

Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника  
 Отделение электроэнергетики и электротехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
Электроснабжение металлургического завода г.Петровск-Забайкальский

УДК 658.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А5Д1	Быков Владислав Александрович..		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Муравлев И.О..	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Трубченко Т.Г	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

## Планируемые результаты обучения по ООП «Электроэнергетика»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
<b>Общие по направлению подготовки (специальности)</b>		
P1	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIOSyllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-4 *(ОК-5), ОПК-1, ПК-2), <i>CDIOSyllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-4 *(ОК-5), УК-5 *(ОК-6)), <i>CDIOSyllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-5 *(ОК-6), УК-7 *(ОК-8)), <i>CDIOSyllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-5*(ОК-6), УК-7 *(ОК-8), УК-8 *(ОК-9), ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIOSyllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-6 *(ОК-7), УК-7 *(ОК-8)), <i>CDIOSyllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>По профилям подготовки</b>		
P7	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-1 *(ОК-1, ОК-2), УК-2 *(ОК-3, ОК-4), УК-3 *(ОК-5), УК-4 *(ОК-5), ОПК-1, ОПК-2), <i>CDIOSyllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P8	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2 *(ОК-3, ОК-4), ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIOSyllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

		<i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P9	Уметь проектировать электроэнергетические системы и их компоненты.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2*(ОК-3, ОК-4), ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIOSyllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P10	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIOSyllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P11	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики.	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIOSyllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P12	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-4, ОПК-5, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8 ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIOSyllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки (специальность) 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника  
 Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Шестакова В.В.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А5Д1	Быкову Владиславу Александровичу

Тема работы:

Электроснабжение металлургического завода г.Петровск-Забайкальский	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 58-25 от 27.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2020
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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>Объектом исследования является цех по ремонту оборудования шпалопропиточного завода. В качестве исходных данных представлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- генеральный план завода;</li> <li>- план цеха по ремонту оборудования;</li> <li>- сведения об электрических нагрузках завода;</li> <li>- сведения об электрических нагрузках цеха по ремонту оборудования.</li> </ul>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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>	<p>Введение;          Описание предприятия;          Картограмма и определение центра электрических нагрузок;          Схема внешнего и внутривыпускного электроснабжения;          Внутривыпускная распределительная сеть 10 кВ;          Расчет токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В;          Электроснабжение цеха по ремонту оборудования;          Расчет электрической сети по потере напряжения;          Расчет токов короткого замыкания в сетях ниже 1000 В;</p>

	Построение карты селективности действия защитных аппаратов; Социальная ответственность; Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Заключение.
--	---

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема внутриводской распределительной сети Однолинейная схема электроснабжения предприятия Однолинейная схема электроснабжения цеха Карта селективности, Эпюры отклонений напряжения
---	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Т. Г.
Социальная ответственность	Мезенцева И. Л.

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Муравлев И.О.	к.т.н., доцент		Февраль 2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А5Д1	Быков Владислав Александрович		Февраль 2020

**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

Уровень образования Бакалавриат

Период выполнения (осенний/весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.02.2020	<i>Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.</i>	10
20.02.2020	<i>Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок.</i>	15
07.03.2020	<i>Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.</i>	15
26.03.2020	<i>Выбор и проверка внутрив заводских линий. Расчет потерь в КТП и внутрив заводских линиях. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.</i>	10
28.03.2020	<i>Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутрив заводских линий по токам КЗ.</i>	5
04.04.2020	<i>Выбор и проверка высоковольтного оборудования</i>	10
11.04.2020	<i>Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов. Построение эюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП.</i>	10
15.05.2020	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15
18.05.2020	<i>Социальная ответственность</i>	10
	<i>Итого</i>	<i>100</i>

**СОСТАВИЛ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Муравлев И.О.	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		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5А5Д1	Быкову Владиславу Александровичу

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление</b>	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Должностной оклад научного руководителя составляет 26300 руб 2. Должностной оклад инженера 17000 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	1. Нормы амортизации. 2. Районный коэффициент составляет 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	1. Отчисления по страховым взносам составляют 30% от ФОТ

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Планирование работ и определение их временных оценок.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	2. Смета затрат на проектирование 3. Смета затрат на спецоборудование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	4. Анализ полученных результатов

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ШБИП	Трубченко Т.Г.	к.э.н, доцент		Апрель 2020

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-5А5Д1	Быков Владислав Александрович		Апрель 2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5А5Д1	Быкову Владиславу Александровичу

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса):	Электроснабжение металлургического завода г. Петровск – Забайкальский сталелитейный цех
2. Отбор законодательных и нормативных документов по теме:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ</li> <li>– ГОСТ 12.0.003-2015</li> <li>– ФЗ от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ,</li> <li>– СанПиН 2.2.4.548-96,</li> <li>– ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС</li> <li>– ГН 2.2.5.2308 – 07</li> </ul>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<p>Анализ следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенная или пониженная влажность воздуха;</li> <li>- повышенная или пониженная температура воздуха;</li> <li>- недостаточная освещенность рабочего места;</li> <li>- наличие повышенного уровня шума;</li> <li>- повышенный уровень вибрации;</li> <li>- повышенный уровень электромагнитных излучений;</li> <li>- излишнее тепловое излучение;</li> <li>- повышенная скорость движения воздуха..</li> </ul>
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:	<p>Анализ следующих опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поражение электрическим током;</li> <li>- механические травмы от движущихся механизмов и машин</li> <li>- падение грузов с высоты</li> </ul>
3. Охрана окружающей среды:	Анализ воздействия на литосферу: образование отходов, связанных с обслуживанием системы электроснабжения предприятия.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Повреждение зданий; ЧС, связанные с авариями на системах электроснабжения; Наиболее возможными ЧС в рассматриваемой рабочей зоне является пожар. Разработка мер безопасности по необходимому оснащению (первичные средства пожаротушения, пожарная сигнализация, система автоматического пожаротушения); превентивных мер по предупреждению ЧС и действий в результате ее возникновения.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии.	ФЗ от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			Апрель 2020

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А5Д1	Быков Владислав Александрович		Апрель 2020

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 160 страниц, 25 рисунков, 57 таблиц, 44 источника, 6 приложений.

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

Объект исследования – металлургический завод, сталелитейный цех.

Цель работы: проектирование системы электроснабжения металлургического завода, обоснование своих решений.

В ходе работы:

определена расчетная нагрузка предприятия по исходным данным, учтена расчетная нагрузка освещения цехов и территории предприятия, учтены потери мощности в цеховых трансформаторах, трансформаторах главной понизительной подстанции и линиях;

построена картограмма электрических нагрузок;

выбрана схема для электроснабжения завода;

выбраны напряжение для питающей сети предприятия, сечения кабельных линий, мощность трансформаторов ГПП;

произведен расчет токов короткого замыкания выше и ниже 1000 В.

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

## Условные обозначения и сокращения

В разделе приведены все сокращения и графические обозначения, используемые при выполнении курсового проекта.

### Сокращения

ГПП – главная понизительная подстанции 220-35/10 кВ;

ТП – трансформаторная подстанция 6-10 кВ;

РП – распределительный пункт 6-10 кВ;

ВРУ – вводное распределительное устройство 0,4 кВ;

РУвн – распределительное устройство высокого напряжения, свыше 1000 В;

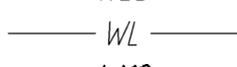
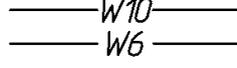
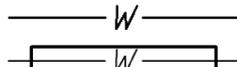
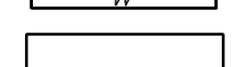
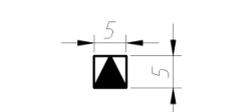
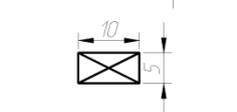
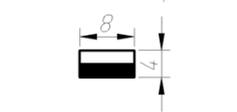
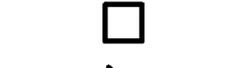
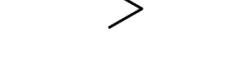
РУнн – распределительное устройство низкого напряжения, ниже 1000 В;

ЦН – центр электрических нагрузок;

ВЛ – воздушная линия электропередач;

КЛ – кабельная линия электропередач.

### Графические обозначения

	– Воздушная линия электропередач 6-10 кВ
	– Воздушная линия электропередач 0,4 кВ
	– Кабельная линия 6-10 кВ
	– Кабельная линия 0,4 кВ
	– Кабельная линия в термостойкой защитной трубе
	– Главная понизительная подстанция (размер фигуры чертится в соответствие с масштабом чертежа и классом напряжения подстанции)
	– Трансформаторная подстанция 6-10/0,4 кВ
	– Распределительное устройство 6-10 кВ
	– Распределительное устройство 0,4 кВ
	– Опора воздушной линии проходная
	– Опора воздушной линии анкерная концевая
	– Опора воздушной линии анкерная поворотная
	– Анкерное крепление провода на опоре воздушной линии

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	10
Раздел 1. Общие сведения о металлургическом заводе г. Петровск-Забайкальский.	11
1.1 Роль предприятия в хозяйственной деятельности России.....	11
1.2 Технологический процесс, организованный на металлургическом заводе и отдельных производственных помещениях. ....	13
1.3 Климатические условия района строительства предприятия.....	17
1.4 Особенности электроснабжения предприятия и его цехов .....	19
1.5 Исходные данные для проектирования .....	22
Раздел 2 Электроснабжение объектов на территории предприятия. ....	27
2.1 Предварительная оценка электрических нагрузок сталелитейного цеха.....	27
2.2 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом .....	31
2.3 Картограмма и определение центра электрических нагрузок.....	34
2.4 Распределение источников питания по территории предприятия.....	39
2.5 Разработка линий электроснабжения выше 1000 В по территории предприятия .....	43
2.6 Разработка линий электроснабжения до 1000 В по территории предприятия..	47
2.7 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В .....	50
2.8 Компенсация реактивной мощности цеховых трансформаторных подстанций и уточнение их нагрузки.....	58
Раздел 3. Внешнее электроснабжение предприятия. Выбор оборудования выше 1000 В. ....	61
3.1 Разработка схемы внешнего электроснабжения предприятия. ....	61
3.2 Выбор трансформатора главной понизительной подстанции.....	63
3.3 Разработка линии электроснабжения главной понизительной подстанции. ....	64
3.3.1 Выбор ограничителей перенапряжения.....	64
3.4 Выбор оборудования открытого распределительного устройства главной понизительной подстанции. ....	65
3.4.1 Выбор выключателей и разъединителей .....	65
3.4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока .....	67
3.4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения .....	69
3.5 Выбор оборудования закрытого распределительного устройства главной понизительной подстанции. ....	71

Раздел 4. Электроснабжение промышленных потребителей внутри зданий и сооружений .....	74
4.1 Распределение электроприёмников зданий по пунктам питания. ....	74
4.2 Расчет электрических нагрузок производственного помещения.....	76
4.3 Выбор защитных аппаратов и проводников. ....	82
4.4 Оценка установившегося отклонения напряжений. Эпюра напряжений. ....	89
4.5 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В.....	94
4.6 Построение карты селективности действия защитных аппаратов. ....	98
Раздел 5. Социальная ответственность.....	100
Введение.....	100
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	101
5.2 Производственная безопасность.....	103
5.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	103
5.2.2 Анализ опасных факторов.....	111
5.3 Экологическая безопасность.....	113
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	115
Выводы по разделу.....	118
Раздел 6. Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение. ....	120
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	120
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	120
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	121
6.1.3 Технология QuaD .....	121
6.2 Планирование научно-технического исследования .....	124
6.2.1 Структура работы в рамках научного исследования .....	124
6.2.2 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ .....	125
6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	126
6.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	130
6.3.1 Расчёт материальных затрат НТИ.....	130
6.3.2 Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ. ....	130

6.3.3 Расчет амортизационных отчислений.....	131
6.3.4 Основная заработная плата исполнителей .....	131
6.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	132
6.3.6 Накладные расходы. ....	133
6.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	133
Выводы по разделу.....	134
Раздел 7. Граница балансовой принадлежности. ....	136
7.1 Оптовый и розничный рынки электроэнергии .....	137
7.2 Анализ объема потребления и текущего объема потребления. ....	141
Заключение.....	147
Список литературы .....	149
Приложение А.....	153
Приложение Б .....	154
Приложение В.....	155
Приложение Г .....	156
Приложение Д.....	157
Приложение Е.....	158

## **ВВЕДЕНИЕ**

В данной выпускной квалификационной работе представлена система электроснабжения металлургического завода и сталелитейного цеха данного завода. Данная работа предоставляет возможность систематизировать, расширить и закрепить теоретические знания, которые получены в результате обучения.

Данное предприятие включает в себя нагрузки II и III категории по степени надежности электроснабжения. Помимо сталелитейного цеха, в состав завода входят и другие цеха, которые выполняют роль, которая была им поставлена администрацией завода в соответствии с технологическим процессом.

В работе были учтены требования, которые предъявляются к системам электроснабжения: надежность, экономичность, система электроснабжения должна быть удобной, простой и безопасной для эксплуатации.

Для выполнения данных требований необходимо на этапе проектирования создать оптимальную систему электроснабжения.

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» отображает оценку технического проекта с помощью QuaD технологии функциональность разработанной системы электроснабжения завода. Рассматриваются организационно-технические вопросы, связанные со всеми видами работ исполнителей проекта.

В разделе «Социальная ответственность» производится оценка условий труда персонала сталелитейного цеха для проектирования системы электроснабжения металлургического завода, анализ вредных и опасных факторов, пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

## **Раздел 1. Общие сведения о металлургическом заводе г. Петровск-Забайкальский.**

### **1.1 Роль предприятия в хозяйственной деятельности России.**

Черная металлургия, продуцируя ключевые компоненты конструкционных материалов в строительстве и машиностроении, играет важную роль в формировании индустриального фундамента экономики России. В состав отрасли входит порядка 1,5 тыс. предприятий и организаций.

О степени концентрации хозяйственной и финансовой деятельности в отрасли свидетельствует тот факт, что более 80 % объёма производства приходится на 9 крупных компаний и вертикально интегрированных корпоративных групп (это металлургические компании «ЕвразХолдинг», «Северсталь», «Новолипецкий металлургический комбинат», «Магнитогорский металлургический комбинат», «УК Металлоинвест», «Мечел», а также трубные компании «Трубная металлургическая компания», «Объединенная металлургическая компания», АО «Группа Челябинский трубопрокатный завод»). Некоторые из этих компаний являются одними из ключевых игроков на мировом рынке.

Велико значение металлургического завода и для экономики Забайкальского края. Отрасль составляет порядка 60 % производства обрабатывающей промышленности региона. На металлургических предприятиях производится более 8 млн. т стали, более 7 млн. т проката различных профилей. В регионе производится: более 30 % российского металлопроката для промышленного и гражданского строительства и предприятий стройиндустрии; около 70 % продукции для железнодорожного транспорта. Доля продукции предприятий черной металлургии области в ее валовом региональном продукте порядка 20 %.

В России существует достаточное количество регионов, где черная металлургия является градообразующим фактором, тем самым, беря на себя определенную долю «ответственности» за формирование доходной части не только бюджетной системы страны в целом, но также соответствующего регионального бюджета. Забайкальский край – один из таких регионов, причем самых заметных. Налоговые поступления в региональные и местные бюджеты от результатов производственно-хозяйственной деятельности предприятий черной металлургии региона составляют порядка 14 %.

Спрос на продукцию металлургического завода предъявляется едва ли не в равной пропорции со стороны внутреннего и внешнего рынков. В отличие от ряда наукоемких отраслей, имеющих определенные возможности воздействовать на объемы и структуру спроса, для рассматриваемой отрасли аналогичные возможности существенно ограничены.

На внутреннем рынке к основным металлопотребляющим секторам экономики относятся нефтяная, газовая отрасли, машиностроение, автомобильная промышленность, судостроение, оборонный комплекс, строительный сектор, железнодорожный транспорт. Внутренний спрос на металлопродукцию покрывается в основном за счет собственного производства

Что касается экспорта металлопродукции Россией, то факт значительных объемов свидетельствует о достаточно высоком уровне ее конкурентоспособности на внешних рынках. Этому способствует в определенной мере «вынос» металлургических мощностей из стран с развитой рыночной экономикой в развивающиеся. Кроме того, возросший спрос на металл в последние годы связан со значительным макроэкономическим ростом в ряде стран Южной Америки и Азии. Наконец, как «свидетельствует» рынок, российская металлопродукция, во всяком случае, ее низкопереловый сегмент по соотношению цена/качество конкурентоспособен и с ближневосточной, и с китайской продукцией.

К настоящему времени черная металлургия является одной из основных экспортноориентированных отраслей российской экономики. Около половины экспортной металлургической продукции составляют полуфабрикаты. Стабильно высоки, в частности, объемы экспорта полуфабрикатов из нелегированной стали и железа

Как «свидетельствует» практика, отечественные металлургические предприятия выжили в период кризиса за счет сохранения на высоком уровне экспортных поставок, в основном полуфабрикатов и горячекатаного плоского проката в Китай, Иран и некоторые другие страны. Основными товарными позициями российского экспорта металлопродукции являются «Полуфабрикаты из железа или нелегированной стали», «Прутки горячекатаные в свободномотанных бухтах». Эта же номенклатура характерна для металлургической специализации металлургического завода и его экспорта.

В структуре экспорта Забайкальского края продукция черной металлургии в последние годы занимает порядка 10 – 11 %, представлена в основном полуфабрикатами, прутками, уголками фасонными и специальными профилями, прокатом плоским из нелегированной стали, переловым чугуном.

Нельзя не признать, что в связи с особой ролью металлургии в развитии отечественной экономики, в наполнении бюджета государство активно содействует инвестиционным процессам в отрасли, направленным на модернизацию производства и повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции.

В 2009 г. Минпромторгом России и другими заинтересованными ведомствами исполнительной власти подготовлена Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2020 г.

Дополнительная поддержка власти касается обнуления НДС на технологическое оборудование, аналоги которого не производятся в России. В Постановление Правительства РФ включена 91 позиция оборудования, в том числе 5 для горнодобывающей промышленности и 7 для металлургической. Это позволило металлургам не выводить из оборота около 2,3 млрд рублей

Поэтому не случайно, как уже выше упоминалось, увеличиваются объемы импорта при одновременно скромных масштабах экспорта преимущественно в СНГ. В заключение следует подчеркнуть, что какого-либо влияния вступление России в ВТО на черную металлургию Забайкалья не оказало. Учитывая обеспеченность металлургических предприятий региона сырьем (руда, железорудный концентрат, коксующиеся угли), энергоресурсами, квалифицированными трудовыми ресурсами, наличие рынков сбыта металлопродукции и другие аспекты их производственно-хозяйственной деятельности, предпосылок зависимости черной металлургии Забайкалья от ВТО в настоящее время нет.

## **1.2 Технологический процесс, организованный на металлургическом заводе и отдельных производственных помещениях.**

Технологический процесс литейного производства состоит из подготовки формовочных и стержневых смесей, изготовления форм и стержней, плавки металла, сборки и заливки формы, удаления отливок из формы и в отдельных случаях термической обработки отливок.

Отливки изготовляют из чугуна, стали, медных, алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов, обладающих необходимыми технологическими и техническими свойствами. Наиболее распространенным материалом является чугун - самый дешевый материал, обладающий высокими литейными свойствами и низкой температурой плавления.

Фасонные отливки с повышенной прочностью и высокой ударной вязкостью изготовляют из углеродистых сталей марок 15Л, 35Л, 45Л и т. д. Буква Л означает литую сталь, а цифры - среднее содержание углерода в сотых долях процента.

В качестве материала для формовочных; смесей применяют бывшую в употреблении формовочную землю (горелую), свежие составляющие - кварцевый песок, формовочную глину, модифицирующие добавки, связующие вещества (смолы, жидкое стекло и пр.), пластификаторы, разрыхлители и прочие. Выбор их зависит от геометрии отливки, ее веса и толщины стенок, химического состава заливаемого металла.

Стержни, предназначенные для получения в отливках полостей и отверстий, изготавливают из стержневой смеси в специальных ящиках.

После заливки и охлаждения отливку вынимают (выбивка) из формы, удаляют прибыли (питатели), очищают от заусенцев, остатков литниковой системы и пригоревшей земли.

Обработка металла давлением. При обработке металла давлением широко используют пластические свойства металлов, т. е. их способность в определенных условиях под действием приложенных внешних сил изменять, не разрушаясь, размеры и форму и сохранять полученную форму после прекращения действия сил. При обработке давлением изменяются также структура и механические свойства металла.

Чтобы повысить пластичность металла и уменьшить величину работы, затрачиваемой на деформацию, перед обработкой давлением металл необходимо нагреть. Металл обычно нагревают при определенной температуре, зависящей от его химического состава. Для нагрева применяют горны, нагревательные пламенные печи и электронагревательные установки. Большую часть обрабатываемого металла нагревают в камерных и методических (непрерывных) печах с газовым обогревом. Для подогрева под прокатку крупных стальных слитков, поступающих неостывшими из сталеплавильных цехов, используют нагревательные колодцы.

Нагрев черных металлов производится двумя способами: индукционным и контактным. При индукционном способе заготовки нагреваются в индукторе (соленоиде), по которому пропускают ток высокой частоты, за счет тепла, возникаемого под действием индукционного тока. При контактном электронагреве ток большой величины пропускают через нагреваемую заготовку. Тепло выделяется в результате омического сопротивления нагреваемой заготовки.

Прокатка - самый массовый способ обработки металлов давлением, осуществляемый путем пропуска металла в зазор между вращающимися в разных направлениях валками, вследствие чего уменьшается площадь поперечного сечения исходной заготовки, а в ряде случаев изменяется ее профиль.

Прокаткой получают не только готовые изделия (рельсы, балки), но и сортовой прокат круглого, квадратного, шестигранного профилей, трубы и т. п. Прокатка производится на блюмингах, слябингах, сортовых, листовых, трубопрокатных и других станах, на гладких и калиброванных валках с ручьями (калибрами) определенной формы. На блюмингах из крупных и тяжелых слитков прокатывают заготовки квадратного сечения, называемые блюмсами, на слябингах - заготовки прямоугольного сечения (стальные диски), называемые слябами.

Сортовые станы используют для прокатки из блюмсов сортовых и фасонных профилей, листовые станы - для листовой прокатки из слябов в горячем и холодном состоянии, а трубопрокатные станы - для прокатки бесшовных (цельнотянутых) труб. Бандажи, дисковые колеса, шарики для подшипников, зубчатых колес и т. п. прокатывают на станах специального назначения

Волочение. Этот способ состоит в протягивании металла в холодном состоянии через отверстие (фильер) в матрице, поперечное сечение которого меньше, чем у обрабатываемой заготовки. При волочении площадь поперечного сечения уменьшается, благодаря чему длина заготовки увеличивается. Волочение позволяет получать материалы точных размеров и с высоким качеством поверхности.

Ковка. Операция, при которой металлу ударами инструментов придают требуемую внешнюю форму. Машинная ковка - это основной вид свободной ковки. Она выполняется на ковочных пневматических или паровоздушных молотах, реже - на ковочных гидравлических прессах. Кроме вспомогательного инструмента, применяют машины, называемые манипуляторами, предназначенные для удержания, перемещения и кантовки тяжелых заготовок в процессе ковки.

Основными операциями технологического процесса свободной ковки являются: осадка (уменьшение высоты заготовки), вытяжка (удлинение заготовки), прошивка (получение отверстий), рубка, сварка и т. п.

Штамповка. Способ изготовления изделий давлением при помощи штампов, т. е. металлических форм, очертания и форма которых соответствует очертанию и форме изделий. Различают объемную и листовую штамповку. При объемной штамповке поковки штампуют на штамповочных и ковочных прессах. Штампы состоят из двух частей, каждая из которых имеет полости (ручьи). Очертания ручьев соответствуют форме изготавливаемой поковки. Поковки можно штамповать и на паровоздушных молотах одинарного и двойного действия падающей частью (бабой) весом до 20-30 т и кривошипных прессах с усилием до 10 тыс. т. При штамповке нагретая заготовка под действием удара молота деформируется и заполняет полость штампа, излишек металла (облой) поступает в специальную канавку и затем обрезается на прессе. Мелкие поковки штампуют из прутка длиной до 1200мм, а крупные - из штучных заготовок.

Листовой штамповкой изготавливают тонкостенные детали из листов и лент различных металлов и сплавов (шайбы, сепараторы подшипников, кабины, кузова, крылья и другие детали автомобилей и приборов). Листовой металл толщиной до 10мм штампуют без нагрева, более 10мм - с нагревом до ковочных температур.

Листовую штамповку обычно производят на кривошипных и листоштамповочных прессах простого и двойного действия.

В условиях массового производства подшипников, болтов, гаек и других деталей широкое применение находят специализированные кузнечные машины. Наибольшее распространение получила горизонтально-ковочная машина.

Основным видом работ на металлургическом заводе является металлургический передел (чугун, сталь, прокат), остальные же производства являются второстепенными, но играющими немаловажную роль в металлургической индустрии.

Металлургический завод – это тип предприятий с полным производственным циклом, в настоящее время присущий индустриально развитым странам. В РФ такие предприятия и дают где-то около девяти десятых всей стали, чугуна и проката. Помимо этого, есть и такие заводы, которые выпускают чугун и сталь или же сталь и прокат, а также каждый из перечисленных металлов отдельно.

К переделной металлургии относятся все предприятия без выплавки чугуна. Предприятия с электрометаллургическим производством стали и ферросплавов занимают особое место по технико-экономическим параметрам.

С черной металлургией непосредственно взаимосвязаны:

1. Тепловая электроэнергетика – в черной металлургии широко используется употребление вторичных энергоресурсов, таких как кокс, коксовая мелочь, доменный газ, для снижения расходов материалов и энергии на единицу продукции;

2. Металлоемкое машиностроение – так как это производство, базирующееся на использовании как основного сырья - металла;

Восточная Сибирь стоит на третьем месте по запасам железной руды в РФ (около пяти млрд. тонн) с Коршуновским и Рудногорским месторождениями в Ангаро-Илимском бассейне и Абаканской группой месторождений. На четвертом месте - Дальний Восток (четыре с половиной млрд т), Северный район (почти три млрд.т), где известны такие месторождения как Ено-Ковдорское, Костамукшское и другие, а также Западная Сибирь (около двух млрд. т).

Металлургическое ядро в Сибири также как и на Дальнем Востоке, пока что находятся в процессе своего формирования. Металлургическая база Сибири на сегодняшний день незначительно уступает Центру по выплавки стали и чугуна, но полностью превосходит его в выплавке проката. В Сибири расположены два крупных предприятия с полным производственным циклом – это Западно-Сибирский завод в Новокузнецке и крупный Кузнецкий металлургический комбинат. Кроме этого сибирская земля богата передельными заводами, расположенными в Новосибирске, Красноярске, Гурьевске, Петровск-Забайкальске и Комсомольск-на-Амуре. Еще в Сибири размещен завод по выплавке ферросплавов в Новокузнецке.

Сырьевой базой Сибири являются железные руды Горной Шории Хакасии и Ангаро-Илимского бассейна (Коршуновский ГОК), а основным поставщиком топлива служит Забайкалье.

### **1.3 Климатические условия района строительства предприятия.**

Город Петровск-Забайкальский находится в межгорной котловине между отрогами хребтов Цаган-Дабан (на севере) и Заганского (на юге), по узким долинам рек Балягии, Мыкырты (бассейн Хилка), в 15—20 км от границы Забайкальского края с Республикой Бурятией. [2].

Город находится в часовой зоне МСК. Смещение применяемого времени относительно UTC составляет +9:00 [2].

На юго-востоке, по границе с Китаем, протекает р. Аргунь. Наибольшее распространение имеют чернозёмные, каштановые мучнисто-карбонатные и лугово-чернозёмные глубокопромерзающие почвы, встречаются солончаки. В долине Аргуни почвы аллювиально-луговые глубокопромерзающие. В районе господствует степь, которая лишь в долинах рек и обширных понижениях сменяется лугами. Степи разнотравно-злаковые, пижмово-разнотравные, злаково-пижмово-крово-хлебковые. Луга — вострецовые, ячменные и пикульниково-остепенные. [8].

