

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

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02- Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение обжигового цеха, никелевого завода

УДК 631.31.031:669.24.046

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д1	Маковеев Роман Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рахматуллин И.А.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А.А.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Ледовская А.М.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.
P2	Уметь формулировать задачи в области <i>релейной защиты и автоматики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P4	Уметь проектировать <i>противоаварийную автоматику, релейную защиту</i> .
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i> .
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i> .
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i> .
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i> .

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись)

 (Дата)

 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3Д1	Маковеев Роман Владимирович

Тема работы:

Электроснабжение обжигового цеха Никелевого завода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	ИШЭ от 24.04.2018г. №2900/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	июнь 2018 года.
--	-----------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Получены по материалам преддипломной практики:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Генплан предприятия 2. План цеха 3. Электрические нагрузки завода 4. Типы и мощности электроприемников в цехе
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общие сведения о предприятии 2. Определение расчетной нагрузки цеха 3. Определение расчетной нагрузки предприятия 4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок 5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 6. Компенсация реактивной мощности 7. Схема внешнего электроснабжения 8. Схема внутривзаводской сети выше 1000 В 9. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 10. Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В

	<p>11. Электроснабжение цеха</p> <p>12. Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники</p> <p>13. Построение эпюры отклонения напряжения</p> <p>14. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В</p> <p>15. Построение карты селективности действия аппаратов защиты</p> <p>16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>17. Социальная ответственность</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>1. Генплан предприятия. Распределение электроэнергии</p> <p>2. Картограмма нагрузок</p> <p>3. Схема электрическая принципиальная</p> <p>4. Схема силовой сети обжигового цеха</p> <p>5. Электроснабжение обжигового цеха. Однолинейная схема</p> <p>6. Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н., Фигурко А.А.
Социальная ответственность	Ассистент ОКД ИШНКБ, Ледовская А.М.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	март 2018года
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рахматуллин И.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д1	Маковеев Роман Владимирович		

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

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение промышленных предприятий

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.04.18	Электроснабжение ремонтно-эксплуатационного блока	20
03.05.18	Определение расчетной нагрузки предприятия. Картограмма и определение центра электрических нагрузок	20
15.05.18.	Схема внутриводского электроснабжения. Схема внешнего электроснабжения	20
22.05.18	Расчет токов короткого замыкания. Выбор высоковольтного оборудования	20
23.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
24.05.18	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рахматуллин И.А.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 23 рис., 38 табл., 40 источников, 6 прил.

Ключевые слова: электрооборудование, схема электроснабжения, линия, сеть, электроприемник, нагрузка, оборудование, защита, ток, напряжение, газ, станция, трубопровод.

Объектом исследования является электрическая часть Норильского никелевого завода.

Цель работы – проектирование схемы электроснабжения предприятия, выбор оборудования.

В процессе исследования проводился сбор исходных данных в ходе производственной практики на объекте исследования.

В результате была спроектирована схема электроснабжения от подстанции энергосистемы, до конечного электроприемника. Были выбраны кабели и провода, коммутационное оборудование, были сделаны необходимые проверки. Также результатом работы стал экономический расчет капитальных затрат на сооружение данной схемы, определены условия безопасного труда рабочих предприятия.

Основные характеристики: схема электроснабжения состоит из кабельных и воздушных линий электропередачи. В высоковольтной сети применяются вакуумные выключатели, в низковольтной сети автоматические выключатели. Воздушные линии располагаются на опорах, кабельные – на лотках и в коробах. Схема проста в эксплуатации и надежна по степени бесперебойности питания. Схема пригодна к эксплуатации.

Значимость проектирования схемы электроснабжения очень высокая, так как от правильной ее работы зависит работа всего предприятия.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
Введение	9
1 Исходные данные	10
2 Определения расчетной нагрузки обжигового цеха	13
2.1 Распределение приёмников по пунктам питания	13
2.2 Определение расчетной нагрузки цеха	13
3 Электроснабжение на территории предприятия	21
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия	21
3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок	25
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов	28
3.4 Компенсация реактивной мощности	29
3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения	32
3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП	33
3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП	36
3.8 Определение суммарных приведенных затрат на сооружение воздушных линий электропередачи	37
3.9 Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования	39
3.10 Техничко-экономическое сравнение вариантов	40
3.11 Схема внутривзаводской сети выше 1000 В	41
3.12 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	45
4 Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В	49
4.1 Выбор выключателей и разъединителей	49
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока	51
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения	53
4.4 Учет электрической энергии	55
5 Электроснабжение обжигового цеха	57
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники	57
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения	65
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В	69
5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты	72
5.5 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	73

6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	76
6.1	Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование	77
6.2	Планирование выполнения работ по проекту и формирование бюджета проектной работы	77
6.3	Смета затрат на электрооборудование	82
6.4	Оценка целесообразности исследования	83
7	Социальная ответственность	85
7.1	Введение	87
7.2	Производственная безопасность	87
7.2.1	Анализ опасных и вредных факторов	87
7.2.2	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	88
7.3	Экологическая безопасность	94
7.3.1	Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду	94
7.3.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	94
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	95
7.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	97
	Заключение	100
	Список использованных источников	102
	Приложение А ДП-ФЮРА.3710000.172.Э4 Генплан предприятия. Распределение электроэнергии	104
	Приложение Б ДП-ФЮРА.3710000.173.Э4 Картограмма нагрузок	105
	Приложение В ДП-ФЮРА.3710000.174.Э4 Схема электрическая принципиальная	106
	Приложение Г ДП-ФЮРА.3710000.175.Э4 Схема силовой сети обжигового цеха	107
	Приложение Д ДП-ФЮРА.3710000.176.Э4 Электроснабжение обжигового цеха	108
	Приложение Е ДП-ФЮРА.3710000.177.Э4 Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности	109

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проекта является проектирование системы электроснабжения обжигового цеха Норильского никелевого завода, используя при проектировании реальные данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), детально проработать систему электроснабжения приемников в здании рассматриваемого цеха, сделать выводы.

Никелевый завод – одно из подразделений комбината, который был введён в промышленную эксплуатацию в 1941-1942 годах. В состав завода входят основные цеха

- плавильный цех;
- обжиговый цех;
- цеха электролиза никеля;
- хлорно-кобальтовый цех;
- вспомогательные цеха (склады, РМЦ, административные корпуса...)

Обжиговый цех расположен на промышленной площадке в трёх километрах юго-восточнее города Норильска у подножья горы Гутчиха. Цех был спроектирован проектной конторой (ныне «Норильскпроект») и введён в промышленную эксплуатацию в 1941-1942 гг.

Обжиговый цех является одним из важнейших звеньев в технологической схеме как завода, так и комбината. Он состоит из двух отделений – старого и нового цехов.

Основное назначение обжигового цеха – переработка богатого по содержанию цветных металлов файнштейна в конечный продукт – никелевые аноды.

Целью процесса обжига является удаление из никелевого концентрата практически всей серы и перевод сульфидов никеля, меди, кобальта и железа в окислы.

Продуктами обжига являются огарок (закись никеля), пыль и отходящие газы.

Огарок из печей поступает во вращающуюся трубчатую печь, где происходит его частичное восстановление. Уловленная пыль является оборотным продуктом и идёт на шихтовку с никелевым концентратом УРФ (участка разделения файнштейна).

В обжиговом цехе установлены две печи РНБ-5 мощность 4000 кВт каждая на напряжение 10 кВ, а так же восемь синхронных двигателей дымососов марки СТД-630-23УХЛ4 на напряжение 10 кВ.

Электрооборудование обжигового цеха относится к II категории по надёжности электроснабжения.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходными данными к проектированию являются:

1. Генеральный план предприятия (рисунок 1.1.);
2. Сведения об электрических нагрузках, характеристика среды производственных помещений, характеристика потребителей электроэнергии (таблица 1.1.);
3. План цеха (рисунок 1.2.);
4. Сведения об электрических нагрузках цеха (таблица 1.2.).

Таблица 1.1 – Сведения об электрических нагрузках, степени надежности и среде производственных помещений

Наименование объекта	Число смен	Категория ЭП	Среда	Установленная мощность, кВт
1 ГО №4	3	II	Нормальная	490
2 Центральная приточная камера	3	II	Нормальная	300
3 Обжиговой цех 0,38 кВ 10,0 кВ СД 8 × 630 кВт 10,0 кВ Печи 2 × 4000 кВт	3	II	Жаркая	– 5040 8000
4 Участок разделения файнштейна	3	II	Нормальная	440
5 Цех ремонта трансформаторов	3	III	Нормальная	250
6 АБК	2	III	Нормальная	390

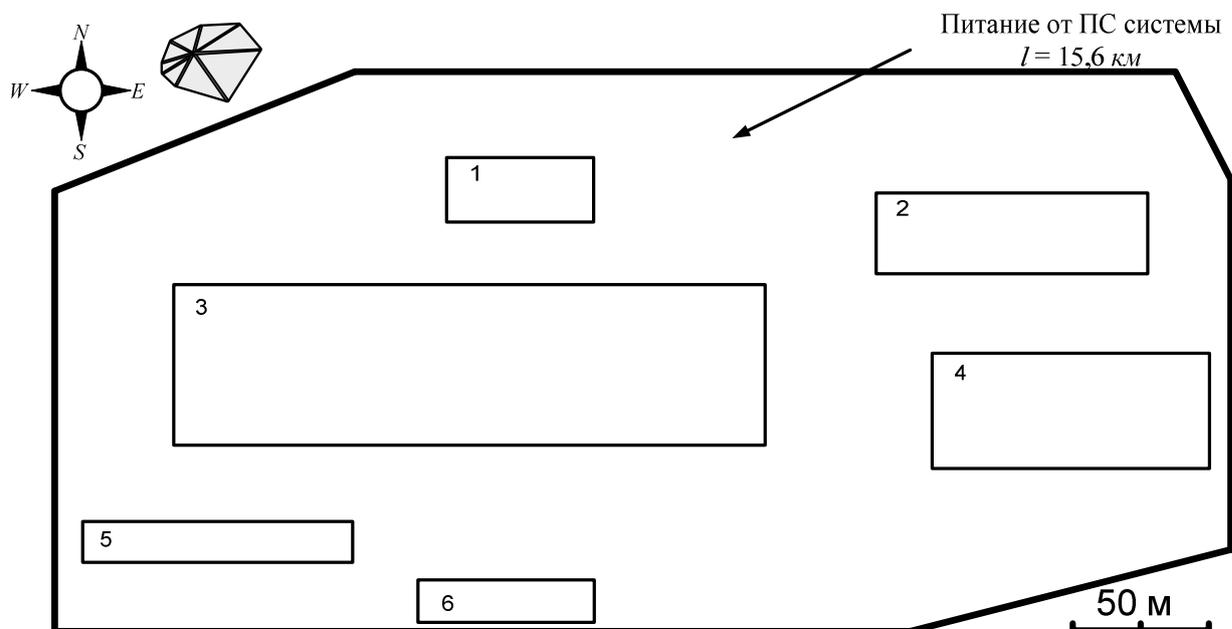


Рисунок 1.1 – Генплан предприятия

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках обжигового цеха

Наименование	$P_{уст}$ кВт	$K_{исп}$	$\cos\phi$	$tg\phi$	η	$K_{пуск}$	$I_{ном}$ А	$I_{пуск}$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Маслонасос МН-1	7,5	0,70	0,85	0,62	0,89	5	15,1	75,3
2 Лебедка шихты	11,0	0,40	0,80	0,75	0,89	5	23,5	117,4
3 Транспортёр шихты	5,5	0,40	0,80	0,75	0,89	5	11,7	58,7
4 Пароотсос РМ-2	75,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	160,0	1120,3
5 Приточный вентилятор	7,5	0,65	0,80	0,75	0,89	7	16,0	112,0
6 Подъем фаз	9,6	0,40	0,80	0,75	0,89	5	20,5	102,4
7 Маслонасос фаз	7,5	0,70	0,85	0,62	0,89	5	15,1	75,3
8 Маслонасос фаз	7,5	0,70	0,85	0,62	0,89	5	15,1	75,3
9 Телега дымососной РНБ-5	2,2	0,20	0,80	0,75	0,89	5	4,7	23,5
10 Насос	45,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	90,4	451,9
11 Насос	45,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	90,4	451,9
12 Подъем печи	32,0	0,40	0,80	0,75	0,89	5	68,3	341,4
13 Маслонасос МН-2	7,5	0,70	0,85	0,62	0,89	5	15,1	75,3
14 Напорный вентилятор	25,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	53,3	373,4
15 Напорный вентилятор	25,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	53,3	373,4
16 Насос	42,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	84,4	421,8
17 Насос	42,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	84,4	421,8
18 Маслонасос МН-3	7,5	0,70	0,85	0,62	0,89	5	15,1	75,3
19 Маслонасос МН-4	7,5	0,70	0,85	0,62	0,89	5	15,1	75,3
20 Маслонасос подъема печи	7,5	0,70	0,85	0,62	0,89	5	15,1	75,3
21 Маслонасос подъема печи	7,5	0,70	0,85	0,62	0,89	5	15,1	75,3
22 Тепловая завеса	22,0	0,75	0,80	0,75	0,89	7	46,9	328,6
23 Тепловая завеса	22,0	0,75	0,80	0,75	0,89	7	46,9	328,6
24 Пароотсос РМ-2	75,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	160,0	1120,3
25 Двигатель подъема фаз	5,5	0,40	0,80	0,75	0,89	5	11,7	58,7
26 Двигатель подъема фаз	5,5	0,40	0,80	0,75	0,89	5	11,7	58,7
27 Двигатель подъема фаз	5,5	0,40	0,80	0,75	0,89	5	11,7	58,7
28 Разлив-машина	12,0	0,50	0,70	1,02	0,89	5	29,3	146,3
29 Разлив-машина	12,0	0,50	0,70	1,02	0,89	5	29,3	146,3
30 Разлив-машина	12,0	0,50	0,70	1,02	0,89	5	29,3	146,3
31 Разлив-машина	12,0	0,50	0,70	1,02	0,89	5	29,3	146,3

окончание таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
32 Вертикальный насос	18,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	36,2	180,8
33 Тепловая завеса	35,0	0,75	0,80	0,75	0,89	7	74,7	522,8
34 Вентилятор	30,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	64,0	448,1
35 Вентилятор	30,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	64,0	448,1
36 Вентилятор	30,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	64,0	448,1
37 Вентилятор	30,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	64,0	448,1
38 Вентилятор	30,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	64,0	448,1
39 Вентилятор	30,0	0,65	0,80	0,75	0,89	7	64,0	448,1
40 Насос	40,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	80,3	401,7
41 Насос	40,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	80,3	401,7
42 Вертикальный насос	18,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	36,2	180,8
43 Вертикальный насос	18,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	36,2	180,8
44 Шнек разгрузки	25,0	0,40	0,80	0,75	0,89	5	53,3	266,7
45 Шнек разгрузки	25,0	0,40	0,80	0,75	0,89	5	53,3	266,7
46 Насос	40,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	80,3	401,7
47 Насос	40,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	80,3	401,7

План цеха с расположением электрического оборудования представлен на рисунке 1.2.

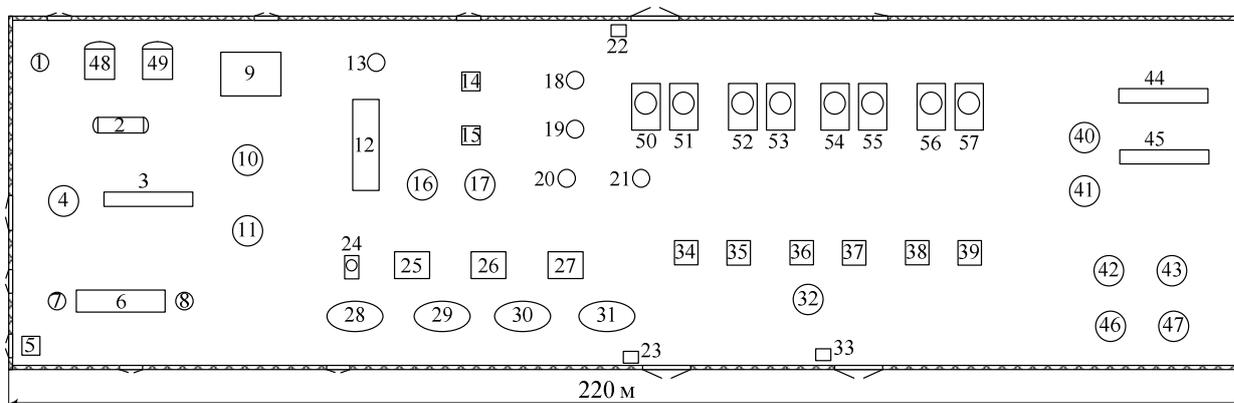


Рисунок 1.2 – Схема расположения электроприемников в здании обжигового цеха

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ ОБЖИГОВОГО ЦЕХА

2.1 Распределение приёмников по пунктам питания

Распределение электроприемников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному пункту.

Распределительные пункты устанавливаются по возможности в центре электрических нагрузок, подключенных к нему, чтобы расстояния до электроприемников было минимально. Это позволит избежать большой протяженности кабельных линий, и сократить потери в них.

Питание отдельных электроприемников и распределительных пунктов осуществляем по радиальным линиям, проложенным в коробах. Принятая схема обеспечивает требуемую степень надежности питания приемников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников и перемещения приемников по площади цеха.

В качестве распределительных пунктов принимаем пункты марки ПР11-7123. Данный пункт рассчитан на количество отходящих линий до двенадцати штук.

На рисунке 2.1 изображен план цеха с расположением распределительных пунктов и питаемых от них электроприемников.

2.2 Определение расчетной нагрузки цеха

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок рассматриваемого цеха. Для этого воспользуемся методом коэффициента максимума.

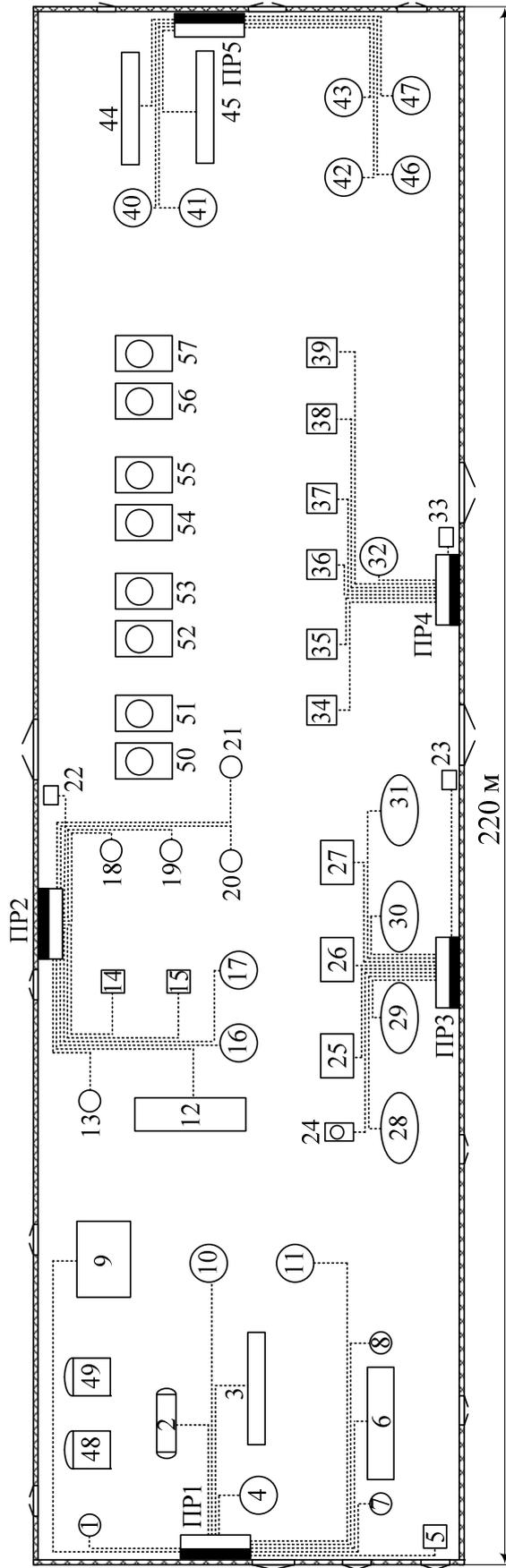


Рисунок 2.1 – Схема расположения распределительных пунктов в здании обжигового цеха

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность электроприемников (на примере группы «А» ПРЗ)

$$P_{\text{ном.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} = 16,5 + 48,0 = 64,5 \text{ кВт.}$$

Коэффициент использования $K_{\text{и}}$, $\cos\varphi$, $\text{tg}\varphi$ для каждого электроприемника или группы электроприемников определяется по справочным данным [1, стр. 19, табл. 1.7].

Средняя активная и реактивная нагрузки за наиболее загруженную смену для электроприемников (на примере двигателя подъема фаз)

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном.}\Sigma} = 0,40 \cdot 16,5 = 6,6 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 6,6 \cdot 0,75 = 5,0 \text{ кВАр,}$$

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

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования активной мощности;

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

Для каждой группы электроприемников подводится итог по среднесменной активной и реактивной нагрузке для всей группы (на примере группы «А»)

$$P_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см.}i} = 30,6 \text{ кВт,} \quad Q_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см.}i} = 29,4 \text{ кВАр.}$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном.min}}} = \frac{12,0}{5,5} = 2,2 < 3.$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{см}}^{\text{А}}}{P_{\text{ном.}\Sigma}} = \frac{30,6}{64,5} = 0,47 .$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$\text{tg}\varphi_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{А}}}{P_{\text{см}}^{\text{А}}} = \frac{29,4}{30,6} = 0,96 .$$

Для электроприемников группы «А» определим эффективное число электроприемников $n_{\text{э}}$

так как $m < 3$, то $n_{\text{э}} = n_{\text{факт}}$.

Коэффициент максимума активной мощности [2, стр. 28, табл. 2.1]

$$K_{\text{м}} = 1,60 .$$

Коэффициент максимума реактивной мощности

$$K'_{\text{м}} = 1,1 .$$

Расчетная активная и реактивная мощности пункта

$$P_p^{\"A\"} = K_M \cdot P_{CM}^{\"A\"} = 1,60 \cdot 30,6 = 48,9 \text{ кВт},$$

$$Q_p^{\"A\"} = K_M' \cdot Q_{CM}^{\"A\"} = 1,1 \cdot 29,4 = 32,4 \text{ кВар}.$$

С учетом того, что в группе "Б" количество приемников не превышает трех штук, расчетные активная и реактивная мощности рассчитываются по суммарной номинальной мощности приемников группы

$$P_p^{\"B\"} = \sum_{i=1}^n P_{НОМ.i}^{\"B\"} = 97,0 \text{ кВт}, \quad Q_p^{\"B\"} = \sum_{i=1}^n (P_{НОМ.i}^{\"B\"} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i) = 72,8 \text{ кВар}.$$

Определяем активную, реактивную и полную расчетные мощности электроприемников пункта

$$P_p = P_p^{\"A\"} + P_p^{\"B\"} = 48,9 + 97,0 = 145,9 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_p^{\"A\"} + Q_p^{\"B\"} = 32,4 + 72,8 = 105,1 \text{ кВар},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{145,9^2 + 105,1^2} = 179,8 \text{ кВА}.$$

Определение расчетного тока пункта

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{179,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 273,2 \text{ А},$$

где $U_{НОМ}$ – номинальное напряжение электроприемников, В.

Определение пикового тока пункта

Номинальный ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{НОМ}^{max} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{75,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,80 \cdot 0,89} = 160,0 \text{ А},$$

где $P_{НОМ}$ – номинальная активная мощность электроприемника, кВт;

η – КПД электроприемника.

Пусковой ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{пуск}^{max} = K_{пуск} \cdot I_{НОМ}^{max} = 7 \cdot 160,0 = 1120,3 \text{ А},$$

где $K_{пуск}$ – кратность пускового тока.

Пиковый ток пункта

$$I_{пик.п} = I_{пуск}^{max} + (I_p - K_{и.маx} \cdot I_{НОМ}^{max}) = 1120,3 + (273,2 - 0,65 \cdot 160,0) = 1289,4 \text{ А},$$

где $K_{и.маx}$ – коэффициент использования самого мощного электроприемника.

Номинальная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по удельной плотности осветительной нагрузки и площади цеха

$$P_{н.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,016 \cdot 13567 = 217,1 \text{ кВт},$$

где $F_{ц} = 13567 \text{ м}^2$ – площадь цеха;

$P_{уд.о} = 0,016 \text{ кВт/м}^2$ – удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл. 1.11].

