей из зданий и помещений

Эвакуация — процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов. Эвакуация проводится в тех случаях, когда имеется угроза жизни и здоровью.

Обеспечение быстрой и своевременной эвакуации из зданий и сооружения, это важная и ответственная задача, закладывается на стадии проектирования и обеспечивается при эксплуатации объекта.

Основными параметрами обеспечения эвакуационного процесса являются:

- Количество эвакуационных выходов - выходов, ведущих в безопасную зону;
- Выбор вариантов и протяженности эвакуационных путей, то есть безопасных при эвакуации людей путей, ведущих к эвакуационным выходам;
- Геометрические параметры эвакуационных путей и выходов;
- Безопасное конструктивное оформление путей и выходов на пути следования людей;
- Изоляция (отделение путей эвакуации) от зон и помещений с повышенной опасностью;
- Скорость (время) эвакуации людей и обеспечение минимального риска при её проведении.

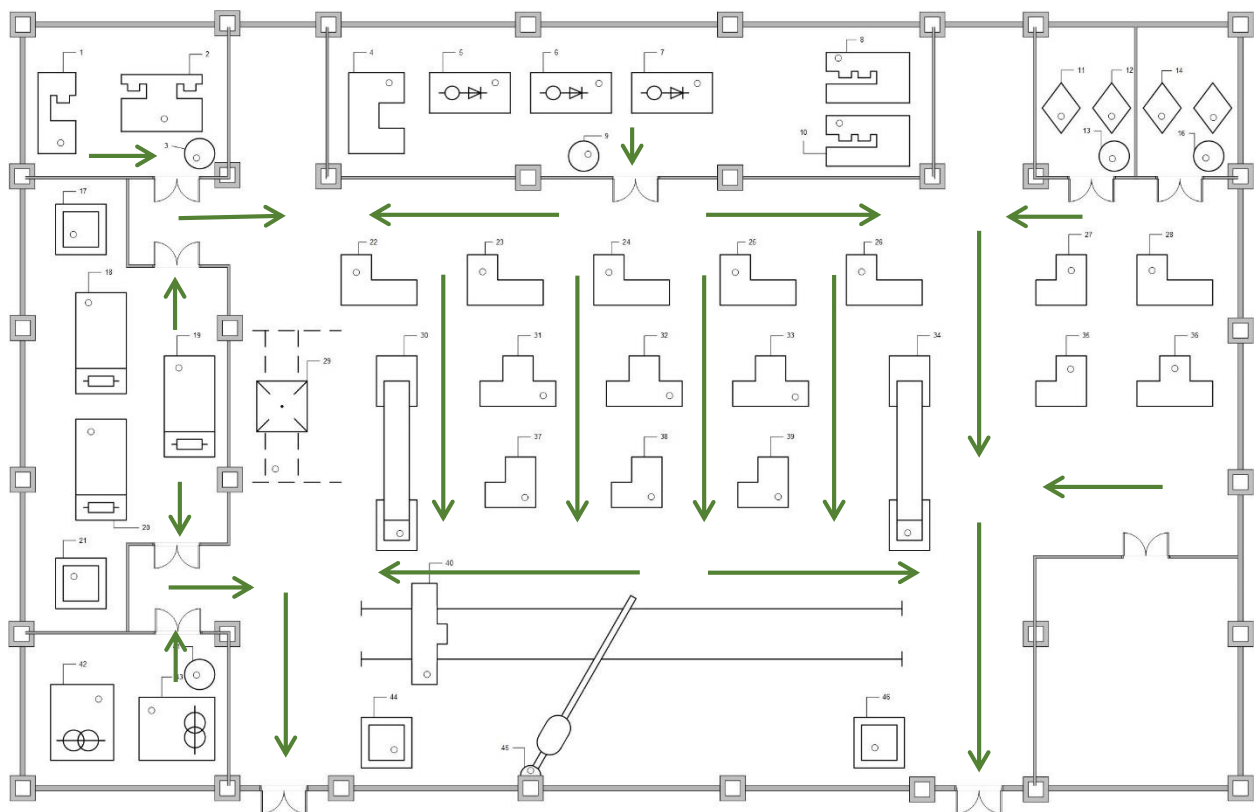


Рис. 4.1. – План эвакуации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассчитана сеть электроснабжения сварочного цеха производственной базы.

По результатам расчета нагрузки по цехам предприятия построена картограмма нагрузок для потребителей 1000 В, определен центр нагрузок. Установка ГПП произведена в зоне рассеяния центра электрических нагрузок.

Определено число и мощность цеховых силовых трансформаторов и произведено их распределение по цехам предприятия.

Электроснабжение производственной базы осуществляется от подстанции энергосистемы, которая находится на расстоянии 3 км от предприятия. Питание предприятия по двухцепной воздушной линии напряжением 10 кВ. Воздушная линия выполнена проводом марки АС-25. На ГПП, с целью обеспечения надежности электроснабжения потребителей второй категории, устанавливаются два трансформатора ТМГ-1000/10.

Питание цеховых распределительных пунктов осуществляется по двухцепным СПЭ кабельным линиям напряжением 0,4 кВ серии АПвБШп.

Произведен выбор автоматических выключателей на цепочке «ГПП – самый мощный ЭП цеха». Выбраны кабели, питающие распределительные шкафы (0,4 кВ), провода ответвлений к электроприемникам.

По результатам расчетов построены эпюры отклонений напряжения для максимального, минимального и аварийного режимов. Анализ эпюр показал, что во всех режимах отклонение напряжения не превышает максимально допустимого $\pm 5\%$.

По результатам расчета токов КЗ в сети 0,4 кВ построена карта селективности действия защитных аппаратов. По карте видно, что все аппараты защиты работают селективно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М.Кирова, 1988. - 96 с.
- 2 Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра для студентов направления 551700 – «Электроэнергетика» - Томск: Изд.ТПУ, 2001. – 94 с.
- 3 Сумарокова Л.П. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие - Томск: ТПУ, 2012. – 288 с.
- 4 Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248 с.
- 5 Кабышев А.В., Тарасов Е.В. Низковольтные автоматические выключатели: учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 346 с.
- 6 Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие \ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 36 с.
- 7 Комплектная трансформаторная подстанция – 2БКТП 1000 кВА. Прайс лист [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.volt-energo.ru/postavkaoborudovaniya/podstanciipostavka/bktp1000>, свободный. Дата обращения 18.05.2016 г.
- 8 Автоматические выключатели [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.elektro-portal.com/category/products/avtomaty-importnye>, свободный. Дата обращения 18.05.2016 г.
- 9 Пункт распределительный ПР-8503 [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.electro.tomsk.ru/catalog/elektrotehnika/3021/003/3246/>, свободный. Дата обращения 18.05.2016 г.
- 10 Кабельная продукция. Прайс лист [электронный ресурс]. – Режим доступа <https://e-kc.ru/price/kabel-provod> , свободный. Дата обращения 18.05.2016 г.