Климат края, как и большей части Восточной Сибири, резко континентальный с недостаточным количеством атмосферных осадков. [2].

Среднегодовая температура воздуха —  $-2,8^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура июля  $+20,6^{\circ}\text{C}$  (максимальная  $+38^{\circ}\text{C}$ ), средняя температура января  $-28 \div -30^{\circ}\text{C}$  (абс. минимум  $-43^{\circ}\text{C}$ ). [5].

Основным направлением ветра в городе Петровск-Забайкальский является западный (26%). Кроме того, преобладающими направлениями ветра можно назвать северо-западный (20%) и юго-западный (12%). Самый редкий ветер в городе Петровск-Забайкальский — восточный (4%). [5]. Город относится к III зоне по ветровому давлению [6].

Среднегодовая продолжительность гроз: от 40 до 60 часов [6].

Город относится к III зоне по гололеду, характеризующейся нормативной толщиной стенки гололеда 20 мм [6].

Наиболее крупные реки края: Аргунь, Шилка, Онон, Ингода, Хилок, Чикой. Крупные группы озёр представлены Торейскими, Ивано-Арахлейскими и Куандо-Чарскими озёрами.

Животный мир Забайкальского края представлен сочетанием сибирской таежной и степной монгольской фауны с небольшой долей маньчжурских видов. Млекопитающие представлены примерно 8 десятками видов, среди которых: лоси, изюбрь, кабан, сибирская косуля, бурый медведь, лисица, волк, соболь, обыкновенная белка, заяц-беляк, колонок, кабарга. Много различных видов птиц: утки, гуси, журавли, дятлы и др.

Некоторые виды занесены в Красную Книгу РФ, из них можно назвать дзерена, манула, тарбагана, амурского тигра, даурского ежа, дрофу, степного орла, журавлей — даурского и чёрного, стерха, красавку.

В смешанных лесах преобладает берёза. Хвойные леса произрастают на западе, а в Кункурской степи растёт островной реликтовый Цасучейский бор — «Цырик-Нарасун» (сосновое войско), где господствует сосна Крылова. Редко стоящие одиночные деревья, как в саванне, со своеобразным степным сообществом не имеющие аналогов в обычных степях, поэтому сосновый бор необходимо сохранить для будущих поколений. [8].

При строительстве объектов не допускается уничтожения редких видов животных и растений, изменения пути миграций птиц и животных. Требуется определить виды животных и растений района, ареалы их обитания и сопоставить с расположением объекта, стараясь минимизировать возможный вред.

#### **1.4 Особенности электроснабжения предприятия и его цехов**

Крупные масштабы промышленных предприятий, непрерывность технологического процесса, тяжелые условия работы электроустановок и электрооборудования предъявляют особые требования к надежности и бесперебойности питания.

Поэтому электроснабжение крупного металлургического завода обеспечивается, как правило, от энергетической системы и заводских электростанций.

Для резервирования питания наиболее ответственных потребителей, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства, предусматривается третий независимый источник питания.

Система электроснабжения современного крупного металлургического предприятия по своей сложности, масштабам и режимам работы конкурирует с энергосистемами. Напряжение 110 кВ, считавшееся ранее системным, превратилось в распределительное напряжение по заводу; распределительным становится напряжение 110-220 кВ.

В целях сокращения потерь электроэнергии и повышения надежности электроснабжения сокращается до минимума количество промежуточных трансформаций и коммутаций. Весьма эффективным средством достижения этих целей является глубокий ввод.

Система электроснабжения современного крупного предприятия строится по блочному принципу, исходя, как правило, из отдельной работы трансформаторов и линий. В большинстве случаев этого оказывается достаточно для бесперебойного питания электроприемников. Однако значительная протяженность сетей 110-220 кВ, обусловленная широким внедрением глубоких вводов, приводит, как показывает опыт эксплуатации, к частым повреждениям и отключениям линий 110-220 кВ, что расстраивает сложный технологический процесс прокатного стана.

"Развал" технологической цепи происходит из-за повышенной чувствительности тиристорных преобразователей стана к внезапным перерывам электроснабжения и из-за недостаточного быстродействия устройств АВР.

Так, минимальное напряжение надежной работы тиристорных преобразователей составляет  $0,9 U_{ном}$ . В то же время низковольтная аппаратура, используемая в схемах управления электродвигателей переменного тока, имеет напряжение отпадания  $U_{отп.}=(0,6\div 0,65) U_{ном}$ .

В то же время при частичной параллельной работе трансформаторов (параллельная работа - на стороне НН, отдельная на стороне ВН) симметричное повреждение одного из источников приводит, в отличие от отдельной работы, к уменьшению напряжения у всех потребителей данной подстанции, величина которого зависит от удаленности повреждения и не превышает величину  $0,5 U_{ном}$ . При несимметричных повреждениях в питающей сети на шинах НН обеспечивается более высокий уровень остаточных фазных и линейных напряжений, однако, и он оказывается значительно ниже минимально допустимой величины  $0,9 U_{ном}$ .

Следовательно, повреждения в питающей сети при частичной параллельной работе трансформаторов будут приводить, как и при отдельной работе трансформаторов, к аварийным остановкам станов со всеми вытекающими отсюда последствиями. Более того, частичная параллельная работа трансформаторов повышает уязвимость прокатного стана к внезапным перерывам электроснабжения, ибо последние будут возникать при повреждениях во всей питающей сети. В то же время применение отдельной или параллельной работы трансформаторов ГПП на стороне НН при одновременном их подключении к половине питающей сети, имеющей двустороннее питание, вдвое снижает уязвимость стана к внезапным перерывам электроснабжения из-за уменьшения их количества.

Параллельная работа трансформаторов на стороне НН в сочетании с отдельной работой на стороне ВН не является средством повышения надежности электроснабжения прокатного стана.

Кроме того, при частичной параллельной работе через трансформаторы возможно протекание уравнительного тока, обусловленного разностью потенциалов между источниками питания

Протекание уравнительного тока через трансформаторы связано с необходимостью завышения мощности трансформаторов, что снижает технико-экономические показатели системы электроснабжения.

Следует отметить также, что параллельная работа трансформаторов ГПП и ПГВ на стороне НН приводит к значительному увеличению токов короткого замыкания в сети НН, что усложняет схему электроснабжения и ухудшает ее технико-экономические показатели.

Ввиду сказанного параллельная работа трансформаторов ГПП и ПГВ на стороне НН в сочетании с отдельной работой на стороне ВН для электроснабжения прокатных станов не применяется.

При проектировании ГПП или ПГВ обращается особое внимание на величину системной составляющей тока короткого замыкания на шинах НН. Как известно, короткие замыкания в сети НН трансформаторов могут вызвать в сети ВН снижение напряжения, превышающее допустимую величину для потребителей (электродвигателей, тиристорных преобразователей), подключенных к другим ГПП и ПГВ.

Для электроснабжения главных приводов прокатных станов в стране применяется напряжение 6-10 кВ с широким использованием понижающих трансформаторов с расщепленной на две ветви обмоткой низшего напряжения (НН). Применение для этой цели напряжения 35 кВ, используемого для мощных электросталеплавильных печей, связано с применением понижающих двухобмоточных трансформаторов без расщепления обмотки НН. Применение напряжения 35 кВ является для отечественных станов новым техническим решением, позволяющим несколько упростить схему, уменьшить потери электроэнергии и количество единиц СКУ, однако суммарная мощность СКУ при переходе от 10 кВ к 35 кВ не уменьшается.

Кроме того, переход на более высокий класс напряжения связан с применением значительно более дорогостоящего электрооборудования. Широко применяемые в стране глубокие вводы 110-220 кВ сокращают до минимума протяженность сетей НН, поэтому экономия потерь электроэнергии за счет повышения напряжения электроснабжения незначительна.

Подключение трансформаторов 110-220 кВ к сети выполняется, как правило, с помощью кабелей 110-220 кВ (с пластмассовой изоляцией или маслонаполненных) по схеме "блок-линия-трансформатор".

Предусматривается передача отключающих сигналов (ПОС) от защит трансформаторов 110-220 кВ на головные выключатели по кабелям связи.

Питающая сеть 6-10 кВ от трансформаторов ГПП выполняется 3-фазным симметричным токопроводом, от заводских источников - кабелями. Распределительная сеть 6-10 кВ выполняется кабелями. С целью повышения удобства эксплуатации и сокращения протяженности кабельных сетей 6-10 кВ в прокатных цехах и комплексах предусматривается необходимое количество распределительных подстанций (РП), в первую очередь - в местах сосредоточения двигателей. Питание РП осуществляется по радиальным схемам,

Питание цеховых подстанций осуществляется, как правило, по радиальной схеме.

Проектируемый объект относится к II категории по надежности электроснабжения.

Питание объекта будет осуществляться от одной из действующих подстанций либо напрямую от электростанции, в зависимости от установленной мощности предприятия и напряжения питающих линий, значение которых будет определено дальнейшими расчетами.

В соответствии с категорией объекта, питание будет осуществляться по двухцепной линии электропередачи.

### **1.5 Исходные данные для проектирования**

Ниже приведены: план расположения объектов электроснабжения предприятия; ведомость электрических нагрузок предприятия; план одного из производственных помещений; ведомость электрических нагрузок производственного помещения, с заданными: категорией объектов по надежности электроснабжения; коэффициентами спроса объектов; коэффициентами мощности.

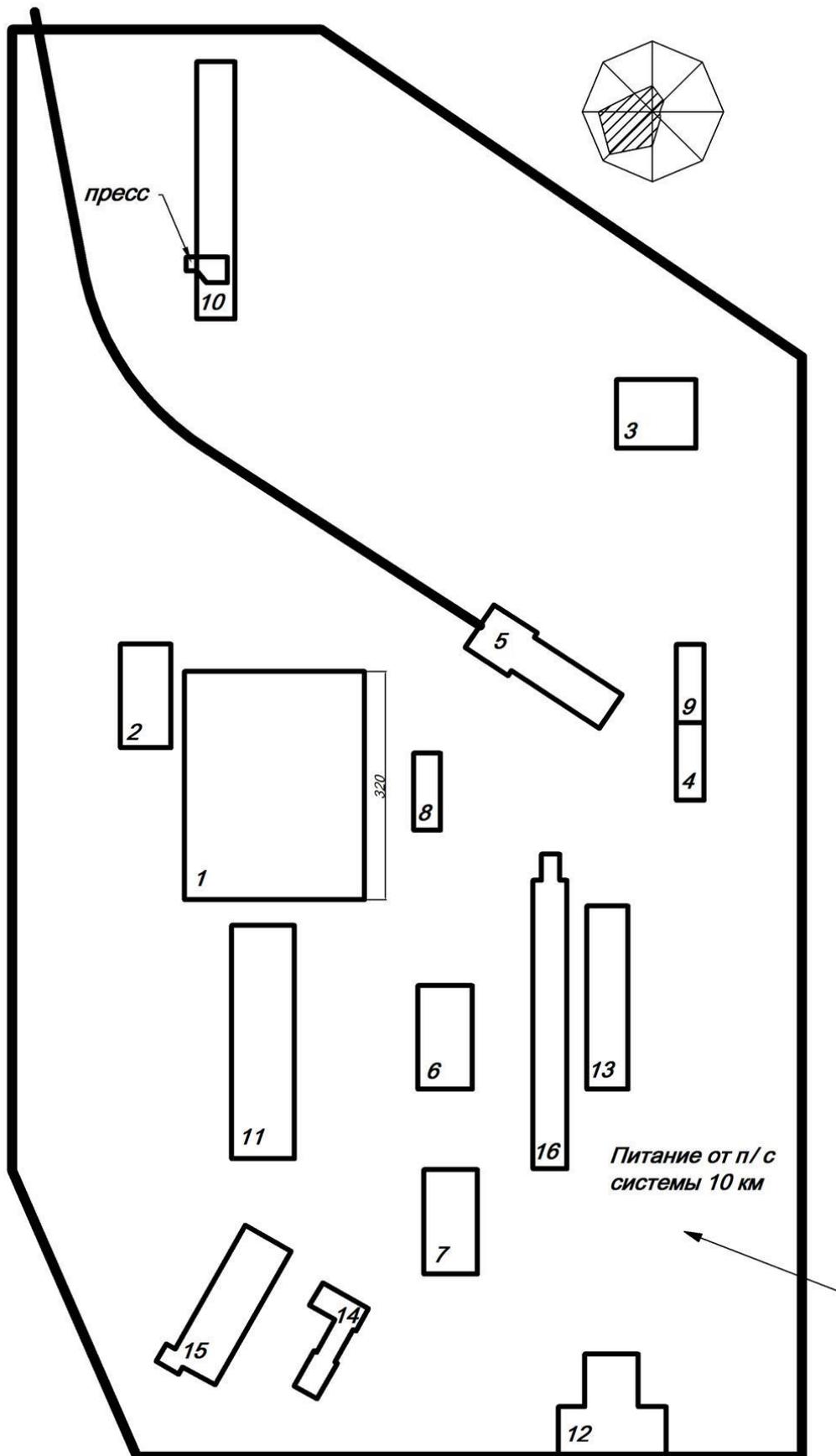


Рисунок 1.5.1 – Генеральный план металлургического завода.

Таблица 1.5.1 – Ведомость электрических нагрузок по цехам.

№	Наименование цеха	Номинальное напряжение, кВ	Установленная мощность, кВт	Категория электроснабжения	Кс	cosφ
1	Сталелитейный	0,38	-	II	0,4	0,75
		6	-			
2	Котлы утилизаторы	0,38	1290	II	0,3	0,8
3	Центральная насосная	0,38	960	II	0,3	0,6
4	Электроцех	0,38	165	II	0,3	0,7
5	Железнодорожный	0,38	120	II	0,4	0,6
6	Ремонтный	0,38	55	II	0,3	0,7
7	Кислородная станция	0,38	630	II	0,5	0,7
8	Мастерские ОКС	0,38	75	II	0,3	0,7
9	Оборотный цикл проката	0,38	1280	II	0,4	0,8
10	Заводоуправление	0,38	32	III	0,4	0,7
11	Склад №1	0,38	95	III	0,3	0,6
12	Склад №2	0,38	16	III	0,3	0,6
13	Механический	0,38	500	III	0,3	0,7
14	Огнеупорный	0,38	860	II	0,6	0,75
15	Скрап база	0,38	1120	III	0,3	0,8
		6	1890			
16	Компрессорная	6	1620	II	0,3	0,7

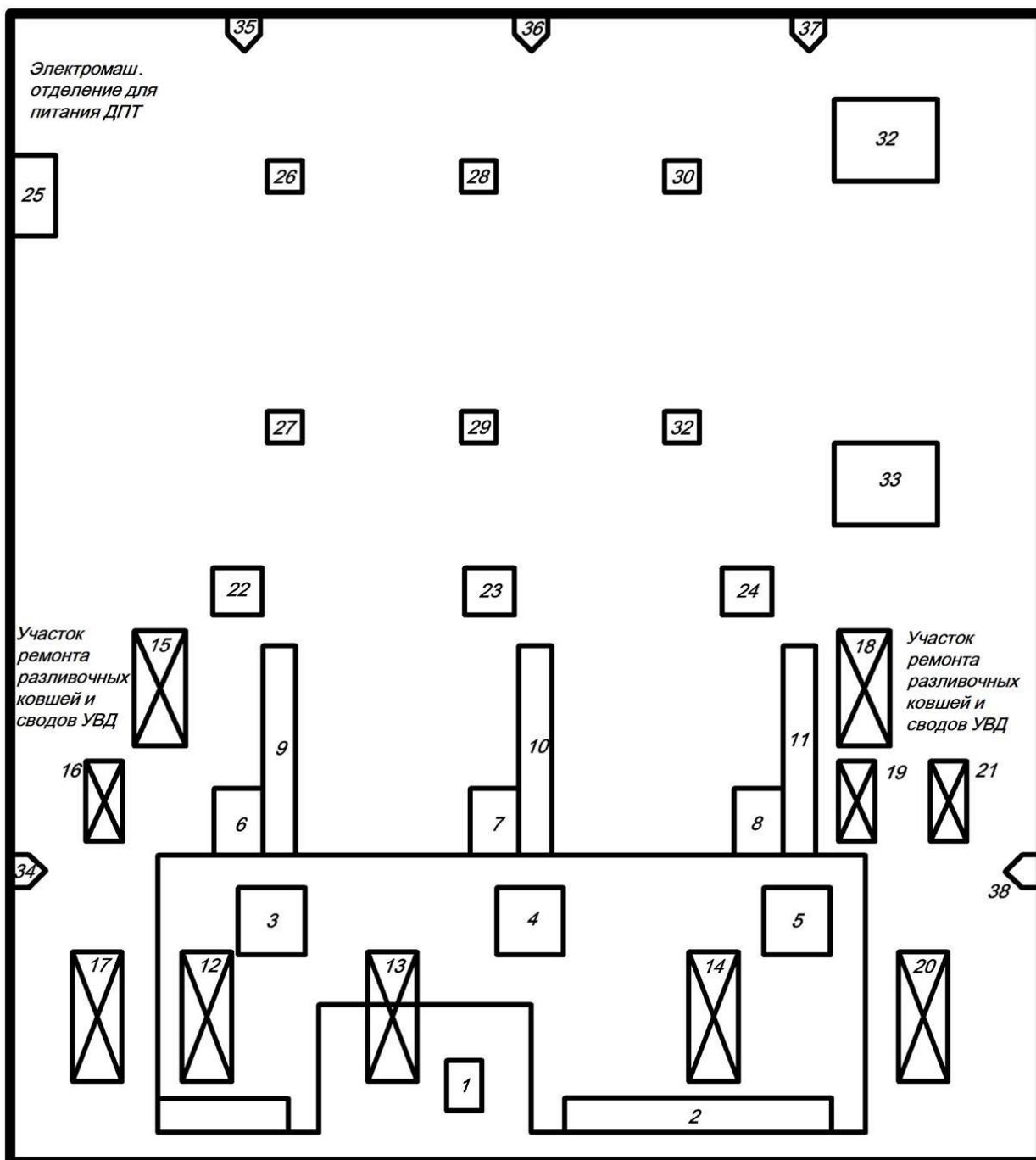


Рисунок 1.5.2 - План сталелитейного цеха.

Таблица 1.5.2 - Сведения об электрических нагрузках сталелитейного цеха

№ на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт	Ки	cosφ
1	Автобадьеvoz	30	0,1	0,85
2	Пост контроля и управления ДСП	22	0,1	0,85
3-5	Дуговая сталеплавильная печь 6кВ	825	0,7	0,9
6-8	Агрегат комплексной обработки стали АКOC 6 кВ	160	0,6	0,75
9-11	Сталевоз	50	0,6	0,7
12-14, 17, 20	Кран-балка грузоподъемностью 150/32 т. ПВ = 40 %	17	0,2	0,5
15, 18	Кран-балка грузоподъемностью 130+63/20 т. ПВ =25 %	19	0,06	0,5
16, 19, 21	Кран-балка грузоподъемностью 80/20 т. ПВ = 40 %	14	0,2	0,5
22, 23	Асинхронные двигатели 6 кВ	1600	0,75	0,85
24	Синхронный двигатель 6 кВ	2120	0,75	0,9
25	Электромашинное отделение для питания двигателей постоянного тока 6 кВ	4200	0,7	0,7
26-31	Двигатели постоянного тока	600	0,75	1
32	Вальц токарная	260	0,2	0,6
33	Маслонасосная проката	120	0,65	0,75
34-38	Вентиляторы	9	0,8	0,75

## Раздел 2 Электроснабжение объектов на территории предприятия.

### 2.1 Предварительная оценка электрических нагрузок сталелитейного цеха

Расчёт электроприёмников напряжением до 1 кВ, располагающихся в сталелитейном цехе (на примере кран-балки), производим методом упорядоченных диаграмм отдельно для каждой группы (пример для группы А):

- а) электроприёмники с переменным графиком нагрузки, у которых  $Ku < 0,6$ ;
- б) электроприёмники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых  $Ku \geq 0,6$ ,

согласно форме Ф636-92. Все расчёты сводим в таблицу 2.1.1.

Исходными для расчёта служат данные таблицы 1.2, на основе которых заполняются графы 1-3, 5-6. Коэффициенты использования  $Ku$  и коэффициенты мощности электроприёмников  $\cos\varphi$  являются справочными данными [3] для металлургической отрасли.

В графу 4 записывается общая установленная мощность однотипных электроприёмников:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i} = 5 \cdot 10,75 = 53,76$$

$$P_{\text{ном}i} = P_{\text{наст}} \cdot \sqrt{ПВ} = 17 \cdot \sqrt{0,4} = 10,75$$

В графу 7 записываем значение  $\text{tg}\varphi$ , определяемое как:

$$\text{tg}\varphi = \text{tg}(\arccos(\cos\varphi)) = \text{tg}(\arccos(0,5)) = 1,732$$

В графах 8-9 построчно записываются значения средней активной и реактивной нагрузок за наиболее загруженную смену:

$$P_{\text{см}} = K_H \cdot P_H = 0,2 \cdot 53,76 = 10,75 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = K_H \cdot P_H \cdot \text{tg}\varphi = 0,2 \cdot 53,76 \cdot 1,732 = 18,62 \text{ кВар}$$

Групповой коэффициент использования определяется как:

$$K_{H(\text{гр})} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_H} = \frac{87,2}{539,32} = 0,16.$$

Полученное значение заносится в итоговую строку графы 5.

Для нахождения расчётной активной мощности электроприёмников необходимо знать коэффициент максимума  $K_M$ , который зависит от эффективного числа электроприёмников.  $K_M$  определяем по кривым или по таблице [3] в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования.

Эффективное число электроприёмников - такое число однородных по режиму работы электроприёмников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности электроприёмников.

Для его нахождения построчно определяем значение для каждой группы электроприёмников и сумму полученных значений.

Эффективное число электроприёмников (графа 10):

$$n_{\text{Э}} = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum (n \cdot P_H^2)} = \frac{539,32^2}{76993,7} = 4,1 \text{ шт}$$

Определяем коэффициент максимума активной мощности  $K_M$  (графа 11) на основе полученного эффективного числа электроприёмников, и группового коэффициента использования.

Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания электроприёмников напряжением до 1 кВ (графа 12):

$$P_M = K_M \cdot \sum P_{CM} = 3,11 \cdot 87,2 = 271,21 \text{ кВт}$$

Расчетная реактивная мощность подключенных к узлу питания электроприёмников напряжением до 1 кВ (графа 13) :

при  $n_{\text{Э}} \leq 10$ :

$$Q_M = 1,1 \cdot \sum Q_{CM} = 1,1 \cdot 110,29 = 121,32 \text{ кВар}$$

при  $n_{\text{Э}} > 10$  :

$$Q_M = \sum K_u \cdot P_{ном} \cdot \text{tg}(\varphi)$$

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

$$P_{P.O.} = K_C \cdot P_{H.O.} = 0,85 \cdot 120 = 102 \text{ кВт}$$

$K_{C.O.}$  принимается по справочным данным [5]. Величина  $P_{H.O.}$  находится как:

$$P_{H.O.} = P_{уд.о.} \cdot F = 1,5 \cdot 250 \cdot 320 = 120 \text{ кВт}$$

где  $P_{уд.о}$  – удельная плотность осветительной нагрузки, принимается по справочным материалам [5].

$F$  – площадь цеха, определяемая по генплану.

Полная расчётная мощность цеха (с учетом электроприемников группы Б и осветительной нагрузки) равна (графа 14):

$$S_P = \sqrt{(\sum P_M)^2 + (\sum Q_M)^2} = \sqrt{(271,2 + 123,75 + 102,0)^2 + (121,32 + 108,59)^2} = 556,98 \text{ кВА}$$

Расчётный ток (графа 15):

$$I_p = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{556,98}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 846,24 \text{ А}$$

Таблица 2.1.1 Сводная таблица нагрузок сталелитейного цеха.

Наименование ЭП	Исходные данные						Расчетные величины				Результаты расчета					
	По заданию технологов			По справочным данным			Ки*Рн	Ки*Рн*tg	Nэ	Км	Рр,кВт	Qр,квар	Sp,кВА	Ip,А		
	Кол-во ЭП шт.	Рном, кВт 100%		Ки	cosφ	tgφ										
Одного ЭП		общая	2				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,38 кВ																
группа А																
Автобадьевоз	1	30	30	0,1	0,85	0,620	3,00	1,86								
Сталевоз	3	50	150	0,1	0,85	0,620	15,00	9,30								
Вальц токарная	1	260	260	0,2	0,6	1,333	52,00	69,33								
Кран-балка грузоподъемностью 150/32 т. ПВ = 40 %	5	10,75	53,76	0,2	0,5	1,732	10,75	18,62								
Кран-балка грузоподъемностью 130+63/20 т. ПВ =40 %	2	9,5	19	0,06	0,5	1,732	1,14	1,97								
Кран-балка грузоподъемностью 80/20 т. ПВ = 25 %	3	8,85	26,56	0,2	0,5	1,732	5,31	9,20								
<b>Итого по группе А</b>	<b>15</b>		<b>539,32</b>	<b>0,16</b>			<b>87,20</b>	<b>110,29</b>	<b>4</b>	<b>3,11</b>	<b>271,21</b>	<b>121,32</b>				
группа Б																
Пост контроля и управления ДСП	1	22	22	0,75	0,9	0,484	16,50	7,99								
Маслонасосная проката	1	120	120	0,65	0,75	0,882	78,00	68,79								
Вентиляторы	5	9	45	0,65	0,8	0,750	29,25	21,94								
<b>Итого по группе Б</b>	<b>7</b>		<b>187</b>	<b>0,66</b>			<b>123,75</b>	<b>98,72</b>		<b>1,00</b>	<b>123,75</b>	<b>108,59</b>				
Итого силовая нагрузка по цеху	22		726,32	0,29			210,95	209,01			394,96	229,91				
Освещение	320*250м <sup>2</sup>	1,5 Вт/м <sup>2</sup>	120	0,85			102,00				102,00					
<b>Итого по цеху</b>			<b>846,32</b>	<b>0,37</b>			<b>312,95</b>	<b>209,01</b>			<b>496,96</b>	<b>229,91</b>	<b>556,98</b>	<b>846,24</b>		
6 кВ																
Агрегат комплексной обработки стали АКOC 6 кВ	3	160	480	0,6	0,75	0,882	288,00	253,99								
Дуговая сталеплавильная печь 6кВ	3	825	2475	0,7	0,9	0,484	1732,50	839,09								
Асинхронные двигатели 6 кВ	2	1600	3200	0,75	0,85	0,620	2400,00	1487,39								
Синхронный двигатель 6 кВ	1	2120	2120	0,75	0,9	0,484	1590,00	770,07								
Электромашинное отделение для питания двигателей постоянного тока 6 кВ	1	4200	4200	0,7	0,7	1,020	2940,00	2999,40								
<b>Итого по цеху 6 кВ</b>	<b>10</b>		<b>12475</b>	<b>0,72</b>			<b>8950,50</b>	<b>6349,94</b>		<b>1,00</b>	<b>8950,50</b>	<b>6349,94</b>	<b>10974,20</b>	<b>1055,99</b>		

## 2.2 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом

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

Для цехов, в которых располагается высоковольтное оборудование используются синхронные двигатели.

Расчётная силовая нагрузка цеха определяется по методу коэффициента спроса на основе следующих соотношений:

$$P_p = K_C \cdot P_H, \text{ кВт}$$
$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ кВар},$$

где  $P_H$  - номинальная установившаяся мощность всех ЭП цеха

Также необходимо учесть осветительную нагрузку, которая, определяется по следующим формулам:

$$P_{но} = F \cdot p_{уд}, \text{ кВт}$$
$$P_{p.o} = P_{но} \cdot K_{co}, \text{ кВт}$$
$$Q_{p.o} = P_{но} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ кВАр}$$

Пример расчёта для сталелитейного цеха №1:

$$P_p = K_C \cdot P_H = 0,4 \cdot 846 = 338,4 \text{ кВт}$$
$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 338,4 \cdot 0,88 = 298,44 \text{ кВар},$$

Номинальная мощность осветительной нагрузки:

$$P_{но} = F \cdot p_{уд} = \frac{80000 \cdot 1,5}{1000} = 120 \text{ кВт}$$

Расчетная осветительная нагрузка:

$$P_{p.o} = P_{но} \cdot K_{co} = 120 \cdot 0,85 = 102 \text{ кВт}$$

Полная расчётная мощность сталелитейного цеха с учётом осветительной нагрузки:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + Q_p^2} = \sqrt{452,4^2 + 298,44^2} = 541,97 \text{ кВА}$$

Расчёты для других цехов предприятия производятся аналогично, данные сводим в таблицу 2.2.1.