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{р.о} = K_{со} \cdot P_{н.о} = 0,95 \cdot 217,1 = 206,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \cdot \text{tg}\varphi_0 = 206,2 \cdot 0,33 = 67,8 \text{ кВАр},$$

где $K_{со} = 0,95$ – коэффициент спроса для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов [1, стр. 22, табл. 1.10];

$\text{tg}\varphi_0 = 0,33$ – для люминесцентных ламп [1, стр. 16, табл. 1.7].

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_p + P_{р.о})^2 + (Q_p + Q_{р.о})^2} = \\ &= \sqrt{(745,6 + 206,2)^2 + (546,2 + 67,8)^2} = 1132,7 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1132,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1720,9 \text{ А},$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение электроприемников, В.

Определение пикового тока цеха

Расчетный ток самого мощного пункта цеха

$$I_p^{\text{max.ПР}} = 292,5 \text{ А}.$$

Пиковый ток самого мощного пункта цеха

$$I_{\text{пик}}^{\text{max.ПР}} = 1308,8 \text{ А}.$$

Пиковый ток цеха

$$I_{\text{пик.ц}} = I_{\text{пик}}^{\text{max.ПР}} + I_p - I_p^{\text{max.ПР}} = 1308,8 + 1720,9 - 292,5 = 2737,2 \text{ А}.$$

Распределение электроприемников по пунктам питания и расчет электрических нагрузок по пунктам питания сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Определение расчетных нагрузок обжигового цеха по пунктам питания

Наименование узлов питания и групп ЭП	Количество ЭП n	Установленная мощность		$m = P_{\text{ном. max}} / P_{\text{ном. min}}$	Коэффициент использования $K_{\text{и}}$	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число электроприемников n_p	Коэффициент максимума $K_{\text{м}}$	Максимальная нагрузка			$I_{\text{д}}$ А	$I_{\text{интс}}$ А
		$P_{\text{ном}}$ кВт	$\Sigma P_{\text{ном}}$ кВт					$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}$ кВт	$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tgφ}$ кВАр			$Q_{\text{п}} = (1 \div 1,1) \cdot Q_{\text{см}}$ кВАр	$S_{\text{п}} = \sqrt{P_{\text{п}}^2 + Q_{\text{п}}^2}$ кВА			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Шкаф распределительный ПР-1																
Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$																
1	4	2,2 ÷ 11,0	28,3		0,40	0,80	0,75	11,3	8,5							
	4	2,2 ÷ 11,0	28,3	>3	0,40	0,80	0,75	11,3	8,5	3	0,90	25,5	21,2	33,2		
Электроприемники группы "Б" $K_{\text{и}} \geq 0,6$																
2	5	7,5 ÷ 45,0	112,5		0,70	0,85	0,62	78,8	48,8							
3	2	7,5 ÷ 75,0	82,5		0,65	0,80	0,75	53,6	40,2							
	7	7,5 ÷ 75,0	195,0		0,68	0,83	0,67	132,4	89,0		1	132,4	89,0	159,5		
	11	2,2 ÷ 75,0	223,3		0,64	0,83	0,68	143,7	97,5			157,8	110,2	192,5	292,5	1308,8
Шкаф распределительный ПР-2																
Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$																
1	1	32,0 ÷ 32,0	32,0		0,40	0,80	0,75	12,8	9,6							
	1	32,0 ÷ 32,0	32,0		0,40	0,80	0,75	12,8	9,6			32,0	24,0	40,0		

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Электроприемники группы "Б" $K_{г} \geq 0,6$																
2	Насосы разные	7	7,5 ÷ 42,0	121,5	0,70	0,85	0,62	85,1	52,7							
3	Напорный вентилятор	2	25,0 ÷ 25,0	50,0	0,65	0,80	0,75	32,5	24,4							
4	Тепловая завеса	1	22,0 ÷ 22,0	22,0	0,75	0,80	0,75	16,5	12,4							
	Итого по группе "Б"	10	7,5 ÷ 42,0	193,5	0,69	0,83	0,67	134,1	89,5		1	134,1	89,5	161,2		
	Итого по ПР-2	11	7,5 ÷ 42,0	225,5	0,65	0,83	0,67	146,9	99,1			166,1	113,5	201,1	305,6	668,3
Щкаф распределительный ПР-3																
Электроприемники группы "А" $K_{г} < 0,6$																
1	Двигатель подъема фаз	3	5,5 ÷ 5,5	16,5	0,40	0,80	0,75	6,6	5,0							
2	Разлив-машина	4	12,0 ÷ 12,0	48,0	0,50	0,70	1,02	24,0	24,5							
	Итого по группе "А"	7	5,5 ÷ 12,0	64,5	<3	0,72	0,96	30,6	29,4	7	1,60	48,9	32,4	58,6		
Электроприемники группы "Б" $K_{г} \geq 0,6$																
3	Тепловая завеса	1	22,0 ÷ 22,0	22,0	0,75	0,80	0,75	16,5	12,4							
4	Пароотсос РМ-2	1	75,0 ÷ 75,0	75,0	0,65	0,80	0,75	48,8	36,6							
	Итого по группе "Б"	2	22,0 ÷ 75,0	97,0	0,67	0,80	0,75	65,3	48,9			97,0	72,8	121,3		
	Итого по ПР-3	9	5,5 ÷ 75,0	161,5	0,59	0,77	0,82	95,9	78,4			145,9	105,1	179,8	273,2	1289,4
Щкаф распределительный ПР-4																
Электроприемники группы "Б" $K_{г} \geq 0,6$																
1	Вертикальный насос	1	18,0 ÷ 18,0	18,0	0,70	0,85	0,62	12,6	7,8							
2	Тепловая завеса	1	35,0 ÷ 35,0	35,0	0,75	0,80	0,75	26,3	19,7							
3	Вентилятор	6	30,0 ÷ 30,0	180,0	0,65	0,80	0,75	117,0	87,8							
	Итого по группе "Б"	8	18,0 ÷ 35,0	233,0	0,67	0,80	0,74	155,9	115,2		1	155,9	115,2	193,8		
	Итого по ПР-4	8	18,0 ÷ 35,0	233,0	0,67	0,80	0,74	155,9	115,2			155,9	115,2	193,8	294,5	761,3

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Шкаф распределительный ПР-5																
Электроприемники группы "А" $K_n < 0,6$																
1	Шнек разгрузки	2	25,0 ÷ 25,0	50,0	0,40	0,80	0,75	20,0	15,0							
	Итого по группе "А"	2	25,0 ÷ 25,0	50,0	0,40	0,80	0,75	20,0	15,0			50,0	37,5	62,5		
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
2	Насосы разные	6	18,0 ÷ 40,0	196,0	0,70	0,85	0,62	137,2	85,0							
	Итого по группе "Б"	6	18,0 ÷ 40,0	196,0	0,70	0,85	0,62	137,2	85,0		1	137,2	85,0	161,4		
	Итого по ПР-5	8	18,0 ÷ 40,0	246,0	0,64	0,84	0,64	157,2	100,0			187,2	122,5	223,7	339,9	685,4
	Итого силовая нагрузка	47	2,2 ÷ 75,0	1089,3	0,64	0,82	0,70	699,4	490,2			745,6	546,2	924,6		
	Электрическое освещение			217,1	$K_{co} = 0,95$	0,95	0,33	206,2	67,8			206,2	67,8			
	Итого по цеху	47	2,2 ÷ 75,0	1306,4	0,69	0,85	0,62	905,7	558,0			951,8	614,0	1132,7	1720,9	2737,2

3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия

Расчет электрических нагрузок предприятия производится по установленной мощности и коэффициенту спроса [3].

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

$$P_p = K_c \cdot P_{уст}, \quad Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi,$$

где P_p , Q_p – суммарные активная и реактивная мощности всех приемников цеха;

K_c – коэффициент спроса [1, стр. 13, табл. 1.6];

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

Расчет осветительной нагрузки цехов идентичен расчету осветительной нагрузки рассчитанного цеха.

Расчетная активная мощность групп приемников выше 1000 В определяется по выше приведенным формулам и учитываются отдельно.

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.1.

Пример расчета (ГО №4)

$$P_{уст} = 490,0 \text{ кВт}; \quad K_c = 0,60; \quad \cos\varphi = 0,70; \quad \operatorname{tg}\varphi = 1,02.$$

Расчетные активная и реактивная мощности корпуса

$$P_p = K_c \cdot P_{уст} = 0,60 \cdot 490,0 = 294,0 \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 294,0 \cdot 1,02 = 299,9 \text{ кВАр}.$$

Номинальная нагрузка осветительных приемников корпуса определяется по удельной плотности осветительной нагрузки и площади цеха

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,016 \cdot 1266 = 20,3 \text{ кВт},$$

где $F_{ц} = 1266 \text{ м}^2$ – площадь цеха;

$P_{уд.о} = 0,016 \text{ кВт/м}^2$ – удельная плотность осветительной нагрузки [30, стр. 215, табл. П.3.2].

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по номинальной мощности и коэффициенту спроса

$$P_{р.о} = K_{со} \cdot P_{ном.о} = 0,95 \cdot 20,3 = 19,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \cdot \operatorname{tg}\varphi_о = 19,2 \cdot 0,33 = 6,3 \text{ кВАр},$$

где $K_{со} = 0,95$ – коэффициент спроса [30, стр. 215, табл. П.3.1],

$\operatorname{tg}\varphi_о = 0,33$ – для люминесцентных ламп [30, стр. 212, табл. П.2.1].

Таблица 3.1 – Определение расчетных нагрузок по цехам предприятия

Наименование цеха	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка						Суммарная нагрузка			
	P _{уч} кВт	K _c	cosφ	tgφ	P _{рп} кВт	Q _{рп} кВАр	F _с м ²	P _{уд.с} Вт/м ²	P _{н.с} кВт	K _{с.с}	P _{р.с} кВт	Q _{р.с} кВАр	P _{р+р.с} кВт	Q _{р+Q.р.с} кВАр	S _{рп} кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Потребители электроэнергии до 1000 В															
1 ГО №4	490,0	0,60	0,70	1,02	294,0	299,9	1266	16	20,3	0,95	19,2	6,3	313,2	306,3	438,1
2 Центральная приточная камера	300,0	0,60	0,75	0,88	180,0	158,7	2953	16	47,2	0,95	44,9	14,8	224,9	173,5	284,0
3 Обжиговой цех	1089,3	–	0,82	0,70	745,6	546,2	13567	16	217,1	0,95	206,2	67,8	951,8	614,0	1132,7
4 Участок разделения файнштейна	440,0	0,60	0,65	1,17	264,0	308,7	4280	16	68,5	0,95	65,1	21,4	329,1	330,0	466,0
5 Цех ремонта трансформаторов	250,0	0,40	0,80	0,75	100,0	75,0	1483	16	23,7	0,95	22,5	7,4	122,5	82,4	147,7
6 АБК	390,0	0,50	0,85	0,62	195,0	120,9	1010	20	20,2	0,90	18,2	6,0	213,2	126,8	248,1
Территория предприятия	0	–	–	–	0	0	88303	0,16	14,1	1	14,1	4,6	14,1	4,6	14,9
Итого по 0,38 кВ	2959,3	–	–	–	1778,6	1509,4	ΣF _ц = 24559	411,1	–	–	390,3	128,3	2168,9	1637,7	2717,7
Потребители электроэнергии выше 1000 В															
3 Обжиговой цех	8000,0	0,72	0,90	0,48	5760,0	2789,7	–	–	–	–	–	–	5760,0	2789,7	6400,0
3 Обжиговой цех	5040,0	0,60	1,00	0,00	3024,0	0,0	–	–	–	–	–	–	3024,0	0,0	3024,0
Итого по 10 кВ	13040,0	–	–	–	8784,0	2789,7	–	–	–	–	–	–	8784,0	2789,7	9216,3

Полная максимальная мощность корпуса

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + (Q_p + Q_{p.o})^2} = \\ = \sqrt{(294,0 + 19,2)^2 + (299,9 + 6,3)^2} = 438,1 \text{ кВА.}$$

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов

ЭП до 1000 В	ЭП выше 1000 В
$\sum P_p^H = 1778,6 \text{ кВт,}$	$\sum P_p^B = 8784,0 \text{ кВт,}$
$\sum Q_p^H = 1509,4 \text{ кВАр,}$	$\sum Q_p^B = 2789,7 \text{ кВАр.}$
$\sum P_{p.o} = 390,3 \text{ кВт,}$	
$\sum Q_{p.o} = 128,3 \text{ кВт,}$	

Полная мощность нагрузки предприятия на шинах напряжением до 1000 В за максимально загруженную смену

$$S_p^H = \sqrt{\left(\sum P_p^H + \sum P_{p.o}\right)^2 + \left(\sum Q_p^H + \sum Q_{p.o}\right)^2} = \\ = \sqrt{(1778,6 + 390,3)^2 + (1509,4 + 128,3)^2} = 2717,7 \text{ кВА.}$$

Так как трансформаторы цеховых подстанций и высоковольтная сеть еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений [3, стр. 32]

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 2717,7 = 54,4 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,10 \cdot S_p^H = 0,10 \cdot 2717,7 = 271,8 \text{ кВАр.}$$

$$\Delta P_{л} = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 2717,7 = 81,5 \text{ кВт,}$$

где $\Delta P_{тр}$ – потери активной мощности в цеховых трансформаторах, кВт;

$\Delta Q_{тр}$ – потери реактивной мощности в цеховых трансформаторах, кВАр;

$\Delta P_{л}$ – потери активной мощности в линиях, кВт.

Суммарные расчетные активная, реактивная и полная мощности с учетом потерь в линиях и цеховых трансформаторах

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum P_p^H + \sum P_p^B\right) \cdot K_{p.m} + P_{p.o} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{л} = \\ = (1778,6 + 8784,0) \cdot 0,95 + 390,3 + 54,4 + 81,5 = 10560,6 \text{ кВт,}$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum Q_p^H + \sum Q_p^B\right) \cdot K_{p.m} + Q_{p.o} + \Delta Q_{тр} = \\ = (1509,4 + 2789,7) \cdot 0,95 + 128,3 + 271,8 = 4484,2 \text{ кВАр,}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{10560,6^2 + 4484,2^2} = 11473,2 \text{ кВА.}$$

где $K_{p,m} = 0,9 \div 0,95$ – коэффициент одновременности максимумов нагрузки [30, стр. 84].

Приблизительные потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{\text{тр.ГПП}} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 11473,2 = 229,5 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр.ГПП}} = 0,10 \cdot S_{p\Sigma} = 0,10 \cdot 11473,2 = 1147,3 \text{ кВАр},$$

где $\Delta P_{\text{тр.ГПП}}$ – потери активной мощности в трансформаторах ГПП, кВт;

$\Delta Q_{\text{тр.ГПП}}$ – потери реактивной мощности в трансформаторах ГПП, кВАр.

Определяем полную расчетную мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\text{тр.ГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{\text{тр.ГПП}})^2} = \\ &= \sqrt{(10560,6 + 229,5)^2 + (4484,2 + 1147,3)^2} = \\ &= \sqrt{10790,1^2 + 5631,5^2} = 12171,2 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Т.о., произведен расчет нагрузки предприятия без учета компенсации реактивной мощности. Чтобы учесть компенсацию реактивной мощности необходимо определиться с уровнем напряжения питающих линий.

Для определения экономически целесообразной величины напряжения питающей линии ГПП воспользуемся формулой Илларионова

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{15,6} + \frac{2500}{10,790}}} = 61,6 \text{ кВ},$$

где $L = 15,6$ км – длина питающей линии;

$U_{\text{эк}}$ – экономическое напряжение рассматриваемого участка, кВ.

Принимаем напряжение питающих линий

$$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}.$$

Реактивная мощность, передаваемая в сеть предприятия от системы

$$Q_c = \alpha \cdot P_p = 0,24 \cdot 10790,1 = 2589,6 \text{ кВАр},$$

где α – расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы [30, стр. 85].

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_c = 5631,5 - 2589,6 = 3041,9 \text{ кВАр}.$$

Полная расчетная мощность предприятия с учетом компенсации реактивной мощности

$$S_{p,ГПП} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{кв})^2} = \sqrt{10790,1^2 + (5631,5 - 3041,9)^2} = \\ = \sqrt{10790,1^2 + 2589,6^2} = 11096,5 \text{ кВА.}$$

В дальнейшем, после точного определения мощности компенсирующих устройств будет определено более точное значение полной расчетной мощности предприятия.

3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Для определения места расположения ГПП, на генплане предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов. Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами. Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В.

На генплан предприятия произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_i и y_i для каждого цеха.

Пример расчета (ГО №4)

$$S_p = 438,1 \text{ кВА}, \quad S_{p,o} = \sqrt{P_{p,o}^2 + Q_{p,o}^2} = \sqrt{19,2^2 + 6,3^2} = 20,3 \text{ кВА.} \\ x = 110,2 \text{ мм}, \quad y = 102,5 \text{ мм.}$$

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса

$$r = \sqrt{\frac{S_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{438,1}{3,14 \cdot 1,000}} = 11,8 \text{ мм,}$$

где $S_{p,i}$ – расчетная полная мощность i -того цеха с учетом освещения, кВА;

$m = 1,000 \text{ кВА/мм}^2$ – масштаб для определения площади круга нагрузки до 1000 В;

$m = 1,000 \text{ кВА/мм}^2$ – масштаб для определения площади круга нагрузки выше 1000 В.

Угол сектора нагрузки освещения корпуса

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot S_{p,o}}{S_p} = \frac{360 \cdot 20,3}{438,1} = 16,6 \text{ град.}$$

Тогда

$$S_p \cdot x = 438,1 \cdot 110,2 = 48277,1 \text{ кВА}\cdot\text{мм,}$$

$$S_p \cdot y = 438,1 \cdot 102,5 = 44903,8 \text{ кВА}\cdot\text{мм.}$$

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

Наименование цеха	$S_{p,i}$ кВА	$S_{p,o,i}$ кВт	r_i мм	α_i град	$X_{i,p}$ мм	$Y_{i,p}$ мм	$S_{p,i} \cdot X_{i,p}$ кВА·мм	$S_{p,i} \cdot Y_{i,p}$ кВА·мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители электроэнергии до 1000 В								
1 ГО №4	438,1	20,3	11,8	16,6	110,2	102,5	48277,1	44903,8
2 Центральная приточная камера	284,0	47,2	9,5	59,9	224,1	92,4	63652,0	26244,7
3 Обжиговый цех	1132,7	217,1	19,0	69,0	97,1	61,9	109981,8	70112,0
4 Участок разделения фанштейна	466,0	68,5	12,2	52,9	237,9	51,2	110872,5	23861,6
5 Цех ремонта трансформаторов	147,7	23,7	6,9	57,8	37,7	20,5	5567,3	3027,3
6 АБК	248,1	19,1	8,9	27,8	106,8	7,0	26492,1	1736,4
Потребители электроэнергии выше 1000 В								
3 Обжиговый цех	6400,0	-	45,1	-	97,1	61,9	621440,0	396160,0
Итого	9116,6	-	-	-	-	-	986282,8	566045,8

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum(S_{p,i} \cdot x_i)}{\sum S_{p,i}} = \frac{986282,8}{9116,6} = 108,2 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{\sum(S_{p,i} \cdot y_i)}{\sum S_{p,i}} = \frac{566045,8}{9116,6} = 62,1 \text{ мм}.$$

Так как ЦЭН попал в зону расположения цехов, то расположение ГПП смещается в сторону открытой площадки. Тогда новые координаты ЦЭН будут

$$x_0 = 161,0 \text{ мм}, \quad y_0 = 105,0 \text{ мм}.$$

Картограмма нагрузок приведена на рисунке 3.1.

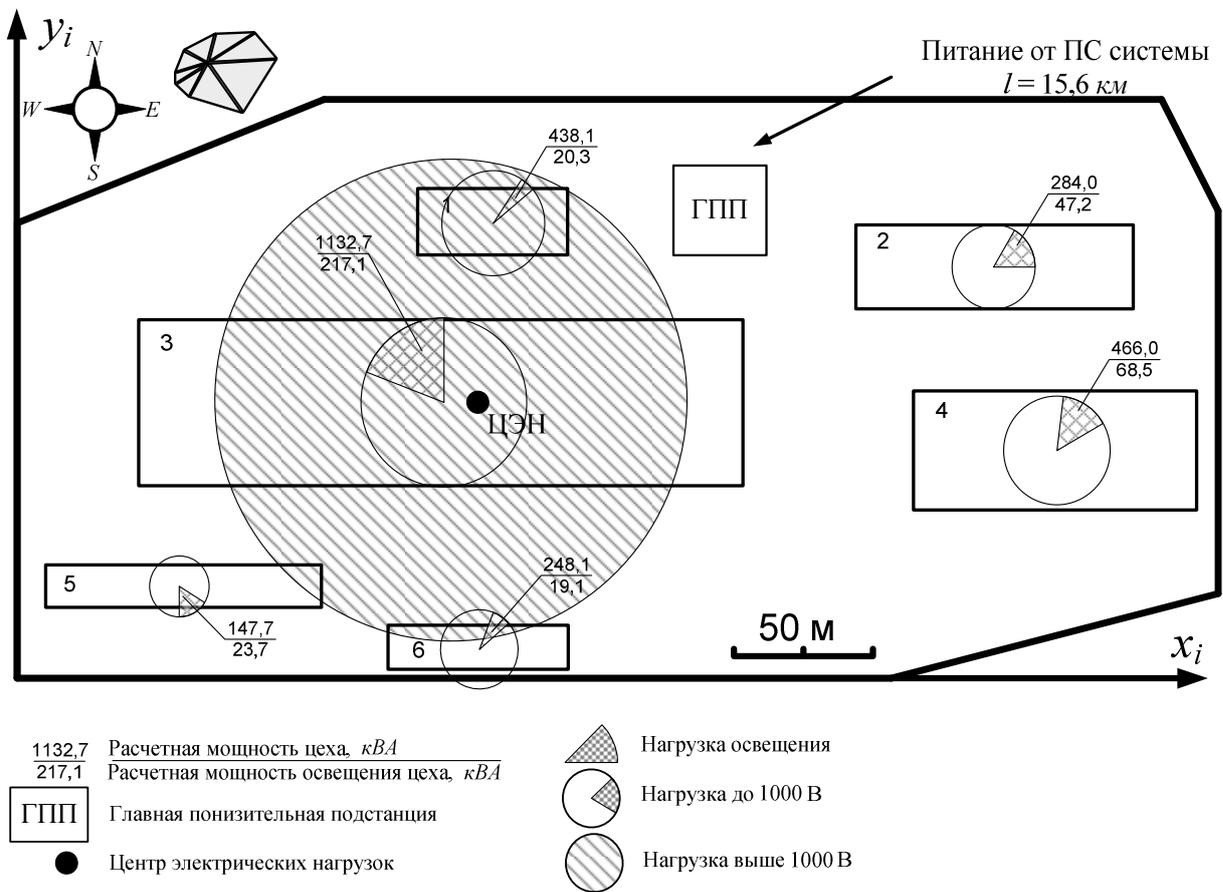


Рисунок 3.1 – Картограмма нагрузок

3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки [30, стр. 107, табл. 5.1]

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{ц}} = \frac{2717,7}{24559,0} = 0,111 \text{ кВА/м}^2; \quad \text{принимаем } S_{\text{ном.тр}} = 630 \text{ кВА.}$$

Таблица 3.3 – Данные по трансформаторам [30, стр. 236, табл. П.4.8]

Тип	$S_{\text{ном}}$, МВА	$U_{\text{вн}}$, кВ	$U_{\text{нн}}$, кВ	P_{xx} , кВт	Q_{xx} , кВАр	$P_{\text{кз}}$, кВт	$Q_{\text{кз}}$, кВАр	$U_{\text{к}}$, %	I_{xx} , %
ТМ-630/10	0,63	10,0	0,4	1,56	12,6	8,5	34,7	5,5	2,00

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$n_{\text{тр.0}} = \frac{\Sigma(P_p^H + P_{p.0})}{\beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{2168,9}{0,7 \cdot 630} = 4,92 \text{ шт.}, \quad \text{принимаем } n_{\text{тр}} = 5 \text{ шт.}$$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\Sigma(P_p^H + P_{p.0})}{n_{\text{тр}}} = \frac{2168,9}{5} = 433,8 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторов для установки в цехах предприятия (корпус №1)

$$N_{\text{тр.1}} = \frac{\Sigma(P_p^H + P_{p.0})}{P_1} = \frac{313,2}{433,8} = 0,722 \text{ шт.}$$

Нагрузки цехов объединяются таким образом, чтобы трансформаторные подстанции были загружены оптимально, а количество трансформаторов было в пределах расчетного числа трансформаторов.