Таблица 2.2.1 Сводная таблица нагрузок предприятия.

№	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка				Осветительная нагрузка						Силовая и осветительная нагрузки			
		P <sub>н</sub> ,	K <sub>с</sub>	cosφ	tgφ	P <sub>р</sub> ,	Q <sub>р</sub> ,	F,	R <sub>уд</sub> о,	P <sub>но</sub> ,	K <sub>со</sub>	P <sub>ро</sub> ,	P <sub>р</sub> +P <sub>ро</sub> ,	Q <sub>р</sub> +Q <sub>ро</sub> ,	S <sub>р</sub> ,
		кВт				кВт	кВАр	м2	Вт/м	кВт		кВт	кВАр	кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Потребители электроэнергии 0,38 кВ															
1	Сталелитейный	846	0,4	0,75	0,88	338,4	298,44	80000	1,5	120	0,95	114,00	452,40	298,44	541,97
2	Котлы утилизаторы	1290	0,3	0,8	0,75	387	290,25	10150	1,5	15,225	0,95	14,46	401,46	290,25	495,40
3	Центральная насосная	960	0,3	0,6	1,33	288	384,00	11000	1,5	16,5	0,95	15,68	303,68	384,00	489,57
4	Электроцех	165	0,3	0,7	1,02	49,5	50,50	4400	1,5	6,6	0,95	6,27	55,77	50,50	75,24
5	Железнодорожный	120	0,4	0,6	1,33	48	64,00	12900	1,5	19,35	0,95	18,38	66,38	64,00	92,21
6	Ремонтный	55	0,3	0,7	1,02	16,5	16,83	10875	1,5	16,3125	0,95	15,50	32,00	16,83	36,15
7	Кислородная станция	630	0,5	0,7	1,02	315	321,36	10875	1,5	16,3125	0,95	15,50	330,50	321,36	460,98
8	Мастерские ОКС	75	0,3	0,7	1,02	22,5	22,95	3850	1,5	5,775	0,95	5,49	27,99	22,95	36,20
9	Оборотный цикл проката	1280	0,4	0,8	0,75	512	384,00	4400	1,5	6,6	0,95	6,27	518,27	384,00	645,03
10	Заводоуправление	32	0,4	0,7	1,02	12,8	13,06	18000	1,5	27	0,95	25,65	38,45	13,06	40,61
11	Склад №1	95	0,3	0,6	1,33	28,5	38,00	27200	1,5	40,8	0,95	38,76	67,26	38,00	77,25
12	Склад №2	16	0,3	0,6	1,33	4,8	6,40	16125	1,5	24,1875	0,95	22,98	27,78	6,40	28,51
13	Механический	500	0,3	0,7	1,02	150	153,03	13750	1,5	20,625	0,95	19,59	169,59	153,03	228,43
14	Огнеупорный	860	0,6	0,75	0,88	516	455,07	5875	1,5	8,8125	0,95	8,37	524,37	455,07	694,30
15	Скрап база	1120	0,3	0,8	0,75	336	252,00	16550	1,5	24,825	0,95	23,58	359,58	252,00	439,10
16	Компрессорная							18875	1,5	28,3125	0,95	26,90	26,90	0,00	26,90
	Терр-я завода							1857200	0,16	297,152	0,95	282,29	282,29	0,00	282,29
	<b>Итого по 0,38 кВ</b>	<b>8044</b>				<b>3025</b>	<b>2749,90</b>			<b>694,3895</b>		<b>659,67</b>	<b>3684,67</b>	<b>2749,90</b>	<b>4597,69</b>
Потребители электроэнергии 6 кВ															
1	Сталелитейный	9160	0,4	0,75	0,88	3664	3231,34						3664,00	3231,34	4885,33
15	Скрап база	1890	0,3	0,8	0,75	567	425,25						567,00	425,25	708,75
16	Компрессорная	1620	0,3	0,7	1,02	486	495,82						486,00	495,82	694,29
	<b>Итого по 6 кВ</b>	<b>12670</b>				<b>4717</b>	<b>4152,41</b>						<b>4717,00</b>	<b>4152,41</b>	<b>6284,32</b>
	<b>Итого по заводу</b>	<b>20714</b>				<b>7742</b>	<b>6902,31</b>						<b>8401,67</b>	<b>6902,31</b>	<b>10873,36</b>

Полная мощность нагрузки предприятия на шинах напряжением до 1000 В

$$S_{p0,4кВ} = \sqrt{P_{p0,4кВ}^2 + Q_{p0,4кВ}^2} = \sqrt{3684,67^2 + 2749,9^2} = 4597,69 \text{ кВА}$$

Приближенно потери мощности в цеховых трансформаторах и питающих проводниках [10, стр. 32]

$$\Delta P_{mp} = 0,02 \cdot S_{p0,4кВ} = 0,02 \cdot 4597,69 = 91,95 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{mp} = 0,1 \cdot S_{p0,4кВ} = 0,1 \cdot 4597,69 = 459,77 \text{ кВар}$$

$$\Delta P_{л} = 0,03 \cdot S_{p0,4кВ} = 0,03 \cdot 4597,69 = 137,93 \text{ кВт}$$

На этапе расчёта высоковольтной двигательной нагрузки принимается, что синхронные двигатели работают в режиме номинального возбуждения ( $\cos=1$ ). В этом режиме они потребляют из сети только активную мощность.

Суммарная расчетная активная и реактивная мощность, отнесенная к шинам 6 кВ ГПП с учетом потерь в цеховых трансформаторах и питающих линиях:

$$\begin{aligned} P_{P\Sigma} &= (\sum P_P^H + \sum P_P^B) \cdot K_{p.m} + P_{PO} + \Delta P_{mp} + \Delta P_{л} = \\ &= (3025 + 4717) \cdot 0,95 + 659,67 + 91,95 + 137,93 = 8244,45 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{P\Sigma} &= (\sum Q_P^H + \sum Q_P^B) \cdot K_{p.m} + \Delta Q_{mp} = \\ &= (2749,9 + 4152,41) \cdot 0,95 + 459,77 = 6587,45 \text{ кВАр} \end{aligned}$$

где  $K_{p.m} = 0,9 \div 0,95$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузок для активной и реактивной мощности [10, стр. 35].

Полная мощность предприятия на шинах 6 кВ ГПП:

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2} = \sqrt{8244,45^2 + 6587,45^2} = 10552,99 \text{ кВА}$$

Приблизительные потери мощность в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{mpГПП} = 0,02 \cdot S_{P\Sigma} = 0,02 \cdot 10552,99 = 211,06 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{mpГПП} = 0,1 \cdot S_{P\Sigma} = 0,1 \cdot 10552,99 = 1055,30 \text{ кВар}$$

В общем случае рекомендуется передавать мощность до 10 МВА на напряжении 35 кВ, мощность 10-120 МВА на напряжении 110 кВ и мощность 120-150 МВА на напряжении 220 кВ [11, стр. 46]

Экономически целесообразное напряжение можно определить по формуле Илларионова:

$$U_{\text{НОМ}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{10} + \frac{2500 \cdot 1000}{10552,99}}} = 59,04 \text{ кВ.}$$

Ближайшие значения номинального напряжения питающей линии ГПП – 35 кВ и 110 кВ. Так как мощность предприятия превышает 10 МВА, принимаем напряжение питающей линии ГПП  $U=110$  кВ.

Реактивная мощность, передаваемая из сети энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок для 110 кВ:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{\text{р}\Sigma} = 0,29 \cdot 8244,46 = 2390,89 \text{ кВар.}$$

Мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{р}\Sigma} - Q_c = 6587,45 - 2390,89 = 4169,56 \text{ кВар.}$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП:

$$S_{\text{р.ГПП}} = \sqrt{(P_{\text{р}\Sigma} + \Delta P_{\text{т.ГПП}})^2 + (Q_{\text{р}\Sigma} + \Delta Q_{\text{т.ГПП}} - Q_{\text{ку}})^2} = \\ = \sqrt{(8244,45 + 211,06)^2 + (6578,45 + 1055,30 - 4169,56)^2} = 11397,69 \text{ кВА}$$

Таким образом, в данном подразделе были определены полная расчетная мощность главной понизительной подстанции и уровень напряжения линии, питающей ГПП.

### 2.3 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на плане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствует расчетным нагрузкам цехов. Картограмма позволяет составить визуальное отображение структуры силовых нагрузок на предприятии. На основе построенной картограммы электрических нагрузок определяется центр электрических нагрузок который является оптимальным метом для размещения источника питания.

В реальных условиях, учитывая наличие дорог, зданий и естественных препятствий источник питания (ГПП) может быть сдвинут в сторону питающей линии.

Для определения ЦЭН энергосистемы на план местности наносятся оси координат. Начало системы координат выбирается произвольно. Координаты каждого объекта  $x_i$  и  $y_i$  определяется в миллиметрах относительно начала координат для точки в которой установлен источник питания объекта или его локальном центре нагрузок (при отсутствии данных допускается определять координаты геометрического центра объекта).

Необходимо построить экономически целесообразную систему внутризаводского электроснабжения с минимальной протяженностью сетей и минимальными потерями. Для этого ГПП нужно расположить как можно ближе к центру потребления электрической энергии – ЦЭН.

Картограммы позволяют наглядно рассмотреть распределение нагрузок по предприятию

Определяются радиусы окружностей для каждого цеха:

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

где  $P_{pi}$  - расчетная мощность  $i$ -го цеха с учётом освещения

$m$  - масштаб для определения площади круга, постоянный для всех цехов предприятия.

Чаще всего круг разделяют на секторы, в нашем случае отдельно выделяется сектор с осветительной нагрузкой:

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

Пример расчёта для сталелитейного цеха:

$$P_{pi} = 452,00 \text{ кВт}$$

$$x_i = 36,50 \text{ мм}$$

$$y_i = 94,10 \text{ мм}$$

$$m = 5$$

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{452,00}{3,14 \cdot 5}} = 5,37 \text{ мм}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{P_{pi}} = \frac{360 \cdot 102}{452} = 81^\circ$$

Для остальных цехов производится аналогичный расчет, результаты которого заносятся в таблицу 2.3.1.

Таблица 2.3.1 Расчетные данные для построения картограммы

Цех	$P_{pi}$ , кВт	$P_{po}$ , кВт	r, мм	$\alpha$ , град	$x_i$ , мм	$y_i$ , мм	$P_{pi} x_i$	$P_{pi} * y_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,38 кВ								
1	452	102	5,37	81	36,50	94,10	16512,60	42570,84
2	401	13	5,06	12	18,60	106,60	7467,23	42796,04
3	304	14	4,40	17	89,60	146,10	27209,28	44366,92
4	56	6	1,88	36	94,30	97,40	5259,11	5432,00
5	66	18	2,06	100	72,60	110,80	4819,37	7355,18
6	32	15	1,43	174	60,20	58,80	1926,21	1881,42
7	330	14	4,59	15	60,20	33,00	19895,91	10906,40
8	28	5	1,34	71	57,70	93,20	1614,81	2608,32
9	518	6	5,75	4	94,30	108,40	48872,86	56180,47
10	38	23	1,56	215	28,30	177,40	1088,14	6821,03
11	67	35	2,07	186	34,90	58,20	2347,37	3914,53
12	28	21	1,33	266	83,40	7,10	2316,70	197,22
13	170	18	3,29	37	82,70	64,30	14025,40	10904,88
14	524	7	5,78	5	45,20	14,90	23701,61	7813,14
15	360	21	4,79	21	33,50	19,50	12046,06	7011,88
16	27	27	1,31	360	74,80	60,60	2011,89	1629,95
10 кВ								
1	3664,00		15,28		36,50	94,10	133736,00	344782,40
15	945,00		7,76		33,50	19,50	31657,50	18427,50
16	486,00		5,56		74,80	60,60	36352,80	29451,60
Итого	8497,38				46,23	75,91	392860,84	645051,71

По результатам расчета определяются координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum (P_{pi} \cdot x_i)}{\sum P_{pi}} = \frac{392860,84}{8497,38} = 46,23 \text{ мм}$$

$$y_0 = \frac{\sum (P_{pi} \cdot y_i)}{\sum P_{pi}} = \frac{645051,71}{8497,38} = 75,91 \text{ мм}$$

Так как ЦЭН не попал в зону расположения цехов, то ГПП размещается в центре электрических нагрузок.

Картограмма нагрузок приведена на рисунке 2.3.1.

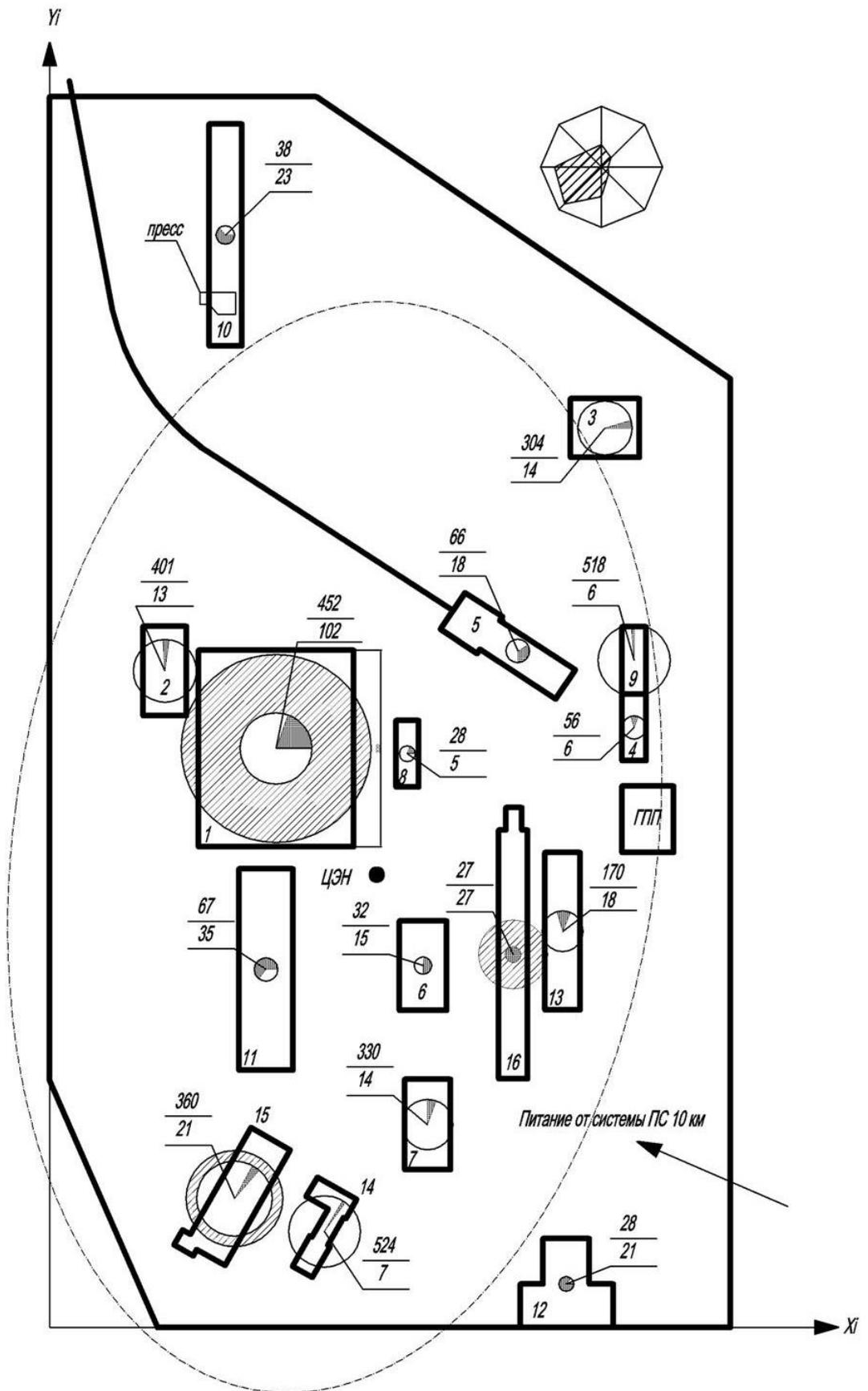


Рисунок 2.3.1. Картограмма нагрузок

## 2.4 Распределение источников питания по территории предприятия.

Трансформаторные подстанции 6-10 кВ должны быть установлены в центрах своих электрических нагрузок.

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается одинаковой (по возможности) для всей группы.

Загрузка двухтрансформаторных подстанций по полной мощности не должна превышать 70%, однострансформаторных - 90%.

Вопрос выбора мест установки ТП на прямую связан с обеспечением категории надежности электроснабжения. Потребители I и II категории надежности требуют двух независимых источников питания, следовательно должны быть запитаны от двухтрансформаторной подстанции или РП 0,4 кВ, питающегося от такой.

Для начала необходимо определить суммарную площадь цехов по генплану в соответствии с масштабом. Результаты расчета, а так же другие параметры, необходимые для дальнейшего расчета, сведены в таблицу 2.4.1.

Ориентировочно выбор номинальной мощности цеховых трансформаторов можно произвести по удельной плотности нагрузки:

$$\sigma = \frac{S_{расч}^{нн}}{F_{ц}} = \frac{4364,67}{266750} = 0,016 \text{ кВА/м}^2$$

Из-за неравномерного распределения мощности по предприятию и невозможности обеспечения требуемой категории по надёжности электроснабжения. Исходя из этих соображений будем производить расчет по экономически оптимальному количеству на трансформаторы мощностью 630 кВА.

Минимально возможное число трансформаторов:

$$N_{\min} = \frac{P_{расч.ном}}{\beta_T \cdot S_{н.тр}} + \Delta N = \frac{3402,38}{0,7 \cdot 630} + \Delta N = 7,72 + 0,28 = 8$$

где  $\beta_T$  - коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме

Экономически оптимальное число трансформаторов:

$$N_{тр.эк} = N_{\min} + m = 8 + 0 = 8 \text{ шт}$$

при  $N_{\min} = 8; \Delta N = 0,28; m = 0 [2, \text{с.111}]$ .

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

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

Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор:

$$P_1 = \frac{\sum P_p}{N} = \frac{3684,67}{8} = 441,00 \text{ кВт}$$

Таблица 2.4.1 -Число трансформаторов в цехе на 630 кВА

№	Наименование цеха	Кат.	A <sub>i</sub> , м	B <sub>i</sub> , м	F <sub>i</sub> , м <sup>2</sup>	S <sub>p.i</sub> , кВА	P <sub>p.i</sub> , кВт	Q <sub>p.i</sub> , кВар	N <sub>тp</sub>
1	Сталелитейный	II	250	320	80000	541,97	452,40	298,44	1,03
2	Котлы утилизаторы	II	70	145	10150	495,40	401,46	290,25	0,91
3	Центральная насосная	II	110	95	10450	489,57	303,68	384,00	0,69
4	Электроцех	II	40	110	4400	75,24	55,77	50,50	0,13
5	Железнодорожный	II	60	210	12600	81,92	66,38	48,00	0,15
6	Ремонтный	II	75	145	10875	36,15	32,00	16,83	0,07
7	Кислородная станция	II	75	145	10875	460,98	330,50	321,36	0,75
8	Мастерские ОКС	II	40	110	4400	36,20	27,99	22,95	0,06
9	Оборотный цикл проката	II	40	110	4400	645,03	518,27	384,00	1,18
10	Заводуправление	III	55	360	19800	40,61	38,45	13,06	0,09
11	Склад №1	III	90	325	29250	77,25	67,26	38,00	0,15
12	Склад №2	III	150	100	15000	28,51	27,78	6,40	0,06
13	Механический	III	55	255	14025	228,43	169,59	153,03	0,38
14	Огнеупорный	II	85	70	5950	694,30	524,37	455,07	1,19
15	Скрап база	III	75	215	16125	439,10	359,58	252,00	0,82
16	Компрессорная	II	45	410	18450	26,90	26,90	0,00	0,06
Итого			—	—	266750	4364,67	3402,38	3402,38	7,72

Параметры принятых трансформаторов приведены в таблице 2.4.2,

Таблица 2.4.2 – Данные по трансформаторам [9, стр. 157, табл. 7.3]

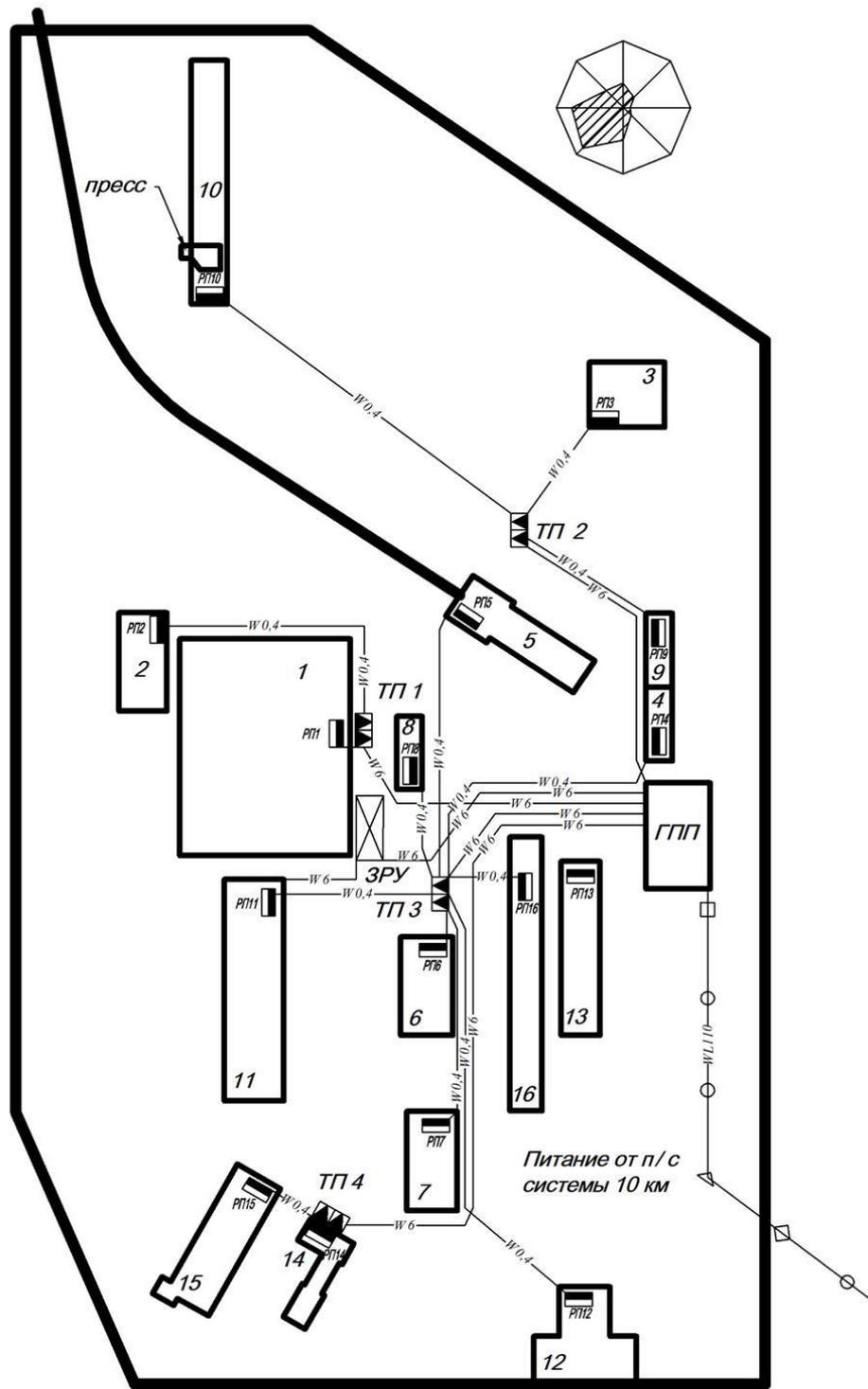
Тип	S <sub>ном</sub> , кВА	U <sub>ном</sub> обмоток, кВ		соединение обмоток	Потери, кВт		U <sub>кз</sub> %	I <sub>хх</sub> %
		ВН	НН		XX	КЗ		
ТМ-630/6	630	6	0,4	Δ/Y <sub>0</sub> - 11	1,31	8,5	5,5	2

Объединяем нагрузки близлежащих цехов, сводим данные в таблицу 2.4.3.

Таблица 2.4.3 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

№ ТП	N <sub>тр</sub> , шт	S <sub>ном.тр</sub> , кВА	Потребители (номер по генплану)	Место расп. на генплане	P <sub>р.ТП</sub> , кВт	Загрузка тр-ров по активной мощности	S <sub>р.ТП</sub> , кВА	Загрузка тр-ров по полной мощности	Q <sub>р.ТП</sub> , кВАр
ТП1	2	630	1,2	Цех №1	853,86	0,68	1037,13	0,82	588,69
ТП2	2	630	3,9,10	Цех №9	860,40	0,68	1162,04	0,92	781,06
ТП3	2	630	4,5,6,7,8,11,12,13,16	Цех №7	804,16	0,64	1038,48	0,82	657,08
ТП4	2	630	14,15	Цех №14	883,96	0,70	1131,96	0,90	707,07

На рисунке 2.4.1 приведен план предприятия с предварительным размещением трансформаторных подстанций, ГПП, РП, и трасс линий электропередачи.



- |   |                                  |   |  |
|---|----------------------------------|---|--|
|  | Главная понизительная подстанция |  | Распределительное устройство 0,4 кВ        |
|  | Трансформаторные подстанции      |  | Закрытое распределительное устройство 6 кВ |

Рисунок 2.4.1 План предприятия с предварительным размещением трансформаторных подстанций, ГПП, РП, и трасс линий электропередачи.

Разработанная схема электроснабжения надежна, так как используются преимущественно радиальные линии. Схема экономична и эффективна, так как длины линий минимальны на всех уровнях напряжения.

## 2.5 Разработка линий электроснабжения выше 1000 В по территории предприятия

Электроснабжение осуществляем от подстанции энергосистемы, при этом используются две ЛЭП (воздушные линии электропередач) напряжением 110 кВ.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия в т.ч. питание высоковольтных двигателей осуществляем кабельными линиями с алюминиевыми жилами марки АПвВнг, проложенными в траншее и в кабельных туннелях с колодцами.

Упрощенная схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена на рисунке 2.5.1.

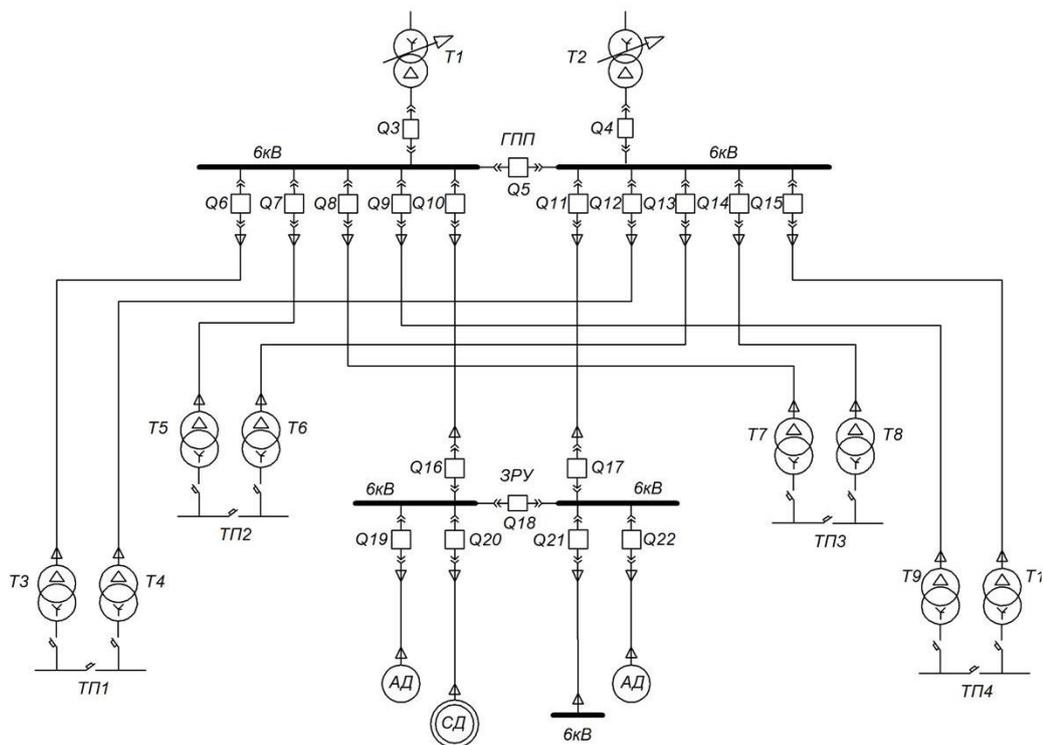


Рисунок 2.5.1.- Упрощенная схема питания цеховых трансформаторных подстанций.