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Число трансформаторов в цехах предприятия

Наименования цехов	$P_p + P_{p.0}$, кВт	Количество тр-ов N_i , шт
1 ГО №4	313,2	0,722
2 Центральная приточная камера	224,9	0,518
3 Обжиговый цех	951,8	2,194
4 Участок разделения файнштейна	329,1	0,759
5 Цех ремонта трансформаторов	122,5	0,283
6 АБК	213,2	0,491

На основании расчетов и группирований нагрузок на генплане предприятия производим расстановку цеховых трансформаторных подстанций, таблица 3.5, рисунок 3.2.

Таблица 3.5 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

Наименование пункта питания и количество трансформаторов	Потребители энергии (номер по генплану)	Суммарная мощность, кВт	Место расположения на генплане	Коэффициент загрузки тр-ров
ТП1 2 трансф.	1, 2, 4	867,2	Цех №2	0,69
ТП2 2 трансф.	3	951,8	Цех №3	0,76
ТП3 1 трансф.	5, 6	335,7	Цех №6	0,53

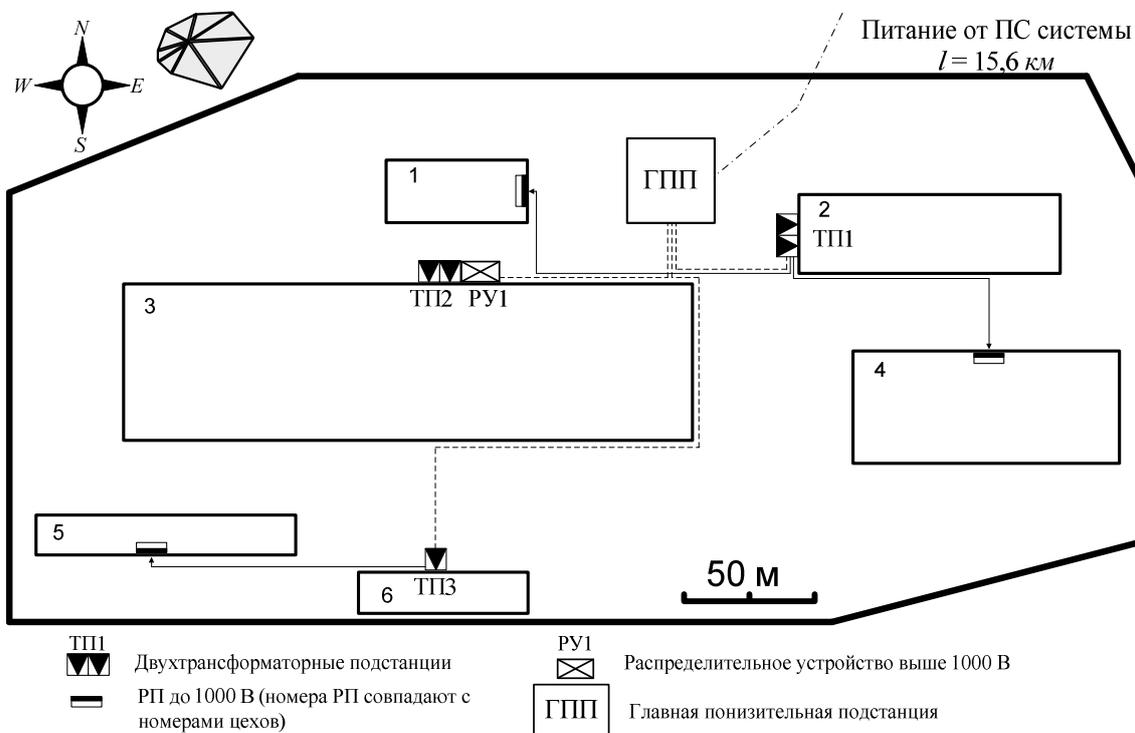


Рисунок 3.2 – Предварительное размещение трансформаторных подстанций

3.4 Компенсация реактивной мощности

При выборе средств компенсации реактивной мощности решающее значение имеет количество установленных трансформаторов, наличие синхронных и асинхронных двигателей и нагрузки со стороны напряжения выше 1000 В.

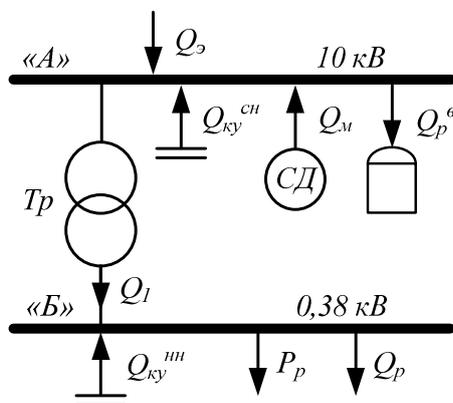


Рисунок 3.3 – Схема распределения реактивной мощности

На данном предприятии имеется печная высоковольтная нагрузка

$$Q_{\Pi} = 2789,7 \text{ кВАр.}$$

На данном предприятии имеется синхронная высоковольтная нагрузка. Принимаем к рассмотрению двигатели типа СТД с параметрами [5, стр. 172, табл. П7.3.]

- номинальное напряжение двигателя $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$;
- номинальная активная мощность $P_{\text{сд}} = 630 \text{ кВт}$;
- номинальная реактивная мощность $Q_{\text{сд}} = 320 \text{ кВАр}$;
- КПД $\eta = 95,53 \%$;
- коэффициент $D_1 = 2,27 \text{ кВт}$;
- коэффициент $D_2 = 3,11 \text{ кВт}$;
- число двигателей $n_{\text{сд}} = 8$.

Коэффициент загрузки синхронных двигателей по активной мощности

$$\beta_{\text{сд}} = \frac{P_{\text{синх}}}{P_{\text{сд}} \cdot n_{\text{сд}}} = \frac{5040,0}{630 \cdot 8} = 1,00,$$

где $P_{\text{синх}}$ – синхронная нагрузка на стороне ВН, кВт.

Напряжение на зажимах синхронного двигателя

$$U_{\text{сд}} = \frac{U_{\text{ном}}^{\text{сн}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{10,0}{10,0} = 1,00.$$

Наибольшая допустимая перегрузка двигателя по реактивной мощности [5, стр. 173, табл. П7.5.]

$$\alpha_m = 1,23.$$

Суммарная располагаемая реактивная мощность двигателей

$$Q_m = \frac{n_{\text{сд}} \cdot \alpha_m \cdot Q_{\text{сд}}}{\eta} = \frac{8 \cdot 1,23 \cdot 320 \cdot 100}{95,53} = 3296,1 \text{ кВАр.}$$

Наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана со стороны сети выше 1000 В в сеть до 1000 В

$$Q_1 = \sqrt{(N_{\text{тр}} \cdot \beta \cdot S_{\text{ном.тр}})^2 - (P_{\text{р}}^{\text{н}} + P_{\text{р.о}})^2} = \\ = \sqrt{(5 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 2168,9^2} = 397,6 \text{ кВАр.}$$

Баланс реактивной мощности в узле «А»

$$Q_A = Q_{\text{э}} + Q_m - Q_{\Pi} - Q_1 = 2589,6 + 3296,1 - 2789,7 - 397,6 = 2698,4 \text{ кВАр.}$$

Компенсация реактивной мощности на стороне СН не требуется.

Баланс реактивной мощности в узле «Б»

$$Q_B = Q_1 - Q_{\text{р.н}} = 397,6 - 1637,7 = -1240,0 \text{ кВАр.}$$

Мощность конденсаторных установок на напряжении 0,4 кВ

$$Q_{\text{ку.расч}}^{\text{НН}} = Q_{\text{р.н}} - Q_1 = 1637,7 - 397,6 = 1240,0 \text{ кВАр.}$$

Намечаем установку комплектных конденсаторных установок типа УКБ-0,38-150-У3 с параметрами [5, стр. 167, табл. П6.2]:

- номинальное напряжение $U_{\text{ном.ку}} = 0,38 \text{ кВ}$;
- номинальная мощность $Q_{\text{ном.ку}} = 150 \text{ кВАр}$.

Полная реактивная мощность, генерируемая одной комплектной конденсаторной установкой

$$Q_{\text{ку}} = \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ном.ку}}} \right)^2 \cdot Q_{\text{ном.ку}} = \left(\frac{0,38}{0,38} \right)^2 \cdot 150 = 150 \text{ кВАр.}$$

Необходимое количество комплектных конденсаторных установок для установки на стороне НН

$$n_{\text{ку.расч}} = \frac{Q_{\text{ку.расч}}^{\text{НН}}}{Q_{\text{ку}}} = \frac{1240,0}{150,0} = 8,3 \text{ шт} \text{ принимаем } n_{\text{ку}} = 8 \text{ шт.}$$

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конденсаторными установками

$$Q_{\text{ку}}^{\text{НН}} = Q_{\text{ку}} \cdot n_{\text{ку}} = 150 \cdot 8 = 1200,0 \text{ кВАр.}$$

Мощность, генерируемая синхронными двигателями

$$Q = 0 \text{ кВАр.}$$

Суммарная генерируемая мощность компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} + Q_{\text{ку}}^{\text{НН}} + Q = 0 + 1200,0 + 0 = 1200,0 \text{ кВАр.}$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП с учетом точного значения реактивной мощности компенсирующих устройств

$$\begin{aligned} S_{\text{р.ГПП}} &= \sqrt{P_{\text{р}}^2 + (Q_{\text{р}} - Q_{\text{ку}})^2} = \sqrt{10790,1^2 + (5631,5 - 1200,0)^2} = \\ &= \sqrt{10790,1^2 + 4431,5^2} = 11664,6 \text{ кВА.} \end{aligned}$$

3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения

Принимаем схему внешнего электроснабжения в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической переключкой. При нарушении в трансформаторе, сработает защита и подаст сигнал на отключение выключателя в цепях трансформатора на низкой и высокой стороне. Секционный выключатель низкой стороны подключит секцию, оставшуюся без напряжения. Разъединители в ремонтной переключке нормально отключены. В случае вывода в ремонт трансформатора или выключателя в цепи трансформатора есть возможность оставить в работе обе питающие линии путем включения разъединителей переключки. Причем сначала включается переключка, а затем отключаются цепи трансформатора. Схема представлена на рисунке 3.4.

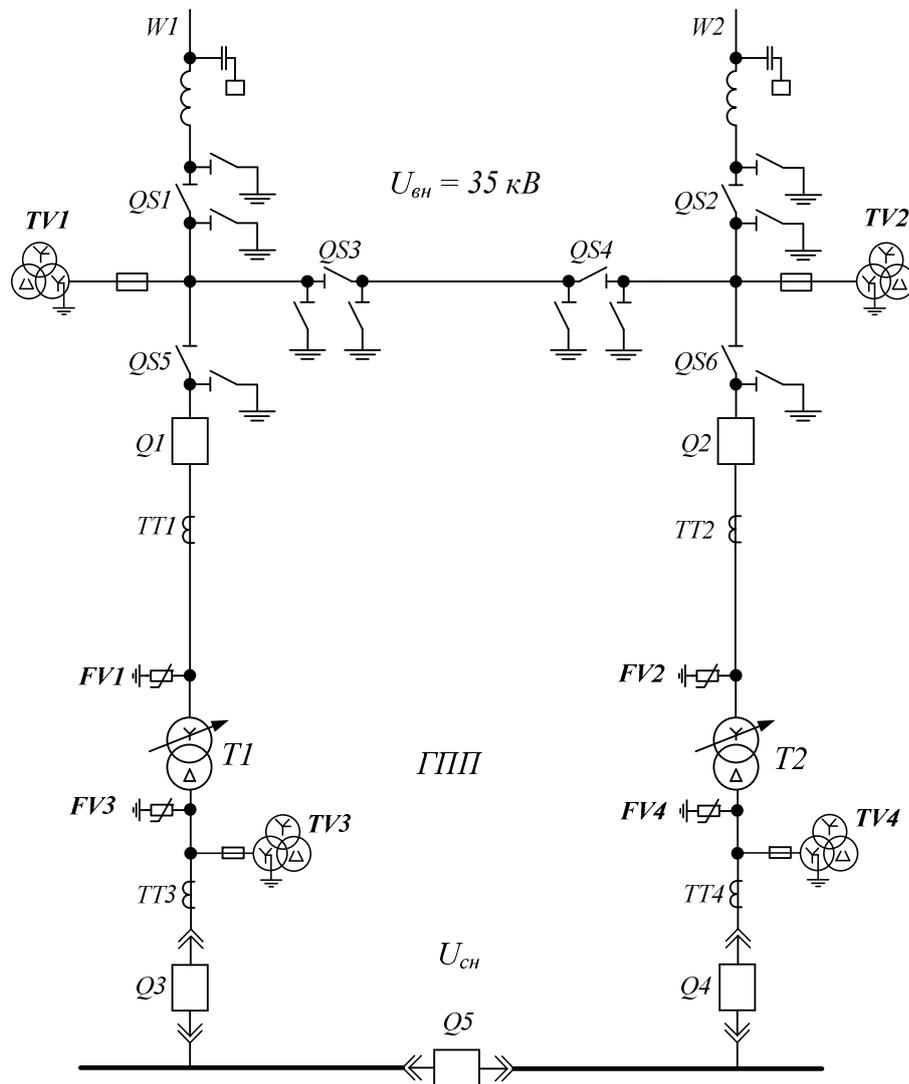


Рисунок 3.2 – Схема внешнего электроснабжения

3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП

Мощность трансформатора выберем с учетом известного суточного графика нагрузки предприятия, рисунок 3.3.

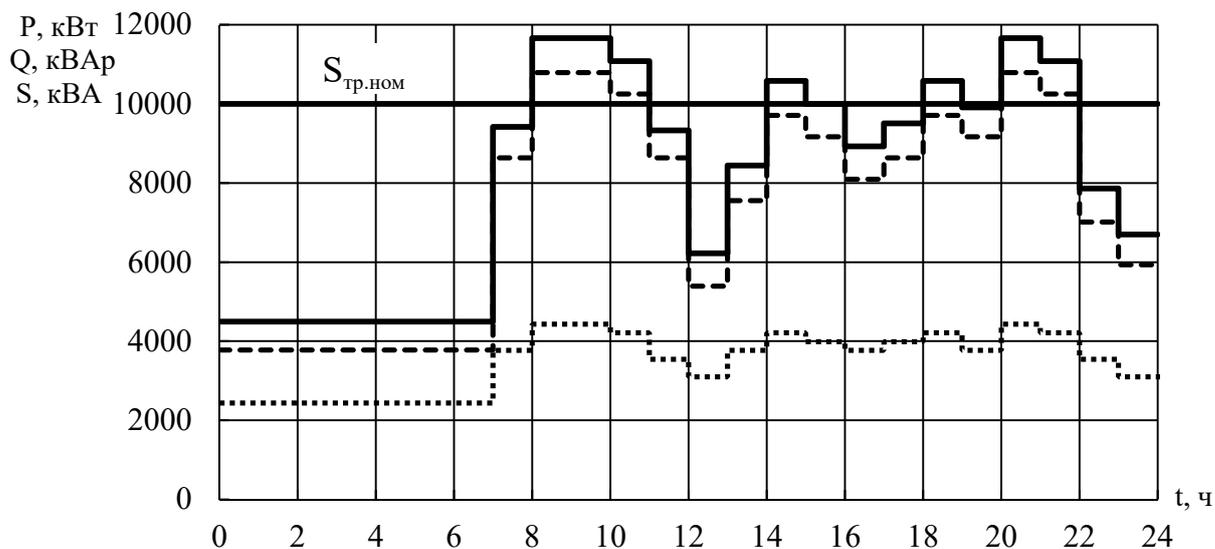


Рисунок 3.3 – Суточный график нагрузок предприятия

Из суточного графика можно определить

$$S_{\max} = 11664,6 \text{ кВА.}$$

Потребляемая за сутки активная и реактивная энергия

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 176957,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad V = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i = 83533,5 \text{ кВАр} \cdot \text{ч.}$$

Средняя за сутки нагрузка предприятия

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{W^2 + V^2}}{24} = \frac{\sqrt{176957,2^2 + 83533,5^2}}{24} = 8153,4 \text{ кВА.}$$

Суточный график активной нагрузки перестраиваем в годовой график нагрузок по продолжительности, рисунок 3.4.

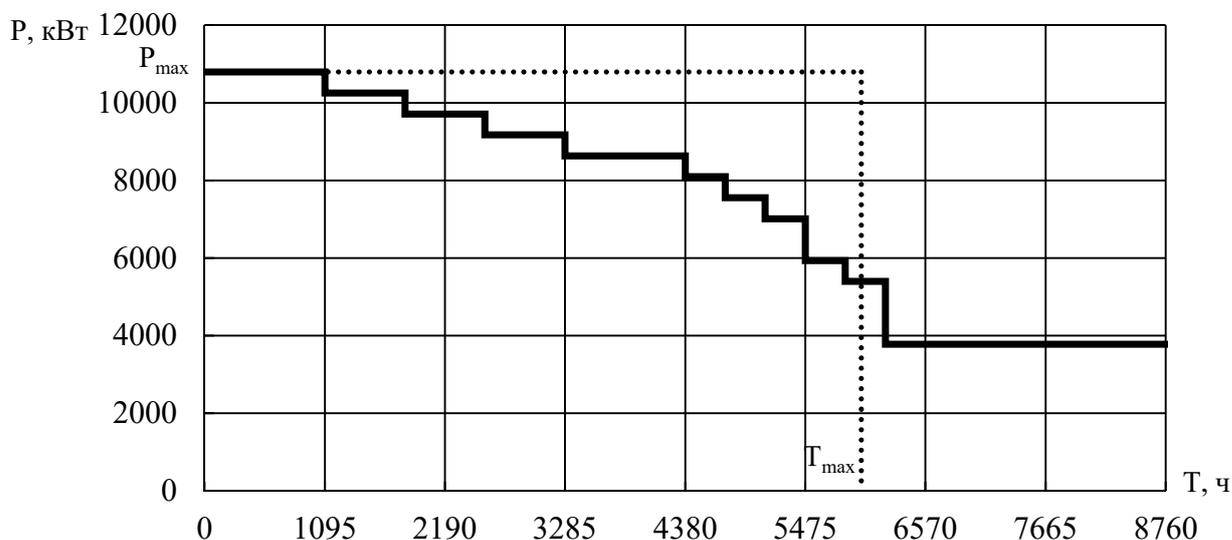


Рисунок 3.4 – Годовой график нагрузки по продолжительности

Количество потребленной за год электрической энергии

$$W_{\text{год}} = 64589369,0 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Число часов использования максимальной нагрузки

$$T_{\text{max}} = \frac{W_{\text{год}}}{P_{\text{max}}} = \frac{64589369,0}{10790,1} = 5986,0 \text{ ч.}$$

Время максимальных потерь

$$\tau_{\text{max}} = (0,124 + T_{\text{max}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 5986,0 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 4574,0 \text{ ч.}$$

Выбор трансформаторов по перегрузочной способности производится по продолжительности максимума нагрузки t_{max} и коэффициенту заполнения графика нагрузки $k_{\text{зап.гр}}$, который определяется по суточному графику нагрузки

$$k_{\text{зап.гр}} = \frac{S_{\text{ср}}}{S_{\text{max}}} = \frac{8153,4}{11664,6} = 0,70 .$$

Продолжительность максимума нагрузки из суточного графика нагрузок предприятия

$$t_{\text{max}} = 3 \text{ ч.}$$

Кратность допустимой нагрузки трансформатора с учетом коэффициента заполнения графика и продолжительности максимума нагрузки [5, стр. 70, рис. 3.9.]

$$k_{\text{нагр}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном.тр}}} = 1,12 .$$

Номинальная мощность трансформаторов

$$S_{\text{тр.расч}} = \frac{S_{\text{max}}}{k_{\text{нагр}}} = \frac{11664,6}{1,12} = 10414,9 \text{ кВА.}$$

Принимаем к установке на ГПП по два трансформатора мощностью

$$S_{\text{ном.тр}} = 10000 \text{ кВА.} \quad S_{\text{ном.тр}} = 16000 \text{ кВА,}$$

Проверим выбранные трансформаторы на тепловую перегрузочную способность.

На графике нагрузки (рисунок 3.3) выделим пиковую часть из условия $S_{\text{пик}} > S_{\text{ном.тр}}$ и определим значение коэффициентов.

$$K_1 = \frac{S'_{\text{эк1}}}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{1}{S_{\text{ном.тр}}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{\text{ни}}^2 \cdot \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}} = \frac{1}{10000,0} \cdot \sqrt{\frac{802169198}{16}} = 0,71 ,$$

$$K'_2 = \frac{S'_{\text{эк2}}}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{1}{S_{\text{ном.тр}}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{\text{ни}}^2 \cdot \Delta H_i)}{\sum_{i=1}^n \Delta H_i}} = \frac{1}{10000,0} \cdot \sqrt{\frac{977866721}{8}} = 1,30 .$$

Так как

$$K'_2 = 1,30 > 0,9 \cdot K_{\text{max}} = 0,9 \cdot \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ср}}} = 0,9 \cdot \frac{11664,6}{8153,4} = 1,29 .$$

то принимаем

$$K_2 = K'_2 = 1,30, \quad H = H' = 8 \text{ ч.}$$

Коэффициент систематической перегрузки для среднегодовой температуры $\Theta_{cp} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

$$K_{2\text{доп}} = 1,45 > K_2 = 1,30.$$

следовательно, выбранный трансформатор может систематически перегружаться по данному графику нагрузки.

1) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{\text{max}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{11664,6}{2 \cdot 10000} = 0,58.$$

Проверяем установленную мощность трансформатора в послеаварийном режиме при отключении одного из трансформаторов

$$1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}} = 1,4 \cdot 10000 = 14000,0 \text{ кВА} >$$

$$k_{I-II} \cdot S_{\text{max}} = 0,89 \cdot 11664,6 = 10403,9 \text{ кВА.}$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия как в нормальном, так и в послеаварийном режимах.

2) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{\text{max}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{11664,6}{2 \cdot 16000} = 0,36.$$

Проверяем установленную мощность трансформатора в послеаварийном режиме при отключении одного из трансформаторов

$$1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}} = 1,4 \cdot 16000 = 22400,0 \text{ кВА} >$$

$$k_{I-II} \cdot S_{\text{max}} = 0,89 \cdot 11664,6 = 10403,9 \text{ кВА.}$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия как в нормальном, так и в послеаварийном режимах.

Таблица 3.6 – Параметры трансформаторов [6, стр. 207, табл. 5.12], [6, стр. 209, табл. 5.13], [6, стр. 212, табл. 5.17]

Тип	$S_{\text{ном}}$ МВА	$U_{\text{вн}}$ кВ	$U_{\text{нн}}$ кВ	$P_{\text{хх}}$ кВт	$Q_{\text{хх}}$ кВАр	$P_{\text{кз}}$ кВт	$Q_{\text{кз}}$ кВАр	$U_{\text{к}}$ %	$I_{\text{хх}}$ %	Цена руб
ТМН-10000/35	10,0	36,75	10,5	14,5	80,0	65,0	750,0	7,5	0,80	3570000
ТДНС-16000/35	16,0	36,75	10,5	18,0	88,0	85,0	1600,0	10,0	0,55	3927000

3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП

Выбор сечения линии производится для двух видов трансформаторов с последующим технико-экономическим сравнением двух вариантов.

Выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока.

ВЛЭП 35 кВ, трансформаторы ТМН-10000/35

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 10000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 165,0 \text{ А.}$$

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 10000}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 329,9 \text{ А.}$$

Экономическое сечение

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{165,0}{1,0} = 165,0 \text{ мм}^2,$$

где $j_{\text{эк}} = 1,0$ – нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки [15, табл. 1.3.36], А/мм².

Из стандартного ряда сечений принимаем сталеалюминевый провод

АС 150/24 с $I_{\text{доп}} = 450 \text{ А}$ [6, стр. 82, табл. 3.15.]

– Проверка по перегрузочной способности (в послеаварийном режиме при отключении одной из питающих линий)

$$I_{\text{расч.п/ав}} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 450 = 585,0 \text{ А.}$$

Проверка выполняется

– Проверка по условию механической прочности: согласно ПУЭ, воздушные линии напряжением 35 кВ и выше, сооружаемые на двухцепных опорах с применением сталеалюминевых проводов, должны иметь сечение не менее 120 мм². Таким образом, проверка выполняется.

– Проверка по допустимой потере напряжения

$$L_{\text{доп}} < L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_{\text{расч}}} = 2,19 \cdot 5 \cdot \frac{450}{165,0} = 29,9 \text{ км} > L_{\text{факт}} = 15,6 \text{ км,}$$

где $\Delta U_{\text{доп}} = 5 \%$ – допустимое значение потери напряжения;

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

$L_{\text{факт}}$ – фактическая длина питающей линии, км;

$L_{\Delta U 1\%} = 2,19$ – длина линии при полной загрузке, на которой потеря напряжения равна 1%, [3, стр. 89, табл. П.2.7].