Примеры расчета

Участок ГПП – ТП1

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{расч} = \frac{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}}{n_{ц} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot 630}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 60,62 \text{ A}$$

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

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

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{р\max} = \frac{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}}{(n_{ц} - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot 630}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 121,24 \text{ A}$$

Экономическое сечение

$$F_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{60,62}{1,6} = 37,89 \text{ мм}^2.$$

где  $j_э$  – экономическая плотность тока [16, табл. 1.3.36], А/мм<sup>2</sup>.

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АПВВнг с параметрами [20]S = 35/16мм<sup>2</sup>с  $I_{доп} = 140 \text{ A}$ .

Фактическая длина кабельной линии

$$L_{факт} = 1,3 \cdot L = 1,3 \cdot 0,9 = 1,17 \text{ км}$$

где  $L$  – длина линии по генплану, км;

1,3 – коэффициент запаса длины провода при прокладке .

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

$$I_{расч} = 60,62 \leq I_{доп} = 140$$

$$1,15 \cdot I_{доп} = 1,15 \cdot 140 = 161 \geq I_{р\max} = 121,24$$

Проверка по допустимой потере напряжения

$$L_{доп} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{доп\%} \cdot k_3 = 0,68 \cdot 5 \cdot \frac{140}{60,62} = 22,58 \text{ (км)} > l = 15 \text{ (км)};$$

где  $\Delta U_{доп}$  – допустимое значение потери напряжения [1, стр. 27], %;

$$k_3 = \frac{I_{доп}}{I_{расч}}$$

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

$L_{\Delta U 1\%}$  – длина линии при полной загрузке, на которой потеря напряжения равна 1% [14, стр. 443, табл. П.9].

Выбранное сечение проходит по результатам проверок.

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 2.5.1

Таблица 2.5.1 – Выбор сечений проводников сети выше 1000 В

Участок	Мощность участка, кВА	U <sub>ном</sub> , кВ	n <sub>ц</sub> , шт	Расчетная нагрузка		S <sub>р</sub> , мм <sup>2</sup>	Марка и сечение	K <sub>пр</sub>	Допустимая нагрузка		L <sub>ΔU1%</sub> , км	L <sub>доп</sub> , км	L <sub>факт</sub> , км
				I <sub>ра сч</sub> , А	I <sub>ра сч.ав.</sub> , А				I' <sub>доп</sub> , А	1,15·I' <sub>доп</sub> , А			
ГПП–ТП1	1037,13	6	2	60,62	121,24	37,89	АПВВнг- 2(3×35/16)	0,9	140,00	161,00	0,31	3,58	1,1765
ГПП–ТП2	1162,04	6	2	60,62	121,24	37,89	АПВВнг- 2(3×35/16)	0,9	140,00	161,00	0,31	3,58	0,741
ГПП–ТП3	1034,44	6	2	60,62	121,24	37,89	АПВВнг- 2(3×35/16)	0,9	140,00	161,00	0,31	3,58	0,195
ГПП –ТП4	1131,96	6	2	60,62	121,24	37,89	АПВВнг- 2(3×35/16)	0,9	140,00	161,00	0,31	3,58	0,325
ГПП –ЗРУ	4885,33	6	2	235,05	470,09	146,90	АПВВнг- 2(3×240/25)	0,9	485,00	557,75	0,68	7,02	0,5265
ГПП –Скрап база	472,50	6	1	45,47	45,47	28,42	АПВВнг- 2(3×35/16)	0,9	140,00	161,00	0,31	4,77	0,9425
ГПП – Компресс.	694,29	6	2	33,40	66,81	20,88	АПВВнг- 2(3×35//16)	0,9	140,00	161,00	0,31	6,50	0,1495

Таким образом, был произведен выбор питающих проводников и выполнены проверки по условию нагрева и по допустимой потере напряжения. Все проводники пригодны для эксплуатации.

## 2.6 Разработка линий электроснабжения до 1000 В по территории предприятия

Выбор сечений питающей линий производится по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева. Линии, питающие распределительные пункты, проверяются по допустимой потере напряжения.

Для питания РП принимаем провод марки АВВВбШв с прокладкой траншеей и по стенам зданий. Питание осуществляем по радиальным линиям.

Пример расчета проводника, питающего РП1

Мощность нагрузки РП2:

$$P_p = 401,46 \text{ кВт}, \quad Q_p = 290,25 \text{ кВАр}, \quad S_p = 411,48 \text{ кВА}.$$

Расчётный ток РП2

$$I_{расч} = \frac{S_{расч}}{n_{\phi} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{411,48}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 312,59 \text{ А}$$

Намечаем провод марки АВБбШв 2(3x185+1x95) с  $I_{доп} = 405 \text{ А}$  [19].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{доп} = 405 \text{ А} > I_p = 312,59 \text{ А}.$$

– проверка по допустимой потере напряжения

$$L_{доп} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{доп\%} \cdot k_3 = 0,6 \cdot 5 \cdot \frac{405}{312,59} = 3,55 \text{ (км)} > l = 0,52 \text{ (км)};$$

$$k_3 = \frac{I_{доп}}{I_{расч}}$$

где  $\Delta U_{доп}$  – допустимое значение потери напряжения [1, стр. 27], %;

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

$l_{\Delta U 1\%}$  – длина линии при полной загрузке, на которой потеря напряжения равна 1% [14, стр. 443, табл. П.9].

Выбранное сечение проходит по результатам проверок.

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_0 \cdot I_p \cdot l = 0,02 \cdot 312,59 \cdot 0,1 = 1,71\%$$

где  $l$  – длина рассматриваемой линии с запасом длины провода на стрелу провеса 3%, км;

5% – допустимое значение потерь напряжения;

$\Delta U_0$  – потеря напряжения в трехфазных сетях 380 В [10, стр. 91, табл. П.2.11], % / (А·км).

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Таблица 2.6.1 – Выбор и проверка проводников 0,4 кВ

Участок	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$Q_{кy}$ , кВАр	$S_p$ , кВА	$\cos\phi$	$N_{ц}$	$I_p$ , А	Марка и сечение проводника	$I_{доп}$ , А	$\Delta U_0$ , %А*км	$l$ , км	$\Delta U$ , %
ТП1-РП1	452,40	298,44	200,00	462,99	0,98	2	351,72	ШРА-73 2(80□5)	630	-	-	-
ТП1-РП2	401,46	290,25	200,00	411,48	0,98	2	312,59	АВБбШв 2(3□185 + 1□95)	385	0,055	0,10	1,71
ТП2-РП3	303,68	384,00	300,00	315,08	0,96	2	239,36	АВБбШв 2(3□185 + 1□95)	385	0,055	0,15	1,96
ТП3-РП4	55,77	50,50		75,24	0,74	2	57,16	АВБбШв 2(3□25 + 1□□6)	115	0,211	0,40	4,82
ТП3-РП5	66,38	64,00		92,21	0,72	2	70,05	АВБбШв 2(3□35 + 1□16)	140	0,160	0,42	4,71
ТП3-РП6	32,00	16,83		36,15	0,88	2	27,47	АВБбШв 2(3□4 + 1□2,5)	38	1,110	0,10	3,05
ТП3-РП7+РП12	330,50	321,36	300,00	331,19	1,00	2	294,90	АВБбШв 2(3□185 + 1□90)	385	0,055	0,30	4,84
ТП3-РП8	27,99	22,95		36,20	0,77	2	27,50	АВБбШв 2(3□4 + 1□2,5)	38	1,110	0,15	4,58
ТП2-РП9	518,27	384,00	300,00	525,03	0,99	2	398,85	АВБбШв 2(3□240 + 1□90)	465	0,051	0,20	4,07
ТП2-РП10	38,45	13,06		40,61	0,95	1	61,70	АВБбШв 1(3□35 + 1□□6)	140	0,160	0,45	4,44
ТП2-РП11	67,26	38,00		77,25	0,87	1	117,37	АВБбШв 1(3□35 + 1□□6)	140	0,160	0,25	4,69
РП7-РП12	27,78	6,40		28,51	0,97	1	43,31	АВБбШв 1(3□□□ + 1□6)	90	0,307	0,32	4,25
ТП2-РП13	169,59	153,03	100,00	177,69	0,95	1	269,97	АВБбШв 1(3□185 + 1□90)	385	0,055	0,25	3,69
ТП4-РП14	524,37	455,07	400,00	527,26	0,99	2	400,54	ШРА-73 2(80□5)	630	-	-	-
ТП4-РП15	359,58	252,00	200,00	363,32	0,99	2	276,01	АВБбШв 2(3□120 + 1□70)	295	0,070	0,10	1,93
ТП2-РП16	26,90	0,00		26,90	1,00	2	20,43	АВБбШв 2(3□4 + 1□2,5)	38	1,110	0,10	2,27

Таким образом, были выбраны проводники на напряжение 0,4 кВ, питающие распределительные пункты. Проверка по нагреву расчетным током и по потере напряжения показали, что проводники пригодны для эксплуатации.

## 2.7 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 дальнейшего расчета необходимо знать параметры трансформаторов ГПП и воздушной линии, питающей предприятие.

При двух установленных на подстанции трансформаторов, при аварии с одним из параллельно работающих трансформаторов, оставшийся в работе принимает на себя его нагрузку.

Номинальная мощность трансформаторов ГПП

$$S_{m,расч} = \frac{S_{p,ГПП}}{n_m \cdot \beta_m} = \frac{11397,69}{2 \cdot 0,7} = 8141,2 \text{ кВА}$$

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

$\beta_m$  – коэффициент загрузки трансформаторов ГПП;

$n_m$  – число трансформаторов на ГПП.

Полученное значение  $S_{m,расч}$  округляется до ближайшего большего стандартного значения. Исходя из расчета, принимаем к установке на главной понизительной подстанции двухобмоточные трансформаторы марки ТДН-10000/110с номинальной мощностью  $S_T = 10000$  кВА.

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

$$S_{p,ГПП} = 11397,69 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{\text{НОМ.Т}} = 1,4 \cdot 10000 = 14000 \text{ кВА.}$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия в послеаварийном режиме.

Таблица 2.7.1 – Данные по трансформаторам [9, стр. 157, табл. 7.3]

Тип	S <sub>НОМ</sub> , кВА	U <sub>НОМ</sub> обмоток, кВ		соедине ние обмоток	Потери, кВт		U <sub>кз</sub> %	I <sub>хх</sub> %	R <sub>т</sub> , Ом	X <sub>т</sub> , Ом
		ВН	НН		ХХ	КЗ				
ТДН- 10000/110	10000	115	6,6	Y <sub>0</sub> /Δ - 11	19	85	10,5	0,7	4,38	86,7

Выберем провод ВЛ 110кВ:

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{НОМ.тр}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{2 \cdot 10000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 52,49 \text{ А}$$

где S<sub>НОМ.тр</sub> – номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

n<sub>тр</sub> – количество трансформаторов, шт;

n<sub>ц</sub> – количество цепей питающей линии, шт.

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{рmax}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{НОМ.тр}}}{(n_{\text{ц}} - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{2 \cdot 10000}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 104,97 \text{ А}$$

Экономическое сечение

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{р}}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{52,49}{1} = 52,49 \text{ мм}^2$$

где j<sub>э</sub> – экономическая плотность тока при T<sub>м</sub> более 5000 ч/год [16, табл. 1.3.36], А/мм<sup>2</sup>.

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АС 95/16 с I<sub>дон</sub> = 330 А.

Фактическая длина кабельной линии

$$L_{\text{факт}} = 1,3 \cdot L = 1,3 \cdot 11 = 14,3 \text{ км}$$

где L – длина линии по генплану, км;

1,3 – коэффициент запаса длины провода на провисание .

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

$$I_{расч} = 52,49 \leq I_{дон} = 330$$

$$1,3 \cdot I_{дон} = 1,3 \cdot 330 = 429 \geq I_{p\max} = 104,97$$

2) По условиям механической прочности:

Согласно условию механической плотности, на воздушных линиях выше 1кВ могут применяться сталеалюминовые провода сечением не менее 70 мм<sup>2</sup>.

3) Проверке по допустимой потере напряжения для ВЛ 35кВ и выше не подлежат.

4) Проверке по условиям короны подвергаются ВЛ 110 кВ и выше,

В нашем случае :

Таблица 2.7.2 – Данные по проводам [9]

Уном, кВ	Провод	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км	$b_0$ , См/км	$D_{cp}$ , м	$m$	$\sigma$	$r$ , мм	$l$ , км
115	АС 95/16	0,301	0,434	2,611	2,46	0,9	1,05	6,75	14,3

Проверяется условие

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0$$

$$E = \frac{0,354 \cdot U}{r_0 \cdot \lg \frac{D_{cp}}{r_0}} = \frac{0,354 \cdot 115}{0,301 \cdot 0,91} = 148,23 \frac{кВ}{см}$$

$$E_0 = 24,5 \cdot m \cdot \left( 1 + \frac{0,613}{(\delta \cdot r)^{0,4}} \right) = 24,5 \cdot 0,9 \cdot \left( 1 + \frac{0,613}{(1,05 \cdot 6,75 \cdot 10^{-3})^{0,4}} \right) = 297,08 \frac{кВ}{см}$$

Условие выполняется.

В итоге получаем, что электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции энергосистемы с использованием двух ВЛЭП напряжением 110 кВ, выполненными проводом АС–95/16 на металлических опорах.

ГПП не расположена в зоне рассеяния ЦЭН. На ГПП установлены два трансформатора типа ТДН–10000/110/6.

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения, рисунок 2.7.1 и на её основе схему замещения, рисунок 2.7.2 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.

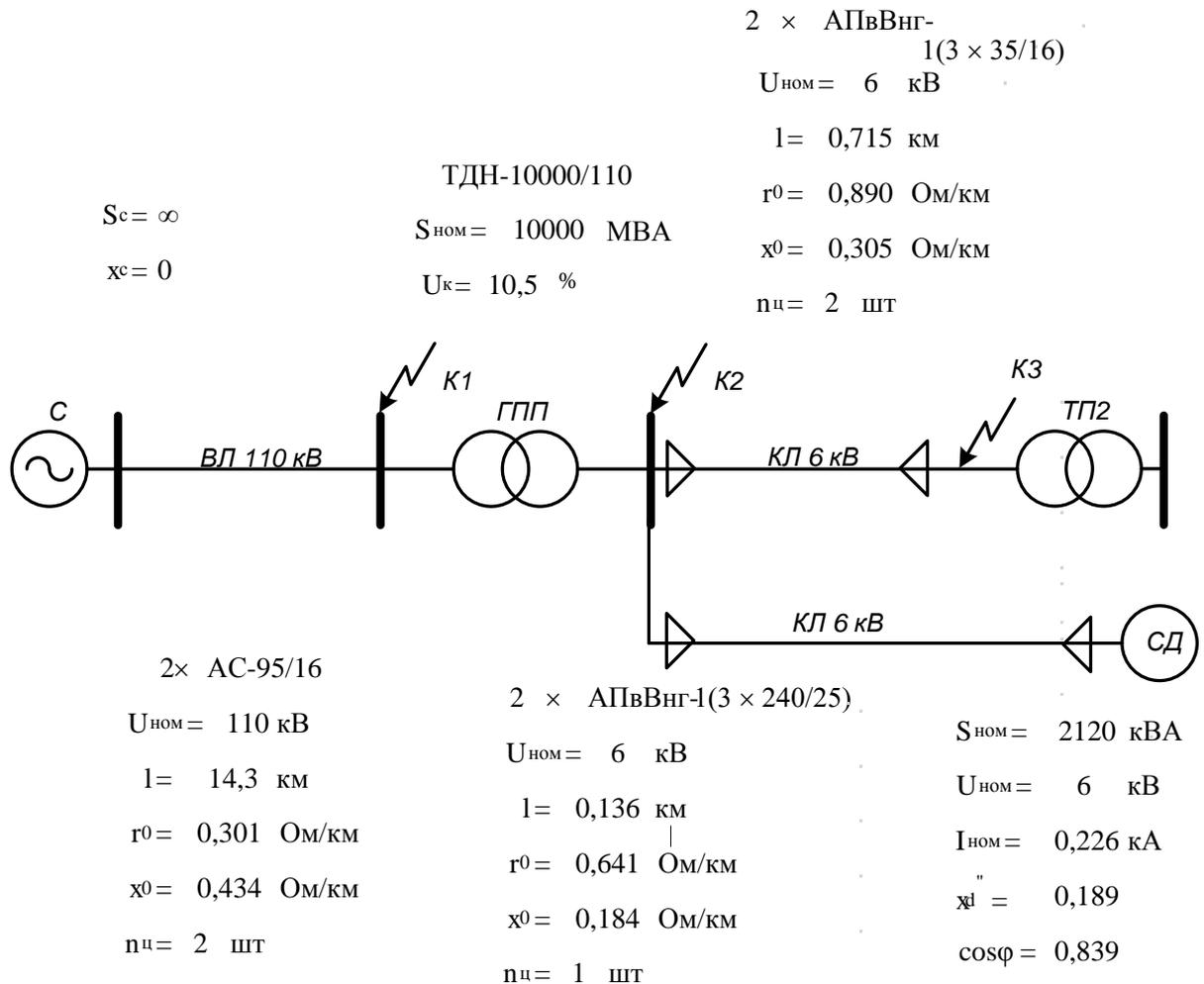


Рисунок 2.7.1 – Расчетная схема рассматриваемого участка

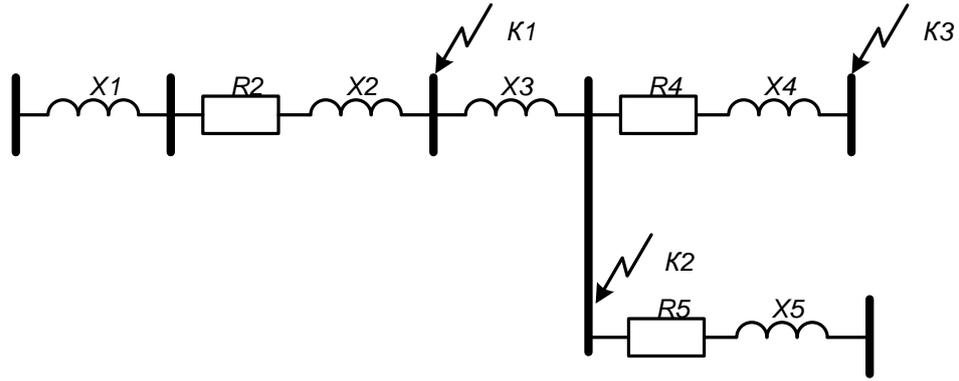


Рисунок 2.7.2 – Схема замещения рассматриваемого участка

Принимаем базисные величины

$$S_{\text{б}} = 1000 \text{ МВА}, \quad U_{\text{ср.ном1}} = 115 \text{ кВ}, \quad U_{\text{ср.ном2}} = 6,6 \text{ кВ},$$

$$I_{\text{б1}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном1}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА},$$

$$I_{\text{б2}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном2}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,6} = 87,477 \text{ кА}.$$

Параметры схемы замещения

Система

$$S_{\text{с}} = \infty, \quad X_{\text{с}} = X_1 = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{с}}} = 0.$$

Воздушная линия

$$R_2 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\text{б}}}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ср.ном1}}^2} = 0,301 \cdot 14,3 \cdot \frac{1000}{1 \cdot 115^2} = 0,325$$

$$X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\text{б}}}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ср.ном1}}^2} = 0,37 \cdot 14,3 \cdot \frac{100}{1 \cdot 115^2} = 0,4.$$

Трансформаторы

$$X_3 = \frac{U_{\text{к, \%}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{16} = 6,563$$

АПВВНГ

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ср.ном2}}^2} = 0,261 \cdot 0,715 \cdot \frac{1000}{1 \cdot 6,6^2} = 4,284$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ср.ном2}}^2} = 0,06 \cdot 0,715 \cdot \frac{1000}{1 \cdot 6,6^2} = 0,985$$

Кабельная линия, питающая высоковольтный двигатель

$$R_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ср.ном2}}^2} = 0,329 \cdot 0,136 \cdot \frac{1000}{1 \cdot 6,6^2} = 1,027$$

$$X_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ср.ном2}}^2} = 0,06 \cdot 0,136 \cdot \frac{1000}{1 \cdot 6,6^2} = 0,187$$

Высоковольтный двигатель

$$X_6 = \frac{x_d \cdot S_6}{S_{\text{ном}}} = \frac{0,189 \cdot 1000}{2,1} = 90$$

а) Точка К1

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К1

$$R_C = R_2 = 0,325, \quad X_C = X_1 + X_2 = 0 + 0,4 = 0,4.$$

Эквивалентное сопротивление цепочки двигателя относительно точки К1

$$R_D = R_5 = 1,027, \quad X_D = X_3 + X_5 + X_6 = 6,653 + 0,985 + 9 = 16,638.$$

Результирующее сопротивление в точке К1

$$R_{\text{рез1}} = \frac{R_C \cdot R_D}{R_C + R_D} = \frac{0,325 \cdot 1,027}{0,325 + 1,027} = 0,076,$$

$$X_{\text{рез1}} = \frac{X_C \cdot X_D}{X_C + X_D} = \frac{0,4 \cdot 16,638}{0,4 + 16,638} = 0,39,$$

$$Z_{\text{рез1}} = \sqrt{R_{\text{рез1}}^2 + X_{\text{рез1}}^2} = \sqrt{0,076^2 + 0,39^2} = 0,27.$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{к1} = \frac{I_{61}}{Z_{рез1}} = \frac{5,02}{0,23} = 21,592 \text{ кА.}$$

Постоянная затухания апериодической составляющей тока КЗ

$$T_{a1} = \frac{X_{рез1}}{\omega \cdot R_{рез1}} = \frac{0,39}{314 \cdot 0,76} = 0,03 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент

$$k_{уд1} = 1 + e^{-0,01/T_{a1}} = 1 + e^{-0,01/0,03} = 1,35.$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1,35 \cdot 21,592 = 41,224 \text{ кА.}$$

б) Точка К2

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К2

$$R_C = R_2 = 0,325, \quad X_C = X_1 + X_2 + X_3 = 0 + 0,4 + 6,563 = 1,254.$$

Эквивалентное сопротивление цепочки двигателя относительно точки К2

$$R_D = R_5 = 1,027, \quad X_D = X_5 + X_6 = 0,187 + 9 = 9,187.$$

Результирующее сопротивление в точке К2

$$R_{рез2} = \frac{R_C \cdot R_D}{R_C + R_D} = \frac{0,325 \cdot 1,027}{0,325 + 1,027} = 2,563,$$

$$X_{рез2} = \frac{X_C \cdot X_D}{X_C + X_D} = \frac{1,254 \cdot 9,187}{1,254 + 9,187} = 4,046,$$

$$Z_{рез2} = \sqrt{R_{рез2}^2 + X_{рез2}^2} = \sqrt{2,563^2 + 4,046^2} = 4,78.$$

Действующее значение тока КЗ в точке К2

$$I_{к2} = \frac{I_{62}}{Z_{рез2}} = \frac{87,477}{4,78} = 18,264 \text{ кА.}$$

Постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ

$$T_{a2} = \frac{X_{рез2}}{\omega \cdot R_{рез2}} = \frac{4,046}{314 \cdot 2,563} = 0,502 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент

$$k_{уд2} = 1 + e^{-0,01/T_{a2}} = 1 + e^{-0,01/0,502} = 1,580.$$

Ударный ток КЗ в точке К2

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot k_{уд2} \cdot I_{к2} = \sqrt{2} \cdot 1,580 \cdot 18,264 = 40,811 \text{ кА.}$$

в) Точка К3

Сопротивление от источника до точки К3

$$R_{рез3} = R_{рез2} + R_4 = 2,563 + 4,284 = 6,54,$$

$$X_{рез3} = X_{рез2} + X_4 = 4,046 + 0,985 = 5,031,$$

$$Z_{рез3} = \sqrt{R_{рез3}^2 + X_{рез3}^2} = \sqrt{6,54^2 + 5,031^2} = 8,251.$$

Действующее значение тока КЗ в точке К3

$$I_{к3} = \frac{I_{62}}{Z_{рез3}} = \frac{87,477}{8,251} = 10,6 \text{ кА.}$$

Постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ

$$T_{a3} = \frac{X_{рез3}}{\omega \cdot R_{рез3}} = \frac{5,031}{314 \cdot 6,54} = 0,0244 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент

$$k_{уд3} = 1 + e^{-0,01/T_{a3}} = 1 + e^{-0,01/0,0244} = 1,1.$$

Ударный ток КЗ в точке К3

$$i_{уд3} = \sqrt{2} \cdot k_{уд3} \cdot I_{к3} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 10,6 = 12,0 \text{ кА.}$$

Таблица 2.7.3 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	$U_{\text{ср.ном}}$ , кВ	$I_6$ , кА	$R_{\text{pe}_3}$	$X_{\text{pe}_3}$	$Z_{\text{pe}_3}$	$I_{\text{к}}$ , кА	$T_{\text{а}}$ , с	$k_{\text{уд}}$	$i_{\text{уд}}$ , кА
К1	115	5,02	0,076	0,39	0,27	21,592	0,03	1,35	41,22
К2	6,6	87,477	2,563	4,046	4,78	18,264	0,502	1,580	40,81
К3	6,6	87,477	6,54	5,031	8,251	10,6	0,024	1,1	12,0

## 2.8 Компенсация реактивной мощности цеховых трансформаторных подстанций и уточнение их нагрузки.

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

$$Q_C = \alpha \cdot P_{\text{PЭ}} = 0,29 \cdot 8244,45 = 2390,89 \text{ кВар},$$

где  $\alpha=0,29$  - для высшего напряжения ГПП 110 кВ.

Анализ баланса реактивной мощности на шинах ГПП:

$$Q_{\text{РАСЧ.НН}} = 6587,45 \text{ кВар} > Q_C = 2390,89 \text{ кВар}.$$

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

Наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана из сети 6 кВ в сеть до 1000 В без увеличения числа трансформаторов:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{\text{min}} \cdot \beta_T \cdot S_{\text{ТР}})^2 - P_{\text{РАСЧ.НН}}^2} = \sqrt{(8 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 3025^2} = 1815,53 \text{ кВар}.$$

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

Технические данные СД:

СТД-2000,  $U_{\text{НОМ}} = 6\text{кВ}$ ,  $n=3000\text{об/мин}$ ,

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

$$Q_{\text{СД}} = \frac{\alpha_M \cdot P_{\text{НОМ}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} = \frac{1,34 \cdot 2000 \cdot 0,48}{0,9} = 1429,33 \text{ кВар},$$

где  $\alpha_M$  - наибольшая допустимая перегрузка СД по реактивной мощности, зависящая от типа двигателя, относительного напряжения и коэффициента загрузки по активной мощности;

- номинальная мощность двигателя, кВт;

, - соответствуют номинальным данным двигателя;

Составляем баланс реактивной мощности в узле А:

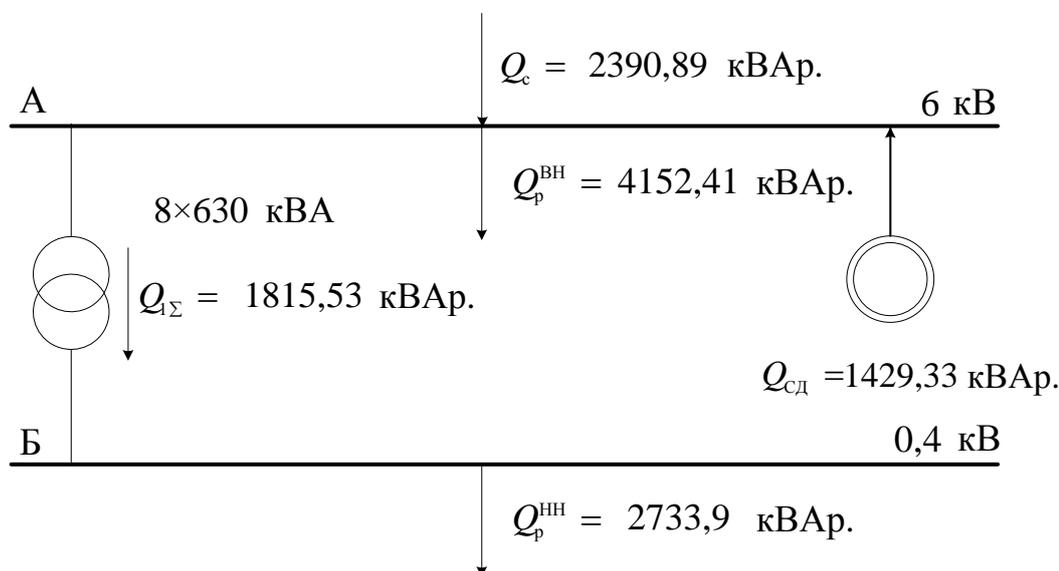


Рисунок 2.8.1 – Баланс мощностей.

На основе анализа баланса мощностей в узле А принимаем решение использовать БК\_ВН.

Мощность БК определяется по формуле:

$$Q_{БК}^{BH} = Q_1 + Q_p^{BH} - (Q_C + Q_{CD}) =$$

$$= 1815,52 + 4152,41 - (2390,89 + 1429,33) = 2147,71 \text{ кВар};$$

$$Q_{БК}^{HH} = Q_{РАСЧ.НН} - (Q_{БК}^{BH} + Q_C + Q_{CD}) =$$

$$= 6587,45 - (2000 + 2390,89 + 1429,33) = 767,23 \text{ кВар}.$$

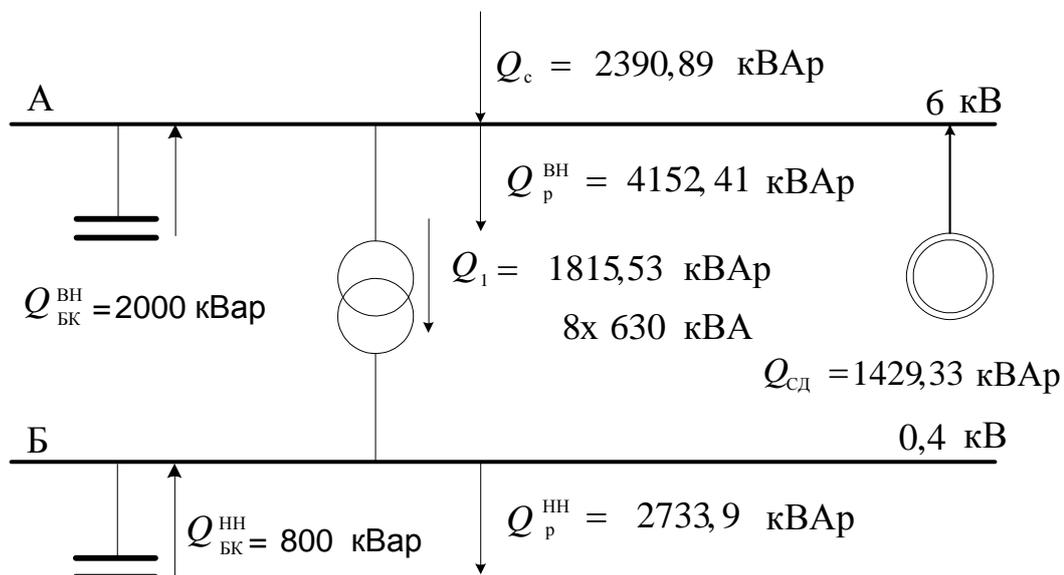


Рисунок 2.8.2 – Баланс мощностей с применением КУ.

Реальная пропускная способность трансформаторов по реактивной мощности, при коэффициенте загрузке  $\beta = 0,7$ :

$$\sum Q_{\text{РЕАЛ}} = \sqrt{(n \cdot \beta \cdot S_{\text{Н.ТР}})^2 - (\sum P_p)^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 725,4^2} = 501,72 \text{ кВар.}$$

Необходимая мощность КУ:

$$\sum Q_{\text{БК}} = \sum Q_p - \sum Q_{\text{РЕАЛ}} = 588,69 - 501,72 = 86,97 \text{ кВар.}$$

Таблица 2.8.1– Распределение БК-0,4 по КТП

Пункт питания	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВар	$Q_{\text{реал}}$ , кВар	$Q_{\text{БК}}$ , кВар	Количество и тип устанавливаемых КБ	$Q_{\text{БКреал}}$ , кВар	$\beta_{\text{ТР}}$
ТП1	725,40	588,69	501,72	86,97	-		0,71
ТП2	812,80	781,06	342,46	438,60	2x УКБН-0,38-200-50У3	400	0,69
ТП3	661,70	673,08	583,16	89,92	-		0,72
ТП4	852,00	707,07	228,08	478,99	2x УКБН-0,38-200-50У3	400	0,701

### **Раздел 3. Внешнее электроснабжение предприятия. Выбор оборудования выше 1000 В.**

Понижающая подстанция состоит из трех основных частей: открытого распределительного устройства 110 кВ; силового трансформатора; закрытого распределительного устройства 6 кВ.

В данной работе рассматривается вариант тупиковой подстанции. Основными элементами открытого распределительного устройства являются: разъединители, отделители и короткозамыкатели; измерительные трансформаторы тока и напряжения; высоковольтный выключатель.

Основным элементом понижающей подстанции служит силовой трансформатор с напряжением первичной обмотки 110 кВ.

Для распределения электрической энергии на напряжении 6 кВ требуется разработка закрытого распределительного устройства. Размер этого устройства на прямую зависит от количества присоединений на данном напряжении. Каждое присоединение к шинам 6 кВ требует отдельную ячейку КРУ. В общем случае, для нормального функционирования распределительной сети требуется не только подключить все цеховые трансформаторные подстанции, но и устройства компенсации реактивной мощности 6 кВ, измерительные трансформаторы 6 кВ и оставить места под резервные линии.

#### **3.1 Разработка схемы внешнего электроснабжения предприятия.**

Состав оборудования открытого распределительного устройства подстанции определяется его главной схемой соединений. В настоящее время оборудование выбранной схемы ОРУ может поставляться комплектно.

В пункте 2.1 было рассчитано экономически целесообразная величина напряжения питающих линий по формуле Илларионова. С учетом рекомендаций было принято напряжение питающих линий  $U_{ном} = 110$  кВ.

Принимаем схему внешнего электроснабжения в виде двух блоков с выключателями Q1 и Q2 и неавтоматической перемычкой [22]. При нарушении в трансформаторе T1, сработает защита и подаст сигнал на отключение выключателя в цепях трансформатора на низкой Q4 и высокой Q2 стороне.

Секционный выключатель низкой стороны Q5 подключит секцию, оставшуюся без напряжения. Разъединители QS3 и QS4 в ремонтной перемычке нормально отключены. В случае вывода в ремонт трансформатора T2 или выключателя в цепи трансформатора Q2 или Q4 есть возможность оставить в работе обе питающие линии путем включения разъединителей перемычки QS3 и QS4. Причем сначала включается перемычка, а затем отключаются цепи трансформатора. Схема представлена на рисунке 3.1.1

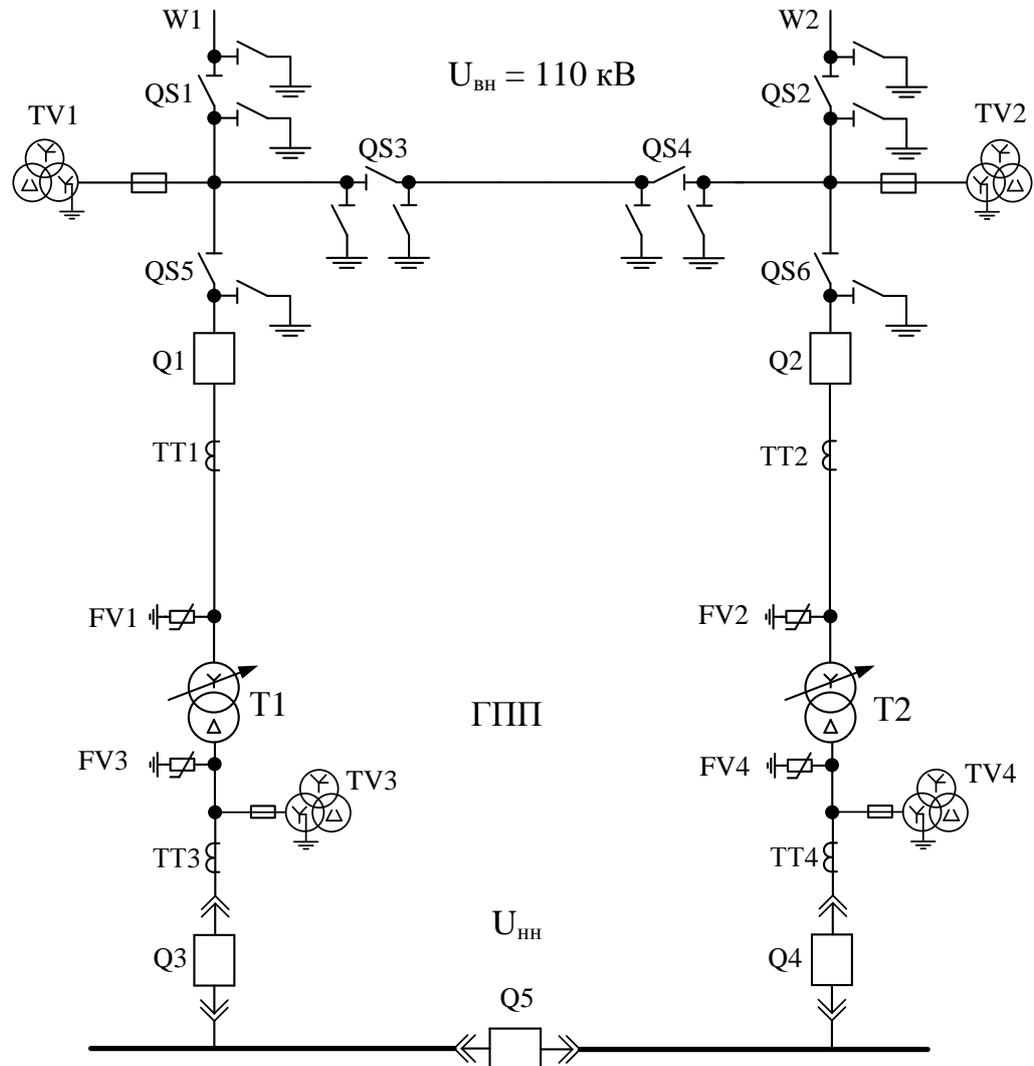


Рисунок 3.1.1 Схема электроснабжения ГПП

Таблица 3.1.1 - Перечень оборудования главной схемы подстанции

Обозначение	Наименование	Тип
QS1...QS2	Разъединители	РДЗ-2-110/1000-УХЛ1
QS3...QS10	Разъединители	РДЗ-1-110/1000 - УХЛ1
FV1...FV4	Ограничители перенапряжения	ОПНп-110/125/10/400 УХЛ1

FV5...FV8	Ограничители перенапряжения	ОПН- п-6/7,2/10 УХЛ1
T1, T2	Силовые трансформаторы	ТМ-16000 110/6
T3, T4	Трансформаторы собственных нужд	ТМ - 250/10
FU1, FU2	Предохранители	ПКН 001-110 ХЛ1
FU3, FU4	Предохранители	ПКТ101-10-16-31,5-У3
FU5, FU6	Предохранители	ПКН 001-6 ХЛ1
Q1, Q2	Выключатели маломасляные	ВМТ-110Б-25/1250 УХЛ1
Q3...Q5	Выключатели вакуумные	ВВ/TEL-10-8/800
ТА1, ТА2	Трансформаторы тока	ТФЗМ110Б-1 ХЛ1
ТА3, ТА4	Трансформаторы тока	ТЛМ-6-1-0,5/10Р-10/15-300/5 У3
TV1, TV2	Трансформаторы напряжения	ЗНОГ-110 УХЛ1
TV3, TV4	Трансформаторы напряжения	НТМИ-6-66 У3

### 3.2 Выбор трансформатора главной понизительной подстанции.

Электроснабжение потребителей первой и второй категории осуществляется с помощью двухтрансформаторной подстанции. При использовании двух трансформаторов коэффициент загрузки не должен превышать 0,7, что объясняется возможностью сохранения работоспособности электроустановки при выходе из строя одного из трансформаторов. Работа исправного трансформатора допускается с загрузкой 1,4, но не более 5 дней подряд по 6 часов.

В пункте 2.5 была определена расчетная мощность трансформаторов ГПП с учетом определенной мощности компенсирующих устройств. К установке на главной понизительной подстанции приняты два двухобмоточных трансформатора марки ТМН-100000/110.

Таблица 3.2.1 Опросный лист для заказа трансформатора 110 кВ

№	Параметр	Значение
1	Тип	ТДН
2	Номинальная мощность, кВА	10000
3	Число фаз	3
4	Первичное напряжение, кВ	115
5	Частота питающей сети, Гц	50

6	Ввод высшего напряжения трансформатора	шинный
7	Количество вторичных обмоток	1
8	Вторичное напряжение, кВ	6,6
9	Ввод низшего напряжения трансформатора	шинный
10	Схема и группа соединения обмоток	У/Д-11
11	Климатическое исполнение	УХЛ1
12	Категория размещения	I-II
13	Вид и пределы регулирования напряжения ВН	РПН 9 ступеней $\pm 4 \times 2,5\%$

### 3.3 Разработка линии электроснабжения главной понизительной подстанции.

Электроснабжение ГПП осуществляется по двум воздушным линиям электропередач, проложенной на стальных опорах сталеалюминевыми проводами марки АС.

В пункте 2.5 было выбрано сечение воздушной линии электропередачи методом экономической плотности тока. Так же были проведены необходимые проверки – проверка на перегрузочную способность, на механическую прочность и на корону. Марка провода и сечение линии принято АС-95/16.

#### 3.3.1 Выбор ограничителей перенапряжения.

Выбираем ОПН (FV1 – FV4) типа ОПНп-110/125/10/400 УХЛ1 для защиты трансформаторов собственных нужд и силовых трансформаторов со стороны 35 кВ. Для защиты трансформаторов собственных нужд и силовых трансформаторов со стороны 6 кВ выбираем ОПН (ОПН5, ОПН8) типа ОПН- п-6/7,2/10 УХЛ1.

Таблица 3.3.1 – Основные технические характеристики ОПН

Параметр ограничителя	ОПН-П- 110/40,5/10/ 400 УХЛ1	ОПН-П1- 10П УХЛ1
Класс напряжения сети, кВ	110	6
Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, кВ	100	6,9
Номинальное напряжение ограничителя, кВ	125,0	6
Номинальный разрядный ток, кА	10	10

Остающееся напряжение при токе грозových перенапряжений с амплитудой, кВ, не более:	302,6	20,5
5000 А	320,8	21,7
10000 А		
Остающееся напряжение при токе коммутационных перенапряжений на волне 30/60 мкс с амплитудой, кВ, не более:	-	16,6
250 А	246,0	17,1
500	253,4	-
1000 А		
Ток пропускной способности ограничителя (прямоугольный импульс длительностью 2 мс), А	400	400
Удельная поглощаемая энергия одного импульса, кДж/кВ, не менее	4,0	4,4

### 3.4 Выбор оборудования открытого распределительного устройства главной понизительной подстанции.

#### 3.4.1 Выбор выключателей и разъединителей

Намечаем к установке выключатель маломасляный ВМТ-110Б-25/1250 УХЛ1.

Параметры выключателя приведены в таблице 3.4.1.1

Таблица 3.4.1.1 – Параметры выключателя [23, 24]

№	Параметр	Значение
1	Тип	ВМТ
2	Номинальное напряжение $U_{ном}$ , кВ	110
3	Номинальный ток $I_{ном}$ , А	1250
4	Номинальный ток отключения $I_{отк.ном}$ , кА	25
5	Ток электродинамической стойкости $I_{дин}$ , кА	65
6	Пик тока электродинамической стойкости $i_{дин}$ , кА	65
7	Ток термической стойкости $I_{тер}$ , кА	25

8	Длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер}, c$	3
9	Полное время отключения выключателя $t_{отк.в}, c$	0,06
10	Климатическое исполнение	УХЛ1

Проверка выключателя

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

$$U_{уст} = 110 \text{ кВ} = U_{ном} = 110 \text{ кВ};$$

– по току  $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р.гпп}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{14244}{\sqrt{3} \cdot 110} = 74,66 \text{ А} < I_{ном} = 1250 \text{ А};$$

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

$$I_{н,t} = 1,482 \text{ кА} < I_{н,t} = 25,0 \text{ кА};$$

– на электродинамическую стойкость  $I_{п,0} \leq I_{дин}, i_{уд} \leq i_{дин}$

$$I_{п,0} = 1,482 \text{ кА} < I_{дин} = 25,0 \text{ кА};$$

$$i_{уд} = 2,4 \text{ кА} < i_{дин} = 65 \text{ кА};$$

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

$$B_k = I_{п,0}^2 \cdot (t_{р.з.} + t_{отк.в} + T_a) = 1,482^2 \cdot (1,2 + 0,06 + 0,005) = 2,8 \text{ кА}^2 \cdot c,$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 25,0^2 \cdot 3 = 1875,0 \text{ кА}^2 \cdot c,$$

$$B_k = 2,8 \text{ кА}^2 \cdot c < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 1875,0 \text{ кА}^2 \cdot c.$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель РДЗ-110/1000-УХЛ1.

Параметры разъединителя приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.4.1.2 – Параметры разъединителя [18, стр. 630, табл. П4.4]

№	Параметр	Значение
1	Тип	РДЗ
2	Номинальное напряжение $U_{ном}, \text{кВ}$	110
3	Номинальный ток $I_{ном}, \text{А}$	1000
4	Амплитуда предельного сквозного тока $i_{пр,с}, \text{кА}$	63
5	Ток термической стойкости $I_{тер}, \text{кА}$	25,0
6	Длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер}, c$	4
7	Климатическое исполнение	УХЛ1

Проверка разъединителя

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

$$U_{уст} = 110 \text{ кВ} = U_{ном} = 110 \text{ кВ};$$

– по току  $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = 74,66 \text{ А} < I_{ном} = 1000 \text{ А};$$

– на электродинамическую стойкость  $i_{уд} \leq i_{пр.с}$

$$i_{уд} = 2,4 \text{ кА} < i_{пр.с} = 63 \text{ кА};$$

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

$$B_k = 2,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 25,0^2 \cdot 4 = 2500,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

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

### 3.4.2 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 [18, стр. 371, рис. 4.104; 18, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов тока представлена в таблице 3.3 [18, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 3.4.2.1 – 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

Из таблицы 3.4.2.1 видно, что наиболее загружены фазы А и С. Для них ведем расчет.

Намечаем трансформатор тока ТФЗМ110Б-I ХЛ1.

Параметры трансформатор тока приведены в таблице 3.4.2.2

Таблица 3.4.2.2 – Параметры трансформаторов тока [25, стр. 294, табл. 5.9]

№	Параметр	Значение
1	Тип	ТФЗМ
2	Номинальное напряжение $U_{ном}$ , кВ	110
3	Номинальный ток $I_{ном}$ , А	100
4	Вторичный номинальный ток трансформатора тока $I_2$ , А	5
5	Ток электродинамической стойкости $i_{дин}$ , кА	10
6	Ток термической стойкости $I_{тер}$ , кА	2
7	Длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер}$ , с	10
8	Вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока $Z_{2ном}$ , Ом	4,8
9	Класс точности	0,5
10	Климатическое исполнение	ХЛ1

Проверка трансформаторов тока

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

$$U_{уст} = 110 \text{ кВ} = U_{ном} = 110 \text{ кВ};$$

– по току  $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р.гпп}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{14244}{\sqrt{3} \cdot 110} = 74,66 \text{ А} < I_{ном} = 100 \text{ А};$$

– 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 3.4.2.1).

Допустимое сопротивление проводников

$$r_{пр,доп} = Z_{2ном} - r_{приб} - r_k = 1,2 - 0,04 - 0,05 = 1,11 \text{ Ом},$$

где  $r_k$  – сопротивления контактов (0,05 Ом при двух-трех приборах; 0,1 Ом при большем количестве приборов) [18, стр. 374].

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

$$q_{\text{расч}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{пр}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0283 \cdot 12}{1,11} = 0,31 \text{ мм}^2,$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление алюминиевого провода [18, стр. 374], Ом/мм<sup>2</sup>;

$I_{\text{пр}}$  – длина провода [18, стр. 375], м.

Принимаем кабель марки АКРВГ сечением  $q = 4 \text{ мм}^2$  [18, стр. 375].

Тогда сопротивление кабеля

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{q} = \frac{0,0283 \cdot 12}{4} = 0,085 \text{ Ом}.$$

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} = 0,04 + 0,085 + 0,05 = 0,175 \text{ Ом} < Z_{2\text{ном}} \\ = 4,8 \text{ Ом}.$$

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

$$i_{\text{уд}} = 2,4 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 10 \text{ кА};$$

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

$$B_{\text{к}} = 2,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 2^2 \cdot 3 = 12,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

### 3.4.3 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 [18, стр. 371, рис. 4.104; 18, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов напряжения представлена в таблице 3.5 [18, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 3.4.3.1 – Нагрузка трансформаторов напряжения

Место установки	Прибор	Тип	$S_{обм},$ В · А	$n_{обм},$ шт	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$n_{приб},$ шт	Потр. мощн.	
								P, 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

Намечаем установку трансформатора напряжения типа ЗНОГ-110 УХЛ1.

Параметры трансформатор тока приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.4.3.2 – Параметры трансформаторов напряжения [25, стр. 326, табл. 5.13]

№	Параметр	Значение
1	Тип	ЗНОМ
2	Номинальное напряжение $U_{ном},$ кВ	110
3	Номинальная мощность $S_{ном},$ В·А	150
4	Класс точности	0,5
5	Климатическое исполнение	УХЛ1

Проверка трансформаторов напряжения

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

$$U_{уст} = 110 \text{ кВ} = U_{ном} = 110 \text{ кВ};$$

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 3.5

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

Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель АКРВГ с сечением жил  $q = 4 \text{ мм}^2$  по условию механической прочности [18, стр. 375].

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

### 3.5 Выбор оборудования закрытого распределительного устройства главной понизительной подстанции.

Распределительное устройство 6/10 кВ представляет собой набор ячеек КРУ, объединенных общей шиной. Все ячейки расположены в модельном здании в одном зале. Количество ячеек зависит от количества подключений. Под подключениями понимаются как потребители, так и вспомогательное оборудование, компенсирующие устройства, трансформаторы напряжения, секционный аппарат и вводные аппараты.

При электроснабжении потребителей первой и второй категории необходимо две секции шин. В каждой секции находится одна ячейка с выключателем для подключения к питающему трансформатору. Секционный выключатель устанавливается на первой секции шин, а на второй секции ячейка с одним разъединителем.

Для подключения потребителей устанавливаются ячейки с выключателями по количеству присоединений к каждой шине.

Для подключения УКРМ выделяется по ячейке с выключателем на каждую секцию.

Для подключения трансформаторов напряжения выделяется по ячейке с разъединителем, разрядником и предохранителем на каждую секцию.

Собственные нужды подстанции удовлетворяются посредством трансформаторов собственных нужд мощностью 25 кВА, подключенных по одному на каждую секцию через ячейку с выключателем.

#### Выбор трансформаторов собственных нужд

На всех двухтрансформаторных подстанциях 35 кВ необходимо установить не менее двух трансформаторов (ТСН) для питания оборудования собственных нужд подстанций:

- устройств обогрева выключателей ОРУ;

$$P_{\text{выкл}\Sigma} = n_{\text{выкл}} \cdot P_{\text{выкл}} = 2 \cdot 4,4 = 8,8 \text{ кВт.}$$

- – подогрев шкафов

$$P_{\text{шк}\Sigma} = n_{\text{шк}} \cdot P_{\text{шк}} = 20 \cdot 1,0 = 20,0 \text{ кВт.}$$

- – отопление, освещение, вентиляция ЗРУ

$$P_{\text{о.зру}} = 20,0 \text{ кВт.}$$

- – освещение ОРУ, систем сигнализации и пожаротушения.

$$P_{\text{о.ору}} = 5,0 \text{ кВт.}$$

Установленная мощность нагрузки собственных нужд

$$P_{уст} = P_{выкл\Sigma} + P_{шк\Sigma} + P_{о.зру} + P_{о.ору} = 8,8 + 20,0 + 20,0 + 5,0 = 53,8 \text{ кВт.}$$

Выбираем два трансформатора ТМ - 250/6. Выбор контрольно-измерительных приборов сведем в таблицу 5.5.1.

Таблица 3.5.1 -Выбор контрольно-измерительных приборов

Цепь установки приборов	Место установки приборов	Перечень приборов
Двухобмоточный трансформатор	ВН (110 кВ) НН (6 кВ)	Амперметр, вольтметр. Амперметр, вольтметр, ваттметр, счетчики активной и реактивной энергии
Сборные шины 6 кВ	На каждой секции или системе шин	Вольтметр для измерения междуфазного напряжения и вольтметр для измерения трех фазных напряжений, амперметр, ваттметр

Пониженное напряжение с питающих трансформаторов передается по жестким шинам через проходные изоляторы, расположенные в стене здания, на вводные выключатели, подключенные к секциям шин распределительного устройства. Камеры одностороннего обслуживания (ячейки), располагаются рядами вдоль стен здания. На торцевой стене размещаются шкафы собственных нужд. Здание оборудовано двумя выходами.

## Опросный лист для заказа ячеек комплектного распределительного устройства

Порядковый номер ячейки в КРУ		3-9, 16-22	10, 15	12	13	2, 23	11, 14	1, 24
Номинальное напряжение, кВ	10							
Номинальный ток сборных шин, А	1600							
Вид оперативного тока, значение, В	пост., 220							
Схема главных цепей								
Назначение ячейки		Линия, резерв	Ввод	Секционный выключатель	Секционный выключатель	ТСН	ТН	УКРМ
ТСН мощность, кВА		–	–	–	–	25	–	–
ТТ класс точности		0,5	–	0,5	–	0,5	–	–
ТН класс точности		–	–	–	–	–	0,5	–
Ток плавкой вставки предохранителя		–	–	–	–	–	5	–
Тип выключателя		ВЭ-10-20/630	ВЭ-10-20/630	ВЭ-10-20/1600	–	ВЭ-10-20/630	–	ВЭ-10-20/630
Учет электрической энергии (да/нет)		да	да	нет	нет	да	нет	нет
Релейная защита		да	да	нет	нет	да	нет	нет
Количество ячеек КРУ		14	2	1	1	2	2	2

## **Раздел 4. Электроснабжение промышленных потребителей внутри зданий и сооружений**

Электроснабжение выполняется в следующей последовательности.

Приёмники распределяются по пунктам питания и определяются расчётные электрические нагрузки.

Выбирается схема и способ прокладки сети. Выбор способа прокладки производится с учётом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки.