– Проверка на корону: для ВЛ 35 кВ не производится

Расчет по второму варианту сведен в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Выбор сечения линии, питающей ГПП

U _{ном} , кВ	Тр-тор	I _{расч} , А	I _{расч. п/ав} , А	F _{эк} , мм ²	Марка провода	I _{доп} , А	1,3·I _{доп} , А	L _{доп} , км	L _{факт} , км
35	ТМН-10000/35	165,0	329,9	165,0	АС 150/24	450,0	585,0	29,9	15,6
	ТДНС-16000/35	263,9	527,9	263,9	АС 150/24	450,0	585,0	18,7	

3.8 Определение суммарных приведенных затрат на сооружение воздушных линий электропередачи

При определении суммарных приведенных затрат рассчитываются капитальные затраты и эксплуатационные расходы

$$Z_{\text{ЛЭП}} = E_{\text{н.ЛЭП}} \cdot K_{\text{ЛЭП}} + E_{\text{н.об}} \cdot K_{\text{об}} + C_{\text{пот}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{обсл}}$$

где $K_{\text{ЛЭП}}$ – капитальные затраты на сооружение ЛЭП, руб;

$K_{\text{об}}$ – капитальные затраты на сооружение схемы, руб;

$C_{\text{пот}}$ – стоимость годовых потерь электроэнергии в линии, руб;

$C_{\text{ам}}$ – стоимость амортизационных отчислений, руб;

$C_{\text{обсл}}$ – отчисления на обслуживание ВЛЭП, руб;

$E_{\text{н.ЛЭП}} = 0,152$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для линий электропередачи [5, стр. 76].

$E_{\text{н.об}} = 0,193$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для оборудования схемы [5, стр. 76].

При расчетах рационально учитывать повышающий зональный коэффициент на базисную стоимость электроэнергетических объектов. Для Сибири данный коэффициент [6, стр. 279, табл. 7.2]

$$\gamma = 1,2 .$$

Капитальные затраты на сооружение блочных и мостиковых схем указываются в целом с учетом затрат на выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, трансформаторы тока и напряжения, разрядники, аппаратуру управления, сигнализации, релейной защиты и автоматики, а так же строительные конструкции, фундаменты и соответствующие строительные-монтажные работы.

ВЛЭП 35 кВ, трансформаторы ТМН-10000/35

Капитальные затраты на сооружение линии

$$K_{\text{ЛЭП}} = A \cdot L \cdot \gamma = 1999200 \cdot 15,6 \cdot 1,2 = 37425024,0 \text{ руб,}$$

где A – капитальные затраты на строительство одного километра воздушной линии [6, стр. 282, табл. 7,5], руб.

Капитальные затраты на сооружение схемы

$$K_{об} = B \cdot \gamma = 1749300,0 \cdot 1,2 = 2099160,0 \text{ руб,}$$

где B – капитальные затраты на сооружение схемы [6, стр. 291, табл. 7.15], руб.

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии

$$\begin{aligned} C_{пот} &= n_{ц} \cdot \Delta p_{уд} \cdot k_3^2 \cdot L \cdot \tau_{max} \cdot \Delta C_э = n_{ц} \cdot \Delta p_{уд} \cdot \left(\frac{I_{расч}}{I_{доп}} \right)^2 \cdot L \cdot \tau_{max} \cdot \Delta C_э = \\ &= 2 \cdot 149 \cdot \left(\frac{165,0}{450} \right)^2 \cdot 15,6 \cdot 4574,0 \cdot 0,216 = 616866,3 \text{ руб/год,} \end{aligned}$$

где k_3 – коэффициент загрузки линии по току;

$\Delta C_э$ – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч);

$\Delta p_{уд}$ – удельные потери в линии при номинальной нагрузке [3, стр. 89, табл. П.2.7], кВт/км.

Стоимость амортизационных отчислений

$$\begin{aligned} C_{ам} &= E_{ам.лэп} \cdot K_{лэп} + E_{ам.об} \cdot K_{об} = \\ &= 0,100 \cdot 37425024,0 + 0,067 \cdot 2099160,0 = 3883146,1 \text{ руб/год,} \end{aligned}$$

где $E_{ам.лэп}$, $E_{ам.об}$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию линии и оборудования схемы [6, стр. 258, табл. 6.1].

Отчисления на обслуживание ВЛЭП

$$\begin{aligned} C_{обсл} &= E_{обсл.лэп} \cdot K_{лэп} + E_{обсл.об} \cdot K_{об} = \\ &= 0,008 \cdot 37425024,0 + 0,059 \cdot 2099160,0 = 423250,6 \text{ руб/год,} \end{aligned}$$

где $E_{обсл.лэп}$, $E_{обсл.об}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание линии и оборудования схемы [6, стр. 258, табл. 6.1].

Суммарные приведенные затраты

$$\begin{aligned} Z_{лэп} &= E_{н.лэп} \cdot K_{лэп} + E_{н.об} \cdot K_{об} + C_{пот} + C_{ам} + C_{обсл} = 0,152 \cdot 37425024,0 + \\ &+ 0,193 \cdot 2099160,0 + 616866,3 + 3883146,1 + 423250,6 = 11017004,6 \text{ руб/год.} \end{aligned}$$

Расчет по другой линии сведем в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Определение суммарных приведенных затрат на сооружение линии, питающей ГПП

$U_{ном}$, кВ	Тр-тор	Марка провода	k_3	$K_{лэп}$, руб	$K_{об}$, руб	$C_{пот}$, руб/год	$C_{ам}$, руб/год	$C_{обсл}$, руб/год	$Z_{лэп}$, руб/год
35	ТМН-10000/35	АС 150/24	0,367	37425024,0	2099160,0	616866,3	3883146,1	423250,6	11017004,6
	ТДНС-16000/35	АС 150/24	0,587	37425024,0	2099160,0	1579177,7	3883146,1	423250,6	11979316,0

3.9 Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования

Суммарные приведенные затраты на установку силового оборудования определяются из выражения

$$Z_{об} = E_{н.об} \cdot K_{тр} + C_{пот} + C_{ам} + C_{обсл},$$

где $K_{тр}$ – капитальные затраты на установку одного трансформатора [6, стр. 293, табл. 7.17], руб.

$C_{пот}$ – стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах,

$C_{ам}$ – стоимость амортизационных отчислений, руб;

$C_{обсл}$ – отчисления на обслуживание трансформаторов, руб;

$E_{н.об} = 0,193$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для оборудования схемы [5, стр. 76].

Трансформатор ТМН-10000/35

Капитальные затраты на установку трансформаторов

$$K_{тр} = K \cdot n_{тр} \cdot \gamma = 3570000 \cdot 2 \cdot 1,2 = 8568000,0 \text{ руб.}$$

Приведенные потери мощности в трансформаторах

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + k_{эк} \cdot \Delta Q_{xx} = 14,5 + 0,07 \cdot 80,0 = 20,1 \text{ кВт},$$

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + k_{эк} \cdot \Delta Q_{кз} = 65,0 + 0,07 \cdot 750,0 = 117,5 \text{ кВт},$$

где $k_{эк} = 0,07$ – экономический эквивалент реактивной мощности, коэффициент, который учитывает потери активной мощности, связанные с производством и распределением 1 кВАр реактивной мощности, кВт/кВАр [8].

Стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах

$$\begin{aligned} C_{пот} &= n_{тр} \cdot (\Delta P'_{xx} \cdot T_{вкл} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{кз} \cdot \tau_{max}) \cdot \Delta C_э = \\ &= 2 \cdot (20,1 \cdot 8760 + 0,58^2 \cdot 117,5 \cdot 4574,0) \cdot 0,216 = 154963,5 \text{ руб/год.} \end{aligned}$$

Стоимость амортизационных отчислений

$$C_{ам} = E_{ам} \cdot K_{тр} = 0,067 \cdot 8568000,0 = 574056,0 \text{ руб/год,}$$

где $E_{ам}$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию силового оборудования [6, стр. 258, табл. 6.1].

Отчисления на обслуживание трансформаторов

$$C_{\text{обсл}} = E_{\text{обсл}} \cdot K_{\text{тр}} = 0,059 \cdot 8568000,0 = 505512,0 \text{ руб/год.}$$

где $E_{\text{обсл}}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание трансформаторов [6, стр. 258, табл. 6.1].

Суммарные приведенные затраты

$$Z_{\text{тр}} = E_{\text{н.об}} \cdot K_{\text{тр}} + C_{\text{пот}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{обсл}} =$$

$$= 0,193 \cdot 8568000,0 + 154963,5 + 574056,0 + 505512,0 = 2888155,5 \text{ руб/год.}$$

Расчет по другим трансформаторам сведем в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования

$U_{\text{ном}}$, кВ	Тр-тор	$\Delta P'_{\text{хх}}$, кВт	$\Delta P'_{\text{кз}}$, кВт	β	$K_{\text{тр}}$, руб	$C_{\text{пот}}$, руб/год	$C_{\text{ам}}$, руб/год	$C_{\text{обсл}}$, руб/год	$Z_{\text{тр}}$, руб/год
35	ТМН-10000/35	20,1	117,5	0,58	8568000,0	154963,5	574056,0	505512,0	2888155,5
	ТДНС-16000/35	24,2	197,0	0,36	9424800,0	143080,3	631461,6	556063,2	3149591,5

3.10 Технико-экономическое сравнение вариантов

Для удобства сравнения сведем результаты технико-экономических расчетов в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Сравнение суммарных приведенных затрат

$U_{\text{ном}}$, кВ	Тр-тор	Марка провода	Z , руб/год
35	ТМН-10000/35	АС 150/24	13905160,0
	ТДНС-16000/35	АС 150/24	15128907,5

Исходя из сравнения расчетов, можно сделать вывод, что по приведенным затратам наиболее целесообразен вариант с трансформаторами мощностью 10000 кВА.

3.11 Схема внутрив заводской сети выше 1000 В

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполняется трёхжильными кабелями марки ПвВнг с прокладкой по эстакадам по радиальной схеме. Питание высоковольтных двигателей осуществляем кабельными линиями той же марки, с прокладкой по эстакадам.

Упрощенная схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена на рисунке 3.6.

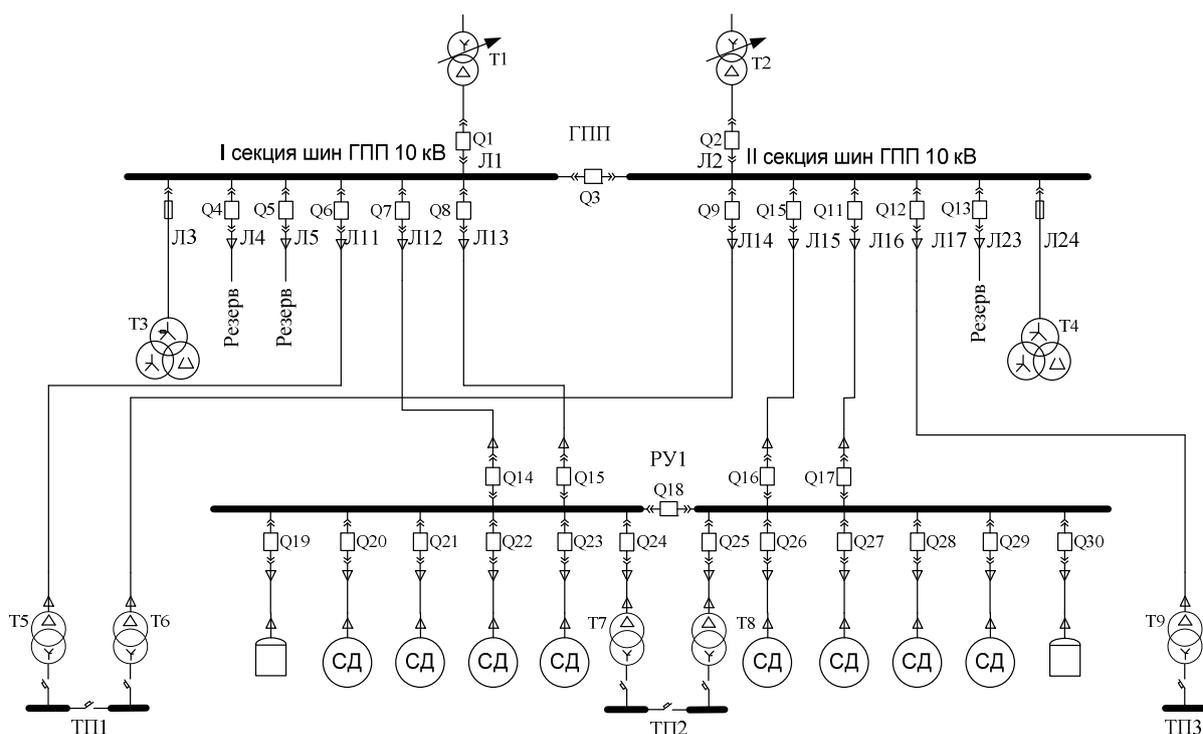


Рисунок 3.6 – Упрощенная схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников

ГПП – ТП1

Потери мощности в трансформаторах

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 630}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 36,4 \text{ А.}$$

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

$\Delta S_{\text{тр}}$ – потери мощности в трансформаторах, кВА;

$n_{\text{тр}}$ – количество трансформаторов, шт;

$n_{\text{ц}}$ – количество цепей питающей линии, шт.

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{(n_{\text{ц}} - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 630}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 72,7 \text{ А.}$$

Экономическое сечение при работе предприятия с $T_{\max} > 5000$ час/год и питании кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{\text{эк}} = 2,0 \text{ А/мм}^2$ [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{36,4}{2,0} = 18,2 \text{ мм}^2.$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ПвВнг
 $F = 25 \text{ мм}^2$ с $I_{\text{доп}} = 95 \text{ А}$. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме и с учётом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 95 = 95,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 36,4 \text{ А},$$

где $K_{\text{пр}} = 1,00$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам;

$$1,3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 95 = 123,5 \text{ А} > I_{\text{расч.п/ав}} = 72,7 \text{ А}.$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверок. Оставляем ранее намеченный кабель.

ГПП-СД 630 кВт

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\phi} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1,00} = 36,4 \text{ А}.$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность двигателя, кВт.

Экономическое сечение при работе предприятия с $T_{\max} > 5000$ час/год и питании кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{\text{эк}} = 2,0 \text{ А/мм}^2$ [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{36,4}{2,0} = 18,2 \text{ мм}^2.$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ПвВнг
 $F = 25 \text{ мм}^2$ с $I_{\text{доп}} = 95 \text{ А}$. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 95 = 95,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 36,4 \text{ А},$$

где $K_{\text{пр}} = 1,00$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам.

Выбранное сечение проходит по результатам проверок. Оставляем ранее намеченный кабель.

Дальнейшие расчеты сводим в таблицы 3.11 и 3.12.

Таблица 3.11 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

Участок	Мощность участка, кВА	n _ц , шт	U _{ном} , кВ	L, км	Расчетная нагрузка		F _{эк} , мм ²	Способ прокладки	K _{пр}	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
					I _{расч} , А	I _{расч.ав} , А					I' _{доп} , А	1,3·I' _{доп} , А
ГПП – ТП1	1319,1	2	10	0,066	38,1	76,2	19,0	Эстакады	1,00	ПвВнг 2 (3 × 25)	95,0	123,5
РУ1 – ТП2	1326,0	2	10	0,005	38,3	76,6	19,1		1,00	ПвВнг 2 (3 × 25)	95,0	123,5
ГПП – ТП3	652,8	1	10	0,237	37,7	–	18,8		1,00	ПвВнг 1 (3 × 25)	95,0	–
ГПП – РУ1	10542,4	4	10	0,086	152,2	304,3	76,1		1,00	ПвВнг 4 (3 × 120)	260,0	338,0
ГПП – СД	630,0	1	10	0,048	36,4	–	18,2		1,00	ПвВнг 1 (3 × 25)	95,0	–
ГПП – Печь	4444,4	1	10	0,137	256,6	–	128,3		1,00	ПвВнг 1 (3 × 120)	260,0	–

Выбранная схема распределения электроэнергии по территории предприятия приведена на рисунке 3.7.

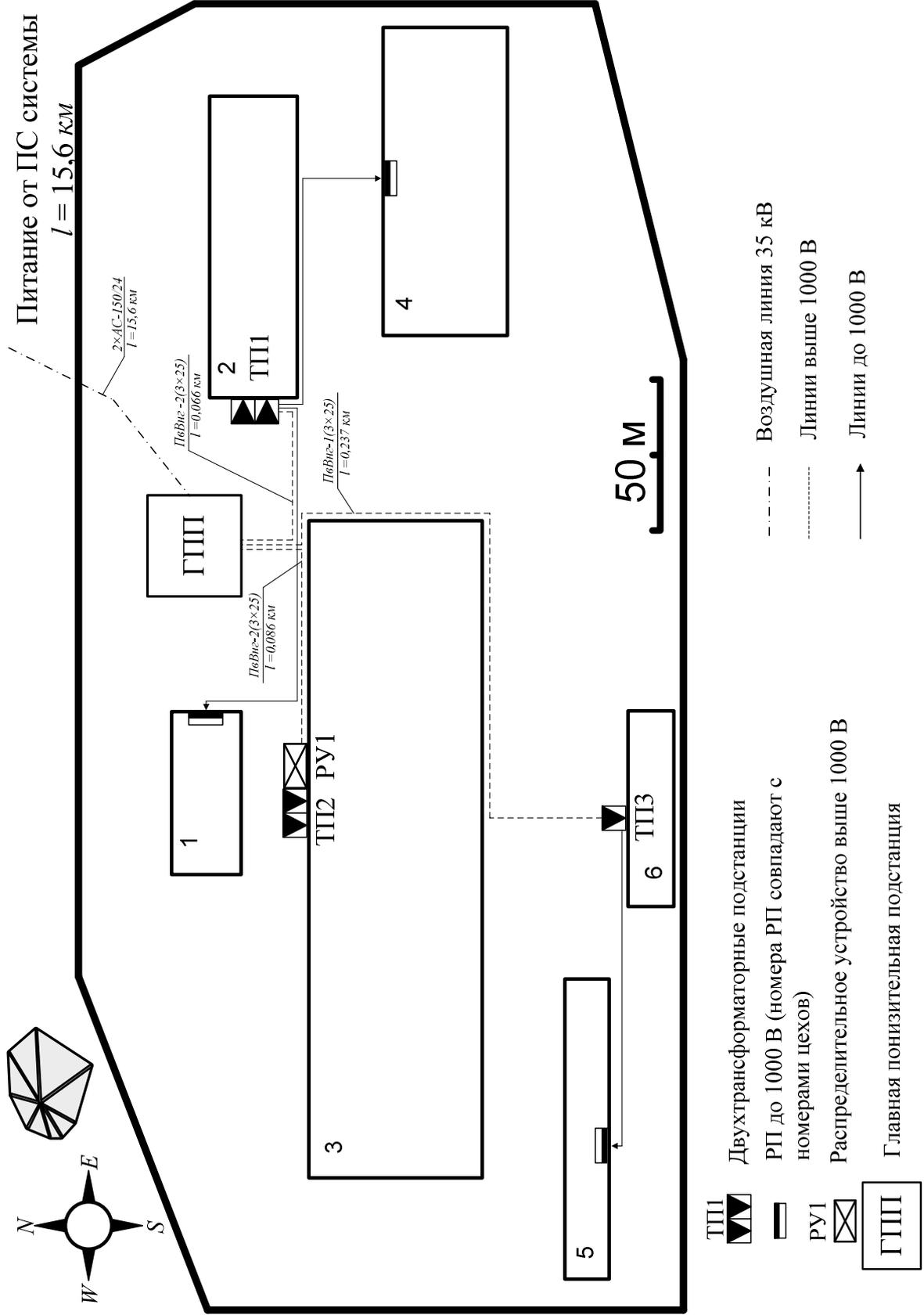


Рисунок 3.7 – Схема распределения электроэнергии по территории предприятия

3.12 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

В электрических установках могут возникать различные виды КЗ, сопровождающихся резким увеличением тока. Поэтому электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам КЗ и выбираться с учетом величин этих токов.

Напряжение на шинах ВН ГПП при расчете можно считать постоянным, так как предприятие получает питание от энергосистемы неограниченной мощности, это означает, что периодическая составляющая тока КЗ практически не изменяется во времени и остается постоянной от начала КЗ до его окончания.

Расчет токов КЗ ведем в относительных единицах. Для этого все расчетные данные приводятся к базисному напряжению и базисной мощности.

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения рисунок 3.8 и на её основе схему замещения рисунок 3.9. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток КЗ. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ.

Расчет токов КЗ ведем на участке Система – ГПП – РУ1.

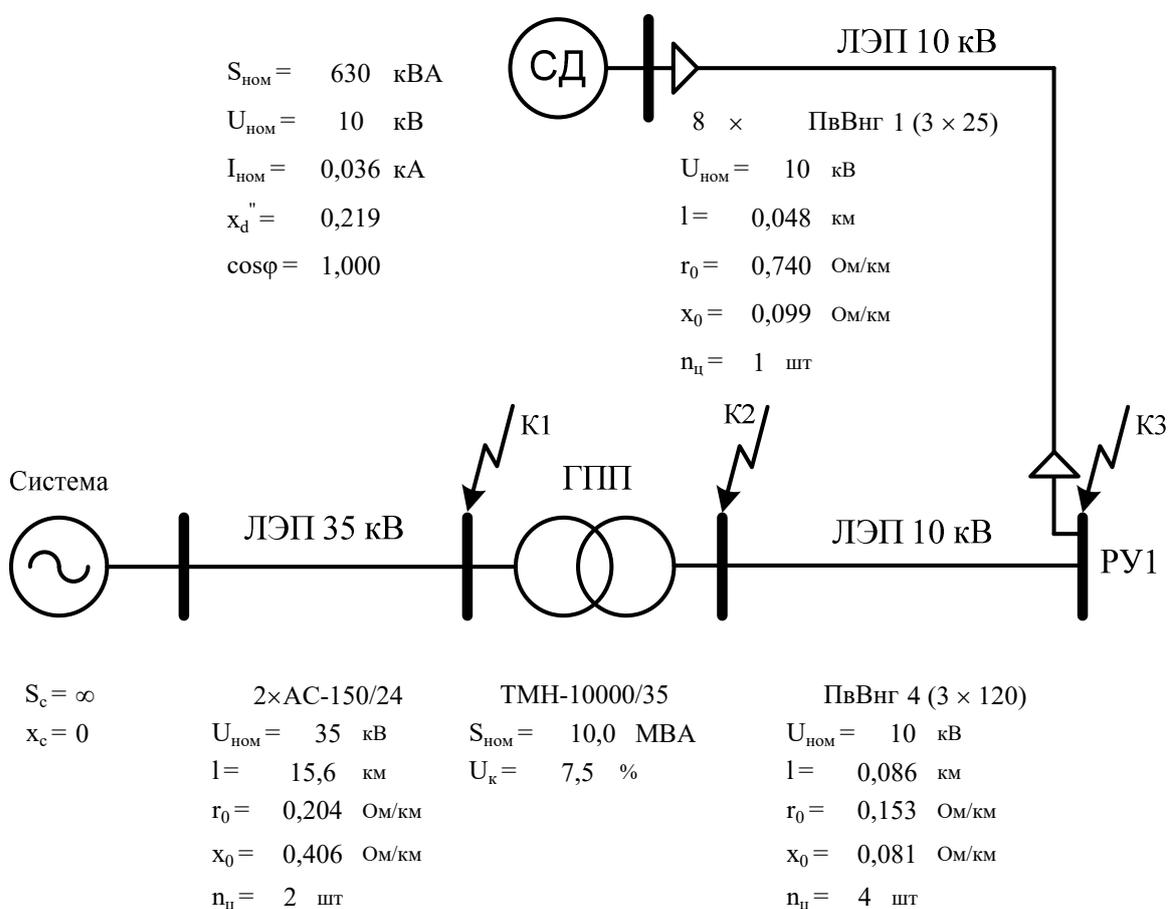


Рисунок 3.8 – Расчетная схема рассматриваемого участка

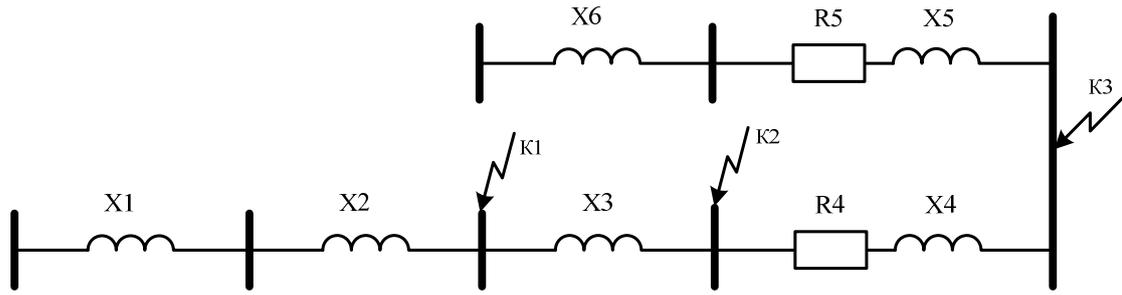


Рисунок 3.9 – Схема замещения рассматриваемого участка
Принимаем за базисные величины

$$S_6 = 100 \text{ МВА}, \quad U_{61} = 37,0 \text{ кВ}, \quad U_{62} = 10,5 \text{ кВ}.$$

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37,0} = 1,560 \text{ кА}, \quad I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА}.$$

Для генераторов, трансформаторов, высоковольтной линии, как правило, учитываются только индуктивные сопротивления. Целесообразно учитывать активные сопротивления, если $R_\Sigma > X_\Sigma / 3$.