Производится выбор аппаратов защиты и сечений проводников.

Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения. Строится эпюра отклонения напряжений для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее мощного и удаленного электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного режима.

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.

### **4.1 Распределение электроприёмников зданий по пунктам питания.**

Распределение приемников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к распределительному пункту. Рекомендуется оставлять в резерв одну-две группы, чтобы в случае установки нового оборудования не было проблем с его подключением.

Цех имеет жаркую среду, и в цехе много различного технологического оборудования. Электроприемники и распределительные пункты запитываются по радиальным линиям, проложенным в коробах и в траншеях. Большая часть линий располагается в кабельном полуэтаже.

На рисунке 4.1.1 изображен план цеха с расположением распределительных пунктов и питаемых от них электроприемников.

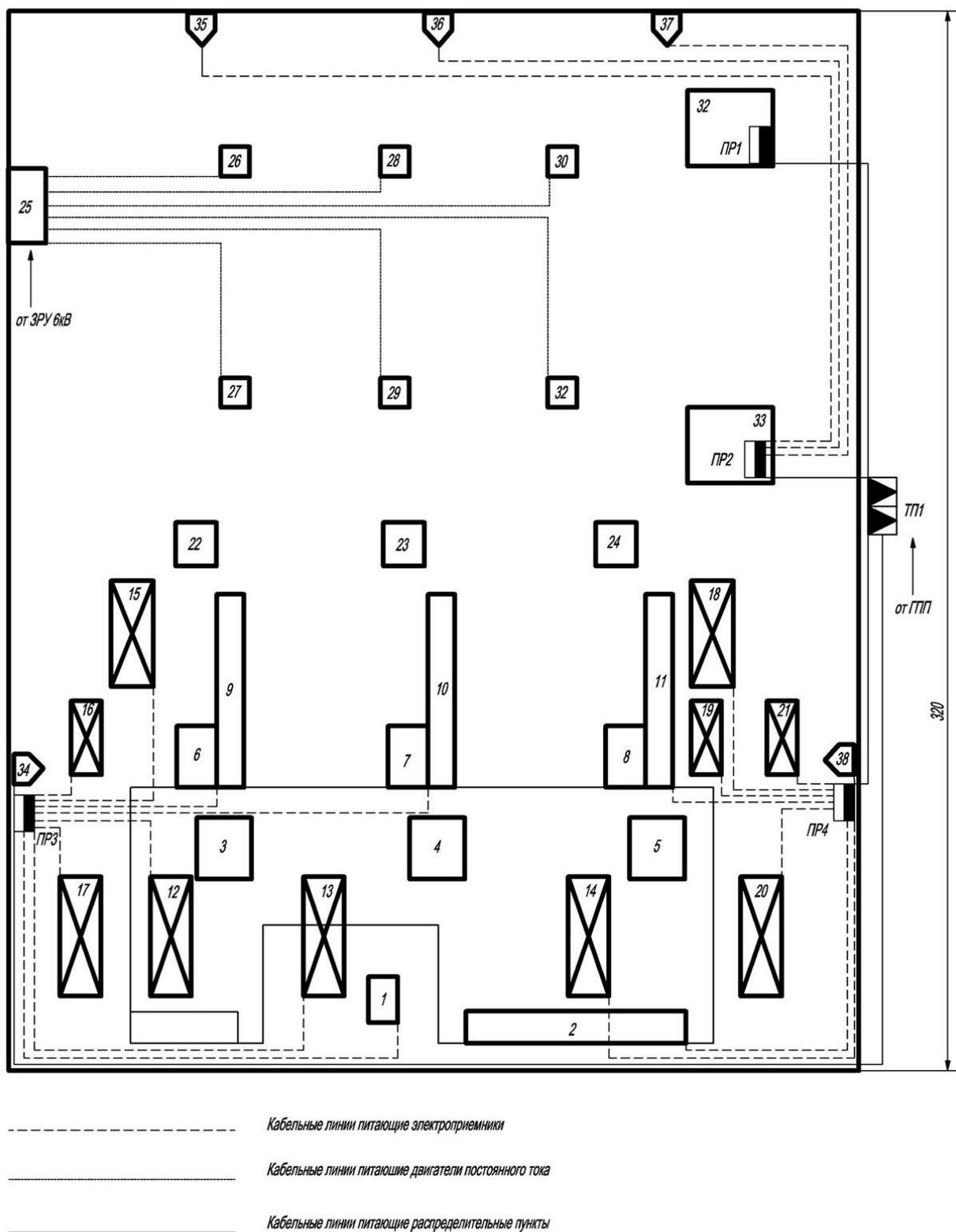


Рисунок 4.1.1 План цеха с расположением распределительных пунктов и питаемых от них электроприемников

Принятая схема обеспечивает требуемую степень надежности питания приемников и требуемую технологическим условиям гибкость, и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников.

В качестве распределительных пунктов принимаем пункты марки ПР 06-3-31 УЗ. Данный пункт рассчитан на количество отходящих линий до 12 штук.

## 4.2 Расчет электрических нагрузок производственного помещения.

Перед определением расчетной нагрузки цеха необходимо определить номинальные параметры электроприемников. Примеры расчета номинальных и пусковых токов электроприемников

Кран-балка:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{19,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,50 \cdot 0,89} = 64,87 \text{ А,}$$

$$I_{\text{ПУСК}} = K_{\text{ПУСК}} \cdot I_{\text{НОМ}} = 5 \cdot 64,87 = 324,35 \text{ А,}$$

где  $P_{\text{НОМ}}$  – номинальная активная мощность электроприёмника, кВт;

$U_{\text{НОМ}}$  – номинальное напряжение электроприемника, кВ;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности;

$\eta$  – КПД электроприёмника;

$K_{\text{ПУСК}}$  – кратность пускового тока.

Вальц токарная:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi} = \frac{260,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 658,38 \text{ А,}$$

Вентиляторы:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi} = \frac{9,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 18,99 \text{ А.}$$

$$I_{\text{ПУСК}} = K_{\text{ПУСК}} \cdot I_{\text{НОМ}} = 7 \cdot 18,99 = 132,94 \text{ А,}$$

Определение номинальных параметров электроприемников сведем в таблицу 4.2.1.

Таблица 4.2.1 – Распределение приемников по пунктам питания и определение их номинальных параметров

Наименование оборудования	Кол-во ЭП, шт.	P <sub>ном</sub> , кВт		cosφ	η	I <sub>ном</sub> , А	Кпуск	Iпуск, А
		Одного ЭП	общая					
ПР1 (ПР06-3-31 У3)								
Вальц токарная	1	260	260	0,6		-	-	-
ПР2 (ПР06-3-31 У3)								
Маслонасосная проката	1	120	120	0,75		-	-	-
Вентиляторы	3	9	27	0,75	0,9	20,26	7	141,81
ПР3(ПР06-3-31 У3)								
Сталевоз	2	50	100	0,85	0,89	100,42	3	301,26
Автобадьевоз	1	30	30	0,85	0,89	60,25	3	180,75
Кран-балка г/п 150/32 т. ПВ = 40 %	3	10,75	32,26	0,5	0,89	36,71	5	183,55
Кран-балка г/п 80/20 т. ПВ = 25 %	1	7	7	0,5	0,89	23,90	5	119,50
Кран-балка г/п 130+63/20 т. ПВ =40 %	1	12,02	12,02	0,5	0,89	41,03	5	205,14
Вентиляторы	1	9	9	0,75	0,9	20,26	7	141,81
ПР4 (ПР06-3-31 У3)								
Кран-балка г/п 150/32 т. ПВ = 40 %	2	10,75	21,50	0,5	0,89	36,71	5	183,55
Кран-балка г/п 130+63/20 т. ПВ =40 %	1	12,02	12,02	0,5	0,89	41,03	5	205,14
Кран-балка г/п 80/20 т. ПВ = 25 %	2	7	14	0,5	0,89	23,90	5	119,50
Сталевоз	1	50	50	0,85	0,89	100,42	3	301,26
Пост контроля и управления ДСП	1	22	22	0,9	0,89	41,73	1	41,73
Вентиляторы	1	9	9	0,8	0,9	18,99	7	132,94

Пример расчета для распределительного пункта ПР3.

Суммарная номинальная мощность электроприемников группы «А»:

$$P_{\text{ном.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} = 2 \cdot 50 + 30 + 3 \cdot 10,75 + 7 + 12,02 = 181,27 \text{ кВт.}$$

Средняя активная и реактивная нагрузки за наиболее загруженную смену на примере кран-балки.

$$P_{\text{ном}} = n \cdot P_{\text{ном.}i} = 3 \cdot 10,75 = 32,26 \text{ кВт,}$$

$$P_{\text{см}} = K_{\text{у}} \cdot P_{\text{ном.}\Sigma} = 0,2 \cdot 32,26 = 6,45 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 6,45 \cdot 1,73 = 11,17 \text{ кВАр.}$$

Итог по среднесменной активной и реактивной нагрузке для группы "А"

$$P_{\text{см}}^{\text{"А"}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см.}i} = 10 + 3 + 6,45 + 1,4 + 0,72 = 21,75 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{"А"}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см.}i} = 6,2 + 1,86 + 11,17 + 2,42 + 1,25 = 22,9 \text{ кВАр.}$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{НОМ.маx}}}{P_{\text{НОМ.мин}}} = \frac{50}{7} = 7,1 > 3.$$

Средневзвешенный коэффициент использования по группе

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{СМ}}^{\text{"А"}}}{P_{\text{НОМ.}\Sigma}} = \frac{21,75}{181,27} = 0,12.$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$\text{tg}\varphi_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{СМ}}^{\text{"А"}}}{P_{\text{СМ}}^{\text{"А"}}} = \frac{22,9}{21,75} = 1,06.$$

Эффективное число электроприемников пэ

$$n_э = \frac{[P_{\text{НОМ.}\Sigma}]^2}{\sum P_{\text{НОМ}}^2} = \frac{181,27^2}{5540,2} = 5,93 \text{ шт},$$

принимая  $n_э = 6$  шт.

Коэффициенты максимума активной и реактивной мощности

$$K_M = 2,64 \qquad K'_M = 1,1.$$

Расчетная активная и реактивная мощности для группы "А"

$$P_p^{\text{"А"}} = K_M \cdot P_{\text{СМ}}^{\text{"А"}} = 2,64 \cdot 21,57 = 56,95 \text{ кВт},$$

$$Q_p^{\text{"А"}} = K'_M \cdot Q_{\text{СМ}}^{\text{"А"}} = 1,1 \cdot 22,9 = 25,19 \text{ кВт}.$$

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

$$P_p^{\text{"Б"}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ.}i}^{\text{"Б"}} = 7,2 \text{ кВт}, \qquad Q_p^{\text{"Б"}} = \sum_{i=1}^n (P_{\text{НОМ.}i}^{\text{"Б"}} \cdot \text{tg}\varphi_i) = 6,35 \text{ кВАр}.$$

Расчетная активная, и полная мощности пункта

$$P_p = P_p^{\text{"А"}} + P_p^{\text{"Б"}} = 56,95 + 7,2 = 64,15 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_p^{\text{"А"}} + Q_p^{\text{"Б"}} = 25,19 + 6,35 = 31,54 \text{ кВАр},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{64,15^2 + 31,54^2} = 71,49 \text{ кВА}.$$

Расчётный ток пункта

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{71,49}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 108,61 \text{ А}.$$

Определение пикового тока пункта

Номинальный и пусковой токи самого мощного электроприемника пункта

$$I_{\text{НОМ}}^{\text{max}} = 100,42 \text{ А}, \quad I_{\text{ПУСК}}^{\text{max}} = 301,26 \text{ А}.$$

Пиковый ток пункта

$$I_{\text{ПИК.П}} = I_{\text{ПУСК}}^{\text{max}} + (I_{\text{р}} - K_{\text{u.max}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{max}}) = 301,26 + (108,61 - 0,1 \cdot 100,42) = 399,83 \text{ А}.$$

Дальнейший расчет электрических нагрузок по пунктам питания сведем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2.2 – Определение расчетных нагрузок цеха по пунктам питания

Наименование оборудования	Кол-во ЭП, шт	Установленная мощность		Ки	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за смену		Nэф	Kмах	Расчетная нагрузка			Iр, А	Iпик, А
		Одного ЭП	общая				Рсм, кВт	Qсм, кВар			Pr, кВт	Qp, кВар	Sp, кВА		
<b>ПР1 (ПР06-3-31 У3)</b>															
Вальц токарная	1	260	260	0,2	0,6	1,333	52,00	69,33		2,42	125,84	76,27	147,15		
<b>Итого по ПР1</b>	<b>1</b>		<b>260</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>1,333</b>	<b>52,00</b>	<b>69,33</b>			<b>125,84</b>	<b>76,27</b>	<b>147,15</b>	<b>223,57</b>	<b>466,66</b>
<b>ПР2 (ПР06-3-31 У3)</b>															
Маслонасосная проката	1	120	120	0,65	0,75	0,882	78,00	68,79							
Вентиляторы	3	9	27	0,8	0,75	0,882	21,60	19,05							
<b>Итого по ПР2</b>	<b>4</b>		<b>147</b>	<b>0,68</b>	<b>0,75</b>	<b>0,882</b>	<b>99,60</b>	<b>87,84</b>			<b>99,60</b>	<b>96,62</b>	<b>138,77</b>	<b>210,83</b>	<b>336,43</b>
<b>ПР3(ПР06-3-31 У3)</b>															
<b>Электроприемники группы "А" Ки&lt;0,6</b>															
Сталевоз	2	50	100	0,1	0,85	0,62	10,00	6,20							
Автобадье воз	1	30	30	0,1	0,85	0,62	3,00	1,86							
Кран-балка г/п 150/32 т. ПВ = 40 %	3	10,75	32,26	0,2	0,50	1,732	6,45	11,17							
Кран-балка г/п 80/20 т. ПВ = 25 %	1	7	7	0,2	0,50	1,732	1,40	2,42	Ки<0,2						
Кран-балка г/п 130+63/20 т. ПВ =40 %	1	12,02	12,02	0,06	0,50	1,732	0,72	1,25	m>3						
<b>Итого по группе "А"</b>	<b>8</b>		<b>181,27</b>	<b>0,12</b>	<b>0,69</b>	<b>1,062</b>	<b>21,57</b>	<b>22,90</b>	<b>6</b>	<b>2,64</b>	<b>56,95</b>	<b>25,19</b>	<b>62,27</b>		
<b>Электроприемники группы "Б" Ки≥0,6</b>															
Вентиляторы	1	9	9	0,8	0,75	0,882	7,20	6,35							
<b>Итого по группе "Б"</b>	<b>1</b>		<b>9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,75</b>	<b>0,882</b>	<b>7,20</b>	<b>6,35</b>			<b>7,20</b>	<b>6,35</b>	<b>9,60</b>		
<b>Итого по ПР3</b>	<b>9</b>		<b>190,27</b>	<b>0,15</b>	<b>0,7</b>	<b>1,017</b>	<b>28,77</b>	<b>29,25</b>			<b>64,15</b>	<b>31,54</b>	<b>71,49</b>	<b>108,61</b>	<b>399,83</b>

Продолжение таблицы 4.2.2 – Определение расчетных нагрузок цеха по пунктам питания.

ПР4 (ПР06-3-31 УЗ)															
Электроприемники группы "А" Ки<0,6															
Кран-балка г/п 150/32 т. ПВ = 40 %	2	10,75	21,503	0,2	0,5	1,732	4,30	7,45							
Кран-балка г/п 130+63/20 т. ПВ =40 %	1	12,02	12,017	0,06	0,5	1,732	0,72	1,25							
Кран-балка г/п 80/20 т. ПВ = 25 %	2	7	14	0,2	0,5	1,732	2,80	4,85	Ки<0,2						
Сталевоз	1	50	50	0,1	0,85	0,62	5,00	3,10	m>3						
Итого по группе "А"	6		97,52	0,13	0,61	1,298	12,82	16,65	4	3,11	39,88	18,31	43,88		
Электроприемники группы "Б" Ки≥0,6															
Пост контроля и управления ДСП	1	22	22	0,75	0,9	0,484	16,50	7,99							
Вентиляторы	1	9	9	0,65	0,8	0,75	5,85	4,39							
Итого по группе "Б"	2		31	0,72	0,875	0,554	22,35	12,38		1	22,35	12,38	25,55		
<b>Итого ПР4</b>	<b>8</b>		<b>128,52</b>	<b>0,27</b>	<b>0,78</b>	<b>0,825</b>	<b>35,17</b>	<b>29,03</b>			<b>62,23</b>	<b>30,69</b>	<b>69,38</b>	<b>105,42</b>	<b>396,63</b>
Итого силовая нагрузка	22		725,79	0,3	0,71	1	215,54	215,45			351,82	235,12	423,15		
Электрическое освещение			120	0,95	0,9	0,48	114,00	54,72			114,00	54,72	126,45		
<b>Итого по цеху</b>	<b>22</b>		<b>845,79</b>	<b>0,39</b>	<b>0,77</b>	<b>0,82</b>	<b>329,54</b>	<b>270,17</b>			<b>465,82</b>	<b>289,84</b>	<b>548,63</b>	<b>833,56</b>	

### 4.3 Выбор защитных аппаратов и проводников.

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.

Условия выбора выключателей [4, стр. 182]:

1. По нагреву расчетным током нагрузки:  $I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{ном.расц}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{дл}}$ ;

2. По условию перегрузки пусковым током:

$I_{\text{кз}} \geq 1,5 \cdot I_{\text{пуск}}$  – для одного ЭП;

$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}}$  – для группы ЭП;

$I_{\text{кз}} \geq K \cdot I_{\text{ном.расц}}$  – для группы ЭП ( $K = I_{\text{кз}} / I_{\text{ном.расц}}$ ),

где  $I_{\text{дл}} = I_{\text{ном}}$  – для одного ЭП;

$I_{\text{дл}} = I_{\text{р}}$  – для группы ЭП;

$I_{\text{ном.ав}}$  – номинальный ток автомата;

$I_{\text{ном.расц}}$  – номинальный ток расцепителя;

$I_{\text{р}}$  – расчетный ток группы ЭП;

$K$  – кратность отсечки;

$I_{\text{пик}}$  – пиковый ток;

$I_{\text{ма.х.пуск}}$  – пусковой ток двигателя (или трансформатора) наибольшей мощности в данной группе ЭП;

$I_{\text{ма.х.ном}}$  – номинальный ток двигателя (или трансформатора) наибольшей мощности в данной группе ЭП;

$I_{\text{кз}}$  – номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ.

Условие выбора проводников [4, стр. 184]:

1. По нагреву расчетным током нагрузки:  $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}} / K_{\text{п1}} \cdot K_{\text{п2}}$ ;

2. Согласование с аппаратом защиты:  $I_{\text{доп}} \geq K_3 \cdot I_3 / K_{\text{п1}}$ ;

3. По допустимой потере напряжения:  $\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_0 \cdot I_{\text{р}} \cdot l$ ,

где  $K_{\text{п1}}$   $K_{\text{п2}}$  – поправочные коэффициенты на условие прокладки;

$K_3$  – кратность защиты (отношение длительно допустимого тока для кабеля к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ);

$I_3$  – номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата;

$\Delta U_0$  – потеря напряжения в трехфазных сетях 380 В;

$I_p$  – расчетный ток линии;

$l$  – длина рассматриваемой линии.

Примеры выбора аппаратуры и кабелей.

а) Выбор отходящего автоматического выключателя подстанции

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{p.ПС} = \frac{S_{p.ПС}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{934,22}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1419,4 \text{ А.}$$

Номинальный ток трансформатора подстанции

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

Максимальный рабочий ток трансформатора подстанции

$$I_{\max.раб} = 1,4 \cdot I_{НОМ.тр} = 1,4 \cdot 957,2 = 1340,1 \text{ А.}$$

Пиковый ток подстанции

$$\begin{aligned} I_{\text{пик.ПС}} &= I_{\text{пуск}}^{\max} + (I_{\max.раб} - K_{u.\max} \cdot I_{НОМ}^{\max}) = \\ &= 301,26 + (1340,1 - 0,2 \cdot 100,42) = 1621 \text{ А.} \end{aligned}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА53–43с параметрами  $I_{НОМ.аВ} = 1600 \text{ А}$ ,  $I_{тепл} = 1600 \text{ А}$  [10, стр. 87-88].

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 1600 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\max.раб} = 1,1 \cdot 1340,1 = 1474,1 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пик.ПС}} = 1,25 \cdot 1621 = 2026,59 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик.ПС}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{2026,59}{1600} = 1,3,$$

принимаем  $K = 2,0$ .

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = K \cdot I_{тепл} = 2,0 \cdot 1600 = 3200 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 2026,59 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Выбор секционного автоматического выключателя подстанции

Максимальный рабочий ток трансформатора

$$I_{\max, \text{раб}} = 1340,1 \text{ А.}$$

Расчетный ток секционного выключателя

$$I_{р.СВ} = 0,7 \cdot I_{\max, \text{раб}} = 0,7 \cdot 1340,1 = 938,0 \text{ А.}$$

Пиковый ток сборных шин

$$\begin{aligned} I_{\text{пик.СШ}} &= I_{\text{пуск}}^{\max} + (I_{р.СВ} - K_{\text{и.макс}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\max}) = \\ &= 301,26 + (938,0 - 0,2 \cdot 100,42) = 1219 \text{ А.} \end{aligned}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74–43с параметрами  $I_{\text{НОМ.аВ}} = 1600 \text{ А}$ ,  $I_{\text{тепл}} = 1250 \text{ А}$ .

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 1250 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{р.СВ} = 1,1 \cdot 938,0 = 1031,8 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пик.СШ}} = 1,25 \cdot 1219 = 1523,97 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик.СШ}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{1523,97}{1250} = 1,2,$$

принимаем  $K = 2,0$ .

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 2,0 \cdot 1250 = 2500 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{\text{пик.СШ}} = 1523,97 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

в) Участок ТП – ПР2

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР2

$$I_p = 211,0 \text{ А}, \quad I_{\text{пик}} = 336,0 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА 74–40 с параметрами  $I_{\text{НОМ.аВ}} = 800 \text{ А}$ ,  $I_{\text{тепл}} = 260 \text{ А}$ .

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 260 \text{ А} > 1,1 \cdot I_p = 1,1 \cdot 211 = 231,92 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 336 = 420,54 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{420,54}{260} = 1,62$$

принимаем  $K = 2$ .

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 2 \cdot 260 = 520,0 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 420,54 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГнг-LS –1(4×150) с  $I_{\text{доп}} = 340 \text{ А}$  [9, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 340 \text{ А} > \frac{I_p}{K_{\text{п1}} \cdot K_{\text{п2}}} = \frac{211}{0,78 \cdot 0,92} = 293,8 \text{ А.}$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 340 \text{ А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{п1}}} = \frac{1 \cdot 260}{0,78} = 333,33 \text{ А,}$$

где  $I_3$  – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

$K_{\text{п1}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий фактическую температуру окружающей среды [1, стр. 185, табл. 9.1];

$K_{\text{п2}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий количество совместных проложенных линий [1, стр. 185, табл. 9.2; стр. 186, табл. 9.3];

$k_3$  – кратность защиты (отношение длительно допустимого тока для кабеля к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ) [1, стр. 187, табл. 9.4].

– проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_0 \cdot I_p \cdot l = 0,0633 \cdot 211 \cdot 0,21 = 3,06\% < 5\%,$$

где  $l$  – длина рассматриваемой линии с учетом непрямолинейной прокладки кабеля (обрезка, обход конструкций и оборудования...), км;

5% – допустимое значение потерь напряжения;

$\Delta U_0$  – потеря напряжения в трехфазных сетях 380 В [10, стр. 91, табл. П.2.11], %/(А·км).

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

г) Участок ПР2 – Вентилятор (ЭП №35)

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{\text{НОМ}} = 20,26 \text{ А}, \quad I_{\text{ПУСК}} = 141,81 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат марки ВА 57–35 с параметрами  $I_{\text{НОМ.аВ}} = 250 \text{ А}$ ,  $I_{\text{Тепл}} = 25 \text{ А}$ .

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{Тепл}} = 25 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\text{НОМ}} = 1,1 \cdot 20,26 = 22,28 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,5 \cdot I_{\text{ПУСК}} = 1,5 \cdot 141,81 = 212,71 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,5 \cdot I_{\text{ПУСК}}}{I_{\text{Тепл}}} = \frac{212,71}{25} = 8,5,$$

принимаем  $K = 10$ .

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о}} = K \cdot I_{\text{Тепл}} = 10 \cdot 25 = 250 \text{ А} > 1,5 \cdot I_{\text{ПУСК}} = 212,71 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГнгLS –1(4×6) с  $I_{\text{доп}} = 39 \text{ А}$ .

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 39 \text{ А} > \frac{I_p}{K_{\text{п1}} \cdot K_{\text{п2}}} = \frac{20,26}{0,78 \cdot 0,92} = 28,23 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 32 \text{ А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{п1}}} = \frac{1 \cdot 25}{0,78} = 30,21 \text{ А}.$$

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 4.3.1 (для распределительных пунктов) и таблицу 4.3.2 (для отдельных электроприемников).

Таблица 4.3.1 – Выбор аппаратов защиты и проводников питающей сети

Участок	$\frac{I_p}{I_{\text{пик}}}$ А	$1,1 \cdot I_p$ А	$1,25 \cdot I_{\text{пик}}$ А	Автомат			Способ прокладки	$K_{n1}$	$K_{n2}$	$\frac{I_p}{K_{n1} \cdot K_{n2}}$ А	К	$\frac{K_3 \cdot I_3}{K_{n1}}$ А	Кабель		L, м	cos φ	$\Delta U_0$ , %	$\Delta U_p$ %	
				Тип	К	$\frac{I_e}{I_{\text{э,о}}}$ А							Марка	$I_{\text{доп}}$ А					
Отходящий выключатель ТП	$\frac{1340}{1621}$	1474,1	2026,6	ВА74 – 43	2,0	$\frac{1600}{3200}$	Открыто на лотках	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Секционный выключатель ТП	$\frac{938}{1219}$	1031,8	1523,97	ВА74 – 43	2,0	$\frac{1250}{2500}$		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТП - ПР1	$\frac{224}{467}$	245,9	583,33	ВА74 – 40	2,5	$\frac{260}{650}$		0,78	0,92	311,55	1	333,33	АВВГнгLS 1(4 × 150)	340	0,16	0,6	0,063	2,26	
ТП – ПР2	$\frac{211}{336}$	231,9	420,54	ВА74 – 40	2,0	$\frac{260}{520}$		0,78	0,92	293,80	1	333,33	АВВГнгLS 2(4 × 150)	340	0,21	0,8	0,069	3,06	
ТП – ПР3	$\frac{109}{400}$	119,5	499,78	ВА74 – 40	4,0	$\frac{130}{520}$		0,78	0,92	151,35	1	166,67	АВВГнгLS 1(4 × 70)	210	0,17	0,7	0,134	2,47	
ТП – ПР4	$\frac{105}{397}$	116,0	495,79	ВА74 – 40	4,0	$\frac{130}{520}$		0,78	0,92	146,90	1	166,67	АВВГнгLS 1(4 × 70)	210	0,3	0,8	0,152	4,81	

Таблица 4.3.2 – Выбор аппаратов защиты и проводников электроприёмников

Приемник	$I_{ном}, А$	$I_{пуск}, А$	$1,1 \cdot I_{ном}, А$	$1,5 \cdot I_{пуск}, А$	Автомат				$K_{п1}$	$K_{п2}$	$\frac{I_p}{K_{п1} \cdot K_{п2}}, А$	$K$	$\frac{K_3 \cdot I_3}{K_{п1}}, А$	Кабель	
					Тип	$K$	$I_{геплл}, А$	$I_{э.о.}, А$						Марка, сечение	$I_{доп}, А$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Вальц токарная	223,57	466,66	245,92	699,99	ВА74-40	3,0	260	780	0,78	0,92	311,55	1	333,33	АВВГнгLS-1(4 □150)	340
Маслонасосная проката	158,01	292,04	173,81	438,05	ВА74-40	2,5	190	475	0,78	0,92	220,19	1	243,59	АВВГнгLS-1(4 □95)	255
Вентиляторы	20,26	141,81	22,28	212,71	ВА57 – 35	10,0	25	250	0,78	0,92	28,23	1	32,05	АВВГнгLS-1(4 □6)	39
Сталевоз	100,42	301,26	110,46	451,89	ВА57 – 35	5,0	125	625	0,78	0,92	139,94	1	160,26	АВВГнгLS-1(4 □50)	165
Автобадьевоз	60,25	180,75	66,28	271,13	ВА57 – 35	4,0	80	320	0,78	0,92	83,96	1	102,56	АВВГнгLS-1(4 □25)	105
Кран-балка г/п 150/32 т. ПВ = 40 %	36,71	183,55	40,38	275,33	ВА57 – 35	6,0	50	300	0,78	0,92	51,16	1	64,10	АВВГнгLS-1(4 □16)	75
Кран-балка г/п 80/20 т. ПВ = 25 %	23,90	119,50	26,29	179,25	ВА57 – 35	6,0	31,5	189	0,78	0,92	33,31	1	40,38	АВВГнгLS-1(4 □10)	60
Кран-балка г/п 130+63/20 т. ПВ =40 %	41,03	205,15	45,13	307,73	ВА57 – 35	8,0	50	400	0,78	0,92	57,18	1	64,10	АВВГнгLS-1(4 □16)	75
Пост контроля и управления ДСП	41,73	41,73	45,90	62,60	ВА57 – 35	2,5	50	125	0,78	0,92	58,15	1	64,10	АВВГнгLS-1(4 □16)	75

#### 4.4 Оценка установившегося отклонения напряжений. Эпюра напряжений.

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 – ТП1 – ПР2 – ЭП №35.

Расчетные данные приемника №35

$P_{ном} = 9,0$  кВт,  $Q_{ном} = 6,75$  кВАр,  $S_{ном} = 11,25$  кВА.

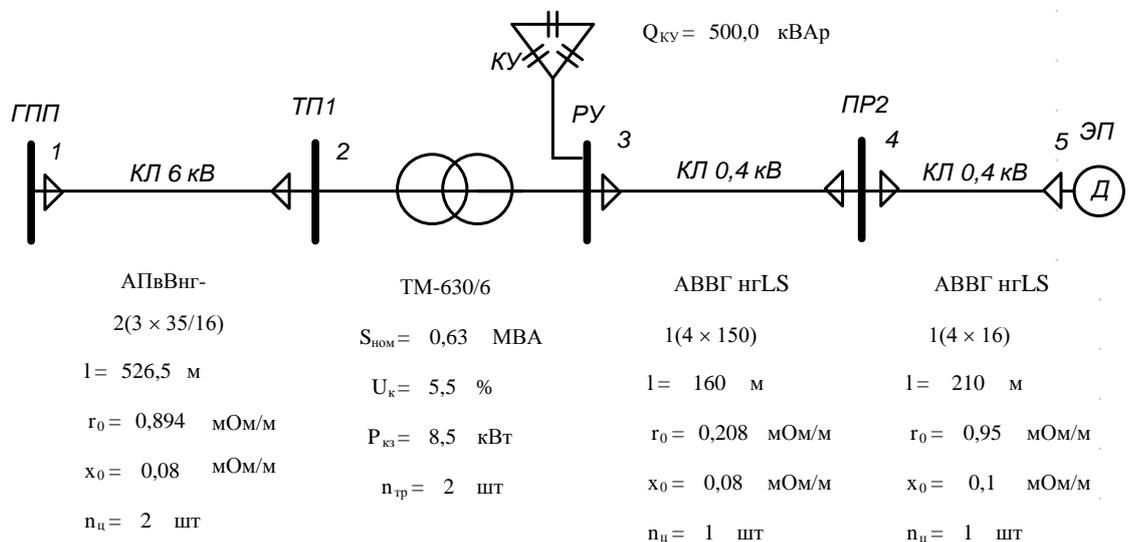


Рисунок 4.4.1 – Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{ц}} = \frac{0,894 \cdot 0,526}{2} = 0,024 \text{ Ом,}$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{ц}} = \frac{0,08 \cdot 0,526}{2} = 0,021 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{ц,ТП} = 853,86 \text{ кВт,}$$

$$Q_{12} = \sum Q_{ц.ТП} - Q_{кУ} = 588,69 - 500 = 88,69 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{853,86 \cdot 0,024 + 88,69 \cdot 0,021}{10 \cdot 6,6^2} = 0,05\%.$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12,\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,05 \cdot \frac{6600}{100} = 3,32 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 6600 - 3,32 = 6596,68 \text{ В.}$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{ном.тр}} = \frac{8,5 \cdot 100\%}{630} = 1,35,$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,35^2} = 5,33.$$

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta_T = \frac{S_{12}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{853,86}{2 \cdot 630} = 0,68.$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{853,86}{858,8} = 0,99, \quad \sin \varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{88,69}{858,8} = 0,1.$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\begin{aligned} \Delta U_{23,\%} &= \beta_T \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta_T^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) = \\ &= 0,68 \cdot (1,35 \cdot 0,99 + 5,33 \cdot 0,1) + \frac{0,68^2}{200} \cdot (1,35 \cdot 0,1 - 5,33 \cdot \end{aligned}$$

0,99) = 1,28%

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 1,28 \cdot \frac{6569,32}{100} = 84,28 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 6569,32 - 84,28 = 6485,04 \text{ В.}$$

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

$$U_3^{\text{нн}} = U_3 = 400 \cdot \frac{6485,04}{6600} = 394,69 \text{ В.}$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,208 \cdot 0,16}{1} = 0,017 \text{ Ом,}$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,08 \cdot 0,16}{1} = 0,004 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 99,6 \text{ кВт,} \quad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 96,62 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{99,6 \cdot 0,017 + 96,62 \cdot 0,004}{10 \cdot 0,394,69^2} = 1,36\%.$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 1,36 \cdot \frac{394,69}{100} = 5,36 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 394,69 - 5,36 = 389,33 \text{ В.}$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,95 \cdot 0,21}{1} = 0,2 \text{ Ом,}$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,1 \cdot 0,21}{1} = 0,021 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{НОМ}} = 9,0 \text{ кВт},$$

$$Q_{45} = Q_{\text{НОМ}} = 6,75 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{9,0 \cdot 0,2 + 6,75 \cdot 0,021}{10 \cdot 0,389^2} = 1,28\%.$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 1,28 \cdot \frac{389,33}{100} = 4,98 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 389,33 - 4,98 = 384,35 \text{ В}.$$

Для расчёта режима минимальной нагрузки необходимо по графикам нагрузки предприятия определить коэффициенты минимальной нагрузки по активной и реактивной мощности.

В качестве послеаварийного режима рассмотрим выход из строя одного трансформатора в цеховой подстанции, в связи с чем отключается одна из цепей, питающая данную подстанцию.

Дальнейший расчет сведем в таблицу 4.4.1.

Таблица 4.4.1 – Расчётные данные для построения эпюр отклонения напряжений

Максимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
$P_i$ , кВт	853,86	853,86	99,6	9
$Q_i$ , кВАр	88,69	88,69	96,62	6,75
$S_i$ , кВА	858,5	858,5	138,8	11,3
$R_i$ , Ом	0,024	—	0,017	0,200
$X_i$ , Ом	0,021	—	0,004	0,021
$\cos\varphi$	—	0,99	—	—
$\sin\varphi$	—	0,10	—	—
$\beta_T$	—	0,68	—	—
$U_a$ , %	—	1,35	—	—
$U_p$ , %	—	5,33	—	—
$\Delta U_i$ , %	0,05	1,28	1,36	1,28
$\Delta U_i$ , В	3,32	84,28	5,36	4,98
$U_i$ , В	6596,68	394,69	389,33	384,35

Минимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
$P_i$ , кВт	597,702	597,702	69,72	9
$Q_i$ , кВАр	57,6485	57,6485	62,80	6,75
$S_i$ , кВА	600,5	600,5	93,8	11,3
$R_i$ , Ом	0,024	—	0,017	0,200
$X_i$ , Ом	0,021	—	0,004	0,021
$\cos\varphi$	—	1,00	—	—
$\sin\varphi$	—	0,10	—	—
$\beta_T$	—	0,48	—	—
$U_a$ , %	—	1,35	—	—
$U_p$ , %	—	5,33	—	—
$\Delta U_i$ , %	0,04	0,88	0,93	1,26
$\Delta U_i$ , В	2,54	52,66	3,69	4,93
$U_i$ , В	5997,46	396,32	392,63	387,70
После аварийный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
$P_i$ , кВт	853,86	853,86	99,6	9
$Q_i$ , кВАр	88,69	88,69	96,62	6,75
$S_i$ , кВА	858,5	858,5	138,8	11,3
$R_i$ , Ом	0,024	—	0,017	0,200
$X_i$ , Ом	0,021	—	0,004	0,021
$\cos\varphi$	—	0,99	—	—
$\sin\varphi$	—	0,10	—	—
$\beta_T$	—	1,36	—	—
$U_a$ , %	—	1,35	—	—
$U_p$ , %	—	5,33	—	—
$\Delta U_i$ , %	0,05	2,53	1,39	1,31
$\Delta U_i$ , В	3,32	166,98	5,43	5,04
$U_i$ , В	6596,68	389,68	384,25	379,20

По результатам расчетов строим эпюры отклонения напряжений.

Эпюры представлена на рисунке 4.3.

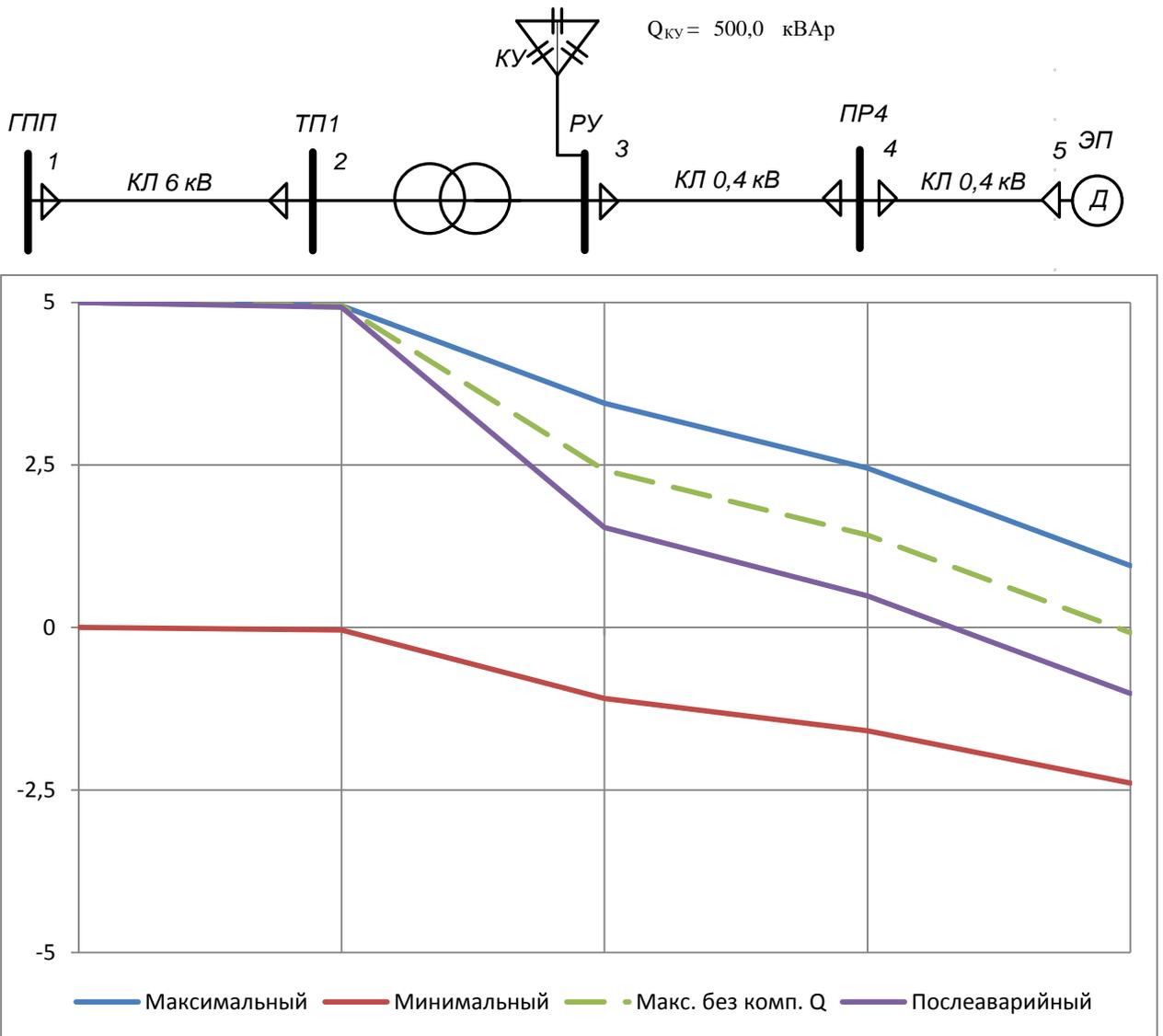


Рисунок 4.4.2 – Эпюры отклонения напряжений

Из эпюр отклонения напряжений видно, что потеря напряжения в линиях соответствует норме и принятые сечения пригодны для эксплуатации в соответствии с действующим стандартом.

#### 4.5 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 ТП считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- расчет ведем в именованных единицах;
- напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети;

– при расчете токов КЗ учитываем активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети.

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения, рисунок 4.4и на её основе схему замещения, рисунок 4.5.1

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП1 – ПР4 – ЭП №35.

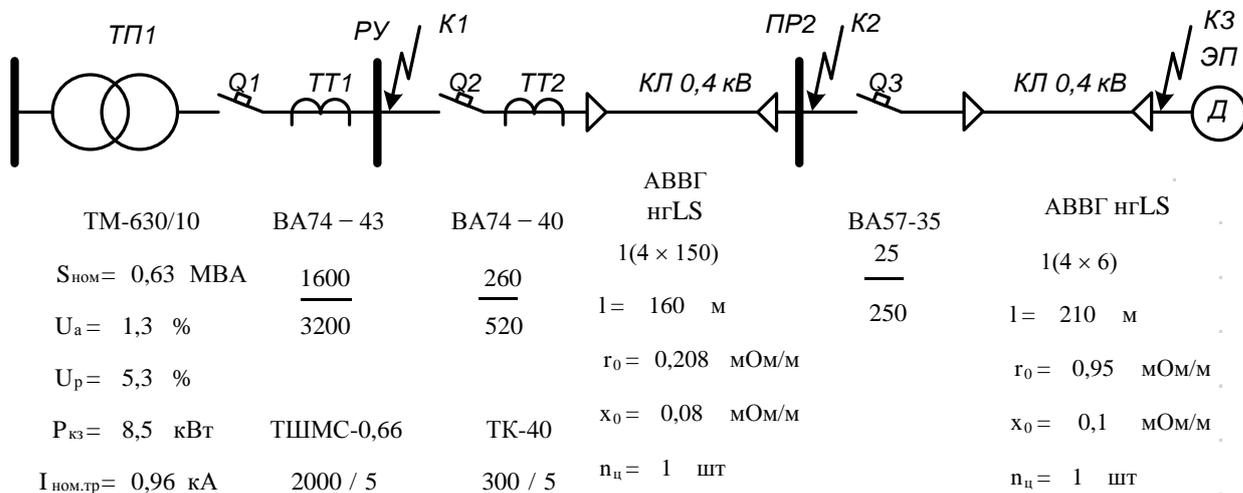


Рисунок 4.5.1 – Расчетная схема

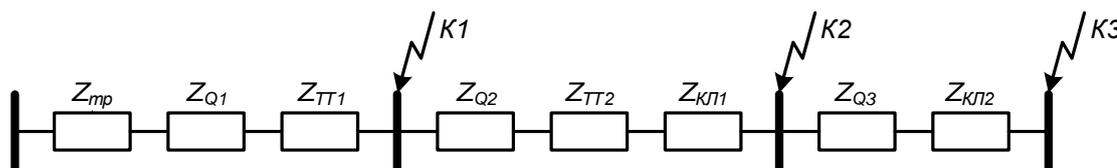


Рисунок 4.5.2 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

$$R_{тр} = \frac{U_a}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.тр}} = \frac{1,349}{100} \cdot \frac{400^2}{630} = 3,4 \text{ мОм},$$

$$X_{тр} = \frac{U_p}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.тр}} = \frac{5,332}{100} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,5 \text{ мОм},$$

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

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

Автоматы Q2, Q3

$$Z_{Q2} = \sqrt{R_{Q2}^2 + X_{Q2}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,28^2} = 0,46 \text{ мОм},$$

$$Z_{Q3} = \sqrt{R_{Q3}^2 + X_{Q3}^2} = \sqrt{0,74^2 + 0,55^2} = 0,92 \text{ мОм}.$$

Сопровитления первичной обмотки трансформаторов тока с коэффициентом трансформации >1000/5 не учитывается, поэтому, сопротивление трансформатора тока ТТ1 не учитываем.

Трансформатор тока ТТ2

$$Z_{ТТ2} = \sqrt{R_{ТТ2}^2 + X_{ТТ2}^2} = \sqrt{0,20^2 + 0,30^2} = 0,36 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ1

$$R_{КЛ1} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,059 \cdot 68}{1} = 4,01 \text{ мОм},$$

$$X_{КЛ1} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,0063 \cdot 68}{1} = 4,28 \text{ мОм}.$$

$$Z_{КЛ1} = \sqrt{R_{КЛ1}^2 + X_{КЛ1}^2} = \sqrt{4,01^2 + 4,28^2} = 5,85 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{КЛ2} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,059 \cdot 481}{1} = 28,37 \text{ мОм},$$

$$X_{КЛ2} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,0063 \cdot 481}{1} = 3,03 \text{ мОм},$$

$$Z_{КЛ2} = \sqrt{R_{КЛ2}^2 + X_{КЛ2}^2} = \sqrt{28,37^2 + 3,03^2} = 28,54 \text{ мОм}.$$

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

$$I^{(3)}_{К1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{К1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,0} = 16,5 \text{ кА}.$$

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

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

Определяем сопротивления для расчета однофазного КЗ

Трансформаторы

$$Z_{тр} = 129 \text{ мОм.}$$

Автоматы Q2, Q3

$$R_{0Q2} = 0,36 \text{ мОм,} \quad X_{0Q2} = 0,28 \text{ мОм}$$

$$R_{0Q3} = 0,74 \text{ мОм,} \quad X_{0Q3} = 0,55 \text{ мОм}$$

Сопротивления нулевой жилы кабельных линий КЛ1 и КЛ2

$$R_{0КЛ1} = \frac{r_0 \cdot l}{n} = \frac{0,059 \cdot 68}{4} = 1,003 \text{ мОм,}$$

$$X_{0КЛ1} = \frac{x_0 \cdot l}{n} = \frac{0,0063 \cdot 68}{4} = 0,11 \text{ мОм.}$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{0КЛ2} = \frac{r_0 \cdot l}{n} = \frac{0,059 \cdot 481}{4} = 7,094 \text{ мОм,}$$

$$X_{0КЛ2} = \frac{x_0 \cdot l}{n} = \frac{0,0063 \cdot 481}{4} = 0,758 \text{ мОм,}$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{К1}^{(1)} = \frac{U_{ном}}{\frac{Z_{тр}}{3} + Z_{К1}} = \frac{230}{43 \cdot 14,4} = 4,007 \text{ кА.}$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 4.5.1

Таблица 4.5.1 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Расчетные точки	К1	К2	К3	
Токи КЗ, кА	$I^{(1)}$ КЗ	4,007	3,171	2,284
	$I^{(2)}$ КЗ	13,88	6,771	3,467
	$I^{(3)}$ КЗ	16,50	7,818	4,003
	$i_{уд}$	32,87	11,28	5,689

По результатам расчета токов короткого замыкания выбранные проводники были проверены на термическую стойкость. Расчет показал, что выбранные сечения превышают минимально допустимое.

#### 4.6 Построение карты селективности действия защитных аппаратов.

Карта селективности действия аппаратов защиты строиться 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 пункта;
- 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 4.6.1

Таблица 4.6.1 – Данные для построения карты селективности

Узел нагрузки	ТП1	ПР2	Вентилятор№35
Расчетный ток $I_p, A$	1340	211	–
Пиковый ток $I_{пик}, A$	1621	336	–
Номинальный ток $I_{ном}, A$	–	–	20,26
Пусковой ток $I_{пуск}, A$	–	–	141,81
Ток КЗ $I_k, A$	16500	7818	4003
Тип аппарата	ВА74 – 43	ВА74 – 40	ВА57 – 35
Условия срабатывания по току			
– при перегрузке $I_{ном.р а_{ст}}, A$	1600	260	25
– при КЗ $I_{кз}, A$	3200	520	250
Условия срабатывания по времени, с	0,2	0,1	0,02

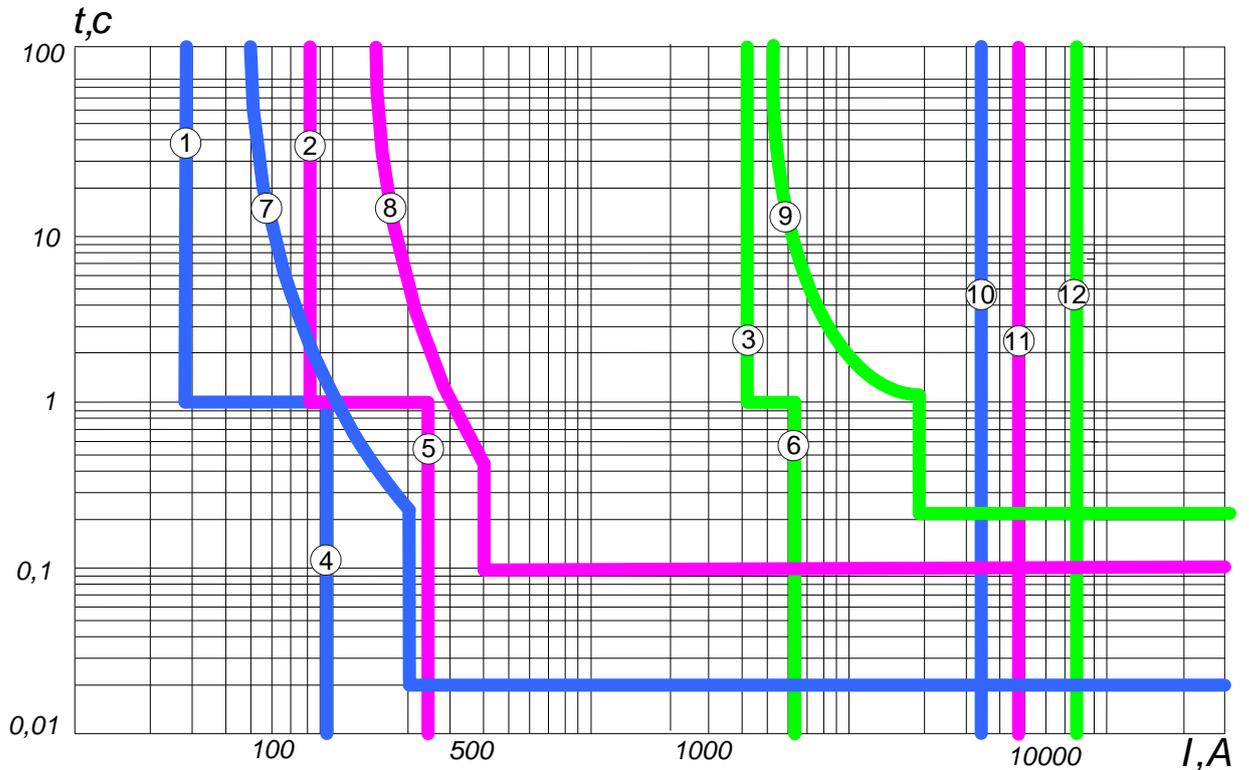
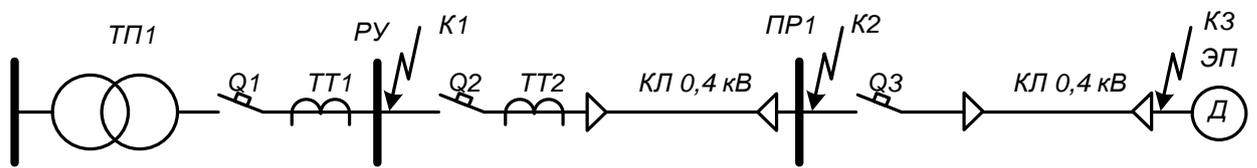


Рисунок 4.6.1 – Карта селективности действия аппаратов защиты

1 – номинальный ЭП 35; 2 – расчетный ток ПР2; 3 – расчетный ток РУНН; 4 – пусковой ток ЭП 35; 5 – пиковый ток ПР2; 6 – пиковый ток РУ НН; 7 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА57-35 (ЭП); 8 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА74-40 (ПР2); 9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА74-43 (РУ НН); 10 – ток КЗ в точке К3; 11 – ток КЗ в точке К2; 12 – ток КЗ в точке К1.

## **Раздел 5. Социальная ответственность.**

### **Введение**

Для правильной организации работы по борьбе с травматизмом, профессиональными и общими заболеваниями необходимо проанализировать существующие состояния условий труда сталелитейного цеха металлургического завода г. Петровск – Забайкальский и на основании данного анализа проводить мероприятия, которые бы позволили сделать труд полностью безопасным.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы определена расчетная нагрузка предприятия по исходным данным, учтена расчетная нагрузка освещения цехов и территории предприятия, учтены потери мощности в цеховых трансформаторах, трансформаторах главной понизительной подстанции и линиях.

Построена картограмма электрических нагрузок, выбрана схема для электроснабжения завода, выбраны напряжение для питающей сети предприятия, сечения кабельных линий, мощность трансформаторов ГПП, произведен расчет токов короткого замыкания выше и ниже 1000 В.

В данном разделе дипломной работы проанализируем условия труда с точки зрения наличия возможности появления опасных и вредных факторов и их воздействие на работающих. Рассмотрим мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, а также мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте электромонтера обслуживающего электрооборудование сталелитейного цеха металлургического завода г. Петровск – Забайкальский.

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В соответствии с Трудовым кодексом РФ, в целях обеспечения требований охраны труда, осуществляется контроль за их выполнением, в каждой организации численностью более 50 сотрудников создается служба охраны труда. Либо заключается договор со специалистами. Служба охраны труда подчиняется руководителю предприятия. На должность специалиста по охране труда назначаются лица, имеющие квалификацию инженера по охране труда или прошедшие специальное обучение. [21].

В нашем случае на предприятии более 50 человек, поэтому, в соответствии с Трудовым кодексом, на производстве должна быть создана служба по охране труда. Задачами службы являются: организация по обеспечению выполнения работниками требований по охране труда, контроль за соблюдением охраны труда, информация о состоянии охраны труда. Служба по охране труда ведет учет и анализ производственного травматизма и профессиональных заболеваний, измерение величин опасных и вредных факторов, оценку травмобезопасности, приемку в эксплуатацию производственных объектов, согласование документации в области охраны труда, участие в расследовании несчастных случаев, обучение по охране труда.

В организационные вопросы обеспечения безопасности труда входит разработка производственных инструкций на рабочем месте, в данном случае это электроустановки, а так же должностные инструкции электротехнического персонала по обслуживанию данных электроустановок. Проведение обучения электромонтеров и проверка знаний.

Социальная защита пострадавших на производстве.

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

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

Социальное страхование.

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

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

В данном случае электромонтер выполняет работу по гражданско-правовому договору, условия которого предусматривают обязанность уплаты работодателем страховых взносов, поэтому возмещение работнику утраченного заработка, в части оплаты труда, осуществляется органом Фонда социального страхования РФ.

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

Пособие по временной нетрудоспособности.

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

Единовременные и ежемесячные выплаты.

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

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

Организационные мероприятия предусматривают: правильную эксплуатацию электротехнологического оборудования, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию добровольных пожарных дружин из числа электротехнического персонала, пожарно-технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности и т. д.