Сопротивления элементов

Система

$$S_c = \infty, \quad Z_1 = X_c = X_1 = \frac{S_6}{S_c} = 0.$$

Воздушная линия

$$Z_2 = X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{61}^2} = 0,406 \cdot 15,6 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37,0^2} = 0,463.$$

Трансформаторы

$$Z_3 = X_3 = \frac{U_{\text{к, \%}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{10,0} = 0,750.$$

Кабельная линия

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,153 \cdot 0,086 \cdot \frac{100}{2 \cdot 10,5^2} = 0,006,$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,081 \cdot 0,086 \cdot \frac{100}{2 \cdot 10,5^2} = 0,003,$$

$$Z_4 = \sqrt{R_4^2 + X_4^2} = \sqrt{0,006^2 + 0,003^2} = 0,007.$$

Кабельная линия

$$R'_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,740 \cdot 0,048 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,032,$$

$$X'_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,099 \cdot 0,048 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,004.$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$R_5 = \frac{R'_5}{n_{CD}} = \frac{0,032}{8} = 0,004 \quad , \quad X_5 = \frac{X'_5}{n_{CD}} = \frac{0,004}{8} = 0,001 \quad ,$$

$$Z_5 = \sqrt{R_5^2 + X_5^2} = \sqrt{0,004^2 + 0,001^2} = 0,004 \quad .$$

Синхронный двигатель

сопротивление одного двигателя

$$X'_6 = \frac{x''_d \cdot S_6}{S_{ном}} = \frac{0,219 \cdot 100}{0,630} = 34,762 \quad ;$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$Z_6 = X_6 = \frac{X'_6}{n_{CD}} = \frac{34,762}{8} = 4,345 \quad .$$

Расчет короткого замыкания для точки К1.

Эквивалентное сопротивление цепочки СД относительно точки К1

$$Z_{CD} = Z_6 + Z_5 + Z_4 + Z_3 = 4,345 + 0,004 + 0,007 + 0,750 = 5,106 \quad .$$

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К1

$$Z_C = Z_1 + Z_2 = 0 + 0,463 = 0,463 \quad .$$

Результирующее сопротивление в точке К1

$$Z_{\Sigma 1} = \frac{Z_{CD} \cdot Z_C}{Z_{CD} + Z_C} = \frac{5,106 \cdot 0,463}{5,106 + 0,463} = 0,424 \quad .$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{K1} = \frac{I_{61}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{1,560}{0,424} = 3,678 \quad \text{кА}.$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 3,678 = 8,4 \quad \text{кА},$$

где $k_{уд}$ – ударный коэффициент, зависящий от постоянной времени T_a определяемый по зависимости $k_{уд} = f(T_a)$ [9, стр. 44, табл. П1.5].

Расчеты токов КЗ для других точек сведем в таблицу 3.12.

Таблица 3.12 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	U_6 , кВ	I_6 , кА	Z_{Σ}	$k_{уд}$	T_a , сек	I_K , кА	$i_{уд}$, кА
К1	37,0	1,560	0,424	1,608	0,02	3,678	8,4
К2	10,5	5,499	0,949	1,869	0,01	5,797	15,3
К3	10,5	5,499	0,952	1,869	0,01	5,773	15,3

Полученное по экономической плотности тока сечение высоковольтных линий необходимо проверить на термическую стойкость при коротком замыкании.

Время отключения короткого замыкания [9, стр. 206-211]

$$t_{\text{пр}} = 0,1 \div 0,3 \text{ сек.}$$

Тепловой импульс тока короткого замыкания

$$W_{\text{к}} = I_{\text{к}}^2 \cdot t_{\text{пр}} = 5796,7^2 \cdot 0,3 = 10080356,2 \text{ А}^2 \cdot \text{сек.}$$

где $I_{\text{к}}$ – ток короткого замыкания на низкой стороне трансформаторов ГПП.

Термически стойкое сечение равно

$$F_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C} = \frac{\sqrt{W_{\text{к}}}}{C} = \frac{\sqrt{10080356,2}}{140} = 22,7 \text{ мм}^2 < F_{\text{реал}} = 25 \text{ мм}^2,$$

где $C = 140 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ (для кабелей до 10 кВ с медными жилами) – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при коротком замыкании и материала проводника [30, стр. 139, табл. 6.2];

$$F_{\text{реал}} = 25 \text{ мм}^2 \text{ – сечение линии, питающей подстанцию.}$$

Таким образом, предварительно выбранное сечение по термической стойкости проходит. Оставляем ранее выбранное сечение.

4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

В системах электроснабжения могут возникать режимы, характеризующиеся электрическими, тепловыми и механическими нагрузками, превышающие нагрузки нормального режима работы и представляющие, опасность для элементов системы электроснабжения. Правильно выбранное оборудование – залог надежной работы электрооборудования и всей системы электроснабжения.

4.1 Выбор выключателей и разъединителей

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

Намечаем к установке выключатель типа ВВУ-35-40/2000

Параметры выключателя [9, стр. 630, табл. П4.4]

номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$;

номинальный ток $I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$;

номинальный ток отключения $I_{\text{отк.ном}} = 40 \text{ кА}$;

ток электродинамической стойкости $I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА}$;

пик тока электродинамической стойкости $i_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$;

ток термической стойкости $I_{\text{тер}} = 40,0 \text{ кА}$;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{\text{тер}} = 3 \text{ с}$;

полное время отключения выключателя $t_{\text{отк.в}} = 0,07 \text{ с}$.

Проверка выключателя

– по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$

$$U_{\text{уст}} = 35,0 \text{ кВ} = U_{\text{ном}} = 35,0 \text{ кВ};$$

– по длительному току $I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{11664,6}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 192,4 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 2000,0 \text{ А};$$

– по отключающей способности $I_{\text{н,т}} \leq I_{\text{отк.ном}}$

$$I_{\text{н,т}} = 3,678 \text{ кА} < I_{\text{отк.ном}} = 40,0 \text{ кА};$$

– по электродинамической стойкости $I_{\text{п,0}} \leq I_{\text{дин}}, i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}$

$$I_{\text{п,0}} = 3,678 \text{ кА} < I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд}} = 8,365 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 100 \text{ кА};$$

– по термической стойкости $B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$

$$B_k = I_{\text{п},0}^2 \cdot (t_{\text{р.з.}} + t_{\text{отк.в}} + T_a) = 3,678^2 \cdot (1,2 + 0,07 + 0,020) = 17,45 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 40,0^2 \cdot 3 = 4800,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$B_k = 17,45 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 4800,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-35/1000

Параметры разъединителя [9, стр. 630, табл. П4.4]

номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$;

номинальный ток $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$;

амплитуда предельного сквозного тока $i_{\text{пр.с}} = 63 \text{ кА}$;

ток термической стойкости $I_{\text{тер}} = 25,0 \text{ кА}$;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{\text{тер}} = 4 \text{ с}$;

Проверка разъединителя

– по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$

$$U_{\text{уст}} = 35,0 \text{ кВ} = U_{\text{ном}} = 35,0 \text{ кВ};$$

– по току $I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{max}} = 192,4 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 1000,0 \text{ А};$$

– по электродинамической стойкости $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$

$$i_{\text{уд}} = 8,4 \text{ кА} < i_{\text{пр.с}} = 63 \text{ кА};$$

– по термической стойкости $B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$

$$B_k = 17,45 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 25,0^2 \cdot 4 = 2500,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

Оборудование выбираем однотипное, т.е. все разъединители на высокой стороне будут одной марки и все выключатели на высокой стороне будут одной марки.

Дальнейший расчет сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Выбор выключателей и разъединителей

Расчетные данные	Выключатель ВВУ-35-40/2000	Разъединитель РДЗ-35/1000
$U_{уст} = 35$ кВ	$U_{ном} = 35$ кВ	$U_{ном} = 35$ кВ
$I_{max} = 192,4$ А	$I_{ном} = 2000$ А	$I_{ном} = 1000$ А
$I_{n,t} = 3,7$ кА	$I_{отк.ном} = 40$ кА	—
$I_{n,0} = 3,7$ кА	$I_{дин} = 40$ кА	—
$i_{уд} = 8,4$ кА	$i_{дин} = 100$ кА	$i_{пр.с} = 63$ кА
$B_k = 17,5$ кА ² ·с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 4800$ кА ² ·с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 2500$ кА ² ·с
Расчетные данные	Выключатель ВЭ-10-20/1000	Разъединитель
$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ	Используется выкатная тележка
$I_{max} = 673,5$ А	$I_{ном} = 1000$ А	
$I_{n,t} = 5,8$ кА	$I_{отк.ном} = 20$ кА	
$I_{n,0} = 5,8$ кА	$I_{дин} = 20$ кА	
$i_{уд} = 15,3$ кА	$i_{дин} = 51$ кА	
$B_k = 18,8$ кА ² ·с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 1200$ кА ² ·с	

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

Трансформаторы тока предназначены для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а так же для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам тока на понизительных подстанциях являются амперметры, ваттметры, варметры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов тока представлена в таблице 4.2 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 4.2 – Нагрузка трансформаторов тока

Место установки	Прибор	Тип	Нагрузка, В·А		
			А	В	С
Сторона ВН трансформатора	Амперметр	Э – 350	0,5	—	0,5
	Амперметр	Э – 350	0,5	—	0,5
Итого:			1,0	—	1,0
Сторона НН трансформатора	Амперметр	Э – 350	—	0,5	—
	Ваттметр	Д – 335	0,5	—	0,5
	Варметр	Д – 335	0,5	—	0,5
	Счетчик W	СЭТ-4ТМ	2,5	—	2,5
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	2,5	—	2,5
Итого:			6,0	0,5	6,0

Пример выбора трансформатора тока на стороне ВН трансформатора ГПП.

Из таблицы 4.2 видно, что наиболее загружены фазы А и С. Для них ведем расчет.

Намечаем к установке трансформатор тока типа ТФЗМ35

Параметры трансформатора тока [8, стр. 295, табл. 5-9]

номинальное напряжение $U_{ном} = 35$ кВ;

номинальный ток $I_{ном} = 200$ А;

вторичный номинальный ток трансформатора тока $I_2 = 5$ А;

ток электродинамической стойкости $i_{дин} = 42$ кА;

ток термической стойкости $I_{тер} = 10,5$ кА;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер} = 3$ с;

вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока $Z_{2ном} = 1,2$ Ом;

класс точности 0,5.

– проверка трансформатора тока по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 35,0 \text{ кВ} = U_{ном} = 35,0 \text{ кВ};$$

– проверка трансформатора тока по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{11664,6}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 192,4 \text{ А} < I_{ном} = 200,0 \text{ А};$$

– проверка трансформатора тока по вторичной нагрузке $Z_2 \leq Z_{2ном}$

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору тока

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{1,0}{5^2} = 0,04 \text{ Ом},$$

где $S_{приб}$ – мощность потребляемая приборами (таблица 4.2).

Допустимое сопротивление проводников

$$r_{пр,доп} = Z_{2ном} - r_{приб} - r_k = 1,2 - 0,04 - 0,10 = 1,06 \text{ Ом},$$

где r_k – сопротивления контактов (0,05 Ом при двух-трех приборах; 0,1 Ом при большем количестве приборов) [9, стр. 374].

Для присоединения приборов к трансформаторам тока используем кабель с алюминиевыми жилами. Расчетное сечение кабеля

$$q_{расч} = \frac{\rho \cdot l_{пр}}{r_{пр}} = \frac{0,028 \cdot 6}{1,06} = 0,16 \text{ мм}^2,$$

где $\rho = 0,0283$ Ом/мм² — удельное сопротивление алюминиевого провода [9, стр. 374];

$l_{пр} = 6$ м – длина провода [9, стр. 375].

Принимаем кабель марки АКРВГ сечением $q = 4$ мм² [9, стр. 375].

Тогда сопротивление кабеля

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{q} = \frac{0,0283 \cdot 6}{4} = 0,042 \text{ Ом.}$$

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} = 0,04 + 0,042 + 0,10 = 0,182 \text{ Ом} < Z_{2\text{ном}} = 1,200 \text{ Ом.}$$

– проверка трансформатора тока на электродинамическую стойкость $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$

$$i_{\text{уд}} = 8,4 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 42 \text{ кА};$$

– проверка трансформатора тока на термическую стойкость $B_{\text{к}} \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$

$$B_{\text{к}} = 17,45 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 10,5^2 \cdot 3 = 330,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

Трансформатор тока на низкой стороне трансформатора ГПП производится аналогично. Поэтому дальнейшие расчеты сведем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

Тип ТТ	Расчетные данные	Каталожные данные
ТА1 ТШЛ 10 Сторона НН трансформатора	$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 673,5 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 18,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 14700 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 15,3 \text{ кА}$	не проверяется
	$r_2 = 0,375 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 0,800 \text{ Ом}$
ТА2 ТФЗМ35 Сторона ВН трансформатора	$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 192,4 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 200 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 17,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 330,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 8,4 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 42 \text{ кА}$
	$r_2 = 0,182 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 1,200 \text{ Ом}$

4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения высокого напряжения до стандартного значения 100 вольт, а так же для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам напряжения на понизительных подстанциях являются вольтметры, ваттметры, варметры, частотомеры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов напряжения представлена в таблице 4.4 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 4.4 – Нагрузка трансформаторов напряжения

Место установки	Прибор	Тип	$S_{обм},$ В·А	$n_{обм}$	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$n_{приб}$	Потр. мощн.	
								Р, Вт	Q, ВАр
Сторона ВН трансформатора	Вольтметр	Э – 335	2,0	1	1	0	1	2,0	0,0
	Вольтметр	Н – 393	10,0	1	1	0	1	10,0	0,0
	Частотомер	Н – 397	7,0	1	1	0	1	7,0	0,0
Итого:								19,0	0,0
Сторона НН трансформатора	Вольтметр	Э – 335	2,0	1	1	0	2	4,0	0,0
	Ваттметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Варметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Счетчик W	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	6	0,12	0,0
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	6	0,12	0,0
Итого:								10,2	0,0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-10

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном} = 10$ кВ;

номинальная мощность $S_{ном} = 120$ В·А;

класс точности 0,5.

– проверка трансформатора напряжения по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 10 \text{ кВ} = U_{ном} = 10 \text{ кВ};$$

– проверка трансформатора напряжения по вторичной нагрузке $S_2 \leq S_{ном}$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10,2^2 + 0,0^2} = 10,2 \text{ В·А} < S_{ном} = 120 \text{ В·А}.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

б) Выбор трансформаторов напряжения на стороне ВН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа ЗНОМ-35

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном} = 35$ кВ;

номинальная мощность $S_{ном} = 150$ В·А;

класс точности 0,5.

– проверка трансформатора напряжения по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 35 \text{ кВ} = U_{ном} = 35 \text{ кВ};$$

– проверка трансформатора напряжения по вторичной нагрузке $S_2 \leq S_{ном}$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{19,0^2 + 0,0^2} = 19,0 \text{ В}\cdot\text{А} < S_{\text{ном}} = 150 \text{ В}\cdot\text{А}.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель АКРВГ с сечением жил $q = 4 \text{ мм}^2$ по условию механической прочности [9, стр. 375].

4.4 Учет электрической энергии

Для присоединения точных измерительных приборов используются трансформаторы тока с классом точности – 0,2, для счетчиков денежного расчета – 0,5, для всех технических измерительных приборов – 1, для релейной защиты – 3 и 10.

Большое значение играет точность измерения потребленной электроэнергии, так как вопросы рационального и экономного расходования электроэнергии занимают важнейшую роль на промышленном предприятии. Одним из главных условий решения этих вопросов является организация доступной и качественной системы учета электроэнергии. В качестве такой системы применим автоматизированную систему коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

АСКУЭ – иерархическая система, представляющая собой техническое устройство, функционально объединяющее совокупность измерительно-информационных комплексов точек измерений, информационно-вычислительных комплексов электроустановок, информационно-вычислительного комплекса и системы обеспечения единого времени, выполняющее функции проведения измерений, сбора, обработки и хранения результатов измерений, информации о состоянии объектов и средств измерений, а также передачи полученной информации в интегрированную автоматизированную систему управления коммерческим учетом на оптовом рынке электроэнергии в автоматизированном режиме.

Система АСКУЭ дает возможность связать планирование энергозатрат с планом выпуска готовой продукции, а также точно определить расход энергоресурсов и выделить его в себестоимости конечного продукта производства. Кроме этого, АСКУЭ позволяет видеть моменты простоя и перегрузки работы предприятия, утечки электроэнергии, что помогает скорректировать работу и повысить экономическую эффективность предприятия, автоматизировать сбор данных.

Основными функциями АСКУЭ является:

- непрерывный опрос счетчиков электроэнергии устройством сбора данных;
- дистанционная запись тарифных расписаний в приборы учета по отложенному заданию;
- автоматическая коррекция текущего времени для каждого счетчика по внутренним часам сервера сбора данных;
- хранение даты и времени начала эксплуатации;
- возможность дистанционного отключения нагрузки;
- организация прозрачного канала связи для работы со счетчиками при помощи конфигурационного программного обеспечения;
- определение и регистрация фактов безучетного потребления электроэнергии в системе, на основе сведения балансов отпущенной и потребленной энергии за интервалы времени;
- передача данных о потребленной электроэнергии в биллинговые системы;
- технический учет расхода электроэнергии.

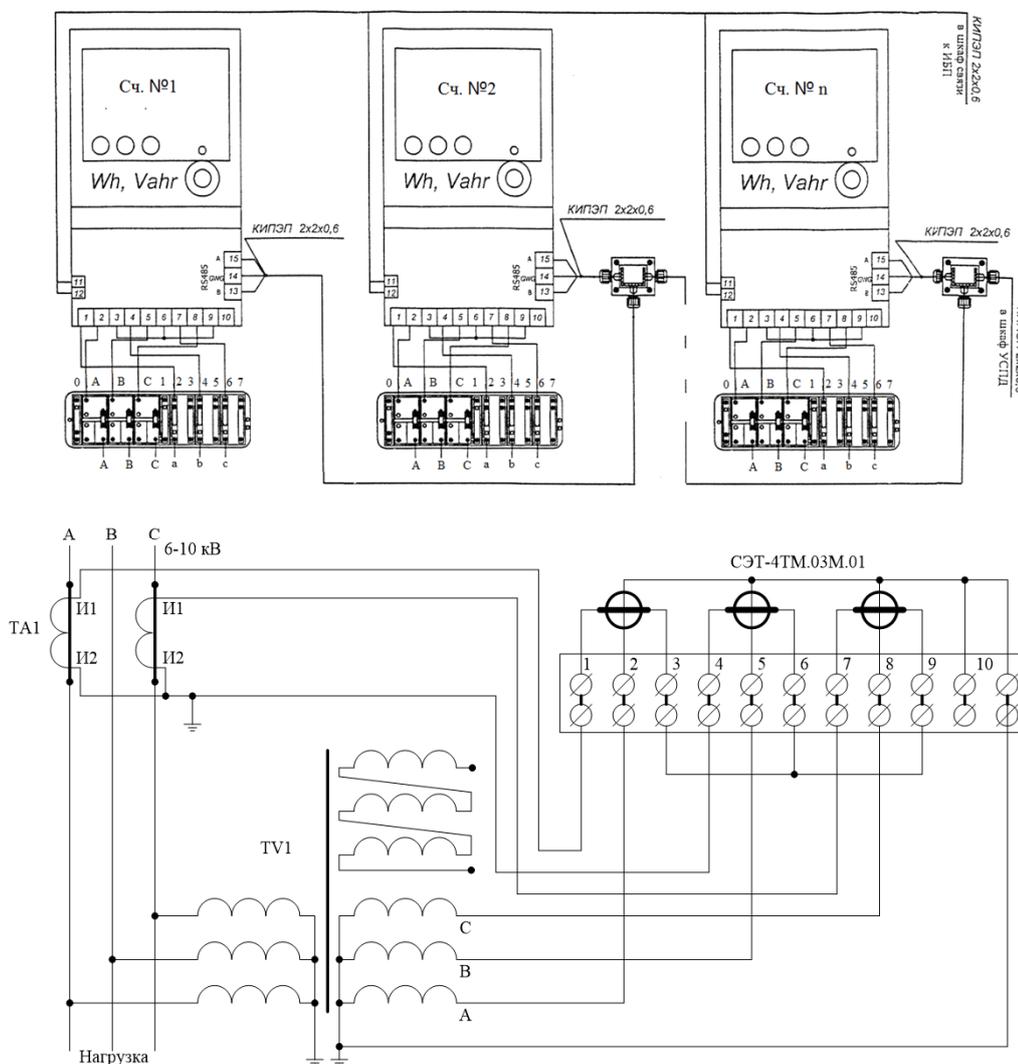


Рисунок 4.1 – Схема учета электроэнергии

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЖИГОВОГО ЦЕХА

Электроснабжение выполняется в следующей последовательности.

Приёмники распределяются по пунктам питания, определяются расчётные электрические нагрузки, выбирается схема и способ прокладки сети (пункты 2.1 - 2.2, таблица 2.1).

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

Производится выбор аппаратов защиты и силовой распределительной сети, согласуя с аппаратами защиты.

Для участка сети проектируемого объекта строится карта селективности действия аппаратов защиты.

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

Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения.

5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники

В качестве аппаратов защиты принимаем автоматические выключатели серии ВА с электромагнитным расцепителем для защиты линии от токов КЗ и тепловым для защиты от перегрузки.

Выбор сечений питающей линий производится по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева. Линии, питающие распределительные пункты, проверяются по допустимой потере напряжения. Сечения кабелей согласовываются с действием аппаратов защиты.

Для питания распределительных пунктов и отдельных электроприемников принимаем кабель марки ВВГнг с прокладкой на лотках по стенам. Питание осуществляем по радиальным линиям.

Примеры выбора аппаратуры и кабелей.

а) Выбор отходящего выключателя ТП

Расчетная мощность нагрузки подстанции

$$S_{р.пс} = 1132,7 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{р.пс} = \frac{S_{р.пс}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1132,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1720,9 \text{ А.}$$

Номинальный ток трансформаторов подстанции

$$I_{ном.тр} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 957,2 \text{ А.}$$

Ток послеаварийного режима трансформаторов подстанции

$$I_{п/ав.тр} = 1,4 \cdot I_{ном.тр} = 1,4 \cdot 957,2 = 1340,1 \text{ А.}$$

Пиковый ток подстанции

$$I_{пик.ПС} = I_{пик}^{max.ПР} + I_{р.ПС} - I_{р}^{max.ПР} = 1308,8 + 1720,9 - 292,5 = 2737,2 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74 – 45 с параметрами $I_{ном.ав} = 3000 \text{ А}$, $I_{тепл} = 2000 \text{ А}$ [3, стр. 87, табл. П.2.3].

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 2000 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{р.ПС} = 1,1 \cdot 1720,9 = 1893,0 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву послеаварийным током

$$I_{пер} = 2 \cdot I_{тепл} = 2 \cdot 2000 = 4000,0 \text{ А} > I_{п/ав.тр} = 1340,1 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 1,25 \cdot 2737,2 = 3421,5 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{пик.ПС}}{I_{тепл}} = \frac{3421,5}{2000} = 1,7, \text{ принимаем } K = 3,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = K \cdot I_{тепл} = 3,0 \cdot 2000 = 6000,0 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 3421,5 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ПР1

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1

$$I_{р} = 292,5 \text{ А}, \quad I_{пик} = 1308,8 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА51 – 29 с параметрами $I_{ном.ав} = 630 \text{ А}$, $I_{тепл} = 400 \text{ А}$ [3, стр. 87, табл. П.2.3].

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 400 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{р} = 1,1 \cdot 292,5 = 321,8 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 1308,8 = 1636,0 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{пик}}{I_{тепл}} = \frac{1636,0}{400} = 4,1, \text{ принимаем } K = 8,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = K \cdot I_{тепл} = 8,0 \cdot 400 = 3200,0 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{пик} = 1636,0 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГнг – 2(4 × 120) $I_{\text{доп}} = 520 \text{ А}$
[1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 520 \text{ А} > I_p = 321,8 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 520 \text{ А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1,25 \cdot 400}{1} = 500,0 \text{ А},$$

где I_3 – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

$k_{\text{прокл}}$ – поправочный коэффициент на условие прокладки (для нормальных условий принимается равным 1);

k_3 – кратность защиты (отношение длительно допустимого тока для кабеля к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ).

– проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_{\%} = \Delta U_0 \cdot I_p \cdot l = 0,039 \cdot 292,5 \cdot 0,158 = 1,80 \% < 5 \%,$$

где l – длина рассматриваемой линии, км.

5% – допустимое значение потерь напряжения.

ΔU_0 – потеря напряжения в трехфазных сетях 380 В [3, стр. 91, табл. П.2.11], % / (А·км);

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

в) Участок ПР1 – Маслонасос МН-1

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{\text{ном}} = 15,1 \text{ А}, \quad I_{\text{пуск}} = 75,3 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА13 – 29 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 63 \text{ А}, \quad I_{\text{тепл}} = 20 \text{ А} \text{ [3, стр. 87, табл. П.2.3].}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{\text{тепл}} = 20 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\text{ном}} = 1,1 \cdot 15,1 = 16,6 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,5 \cdot 75,3 = 113,0 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,5 \cdot I_{\text{пуск}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{113,0}{20} = 5,6, \text{ принимаем } K = 6,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 6,0 \cdot 20 = 120,0 \text{ А} > 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 113,0 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГнг – 1(4 × 4) $I_{\text{доп}} = 35 \text{ А}$
[1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 35 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 16,6 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 35 \text{ А} > \frac{K_z \cdot I_z}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1,25 \cdot 20}{1} = 25,0 \text{ А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Так как расчет по выбору аппаратов защиты и кабельных линий для всех распределительных пунктов и электроприемников аналогичен, то остальные расчеты сведем в таблицу 5.1 (для распределительных пунктов) и таблицу 5.2 (для отдельных электроприемников). Схема расположения и питания распределительных пунктов и отдельных электроприемников приведен на рисунке 5.1.

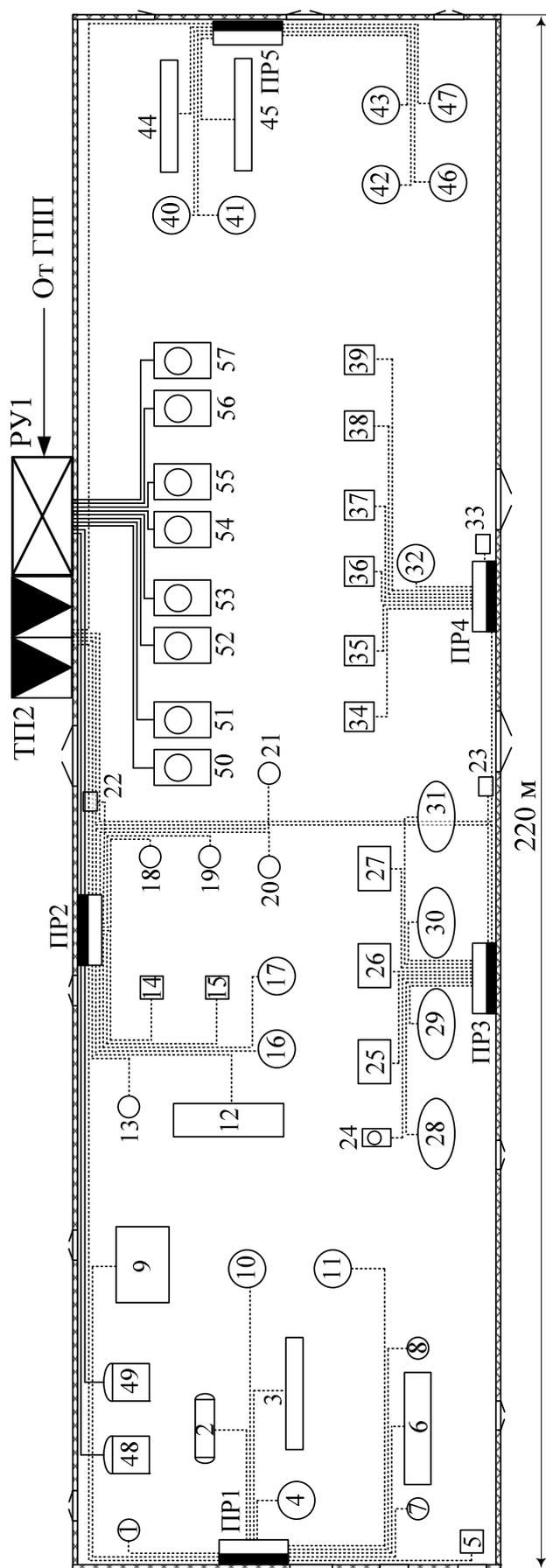


Рисунок 5.1 – Схема расположения и питания распределительных пунктов и электроприемников
в здании обжигового цеха

Таблица 5.1 – Выбор марки и сечений проводников питающей сети, аппаратов защиты

Участок	$\frac{I_p}{I_{\text{пик}}}$	$1,1 \cdot I_p$	$1,25 \cdot I_{\text{пик}}$	Автомат			Способ прокладки	K_3	$K_{\text{пр}}$	$\frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{пр}}}$	Кабель		ΔU_0	ΔU_p		
				K	$\frac{I_{\text{сепл}}}{I_{3,0}}$	Тип					$I_{\text{доп}}$	Марка				
1	A	3	A	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Отходящий выключатель ТП	$\frac{1720,9}{2737,2}$	1893,0	3421,5	3,0	$\frac{2000}{6000,0}$	ВА74 – 45	На лотках	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТП - ПР1	$\frac{292,5}{1308,8}$	321,8	1636,0	8,0	$\frac{400}{3200,0}$	ВА51 – 29		1,25	1	500	520	ВВГнг – 2(4 × 120)	0,158	0,83	0,039	1,80
ТП - ПР2	$\frac{305,6}{668,3}$	336,1	835,3	4,0	$\frac{400}{1600}$	ВА51 – 29		1,25	1	500	520	ВВГнг – 2(4 × 120)	0,041	0,83	0,039	0,48
ТП - ПР3	$\frac{273,2}{1289,4}$	300,5	1611,8	8,0	$\frac{400}{3200}$	ВА51 – 29		1,25	1	500	520	ВВГнг – 2(4 × 120)	0,109	0,77	0,039	1,16
ТП - ПР4	$\frac{294,5}{761,3}$	323,9	951,6	4,0	$\frac{400}{1600}$	ВА51 – 29		1,25	1	500	520	ВВГнг – 2(4 × 120)	0,120	0,80	0,039	1,37
ТП - ПР5	$\frac{339,9}{685,4}$	373,9	856,7	4,0	$\frac{400}{1600}$	ВА51 – 29	1,25	1	500	520	ВВГнг – 2(4 × 120)	0,111	0,84	0,039	1,47	

Таблица 5.2 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

Приемник	Р _{ном} кВт	I _{ном}	I _{пуск}	1,1·I _{ном}	1,5·I _{пуск}	Автомат				К _{пр}	К ₃	К ₃ ·I ₃ К _{пр}	Кабель	
						К	I _{тепл}	I _{о.з.}	Тип				I _{доп}	Марка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 1 ПР11-7123														
Маслонасос МН-1	7,5	15,1	75,3	16,6	113,0	6,0	20,0	120,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	25,0	35	ВВГнг - 1(4 × 4)
Лебедка шихты	11,0	23,5	117,4	25,8	176,0	6,0	31,5	189,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	39,4	42	ВВГнг - 1(4 × 6)
Транспортер шихты	5,5	11,7	58,7	12,9	88,0	6,0	16,0	96,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	20,0	25	ВВГнг - 1(4 × 2,5)
Парогосос РМ-2	75,0	160,0	1120,3	176,0	1680,5	10,0	200,0	2000,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	250,0	260	ВВГнг - 1(4 × 120)
Приточный вентилятор	7,5	16,0	112,0	17,6	168,0	12,0	20,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	25,0	35	ВВГнг - 1(4 × 4)
Подъем фаз	9,6	20,5	102,4	22,5	153,6	12,0	25,0	300,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	31,3	35	ВВГнг - 1(4 × 4)
Маслонасос фаз	7,5	15,1	75,3	16,6	113,0	6,0	20,0	120,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	25,0	35	ВВГнг - 1(4 × 4)
Телега дымососной РНБ-5	2,2	4,7	23,5	5,2	35,2	6,0	6,3	37,8	ВА13 – 29	1,0	1,25	7,9	25	ВВГнг - 1(4 × 2,5)
Насос	45,0	90,4	451,9	99,4	677,8	8,0	100,0	800,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	125,0	145	ВВГнг - 1(4 × 50)
ПР – 2 ПР11-7123														
Подъем печи	32,0	68,3	341,4	75,1	512,1	6,0	100,0	600,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	125,0	27	АВВГ - 1(4 × 4)
Маслонасос МН-2	7,5	15,1	75,3	16,6	113,0	6,0	20,0	120,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	25,0	35	ВВГнг - 1(4 × 4)
Напорный вентилятор	25,0	53,3	373,4	58,7	560,2	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	78,8	95	ВВГнг - 1(4 × 25)
Насос	42,0	84,4	421,8	92,8	632,6	8,0	100,0	800,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	125,0	145	ВВГнг - 1(4 × 50)
Маслонасос МН-3	7,5	15,1	75,3	16,6	113,0	6,0	20,0	120,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	25,0	35	ВВГнг - 1(4 × 4)
Маслонасос МН-4	7,5	15,1	75,3	16,6	113,0	6,0	20,0	120,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	25,0	35	ВВГнг - 1(4 × 4)
Маслонасос подъема печи	7,5	15,1	75,3	16,6	113,0	6,0	20,0	120,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	25,0	35	ВВГнг - 1(4 × 4)
Тепловая завеса	22,0	46,9	328,6	51,6	492,9	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	78,8	95	ВВГнг - 1(4 × 25)
ПР – 3 ПР11-7123														
Тепловая завеса	22,0	46,9	328,6	51,6	492,9	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	78,8	95	ВВГнг - 1(4 × 25)
Парогосос РМ-2	75,0	160,0	1120,3	176,0	1680,5	10,0	200,0	2000,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	250,0	260	ВВГнг - 1(4 × 120)
Двигатель подъема фаз	5,5	11,7	58,7	12,9	88,0	6,0	16,0	96,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	20,0	25	ВВГнг - 1(4 × 2,5)
Разлив-машина	12,0	29,3	146,3	32,2	219,5	6,0	40,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	50,0	55	ВВГнг - 1(4 × 10)

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 4 ПР11-7123														
Вертикальный насос	18,0	36,2	180,8	39,8	271,1	12,0	40,0	480,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	50,0	55	ВВГнг - 1(4 × 10)
Тепловая завеса	35,0	74,7	522,8	82,2	784,2	8,0	100,0	800,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	125,0	145	ВВГнг - 1(4 × 50)
Вентилятор	30,0	64,0	448,1	70,4	672,2	10,0	80,0	800,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	100,0	120	ВВГнг - 1(4 × 35)
ПР – 5 ПР11-7123														
Насос	40,0	80,3	401,7	88,4	602,5	8,0	100,0	800,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	125,0	145	ВВГнг - 1(4 × 50)
Вертикальный насос	18,0	36,2	180,8	39,8	271,1	12,0	40,0	480,0	ВА13 – 29	1,0	1,25	50,0	55	ВВГнг - 1(4 × 10)
Шнек разгрузки	25,0	53,3	266,7	58,7	400,1	6,0	80,0	480,0	ВА57 – 35	1,0	1,25	100,0	120	ВВГнг - 1(4 × 35)

5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

В соответствии с этим ГОСТ для силовых сетей промышленных предприятий отклонение напряжений не должен превышать $\pm 5\%$ от номинального значения. На шинах 6-10 кВ подстанции, к которой присоединены распределительные сети, напряжение должно поддерживаться не ниже 105% номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

Рассмотрим цепочку ГПП – ТП2 – ПР1 – ЭП №4.

Расчетные данные приемника №4

$$P_{\text{ном}} = 75,0 \text{ кВт}; \quad Q_{\text{ном}} = 56,3 \text{ кВАр}; \quad S_{\text{ном}} = 93,8 \text{ кВА}.$$

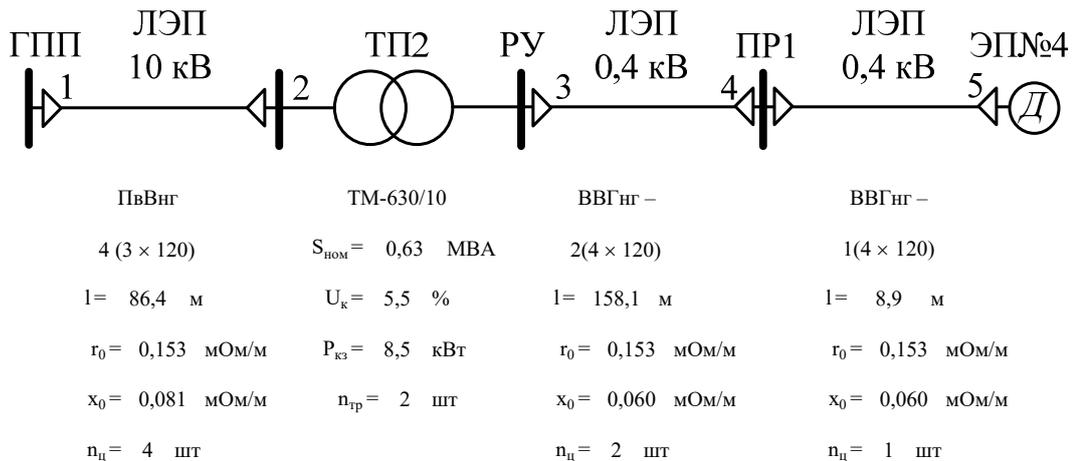


Рисунок 5.2 – Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,153 \cdot 86,4}{4} \cdot 10^{-3} = 0,003 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,081 \cdot 86,4}{4} \cdot 10^{-3} = 0,002 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{\text{ц,ТП}} = 9735,8 \text{ кВт}, \quad Q_{12} = \sum Q_{\text{ц,ТП}} = 3403,7 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{9735,8 \cdot 0,003 + 3403,7 \cdot 0,002}{10 \cdot 10,5^2} = 0,035 \%$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12,\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,035 \cdot \frac{10500}{100} = 3,6 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 3,6 = 10496,4 \text{ В}.$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{ном.тр}} = \frac{8,5 \cdot 100}{630} = 1,349 \text{ ,}$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 + U_a^2} = \sqrt{5,5^2 + 1,349^2} = 5,332 \text{ .}$$

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta = \frac{P_{12}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{951,8}{2 \cdot 630} = 0,76 \text{ .}$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta P_{тр} = n_{тр} \cdot (\Delta P_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P_{кз}) = 2 \cdot (1,56 + 0,76^2 \cdot 8,5) = 12,8 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{тр} = n_{тр} \cdot (\Delta Q_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta Q_{кз}) = 2 \cdot (12,6 + 0,76^2 \cdot 34,7) = 64,7 \text{ кВАр.}$$

Активная, реактивная и полная мощности, протекающие по участку 2-3

$$P_{23} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 951,8 - 12,8 = 939,0 \text{ кВт,}$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 614,0 - 64,7 = 549,2 \text{ кВАр.}$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{939,0^2 + 549,2^2} = 1087,8 \text{ кВА.}$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{939,0}{1087,8} = 0,863 \text{ ,} \quad \sin \varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{549,2}{1087,8} = 0,505 \text{ ,}$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\begin{aligned} \Delta U_{23,\%} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) = 0,755 \cdot (1,349 \cdot 0,863 + \\ &+ 5,332 \cdot 0,505) + \frac{0,755^2}{200} \cdot (1,349 \cdot 0,505 - 5,332 \cdot 0,863) = 2,902 \text{ \%}. \end{aligned}$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 2,902 \cdot \frac{10496,4}{100} = 304,6 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 10496,4 - 304,6 = 10191,7 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3 с учетом коэффициента трансформации

$$U_3^{HH} = U_3 = 400 \cdot \frac{10191,7}{10500} = 388,3 \text{ В.}$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,153 \cdot 158,1}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0121 \text{ Ом,}$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 158,1}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0048 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 157,8 \text{ кВт,} \quad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 110,2 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{157,8 \cdot 0,0121 + 110,2 \cdot 0,0048}{10 \cdot 0,388^2} = 1,615 \text{ \%}$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 1,615 \cdot \frac{388,3}{100} = 6,3 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 388,3 - 6,3 = 382,0 \text{ В.}$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,153 \cdot 8,9}{1} \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ Ом,}$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 8,9}{1} \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{НОМ}} = 75,0 \text{ кВт,} \quad Q_{45} = Q_{\text{НОМ}} = 56,3 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{75,0 \cdot 0,001 + 56,3 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,382^2} = 0,091 \text{ \%}$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0,091 \cdot \frac{382,0}{100} = 0,3 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 382,0 - 0,3 = 381,6 \text{ В.}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

Максимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	9735,8	939,0	157,8	75,0
Q_i , кВАр	3403,7	549,2	110,2	56,3
S_i , кВА	10313,6	1087,8	192,5	93,8
R_i , Ом	0,003	—	0,012	0,001
X_i , Ом	0,002	—	0,005	0,001
$\cos\varphi$	—	0,863	—	—
$\sin\varphi$	—	0,505	—	—
β_T	—	0,755	—	—
U_a , %	—	1,349	—	—
U_p , %	—	5,332	—	—
ΔU_i , %	0,035	2,902	1,615	0,091
ΔU_i , В	3,6	304,6	6,3	0,3
$\Sigma = 4,642 \%$				
Минимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	8762,2	845,7	142,1	75,0
Q_i , кВАр	3131,4	507,6	101,4	56,3
S_i , кВА	9305,0	986,3	174,6	93,8
R_i , Ом	0,003	—	0,0121	0,001
X_i , Ом	0,002	—	0,0048	0,001
$\cos\varphi$	—	0,857	—	—
$\sin\varphi$	—	0,515	—	—
β_T	—	0,680	—	—
U_a , %	—	1,349	—	—
U_p , %	—	5,332	—	—
ΔU_i , %	0,031	2,643	1,452	0,090
ΔU_i , В	3,3	277,5	5,7	0,3
$\Sigma = 4,217 \%$				
К _{min} = 0,900				
К _{min} = 0,920				
Послеаварийный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	9735,8	930,9	157,8	75,0
Q_i , кВАр	3403,7	522,3	110,2	56,3
S_i , кВА	10313,6	1067,4	192,5	93,8
R_i , Ом	0,004	—	0,012	0,001
X_i , Ом	0,002	—	0,005	0,001
$\cos\varphi$	—	0,872	—	—
$\sin\varphi$	—	0,489	—	—
β_T	—	1,511	—	—
U_a , %	—	1,349	—	—
U_p , %	—	5,332	—	—
ΔU_i , %	0,046	5,674	1,711	0,096
ΔU_i , В	4,8	595,5	6,5	0,4
$\Sigma = 7,528 \%$				

По результатам расчетов строим эюру отклонения напряжения. Эюра представлена на рисунке 5.3.

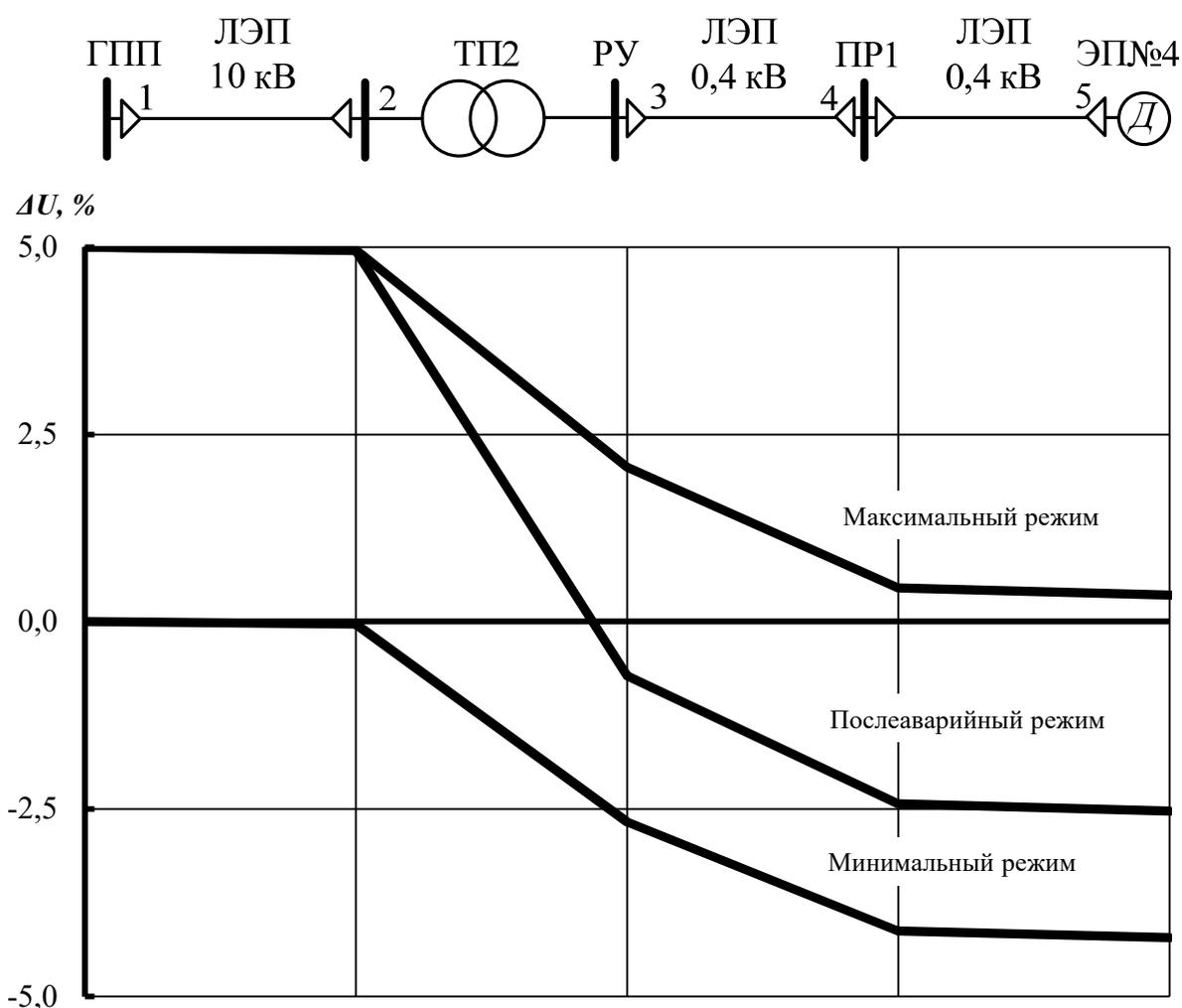


Рисунок 5.3 – Эюры отклонений напряжения

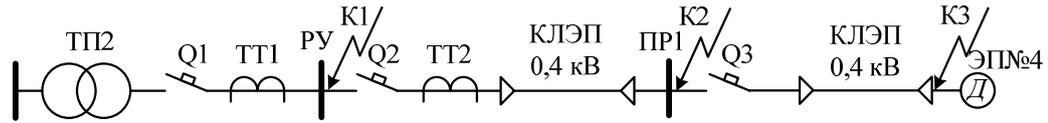
Из эюр отклонений напряжения видно, что потеря напряжения в линиях соответствует норме и принятые сечения пригодны для эксплуатации.

5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчет в сравнении с расчетом токов КЗ в сетях напряжением выше 1000 В обладает следующими особенностями:

- напряжение на шинах ЦТП считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- при расчете токов КЗ учитываем активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети;
- расчет ведем в именованных единицах;
- напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети.

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП2 – ПР1 – ЭП №4.



ТМ-630/10	ВА74 – 45	ВА51 – 29	ВВГнг –	ВА57 – 35	ВВГнг –
$S_{\text{НОМ}} = 0,63 \text{ МВА}$	$\frac{2000}{400}$	$\frac{400}{400}$	$2(4 \times 120)$	$\frac{200}{400}$	$1(4 \times 120)$
$U_a = 1,3 \%$	6000,0	3200,0	$l = 158,1 \text{ м}$	2000,0	$l = 8,9 \text{ м}$
$U_p = 5,3 \%$			$r_0 = 0,153 \text{ МОм/м}$		$r_0 = 0,153 \text{ МОм/м}$
$P_{\text{кз}} = 8,5 \text{ кВт}$	ТШМС-0,66	ТК-40	$x_0 = 0,060 \text{ МОм/м}$		$x_0 = 0,060 \text{ МОм/м}$
$I_{\text{НОМ.ТР}} = 0,96 \text{ кА}$	4000 / 5	400 / 5	$n_{\text{ц}} = 2 \text{ шт}$		$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$

Рисунок 5.4 – Расчетная схема

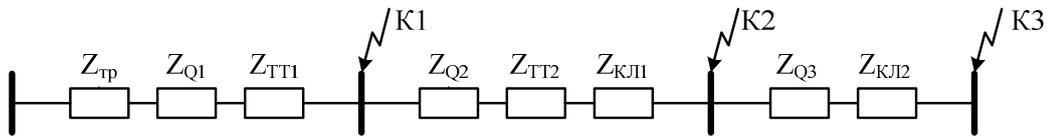


Рисунок 5.5 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

$$R_{\text{ТР}} = \frac{U_a}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ.ТР}}} = \frac{1,349}{100} \cdot \frac{400^2}{630} = 3,4 \text{ МОм},$$

$$X_{\text{ТР}} = \frac{U_p}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ.ТР}}} = \frac{5,332}{100} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,5 \text{ МОм},$$

$$Z_{\text{ТР}} = \sqrt{R_{\text{ТР}}^2 + X_{\text{ТР}}^2} = \sqrt{3,4^2 + 13,5^2} = 14,0 \text{ МОм}.$$

Сопротивление катушек максимального тока автоматов при номинальных токах больше 1000 А не учитываются, по этому, сопротивление автомата Q1 не учитываем.

Автоматы Q2, Q3

$$Z_{Q2} = \sqrt{R_{Q2}^2 + X_{Q2}^2} = \sqrt{0,15^2 + 0,10^2} = 0,2 \text{ МОм},$$

$$Z_{Q3} = \sqrt{R_{Q3}^2 + X_{Q3}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,28^2} = 0,5 \text{ МОм}.$$

Сопротивления первичной обмотки трансформаторов тока с коэффициентом трансформации >1000/5 не учитывается, по этому, сопротивление трансформатора тока ТТ1 не учитываем.

Трансформатор тока ТТ2

$$Z_{\text{ТТ2}} = \sqrt{R_{\text{ТТ2}}^2 + X_{\text{ТТ2}}^2} = \sqrt{0,11^2 + 0,17^2} = 0,2 \text{ МОм}.$$

Кабельная линия КЛ1

$$R_{КЛ1} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,153 \cdot 158,1}{2} = 12,1 \text{ мОм},$$

$$X_{КЛ1} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,060 \cdot 158,1}{2} = 4,8 \text{ мОм},$$

$$Z_{КЛ1} = \sqrt{R_{КЛ1}^2 + X_{КЛ1}^2} = \sqrt{12,1^2 + 4,8^2} = 13,0 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{КЛ2} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,153 \cdot 8,9}{1} = 1,4 \text{ мОм},$$

$$X_{КЛ2} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,060 \cdot 8,9}{1} = 0,5 \text{ мОм}.$$

$$Z_{КЛ2} = \sqrt{R_{КЛ2}^2 + X_{КЛ2}^2} = \sqrt{1,4^2 + 0,5^2} = 1,5 \text{ мОм}.$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1

$$Z_{К1} = Z_{тр} = 14,0 \text{ мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{К1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{К1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,0} = 16,5 \text{ кА}.$$

Постоянная времени

$$T_{a1} = \frac{X_{рез1}}{\omega \cdot R_{рез1}} = \frac{13,5}{314 \cdot 3,4} = 0,0126 \text{ с}.$$

Ударный коэффициент

$$k_{уд1} = 1 + e^{-0,01/T_{a1}} = 1 + e^{-0,01 / 0,0126} = 1,452 .$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1

$$i_{уд,К1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1} \cdot I_{К1} = \sqrt{2} \cdot 1,452 \cdot 16,5 = 33,9 \text{ кА}.$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	Z_{Σ} , мОм	$k_{уд}$	T_a , сек	I_k , кА	$i_{уд}$, кА
К1	14,0	1,452	0,0126	16,5	33,9
К2	27,4	1,069	0,0037	8,4	12,8
К3	29,3	1,059	0,0035	7,9	11,8

5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

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

- номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- расчётный и пиковый ток вводного распределительного устройства (при его наличии);
- расчётный и пиковый ток подстанции;
- характеристики защитных аппаратов;
- значения токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ.

Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности сведены в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности

Узел нагрузки	ТП2	ПП1	Пароотсос №4
Расчетный ток I_M , А	1720,9	292,5	–
Пиковый ток $I_{пик}$, А	2737,2	1308,8	–
Номинальный ток $I_{ном}$, А	–	–	160,0
Пусковой ток $I_{пуск}$, А	–	–	1120,3
Ток КЗ I_K , А	16533,2	8443,7	7890,0
Тип аппарата	ВА74 – 45	ВА51 – 29	ВА57 – 35
Условия срабатывания по току			
– при перегрузке $I_{ном.расц}$, А	2000	400	200,0
– при КЗ $I_{кз}$, А	6000,0	3200,0	2000,0
Условия срабатывания по времени, с	0,1	0,015	0,001

Карта селективности представлена на рисунке 5.6.

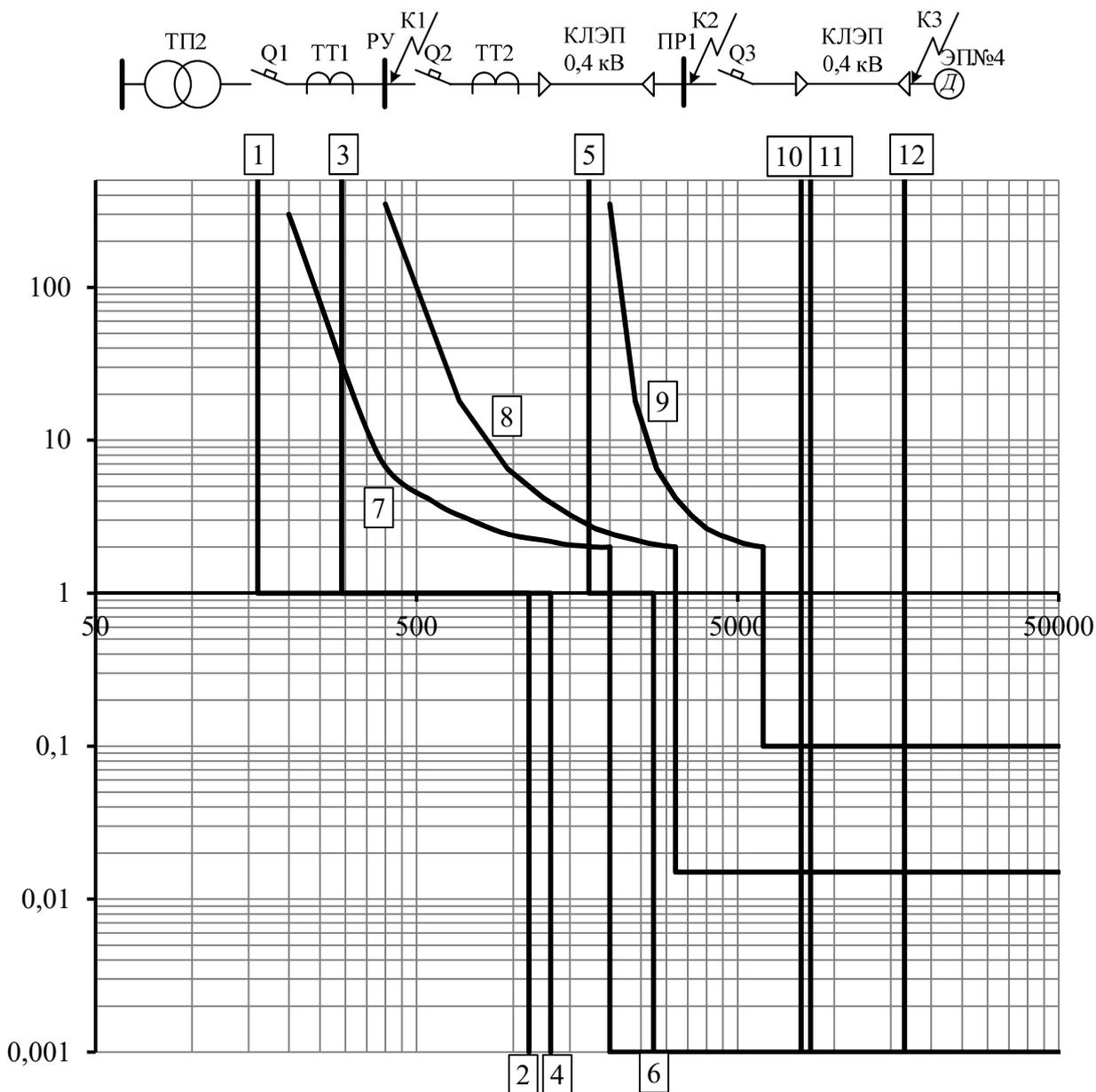


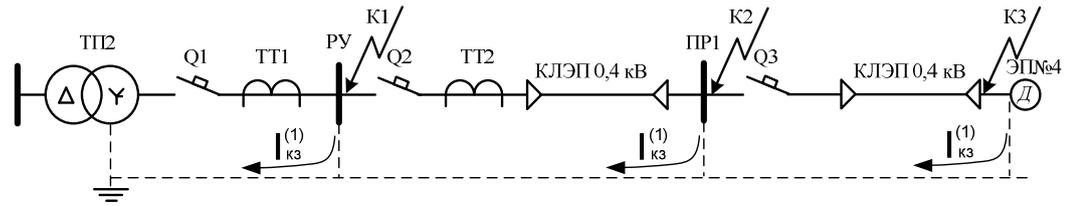
Рисунок 5.6 – Карта селективности действия аппаратов защиты

1 – номинальный ток электроприемника; 2 – пусковой ток электроприемника; 3 – расчетный ток ПР; 4 – пиковый ток ПР; 5 – расчетный ток ТП; 6 – пиковый ток ТП; 7 – автомат электроприемника; 8 – автомат ПР; 9 – автомат ТП; 10 – КЗ в точке К3; 11 – КЗ в точке К2; 12 – КЗ в точке К1.

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

Обеспечение отключения аппаратами защиты токов трехфазного КЗ не является гарантией отключения однофазного КЗ, по той причине, что токи однофазного короткого замыкания в несколько раз меньше токов трехфазного КЗ. В сети напряжения 0,4 кВ необходимо быстрое отключение повреждения. Это достигается высокой проводимостью петли фаза ноль.

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП2 – ПР1 – ЭП №4.



ТМ-630/10	ВА74 – 45	ВА51 – 29	ВВГнг –	ВА57 – 35	ВВГнг –
$z_{тр} = 42,0$ мОм	<u>2000</u>	<u>400</u>	$2(4 \times 120)$	<u>200</u>	$1(4 \times 120)$
	6000,0	3200,0	$l = 158,1$ м	2000,0	$l = 8,9$ м
			$r_{\phi} = 0,153$ мОм/м		$r_{\phi} = 0,153$ мОм/м
	ТШМС-0,66	ТК-40	$r_n = 0,363$ мОм/м		$r_n = 0,363$ мОм/м
	4000 / 5	400 / 5	$x' = 0,600$ мОм/м		$x' = 0,600$ мОм/м
			$n_{ц} = 2$ шт		$n_{ц} = 1$ шт

Рисунок 5.7 – Расчетная схема

Сопротивления элементов.

Сопротивление трансформатора току однофазного замыкания на корпус [2, стр. 60, табл. 4.6]

$$\frac{Z_{тр}}{3} = \frac{42,0}{3} = 14,0 \text{ мОм.}$$

Автоматы Q2, Q3

$$R_{Q2} = 0,15 \text{ мОм,} \quad X_{Q2} = 0,10 \text{ мОм,}$$

$$R_{Q3} = 0,36 \text{ мОм,} \quad X_{Q3} = 0,28 \text{ мОм,}$$

Трансформатор тока ТТ2

$$R_{ТТ2} = 0,11 \text{ мОм,} \quad X_{ТТ2} = 0,17 \text{ мОм.}$$

Кабельная линия КЛ1

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 1} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,153 \cdot 158,1}{2} = 12,1 \text{ мОм,}$$

активное сопротивление нулевого проводника [1, стр. 143, табл. 6.22]

$$R_{n1} = \frac{r_n \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,363 \cdot 158,1}{2} = 28,7 \text{ мОм,}$$

внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль [2, стр. 61]

$$X'_1 = \frac{x' \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,600 \cdot 158,1}{2} = 47,4 \text{ мОм.}$$

Кабельная линия КЛ2

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 2} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,153 \cdot 8,9}{1} = 1,4 \text{ мОм,}$$

активное сопротивление нулевого проводника [1, стр. 143, табл. 6.22]

$$R_{н2} = \frac{r_n \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,363 \cdot 8,9}{1} = 3,2 \text{ мОм},$$

внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль [2, стр. 61]

$$X'_2 = \frac{x' \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,600 \cdot 8,9}{1} = 5,3 \text{ мОм}.$$

Сопротивление дуги в точке КЗ [2, стр. 61]

$$R_d = 0,03 \text{ мОм}.$$

Сопротивление питающей системы [2, стр. 61]

$$X_c = 3,2 \text{ мОм}.$$

Внутреннее индуктивное сопротивление проводов зануления X'' учитывается только для проводов выполненных из стали [2, стр. 61].

Для расчета тока однофазного КЗ рекомендуется упрощенная формула

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{тр}}{3} + Z_n},$$

где U_ϕ – фазное напряжение сети, В.

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Сопротивление петли фаза ноль до точки К1

$$Z_{н1} = \sqrt{R_d^2 + X_c^2} = \sqrt{0,03^2 + 3,2^2} = 3,2 \text{ мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{тр}}{3} + Z_{н1}} = \frac{220}{14,0 + 3,2} = 12,8 \text{ кА}.$$

Проверка условия

$$I_{K1}^{(1)} = 12,8 \text{ кА} > 3 \cdot I_{ном,расц} = 3 \cdot 2,000 = 6,0 \text{ кА},$$

следовательно, в случае однофазного КЗ в точке К1 автомат, защищающий отходящую линию на ТП, должен безотказно сработать.

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	Z_Σ , мОм	I_K , кА	$3 \cdot I_{ном,расц}$, кА
К1	3,2	12,8	6,0
К2	65,4	2,77	1,20
К3	72,9	2,53	0,60

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3Д1	Маковеев Роман Владимирович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- Примерный бюджет проекта – 3000 тыс руб.; - В реализации проекта задействованы два человека: руководитель, инженер.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 - Минимальный размер оплаты труда(на 2018 год) составляет 7500 руб.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления по страховым взносам 30% от ФОТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проектной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>	- Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование.
2. <i>Планирование и формирование бюджета проектной работы</i>	- Планирование выполнения работ по проекту - Расчет бюджета затрат на проектирование.
3. <i>Составление сметы затрат на проектирование. Составление сметы затрат на оборудование.</i>	- Составление сметы затрат на основное электрооборудование рассматриваемого объекта.
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Оценка научно-технического уровня следования. - Оценка рисков.

Перечень графического материала:

1. Календарный план-график выполнения проекта.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д1	Маковеев Роман Владимирович		

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данной работы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является составление сметы на проектирование электрической части Норильского никелевого завода и расчет сметы затрат на электрооборудование обжигового цеха предприятия.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективность разработки проекта;
2. Осуществить планирование этапов выполнения проекта;
3. Рассчитать бюджет проекта;
4. Произвести оценку научно-технического уровня проекта и оценку рисков.

6.1 Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование

В данной работе выполнено проектирование системы электроснабжения Норильского никелевого завода с детальной проработкой обжигового цеха предприятия.

Разработка научно-исследовательской работы производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и инженера.

В результате работы была спроектирована конкретная модель предприятия, в которой каждый элемент подобран таким образом, чтобы энергозатратность была минимальной, а ресурсоэффективность максимальной. Таким образом, в итоге получилось экономически выгодное предприятие, которое по коммерческому потенциалу не уступает своим конкурентам, а применение современных устройств, материалов, аппаратов позволило сделать его более инновационным по сравнению с уже имеющимися предприятиями.

Данный проект может представлять интерес для предприятий, работающих в сфере металлургической промышленности, поэтому можно говорить о том, что проект имеет коммерческий потенциал.

6.2 Планирование выполнения работ по проекту и формирование бюджета проектной работы

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на проектирование электроснабжения объекта в срок при наименьших затратах средств, составляется план-график, в котором рассчитывается поэтапная трудоемкость всех работ. После определения трудоемкости всех этапов темы, назначается число участников работы по этапам (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполненных работ	Исполнители	Прод-сть, дн.
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Руководитель	4
		Инженер	4
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инженер	3
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	3
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер	2
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Технико-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	2
6	Выбор трансформаторов ГПП. Технико-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель	1
		Инженер	3
7	Расчет внутривзаводской сети предприятия	Инженер	8
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	2
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В	Инженер	2
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	Руководитель	1
		Инженер	3
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Инженер	2
12	Расчет молниезащиты	Инженер	2
13	Расчет релейной защиты и автоматики	Инженер	3
14	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	2
15	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	2
		Инженер	22
16	Чертежные работы	Руководитель	2
		Инженер	22
	Итого по каждой должности	Руководитель	10
		Инженер	85
Итого ФЭП сотрудников			

На основе таблицы 6.1 строится календарный план-график рисунок 6.1. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Наименование исполнителя	Календарные дни	Перечень выполняемых работ
Руководитель	0 - 5	Ознакомление с производственной документацией
	5 - 15	Выбор трансформаторов ГПП
	15 - 30	Расчет схемы электроснабжения цеха
	30 - 43	Составление расчетно-пояснительной записки Чертежные работы
Инженер	0 - 5	Ознакомление с производственной документацией
	5 - 10	Расчет электрических нагрузок по цеху
	10 - 12	Расчет электрических нагрузок по предприятию
	12 - 15	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН
	15 - 18	Выбор трансформаторов цеховых подстанций
	18 - 25	Выбор трансформаторов ГПП
	25 - 30	Расчет внутризаводской сети предприятия
	30 - 32	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.
	32 - 35	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В
	35 - 38	Расчет схемы электроснабжения цеха
	38 - 40	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В
	40 - 42	Расчет молниезащиты
	42 - 45	Расчет релейной защиты и автоматики
	45 - 48	Расчет эпюры отклонений напряжения
	48 - 63	Составление расчетно-пояснительной записки Чертежные работы

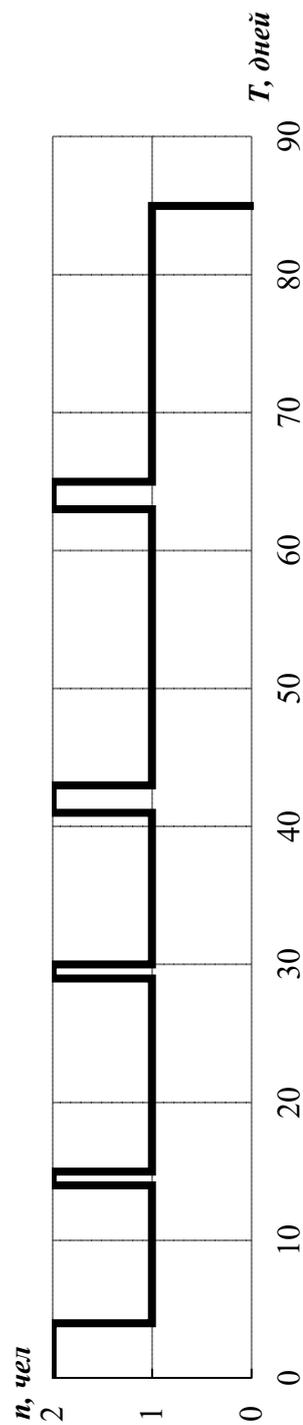


Рисунок 7.1 – Календарный план проекта и график занятости в выполнении проекта

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность выполнения технического проекта составляет 85 дней.

Затраты на разработку проекта

$$K_{\text{пр}} = I_{\text{зп}} + I_{\text{мат}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{со}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}},$$

где $I_{\text{зп}}$ – заработная плата;

$I_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$I_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$I_{\text{со}}$ – отчисления на социальные нужды;

$I_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$I_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

1) Расчет зарплаты

а) Зарплата научного руководителя с учетом фактически отработанных часов

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = n_{\text{ч}} \cdot I_{\text{ч}} = 20 \cdot 300 = 6000 \text{ руб.}$$

где $n_{\text{ч}}$ – количество отработанных часов по факту;

$I_{\text{ч}}$ – стоимость одного часа работы руководителя.

б) Месячная зарплата инженера

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = \text{ЗП}_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = 17500,0 \cdot 1,10 \cdot 1,3 = 25025,0 \text{ руб.}$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{25025,0}{21} \cdot 85,0 = 101291,7 \text{ руб.}$$

Расчет зарплаты сотрудников сведем в таблицу 6.2.

в) Итого ФЗП сотрудников

$$\text{ФЗП} = 6000,0 + 101291,7 = 107291,7 \text{ руб.}$$

Расчет ФЗП приведен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Расчет ФЗП

Должность	ЗП ₀ , руб	Д, руб	K ₁	K ₂	I _{зп} ^{мес} , руб
Руководитель	23300,0	–	–	–	6000,0
Инженер	17500,0	–	1,10	1,3	25025,0
Итого	40800,0	–	–	–	31025,0

2) Материальные затраты

Таблица 6.3 – Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб	И _м , руб
Флеш память	1	500,0	500,0
Упаковка бумаги А4 500 листов	1	200,0	200,0
Канцтовары	–	100,0	100,0
Картридж для принтера	1	2000,0	2000,0
Итого И _{мат} , руб	–	–	2800,0

3) Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах.

$$I_{ам} = \frac{T_{исп.КТ}}{T_{кал}} \cdot C_{КТ} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{43}{365} \cdot 24000,0 \cdot \frac{1}{5} = 558,9 \text{ руб.}$$

где $T_{исп.КТ}$ – время использования компьютерной техники на проект;

$T_{кал} = 365$ – годовой действительный фонд рабочего времени используемого оборудования;

$C_{КТ}$ – первоначальная стоимость оборудования, руб;

$T_{сл}$ – срок службы компьютерной техники (время окупаемости 5 лет).

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб	Количество	T _э , дней	И _{ам} , руб
Компьютер	24000,0	1	43	558,9
Принтер	3700,0	1	9	18,2
Итого И _{ам} , руб	–	–	–	577,2

4) Отчисления на социальные нужды (соц. страхование, пенсионный фонд, мед. страховка) в размере 30% от ФЗП

$$I_{со} = 0,3 \cdot 107291,7 = 32187,5 \text{ руб.}$$

5) Прочие расходы (услуги связи, затраты на ремонт оборудования...) в размере 10% от ФЗП, затрат на материалы, амортизации и отчислений на социальные нужды

$$\begin{aligned} I_{пр} &= 0,1 \cdot (\text{ФЗП} + I_{м} + I_{ам} + I_{со}) = \\ &= 0,1 \cdot (107291,7 + 2800,0 + 577,2 + 32187,5) = 14285,6 \text{ руб.} \end{aligned}$$

б) Накладные расходы (затраты на отопление, свет, обслуживание помещений...)

$$I_{\text{накл}} = 0,16 \cdot \text{ФЗП} = 0,16 \cdot 107291,7 = 17166,7 \text{ руб.}$$

7) Затраты на разработку проекта

$$K_{\text{пр}} = \text{ФЗП} + I_{\text{мат}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{со}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}} =$$

$$= 107291,7 + 2800,0 + 577,2 + 32187,5 + 14285,6 + 17166,7 = 174308,6 \text{ руб.}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб.
1	ФЗП	107291,7
2	Материалы $I_{\text{мат}}$	2800,0
3	Амортизация основных фондов $I_{\text{ам}}$	577,2
4	Социальные отчисления $I_{\text{со}}$	32187,5
5	Прочие расходы $I_{\text{пр}}$	14285,6
6	Накладные расходы $I_{\text{н}}$	17166,7
Цена проекта $K_{\text{пр}}$, руб		174308,6

6.3 Смета затрат на электрооборудование

Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха приведена в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Единицы измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	2	3	4	5	6	7	8
1	КТП 630/10 × 2	шт	2	347,50	69,50	695,00	139,00
2	ПР11-7123-21УЗ	шт	5	25,53	5,11	127,65	25,53
	ЯОУ 85-01	шт	2	2,00	0,40	4,00	0,80
3	Автомат ВА74 – 45	шт	3	43,70	8,74	131,10	26,22
	Автомат ВА51 – 29	шт	5	32,40	6,48	162,00	32,40
	Автомат ВА57 – 35	шт	9	2,90	0,58	26,10	5,22
	Автомат ВА13 – 29	шт	38	5,40	1,08	205,20	41,04

Окончание таблицы 6.6

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Кабель ВВГнг-4 × 4	км	0,157	25,20	5,04	3,96	0,79
	Кабель ВВГнг-4 × 6	км	0,040	32,40	6,48	1,30	0,26
	Кабель ВВГнг-4 × 10	км	0,121	51,60	10,32	6,24	1,25
	Кабель ВВГнг-4 × 16	км	0,167	74,00	14,80	12,36	2,47
	Кабель ВВГнг-4 × 25	км	0,244	110,64	22,13	27,00	5,40
	Кабель ВВГнг-4 × 35	км	0,010	150,20	30,04	1,50	0,30
	Кабель ВВГнг-4 × 50	км	0,187	200,00	40,00	37,40	7,48
	Кабель ВВГнг-4 × 70	км	0,132	294,00	58,80	38,81	7,76
	Кабель ВВГнг-4 × 95	км	0,127	400,00	80,00	50,80	10,16
	Кабель ВВГнг-4 × 120	км	0,647	485,48	97,10	314,11	62,82
	Кабель ВВГнг-4 × 150	км	0,314	595,38	119,08	186,95	37,39
	Кабель ВВГнг-4 × 185	км	0,427	718,94	143,79	306,99	61,40
	Провод ПВ-2 × 2,5	км	2,405	3,34	0,67	8,03	1,61
Итого по цеху, тыс. руб						2346,49	469,30

6.4 Оценка целесообразности исследования

Оценка научно-технического уровня следования

Для определения научно - технического уровня проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности необходимо, рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ).

Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок. Суть метода состоит в присвоении каждому из признаков НТУ определенного числа баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик.

Формула для определения общей оценки

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i \cdot П_i,$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

$П_i$ – количественная оценка i – го признака.

Таблица 6.8 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,8
Теоретический уровень	0,6
Возможность реализации	0,3

Таблица 6.9 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 6.10 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Разработка нового метода	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ	8
Разработка численных экспериментов	6
Элементарный анализ результатов исследования	3

Таблица 6.11 – Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	5
Свыше 10 лет	3

Тогда

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot \Pi_i = 0,8 \cdot 7 + 0,6 \cdot 6 + 0,3 \cdot 10 = 12 .$$

По полученным значениям коэффициент научно-технического уровня (НТУ) можно сказать о достаточно высоком научно - техническом уровне исследования, его научной ценности, технической значимости и эффективности.

Выводы

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1) Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования, результат которого показал большой потенциал применения методики.

2) Разработан календарный план научного исследования. Построен график проведения НИР.

3) Суммарный бюджет затрат НИР составил

$$K = \sum I + K_{об} + K_{монт} = 174,3 + 2346,5 + 469,3 = 2990,1 \text{ тыс.руб.}$$

4) Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем оценки научно-технического уровня проекта. В результате установлено, что проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического уровня.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3Д1	Маковеев Роман Владимирович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Система электроснабжения обжигового цеха Норильского никелевого завода
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты) 	<p>1. Анализ следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Отклонение параметров микроклимата; - Шум; - Вибрация; - Электромагнитное излучение; - Недостаточный уровень освещения. <p>2. Анализ следующих опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Поражение электрическим током; - Механические травмы от движущихся механизмов и машин.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<p>1. Анализ воздействия на атмосферу (выбросы);</p> <p>2. Анализ воздействия на гидросферу (сбросы);</p> <p>3. Анализ воздействия на литосферу (отходы).</p>

<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Наиболее возможными ЧС в рассматриваемой рабочей зоне является пожар. Разработка следующих мер по безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – по необходимому оснащению (первичные средства пожаротушения, пожарная сигнализация, система автоматического пожаротушения); – инструкция по пожарной безопасности для работников; – план эвакуации работников при пожаре.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности в рабочей зоне для электротехнического персонала</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Ледовская Анна Михайловна	–		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д1	Маковеев Роман Владимирович		

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

7.1 Введение

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. В нашей стране государство направляет средства на проведение мероприятий по охране здоровья трудящихся и в частности на обеспечение техники безопасности и производственной санитарии. Мероприятия, связанные с созданием безопасных условий труда осуществляются в плановом порядке.

В данном разделе рассмотрены следующие вопросы охраны труда: проанализированы условия труда с точки зрения наличия возможности появления вредных факторов и их воздействие на работающих, рассмотрены мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, а также мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте электромонтера.

В данной работе рассмотрен обжиговой цех Норильского никелевого завода. В данном цехе оборудование, которое создает множество опасных и вредных факторов. Необходимо строго соблюдать технику безопасности и применять различные меры для обеспечения безопасности рабочего персонала.

7.2 Производственная безопасность

7.2.1 Анализ опасных и вредных факторов

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти. Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или) отрицательному влиянию на здоровье потомства. В зависимости от количественной характеристики (уровня, концентрации и др.) и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

При выполнении своих профессиональных обязанностей персонал цеха может столкнуться со следующими опасными производственными факторами:

1. Вредные факторы:
 - отклонение параметров микроклимата;
 - шум;

- вибрации;
- электромагнитное излучение;
- недостаточный уровень освещения.

2. Опасные факторы:

- поражения электрическим током;
- механические травмы от движущихся механизмов и машин.

7.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

Отклонение параметров микроклимата:

В обеспечении условий высокопроизводственного труда научно-технического персонала немаловажную роль играет микроклимат.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [17] и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [18].

Таблица 7.1 – Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, φ %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин $t_{\text{опт}}$				Если $t^{\circ} < t^{\circ}_{\text{опт}}$	Если $t^{\circ} > t^{\circ}_{\text{опт}}$
Холодный	Па	17,0 – 18,9	21,1 – 23,0	16,0 – 24,0	15 – 75	0,1	0,3
Теплый	Па	18,0 – 19,9	22,1 – 27,0	17,0 – 28,0	15 – 75	0,1	0,4

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период восьми часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Таблица 7.2 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, φ %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па	19,0 – 21,0	18,0 – 22,0	60 – 40	0,2
Теплый	Па	20,0 – 22,0	19,0 – 23,0	60 – 40	0,2

Для рассматриваемого объекта установлены оптимальные величины показателей микроклимата. Для холодного периода года используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование [19].

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м³/ч.

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается на входе тепловыми завесами, а охлаждается с помощью приточно-вытяжной вентиляции. Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

Шум:

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.

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [22]. Поэтому для рабочих мест цеха допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБ, а допустимый эквивалентный уровень звука 85 дБА. При данном производственном процессе уровень шумов не выходит за нормативы.

Основным источником шума на подстанции является гудение трансформатора. Шум, создаваемый трансформатором, не выходит за пределы норм. Никакие дополнительные средства защиты не предусмотрены.

Шум в рассматриваемом цехе может возникать только при использовании некоторых видов оборудования, поэтому применяются индивидуальные средства защиты от шума, а так же звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными конструкциями и укрытия в кожухи источников шума. В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Вибрация:

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [20], Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [21].

Таблица 7.3 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					
	2	4	8	16	32,5	63
Технологическая	108	99	93	92	92	92

Вибрацию в рассматриваемом цехе можно наблюдать при работе большинства оборудования. Для снижения уровня вибрации производится тщательное наблюдение за узлами оборудования, и, в случае необходимости, настройка оборудования и замена изношенных частей установок.

Электромагнитное излучение:

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 "Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах" [23].

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики.

В рассматриваемом цехе некоторое технологическое оборудование способно создавать напряженность электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м, при этом применяется рациональное размещение оборудования, излучающее электромагнитную энергию, а рабочие места персонала удалены от источников электромагнитных полей.

Освещение:

Искусственное освещение в производственных помещениях должно удовлетворять нормам, предусмотренным СП.52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [28]. Для безопасного продолжения работы, или выхода людей из помещений при внезапном отключении должно быть предусмотрено аварийное освещение. Длительное снижение напряжения у наиболее удаленной лампы не должно быть более 5%. Питание аварийного освещения должно быть надежным и от независимого источника. Для аварийного освещения должны применяться светильники, отличающиеся от светильников рабочего освещения типом или размером, или на них должны быть нанесены специальные знаки.

На объекте предусмотрено четыре системы освещения: общее, аварийное, эвакуационное и ремонтное. При этом аварийное освещение представляет около 10% от общего освещения.

Вдоль всех главных коридоров, лестничным клеткам и над пожарным краном, предусмотрены эвакуационные светильники показывающие выход. Данные светильники оборудованы аккумуляторными батареями и приборами автоматики, так что при исчезновении напряжения в сети, автоматически включаются с помощью собственного источника питания.

Ремонтное освещение предусматривается в технических помещениях, и осуществлено переносными светильниками напряжением питания 36 В. Светильники подключаются с помощью штепсельной розетки, которая размещена в отдельном корпусе вместе с трансформатором 220/36В.

Электробезопасность:

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [14] устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, Правила устройства электроустановок [15] и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок” (вступил в силу 4 августа 2014 года) [16].

В отношении опасности поражения электрическим током рассматриваемый цех относится к помещению с повышенной опасностью, так как в цехе расположена трансформаторная подстанция. В цехе отсутствует токопроводящая пыль и влажность, но есть возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющего соединение с землей, технологическим аппаратам и механизмам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

1. Для работы с электроустановками выше 1000 В применяются:

а) Основные защитные средства:

– изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, устройства и приспособления для ремонтных работ;

– изолирующие устройства и приспособления для работ на ВЛ с непосредственным прикосновением электромонтера к токоведущим частям (изолирующие лестницы, площадки, изолирующие тяги, канаты, корзины телескопических вышек, кабины для работы у провода и др.).

б) Дополнительные защитные средства:

- диэлектрические перчатки;
- диэлектрические боты;
- диэлектрические ковры;
- индивидуальные экранирующие комплекты;
- изолирующие подставки и накладки;
- диэлектрические колпаки;
- переносные заземления;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

2. Для работы с электроустановками ниже 1000 В применяются

а) Основные защитные средства:

- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- диэлектрические перчатки;
- слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

б) Дополнительные защитные средства:

- диэлектрические боты;
- диэлектрические ковры;
- переносные заземления;
- изолирующие подставки и накладки;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

На подстанция имеется комплект предупредительных плакатов.

На рабочем месте дежурного персонала находится полный комплект рабочих инструкций и инструкций по технике безопасности:

1. Должностная инструкция дежурного данного района обслуживания.
2. Инструкция по производству оперативных переключений на подстанции данного района.
3. Инструкция действий оперативного персонала в случае аварии.
4. Инструкция по отысканию однофазных замыканий на землю в данном районе подстанций.
5. Инструкция дежурного персонала по технике безопасности.
6. Оперативный журнал.
7. Журнал производства работ.
8. Журнал телефонограмм.
9. Журнал закороток.

На подстанции имеется список лиц административно – технического персонала утвержденный главным энергетиком предприятия, имеющих право единоличного осмотра подстанций.

Основными мерами защиты на объекте от поражения током являются

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения;
- электрическое разделение сети;
- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и др.;
- применение специальных защитных средств переносных приборов и приспособлений;
- организация безопасной эксплуатации электроустановок;
- применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

- отключение электроустановки и электрическая изоляция токоведущих
 - ограждение и вывешивание запрещающих, указательных, предупреждающих и предписывающих плакатов;
 - сигнализация и блокировка;
 - использование малых напряжений;
 - электрическое разделение сети;
 - зануление;
 - выравнивание потенциалов;
 - защитное отключение;
 - средства индивидуальной защиты и защитные средства: штанги изолирующие, диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие подставки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками, переносные заземления, предупредительные плакаты, предохранительные пояса.

Механические травмы:

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00 [16].

В рассматриваемом цехе большая доля вероятности получить механическую травму, так как используется большое количество оборудования. При необходимости принимаются меры для уменьшения вероятности травмирования персонала - предупредительные плакаты, ограждения, сигнализация.

7.3 Экологическая безопасность

7.3.1 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

Оценка воздействия на окружающую среду проводится с целью выявления характера, интенсивности, степени опасности влияния производства на состояние окружающей среды.

В процессе эксплуатации предприятия возникают следующие виды воздействия на окружающую среду:

- выбросы в атмосферу;
- сбросы в водные ресурсы;
- отходы производства.

7.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для исключения влияния на окружающую среду возможных разливов трансформаторного масла при авариях с маслонаполненным оборудованием, на подстанциях предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники, в которые также могут поступать воды из маслоприемников содержащие следы масла.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения) [28], ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) [29] и ГОСТ 17.11.02-86 (Гидросфера) [30].

Для работающих на промышленных предприятиях, непосредственной окружающей средой является воздух рабочей зоны.

При осуществлении различных видов работ образуются следующие виды загрязняющих веществ: оксиды железа, пыль неорганическая, оксид азота, углероды, фториды неорганические. При работе автотранспорта: азота диоксид, углерод, ангидрид сернистый, бензин, керосин.

Охрана окружающей среды на предприятии предусматривает мероприятия, предотвращающие загрязнение воздушного бассейна. С этой целью загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, пропускается через специальные очистительные фильтрующие и обезвреживающие устройства, которые обеспечивает вытяжному воздуху то же качество, что и на входе.

В самом процессе производства не образуются сточные воды. Сточные воды появляются в результате мойки оборудования и текущей уборки и специальными сливами отводятся в технологическую канализационную сеть. Предварительная обработка этой воды перед выливанием в общие сети достигается отведением в бассейн для нейтрализации.

Твердые отходы, к которым относятся первичная упаковка сырья и материалов, отработавшие фильтры, передаются специализированным организациям для утилизации.

Золоотвалы на предприятии отсутствуют.

Для поддержания экологического равновесия в природе, на заводе проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия – явления природы, возникающие внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, гибели людей и уничтожению материальных ценностей. К стихийным бедствиям обычно относят землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы и др.

Для повышения устойчивости к различным чрезвычайным ситуациям предусмотрены различные меры.

1. Пожарная безопасность

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов. Основы противопожарной защиты определяются Федеральным законом от 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [26].

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима возлагается на руководителя предприятия и начальника цеха.

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции.

Согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности классифицируются на категории А, Б, В, Г и Д. Рассматриваемый цех относится пожароопасной категории В (в цехе применяются горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть).

Средства пожаротушения подразделяют на первичные, стационарные и передвижные (пожарные автомобили).

В помещении цеха устанавливается пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00 [27]) такие первичные средства пожаротушения, как (из расчета на 800 м² защищаемой площади):

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2 (2 шт.), ОУ-5 (1 шт.);
- пенный огнетушитель (2 шт.);
- ящик с песком;
- асбест;
- ведра;
- лопаты и багор.

Кроме того, в некоторых помещениях цеха используются стационарные установки пожаротушения.

В рассматриваемом цехе возможен пожар Классов В (пожар горючих жидкостей и плавящихся твердых веществ) и Е (пожар, связанный с горением электроустановок).

Для локализации небольших загораний обслуживающий персонал до прибытия передвижных средств пожаротушения должен использовать первичные средства пожаротушения, находящиеся на пожарных щитах.

Первичные средства пожаротушения размещаются вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, в безопасном при пожаре месте, с обеспечением к ним свободного доступа.

В цехе используются пожарные гидранты надземного типа. Гидранты обозначены указательной табличкой. Пожарный рукав и вся необходимая арматура располагается рядом с гидрантом в специальном шкафу.

На предприятии используется система автоматической пожарной безопасности, основанная на датчиках различных видов (дымовые, тепловые, датчики пламени). В случае возникновения пожара, срабатывает система оповещения — подается световой и звуковой сигнал об опасности. Кроме того, появляются светящиеся табло с указанием аварийных выходов и схем эвакуации людей. Одновременно срабатывает система пожаротушения (порошковые устройства пожаротушения), а устройство связи, передает информацию на пульт централизованного наблюдения.

План эвакуации приведен на рисунке 7.1.

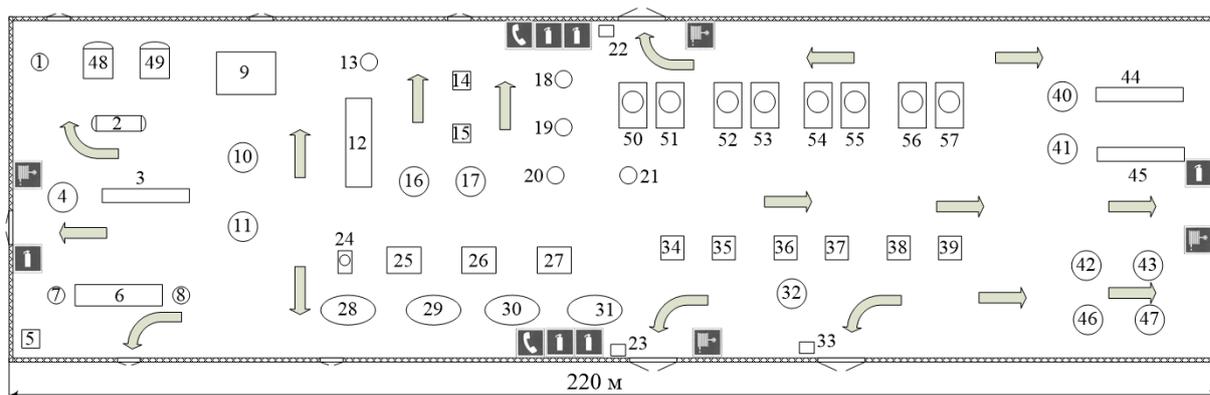


Рисунок 7.1 – План эвакуации

2. Для обеспечения бесперебойной работы в случае ЧС предусмотрено питание от двух источников электроэнергии.

3. В целях снижения опасности взрыва применяют вентиляционные установки, автоматическая сигнализация, систематически контролируется температура узлов электрооборудования. На каждом этаже предприятия установлена радиоточка для оповещения людей о пожаре или другой ЧС.

4. От прямых ударов молнии установлена молниезащита.

5. В качестве профилактики от сезонных вспышек вируса гриппа регулярно проводится вакцинация работающих.

Ликвидация последствий стихийных бедствий организуется, как правило, под руководством специально создаваемых чрезвычайных комиссий. Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на всех объектах формируются службы ГО.

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

Важным условием быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на территории предприятия должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике. Для этого на предприятии несколько раз в году производятся теоретическая подготовка и практические тренинги.

7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Под вредными условиями труда следует понимать присутствие на производстве таких факторов, которые наносят ущерб здоровью работников. То есть на рабочих местах не соблюдены определенные гигиенические требования.

Работникам предприятия приходится часто выполнять различные операции, сопряженные с прямым риском здоровью (вредные условия труда). Какие сферы деятельности и специальности связаны с вредными условиями труда, указывается в Постановлении Правительства РФ от 29.03.2002 г. №188 «Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки» [37], Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «Об специальной оценке условий труда» [38]

Люди, работающие на вредных производствах, обеспечиваются льготами и компенсациями, Трудовой кодекс РФ, ст. 165 «Случаи предоставления гарантий и компенсаций».

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливаются на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия.

Грамотная социальная политика - ключ к успеху предприятия, ведь эффективность работы напрямую зависит от эмоционального комфорта и позитивного настроения коллектива.

Эффективная социальная политика и ответственные, партнерские отношения со своими работниками, являются важнейшими факторами долгосрочного устойчивого развития компании. Максимальная безопасность производства и забота о благосостоянии сотрудников были и остаются основными составляющими социальных программ.

Ежегодно на социальные программы предприятие выделяет средства. Сюда входит:

- организация санаторно-курортного лечения, оздоровление работников и их детей;
- оказание медицинских услуг;
- развитие корпоративного спорта и культурно-массовой деятельности;
- материальное поощрение работников к юбилеям и знаменательным датам;
- материальная помощь работникам, нуждающимся в дополнительной социальной поддержке;
- единовременные компенсационные выплаты увольняющимся работникам в связи с выходом на пенсию;
- пенсионные социальные программы, предусматривающие досрочное оформление пенсии работникам;
- выплаты ежеквартальной материальной помощи для частичного покрытия расходов по квартплате, коммунальным услугам, приобретению угля на зимний период, а также единовременной материальной помощи на оплату медикаментов и т.д.

Сотрудники предприятия имеют ряд социальных гарантий, а также спектр финансовых льгот, таких как социальное страхование, кредитование, материнские выплаты. Предусмотрено бесплатное обучение в ВУЗах, регулярное повышение квалификации.

К основным организационным мероприятиям, обеспечивающим безопасность работ в электроустановках согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

- инструктаж;
- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончание работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы было осуществление электроснабжения всех электроприёмников обжигового цеха Норильского никелевого завода и всего предприятия в целом. Первым этапом для достижения цели было определение расчетной электрической нагрузки цеха «методом упорядоченных диаграмм», то есть методом коэффициента спроса и коэффициента максимума и определение расчетной нагрузки предприятия в целом, определяемая, по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

По расчетным нагрузкам цехов была построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия. Со смещением от центра электрических нагрузок в сторону ЛЭП, питающей предприятие, была установлена главная понизительная подстанция предприятия. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора марки ТМН-10000/35. Марка трансформаторов ГПП и напряжение питающих линий было выбрано на основании технико-экономического расчета. На стороне 35 кВ принята схема в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. На стороне 10 кВ принята одинарная секционированная система шин, с устройством АВР, оборудование установлено в закрытом помещении. Электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП 35 кВ.

Далее было определено число и мощность цеховых трансформаторов. Номинальная мощность цеховых трансформаторов принята равной 630 кВА, минимальное расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно пяти. С учетом выбранного числа цеховых трансформаторов был произведен расчет и выбор компенсирующих устройств.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполнена трёхжильными кабелями с медными жилами марки ПвВнг, с прокладкой по эстакадам.

Следующим этапом было осуществление электроснабжения цеха. Электроприёмники цеха запитываются от распределительных шкафов четырёхжильными кабелями с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией марки ВВГнг, с прокладкой по лоткам. Защита электроприемников и кабельных линий осуществляется автоматическими выключателями марки ВА.

Карта селективности, построенная по результатам выбора аппаратов защиты показала, что селективность обеспечивается. А эпюра отклонения напряжения, построенная для максимального, минимального и послеаварийного режимов, показала, что во всех режимах работы у электроприёмников поддерживается напряжение в допустимых пределах и выбранные сечения пригодны для эксплуатации.

В экономической части был произведен расчет сметы расходов на покупку, монтаж и техническое обслуживание электрооборудования, а так же смета на разработку проекта.

Произведен анализ опасных и вредных факторов на предприятии, техника безопасности, производственная санитария и пожарная безопасность. Так же был произведен расчет искусственного освещения цеха.

По проводимым в процессе расчётов проверкам, по карте селективности и по эпюрам отклонения напряжения можно сделать вывод, что данная модель электроснабжения цеха и всего предприятия в целом надёжна и пригодна к эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
2. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра, Томск, ТПУ, 2001.
4. Барченко Т.Н., Закиров Р.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту, Томск, ТПИ, 1988.
5. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
6. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
7. Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособ. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978.
8. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособ. – ФОРУМ:ИНФРА-М, 2006.
10. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие /А.В. Кабышев. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006
11. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - 178 с.
12. Копьев В.Н. Релейная защита основного элек-рооборудовании электростанций и подстанций. Вопросы проектирования: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп.– Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. - 107 с.
13. Борисова Л.М., Гершанович Е.А. Экономика энергетики: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006.
14. ГОСТ 12.1.038-82 (2001) ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
15. Правила устройства электроустановок – 7-е изд. Сибирское университетское издательство, 2011 г.

16. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок”
17. ГОСТ 12.1.005-88 (2001) ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
18. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
19. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование
20. ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
21. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
22. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
23. ГОСТ 12.1.002-84 (1999) ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
24. СП.52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
25. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2001.
26. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
27. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153-34.0-03.301-00. ВППБ 01-02-95.
28. ГОСТ 17.0.001-86 Охране окружающей среды. Основные положения.
29. ГОСТ 17.2.1.01-86 Атмосфера.
30. ГОСТ 17.11.02-86 Гидросфера.
31. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №213-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»