## 5.2 Производственная безопасность

### 5.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Таблица 5.2.1.1 – Возможные опасные и вредные факторы.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
Повышенная или пониженная влажность воздуха	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
Повышенная или пониженная температура воздуха		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
Недостаточная освещенность рабочего места	+	+	+	СП 52.13330.2016
Наличие повышенного уровня шума		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96
Повышенный уровень вибрации		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.566-96
Повышенный уровень влияния электромагнитных полей	+		+	СанПиН 2.2.4.3359-16
Излишнее тепловое излучение		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
Повышенная подвижность воздуха	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96

На предприятии рабочие часто сталкиваются с воздействием таких физически вредных производственных факторов согласно классификации ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ [24], как:

- Повышенная или пониженная влажность воздуха – в условиях пониженной влажности работа вызывает серьезные изменения в деятельности сердечнососудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем – ослабляется внимание, ухудшается координация движений, замедляются реакции.

- Повышенная или пониженная температура воздуха – работа в условиях высокой температуры сопровождается интенсивным потоотделением, что приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей и водорастворимых витаминов, вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечнососудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем – ослабляется внимание, ухудшается координация движений, замедляются реакции и т.д.

- Недостаточная освещенность рабочего места – недостаточная освещенность при напряженной зрительной работе или частая переадаптация зрения приводят к быстрому утомлению, возникновению головных болей, ухудшению зрения. При плохом освещении человек быстро устает, работает менее продуктивно, возрастает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев. Недостаточная освещенность зоны обработки вызывает перенапряжение зрения электромонтера и необходимость чрезмерного приближения его к опасной зоне, что связано с опасностью травмирования.

- Наличие повышенного уровня шума – шум снижает производительность труда, маскирует опасность от движущихся механизмов, затрудняет разборчивость речи, приводит к профессиональной тугоухости, а при больших уровнях шума может привести к механическому повреждению органов слуха.

- Повышенный уровень вибрации – длительное воздействие вибрации высоких уровней на организм человека приводит к развитию преждевременного утомления, снижению производительности труда, росту заболеваемости и нередко к возникновению профессиональной патологии – вибрационной болезни.

- Повышенный уровень электромагнитных излучений – длительное воздействие электрического поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечнососудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

- Излишнее тепловое излучение – отрицательное воздействие на здоровье может оказать инфракрасное излучение предварительно подогретых изделий, нагревательных устройств (нарушение терморегуляции, тепловые удары).

- Повышенная скорость движения воздуха – систематическое воздействие приводит к возникновению ЛОР заболеваний, переходя в разряд хронических, наносят непоправимые повреждения слизистых оболочек организма.

В обеспечении условий высоко производственного труда научно-технического персонала немаловажную роль играет микроклимат, т.е. факторы производственной среды, влияющие на физическое и эмоциональное состояние человеческого организма. К таким факторам относятся:

- повышенная или пониженная температура воздуха;
  - температура поверхностей\*;
  - повышенная или пониженная влажность воздуха;
  - повышенная скорость движения воздуха;
  - излишнее тепловое излучение.
-

\* Учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»[35].

Оптимальные параметры микроклимата в холодный и теплый периоды года в главном производственном корпусе, для электромонтера, должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 5.2.1, при этом изменения температуры воздуха в течение смены не должны превышать 2°С, и выходить за пределы величин, указанных в таблице 5.2.1.

К категории Пб относятся работы с расходом энергии от 232 до 293 Дж/с (Работа, связанная с ходьбой и перенесением тяжестей до 10 кг).

Таблица 5.2.1.2– Оптимальные и допустимые нормы микроклимата.

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
<b>Оптимальные</b>						
Холодный	Пб (140 - 174)	21 - 23		20 - 24	60 - 40	0,1
Теплый	Пб (140 - 174)	22 - 24		21 - 25	60 - 40	0,1
<b>Допустимые</b>						
Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
		Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Диапазон выше оптим. вел.			
Холодный	Пб (141-175)	19-20,9	23,1-24	18-25	15-75	0,1
Теплый	Пб(141-175)	20-21,9	24,1-28	19-29	15-60	0,1

Производственная вентиляция.

Нормы производственной вентиляции установлены Сводом правил СП 60.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [37].

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается, а в летнее время охлаждается, кроме того, поступающий воздух при необходимости может быть увлажнен или осушен. Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

Недостаточная освещенность рабочего места.

Нормирование освещенности производится в соответствии с СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* [40].

Недостаточная освещенность при напряженной зрительной работе или частая переадаптация зрения приводят к быстрому утомлению, возникновению головных болей, ухудшению зрения. При плохом освещении человек быстро устает, работает менее продуктивно, возрастает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев. Недостаточная освещенность зоны обработки вызывает перенапряжение зрения электромонтера и необходимость чрезмерного приближения его к опасной зоне, что связано с опасностью травмирования.

Выбор нормируемой освещенности производится по отраслевым нормам, разработанным в соответствии с СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». С учетом выбранной системы освещения выбираем: разряд зрительной работы VII- (Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах); освещенность при системе общего освещения 200 лк.

Предусматриваются аварийное освещение с наименьшей освещенностью рабочих мест при аварийном режиме 2 лк, эвакуационное освещение освещенностью при эвакуации людей из помещений не менее 0,5 лк на уровне пола основных проходов и лестниц, а на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

## Виброакустические вредные факторы.

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием устанавливаются санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [38].

Общая вибрация 3 категории - технологическая вибрация, воздействующую на электромонтера на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относят: кузнечнопрессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, стационарные электрические установки, насосные агрегаты и вентиляторы, и др.

Длительное воздействие вибрации высоких уровней на организм человека приводит к развитию преждевременного утомления, снижению производительности труда, росту заболеваемости и нередко к возникновению профессиональной патологии – вибрационной болезни.

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота  $f$ , Гц;
- амплитуда колебаний  $d$ , мм.

Таблица 5.2.1.3 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест.

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Технологическая	—	117	108	102	101	101	101	—	—	—	—

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;

- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы, средства индивидуальной защиты (специальные рукавицы, перчатки, прокладки, виброзащитная обувь).

Источник производственного шума - механический шум, основными источниками которого являются зубчатые передачи, механизмы ударного типа, цепные передачи, подшипники качения. Аэродинамические и гидродинамические шумы – шумы, обусловленные периодическим выбросом газа в атмосферу, работой винтовых насосов и компрессоров, пневматических двигателей, двигателей внутреннего сгорания. Шумы электромагнитного происхождения возникают в различных электротехнических изделиях. Электрические машины создают шумы с различными уровнями звука от 20 дБ (микромашин) до 110 дБ (крупные быстроходные машины).

Нормируемые параметры шума на рабочем месте определены ГОСТ 12.1.003 – 2014ССБТ [23] и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»[39].

Шум снижает производительность труда, маскирует опасность от движущихся механизмов, затрудняет разборчивость речи, приводит к профессиональной тугоухости, а при больших уровнях шума может привести к механическому повреждению органов слуха.

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, проведением строительно-акустических работ, применением средств индивидуальной защиты. В первую очередь следует использовать средства коллективной защиты. По отношению к источнику возбуждения шума коллективные средства защиты подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Таблица 5.2.1.3– Допустимые уровни звукового давления, уровни звука на рабочих местах.

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	110	99	92	86	83	80	78	76	74	85

### Защита от электромагнитных полей.

Источником электрических полей промышленной частоты являются токоведущие части действующих электроустановок (линии электропередач, индукторы, конденсаторы термических установок, фидерные линии, генераторы, трансформаторы, электромагниты, соленоиды, импульсные установки, литые и металлокерамические магниты и др.). Длительное воздействие электрического поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечнососудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

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 Санитарными нормами и правилами СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [36].

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается. Напряженность магнитного поля в соответствии с предельно допустимым уровнем на рабочем месте не должна превышать 8кА/м[43]. К средствам коллективной защиты обслуживающего персонала относятся стационарные экраны (различные заземленные металлические конструкции – щитки, козырьки, навесы сплошные или сетчатые, системы тросов) и съемные экраны. Так же в качестве средств индивидуальной защиты от электромагнитных полей промышленной частоты служат индивидуальные экранирующие комплекты.

### **5.2.2 Анализ опасных факторов.**

Электробезопасность.

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [28] устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок промышленного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, ПУЭ [6].

Защиту человека от воздействия напряжений прикосновения и токов обеспечивают конструкция электроустановок, технические способы и средства защиты, организационные и технические мероприятия по ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»[26].

Таблица 5.2.2.1 Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки.

Род тока	U, В	I, mA
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Таблица 5.2.2.2 Зависимость длительности протекания тока через тело человека от его величины.

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t, с							
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	>1,0
Переменный 50 Гц	U, В	340	135	105	85	75	70	60	20
	I, mA	400	160	125	90	75	65	50	6
Переменный 400 Гц	U, В	500	330	200	140	130	110	100	36
	I, mA								8
Постоянный	U, В	500	350	250	230	220	210	200	40
	I, mA								15

Поражение электрическим током.

Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т. е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. При этом повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, является опасным фактором.

В зависимости от условий производственной среды, в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» [6], должны быть определены следующие пункты:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения, с помощью установки ограждений. Ограждения делают из диэлектрика или из металла. Они должны располагаться на определенном расстоянии от незаизолированных токоведущих частей, зависящем от напряжения электроустановки и конструкции ограждения;
- 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.

Согласно ПУЭ, сопротивление изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм.

### **5.3 Экологическая безопасность.**

Для предприятия устанавливается санитарно-защитная зона в соответствии с санитарной классификацией предприятия, 1000 м[20].

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 цехе 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.

В процессе деятельности различных подразделений предприятия образуются твёрдые промышленные отходы (металлический лом, стружка, пластмассы). Отходы, которые в дальнейшем могут быть использованы в производстве, чаще всего такими отходами оказывается лом цветных металлов, собираются, складировются и по мере их накопления отправляются на переработку.

Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию, выносятся на объекты размещения отходов, если допускают правила.

Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, может сортироваться и отправляться на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

Сохранение природы является для металлургического завода одной из приоритетных задач. Регулярно разрабатываются и внедряются новые проекты, позволяющие сберечь окружающую среду.

В процессе деятельности различных подразделений предприятия, в соответствии с классификацией приказа Росприроднадзора от 22.05.2017 №242 образуются основные виды отходов:

1. Отходы при обработке хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод;
2. Лом и отходы цветных металлов загрязненные;
3. Лом и отходы, содержащие цветные металлы;
4. Отходы обслуживания трансформаторного оборудования;
5. Лом электротехнических изделий из алюминия (провод, голые жилы кабелей и шнуров, шины распределительных устройств, трансформаторов, выпрямители) и т.п.

Согласно действующему законодательству на предприятии обеспечивается утилизация вышеперечисленных отходов самостоятельно. Путем организации собственных объектов инфраструктуры по сбору, обработке, утилизации отходов, путем заключения договоров с оператором по обращению с ТКО, региональным оператором, а также путем уплаты экологического сбора.

Самостоятельное обеспечение выполнения нормативов утилизации допускается и посредством создания объединения (союза) производителей, импортеров товаров.

Мероприятия по экологической безопасности регламентируются ГОСТ 17.1.3.13-86. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений»[30], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»[34] ГН 2.2.5.2308-07.

«Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»[20].

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Энергетика является одним из самых ответственных звеньев народного хозяйства в условиях внезапного нападения, представляет важнейшую отрасль в сохранении нормальной работы, от которой зависит быстрая ликвидация последствий и восстановление функционирования всего производства.

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия - явления природы, возникающие, как правило, внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, иногда гибели людей и уничтожению материальных ценностей.

Одновременность выработки, передачи и потребления электроэнергии и контроль над этими процессами.

1. Значительная территориальная разобщенность объектов и удаленность друг от друга и от центров управления.

2. Необходимость обеспечения постоянного и четкого взаимодействия объектов друг с другом.

3. Многообразие систем и устройств, обеспечивающих технологии производства, управления, регулирования и контроль.

4. Быстрое протекание процессов, связанных с отказом элементов или объектов энергетики и потерь электроснабжения. Поэтому электроэнергетика должна обладать высокой надежностью, оперативной управляемостью, живучестью, безопасностью.

Под устойчивостью работы понимается способность объекта вырабатывать и передавать электроэнергию в объемах установленных планами, а при получении слабых и средних разрушений восстанавливать производство в кратчайшие сроки.

Повышение устойчивости функционирования объектов в чрезвычайной ситуации заключается в заблаговременной разработке и осуществлении комплекса инженерно-технических мероприятий, организационных, экономических и прочих, направленных:

1. На предотвращение производственных аварий.
2. На снижение возможных потерь и разрушений от современных средств поражения, от вторичных факторов и стихийных бедствий.
3. На создание условий для восстановления разрушенного производства в минимальные сроки.
4. Обеспечение жизнедеятельности населения.

Требования по обеспечению устойчивости объектов энергетики в чрезвычайных ситуациях сводятся к выполнению следующих мероприятий:

- обеспечение защиты рабочих, служащих и членов их семей и их жизнедеятельности;
- рациональное размещение основных производственных фондов объекта;
- подготовка к работе объекта в чрезвычайной ситуации и выполнению работ по восстановлению объекта.
- Подготовка системы управления объекта для решения задач в чрезвычайных ситуациях.

Пожарная безопасность (ГОСТ12.1.004-91).

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов.

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и на чальника цеха.

Классификация производств по пожарной опасности (НПБ 105-03)[41].

Наибольшую пожарную опасность представляют маслonaполненные аппараты-трансформаторы, баковые выключатели высокого напряжения, а так же кабели с бумажной изоляцией. В помещениях класса П-2а электрооборудование должно иметь взрывозащищенное, закрытое исполнение, искрящиеся части машин заключаются в пыленепроницаемые колпаки.

ЗРУ 0,4 кВ по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории «В».

Класс пожара – А;

Класс огнестойкости - 4.

Зона пожароопасности – П II а.

Степень защиты оболочек электрических машин - IP44.

В ЗРУ находятся сгораемые элементы (материалы), электрооборудование, следовательно, возможными причинами пожара в ЗРУ являются следующие факторы:

- электрические (короткое замыкание, перегрев проводов);
- открытый огонь (курение персонала в непредусмотренных местах, умышленный поджог);
- статическое электричество.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на:

- организационные;
- технические;
- эксплуатационные (своевременные осмотры и испытания оборудования).

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил и норм при проектировании зданий, при обустройстве электропроводки и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

В пожарную профилактику при проектировании и строительстве промышленных предприятий и строительстве промышленных предприятий входят такие мероприятия:

- группирования в отдельные комплексы объектов, родственных, по фундаментальному назначению и признаку пожарной опасности с учётом рельефа местности.
- устройство противопожарных резервуаров и преград;
- предусмотрение путей эвакуации людей на случай пожара;
- удаление дыма с помещений при пожаре;
- повышение огнестойкости зданий и сооружений путем облицовки или оштукатуривании металлических конструкции.

### **Выводы по разделу.**

Практическая значимость полученных результатов раздела «Социальная ответственность», и их внедрение на металлургическом производстве являются необходимыми слагаемыми для благополучного функционирования предприятия в целом, а также каждого его работника в частности.

В данном разделе дипломной работы были проанализированы условия труда, и была установлена возможность появления опасных и 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 обслуживающего электрооборудование сталелитейного цеха металлургического завода г. Петровск – Забайкальский.

Предложен ряд превентивных мер по предупреждению развития чрезвычайных ситуаций, снижению травматизма и влияния вредных и опасных производственных факторов на обслуживающий персонал, в частности электротехнический персонал по ремонту и обслуживанию электроустановок.



## **Раздел 6. Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение.**

### **6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.**

#### **6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Цель данного раздела – экономический анализ проектируемой системы энергоснабжения металлургического завода.

В данном разделе решаются задачи:

Анализ ресурсоэффективности и конкурентоспособности радиальной сети электроснабжения.

Определение перспективности проекта с помощью технологии QuaD;

Планирование научно-исследовательских работ;

Расчет бюджета затрат на проектирование.

Актуальность данного раздела заключается в том, что на сегодняшний день при разработке проектов в энергетике большое внимание уделяется экономике, так как помимо обеспечения надежности, безопасности системы электроснабжения должны удовлетворять минимуму затрат.

Потенциальным потребителем является отделение электроэнергетики и электротехники инженерной школы энергетики.

### **6.1.2 Анализ конкурентных технических решений.**

Проектирование системы электроснабжения металлургического завода г. Петровск-Забайкальский, равно как, и разработка раздела к вышеуказанной работе «Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является обязательным индивидуальным заданием исполнителя. Являясь своего рода монополистом исполнитель отражает только реальные затраты на исполнение проекта в п. 6.2, п. 6.3 данного раздела.

Конкурентноспособность и преимущества радиальной схемы электроснабжения перед магистральной и смешанной подробно описана в п.6.1.3. Радиальная сеть обладает такими достоинствами как: высокая надежность, применение с любой окружающей средой, простота применения элементов автоматики. Все эти достоинства значительно увеличивают качество радиальной сети над остальными вариантами.

### **6.1.3 Технология QuaD**

Технология QuaD (QUality ADvisor) позволяет измерять характеристики, которые описывают качество и перспективность разработки на рынке и позволяют решать вопрос рациональности вложения денежных средств в проектируемую работу.

По технологии QuaD любой показатель измеряется по стобалльной шкале, где 1 – самая слабая позиция, а 100 – самая сильная. Вес всех показателей в сумме дают 1.

Таблица 6.1 – Радиальная схема по технологии QuaD.

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

Таблица 6.2 – Магистральная схема по технологии QuaD.

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	90	100	0,9	0,135
2. Надёжность	0,2	60	100	0,6	0,12
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	100	100	1	0,05
5. Безопасность	0,2	80	100	0,8	0,16
6. Расход материалов	0,05	90	100	0,9	0,045
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					

7. Конкурентоспособность	0,1	80	100	0,8	0,08
8. Перспективность	0,1	85	100	0,85	0,085
9. Цена	0,1	80	100	0,8	0,08
Итого	1	735	-	7,35	0,79

Таблица 6.3 – Смешанная схема по технологии QuaD.

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

Качество и перспективность проектируемого варианта по технологии QuaD находится по выражению:

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

где  $P_{\text{CP}}$  - средневзвешенное значение;

$B_i$  - вес показателя

$B_i$  - средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{CP}$  показывает перспективность и качество разработки. Если значение - разработка перспективна; – перспективность выше среднего; – перспективность средняя; – перспективность ниже среднего; – то перспективность очень низкая.

Имеем, что это показывает перспективность работы в данном направлении. Радиальная сеть обладает такими достоинствами как: высокая надежность, применение с любой окружающей средой, простота применения элементов автоматики. Все эти достоинства значительно увеличивают качество радиальной сети над остальными вариантами. Также перспективность этого варианта увеличивает возможность применения бронированной или негорючей изоляции, современных установок.

## 6.2 Планирование научно-технического исследования

### 6.2.1 Структура работы в рамках научного исследования

Нужно создать список этапов работ в рамках проектирования научного исследования, распределить исполнителей по типам работ. Алгоритм составления этапов работ, распределение исполнителей по типам работ представлен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Перечень этапов работ при проектировании.

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

Теоретические исследования	5	Расчет электрических нагрузок металлургического завода	Инженер
	6	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	Инженер
	7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Инженер
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	10	Составление пояснительной записки	Инженер
Защита проекта	11	Подготовка к защите	Руководитель Инженер

По таблице 6.4 видны этапы проектирования. Итогом данного проекта является выпускная квалификационная работа.

### 6.2.2 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ

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

Для нахождения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости применяется выражение:

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

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

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

$t_{\text{max}_i}$  – максимальная возможная трудоемкость исполнения заданной  $i$ -ой работы чел.-дн.;

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

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

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

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

Рассчитанные значения длительности работ в рабочих днях приведены в таблице 6.5.

### 6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

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

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

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности на 2020 год ( 5 – дневная рабочая неделя ):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48.$$

Коэффициент календарности на 2020 год ( 6 – дневная рабочая неделя ):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22.$$

Длительность работы в календарных днях для руководителя :

$$T_{\text{к1}} = T_{\text{р1}} \cdot k_{\text{кал}} = 1,8 \cdot 1,22 = 2,2 \approx 3 \text{ дн.}$$

Длительность работы в календарных днях для инженера :

$$T_{\text{к2}} = T_{\text{р2}} \cdot k_{\text{кал}} = 7 \cdot 1,48 = 10,3 \approx 11 \text{ дн.}$$

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

Полученные значения представлены в таблице 4.5.

Таблица 6.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность дней $T_{\text{рi}}$	Длительность работ в календарных днях $T_{\text{кi}}$
	$t_{\text{min}}$ , чел- дни	$t_{\text{max}}$ , чел- дни	$t_{\text{ож}}$ , чел- дни		
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	1,8	3
Поиск и рассмотрение информации по теме	5	10	7	7	11
Структурирование найденных материалов	5	7	5,8	5,8	9
Календарное планирование работ	2	3	2,4	2,4	4

Продолжение таблицы 6.5

Расчет электрических нагрузок металлургического завода	9	11	9,8	9,8	15
Проектирование системы	6	7	6,4	6,4	10
Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	7	10	8,2	8,2	13
Оценка эффективности	5	6	5,4	5,4	8
Проверка выпускной руководителем	3	7	4,6	4,6	6
Составление	2	3	2,4	2,4	4
Подготовка к защите ВКР	1	2	1,4	0,7	1/1
Итого				54,5	84

Таблица 6.6 – График Ганта

№	Вид работ	Тк <sub>и</sub> , кал.дней	Продолжительность выполнения работ											
			март		апрель			май			июнь			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1			
1	Составление и утверждение технического задания	3	■											
2	Поиск и рассмотрение информации по теме	11	■	■										
3	Структурирование найденных материалов	9			■	■								
4	Календарное планирование работ	4				■								
5	Расчет электрических нагрузок металлургического завода	15					■	■	■					
6	Проектирование системы	10							■	■				
7	Проектирование системы	13								■	■	■		
8	Оценка эффективности полученных результатов	8									■	■		
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	6											■	
10	Составление пояснительной записки	4												■
11	Подготовка к защите	1/1												■

■ инженер,- р ■ директор

### 6.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

#### 6.3.1 Расчёт материальных затрат НТИ

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

Таблица 6.7 – Материальные затраты

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

#### 6.3.2 Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ.

Расчеты по приобретению оборудования, которое есть у организации, но используется для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 6.8.

Таблица 6.8 – Бюджет на приобретение оборудования

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

### 6.3.3 Расчет амортизационных отчислений

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

Цена ПК больше 40000 руб., необходимо учитывать амортизацию:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{\text{Срок службы} \cdot 366} = \frac{43000 \cdot 49}{3 \cdot 366} = 1918,94 \text{ руб.}$$

### 6.3.4 Основная заработная плата исполнителей

Расходы по заработной плате определяются по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок. В основную заработную плату вносится премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 20 –30 % от оклада.

Заработная плата инженера-проектировщика:

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

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

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

Размер основной заработной платы находится из выражения:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}};$$

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

$T_{\text{р}}$  - суммарная продолжительность работ, выполняемая научно –

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}};$$

где  $Z_{\text{м}}$  - заработная плата за 1 месяц научно – технического работника;

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

$F_{\text{д}}$  - действительный годовой фонд научно технического персонала.

формуле:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_D) \cdot k_p;$$

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

$k_{пр}$  - премиальный коэффициент, 0,3;

$k_D$  - коэффициент доплат и надбавок, 0,2;

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

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

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_D) \cdot k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб};$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{33150 \cdot 11,2}{366 - 118 - 28} = 1688 \text{ руб};$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1688 \cdot 49 = 82694 \text{ руб};$$

$$Z_{П} = Z_{осн} + Z_{доп} = Z_{осн} + 0,15 \cdot Z_{осн} = 82694 + 0,15 \cdot 82694 = 95098 \text{ руб}.$$

Руководитель имеет оклад равный 26300 рубля. С учётом этого, рассчитаем размер основной заработной платы руководителя НТИ:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_D) \cdot k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб};$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{51285 \cdot 10,4}{366 - 66 - 56} = 2186 \text{ руб};$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2186 \cdot 8 = 17487 \text{ руб};$$

$$Z_{П} = Z_{осн} + Z_{доп} = Z_{осн} + 0,15 \cdot Z_{осн} = 17487 + 0,15 \cdot 17487 = 20110 \text{ руб}.$$

### 6.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Инженер	82694	12404
Руководитель	17487	2623
Коэффициент отчислений	0,30	
Итого	$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (82694 + 12404 + 17487 + 2623) =$ $= 34562,63 \text{ руб.}$	

### 6.3.6 Накладные расходы.

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{Сумма статей } 1-5) \cdot 0,16 =$$

$$= (1135 + 43000 + 1918,94 + 95098,31 + 20110,45 + 34562,63) \cdot 0,16 = 31332,05 \text{ руб.}$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

### 6.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 4.10.

Таблица 6.10 – Бюджет затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля в %
Расчет материальных затрат НИИ	1135,00	0,6
Расчет амортизационных отчислений	1918,94	1,0
Расчёт затрат на заработную плату инженера	95098,31	51,6
Расчёт затрат на заработную плату руководителя	20110,45	10,9
Расчёт затрат на отчисления во внебюджетные фонды	34562,63	18,8
Расчёт накладных расходов	31332,05	17,0
Бюджет затрат НИИ	184157,38	100,0

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

#### **Выводы по разделу.**

1. При оценке коммерческого потенциала и научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения были установлены потенциальные потребители результатов исследования, коими являются: отделение электроэнергетики и электротехники инженерной школы энергетики
2. При анализе конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения в качестве перспективной предварительно выбрана радиальная схема электроснабжения.
3. С использованием технологии QuaD были измерены характеристики, которые описывают качество и перспективность разработки на рынке и показали рациональность вложения денежных средств в проектируемую работу.
4. При планировании НТИ создан список этапов работ в рамках проектирования научного исследования, распределены исполнители по типам работ, а так же разработан алгоритм составления этапов работ.
5. Трудовые затраты составляют основную часть от стоимости разработки, при определении трудоемкости выполнения научного исследования и разработке графика проведения научных работ было установлено 54.5 рабочих дней, 84 календарных.
6. При планировании бюджета НТИ обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением, что составило 184157,38 руб. В процессе формирования бюджета использованы группировки по статьям
7. Амортизационные отчисления составили 1918,94 руб. ПК: первоначальная стоимость 43000 рублей; срок полезного использования

для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года, берем 3 года; планируем использовать ПК для написания ВКР в течение 49 дней.

8. Расходы по заработной плате определены по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок и составили: заработная плата руководителя -20110,45 руб., заработная плата инженера 95098,31 руб. В основную заработную плату внесена премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 20 –30 % от оклада.
9. Большую долю всех затрат из бюджета научно-технического исследования составляют заработные платы инженера и руководителя. Накладные расходы НТИ- 31332,05 руб. и отчисления во внебюджетные фонды- 34592 руб. Все затраты проекта могут быть реализованы, так как оказались ожидаемы
10. Радиальная сеть обладает такими достоинствами как: высокая надежностью, применение с любой окружающей средой, простота применения элементов автоматики. Все эти достоинства значительно увеличивают качество радиальной сети над остальными вариантами. Также перспективность этого варианта увеличивает возможность применения бронированной или негорючей изоляции, современных установок.
11. С практической точки зрения из данного раздела видно, что выбранная радиальная схема электроснабжения является наиболее выгодным вариантом, так как она помимо обеспечения надежности, безопасности системы электроснабжения она удовлетворяет минимуму затрат как финансовых, так и трудовых ресурсов, что было описано и проанализировано в данном разделе.

## Раздел 7. Граница балансовой принадлежности.

Граница балансовой принадлежности - линия раздела объектов электроэнергетики между владельцами по признаку собственности или владения на ином предусмотренном федеральными законами основании, определяющая границу эксплуатационной ответственности между сетевой организацией и потребителем услуг по передаче электрической энергии (потребителем электрической энергии, в интересах которого заключается договор об оказании услуг по передаче электрической энергии) за состояние и обслуживание электроустановок [1].

Рассмотрим два варианта разграничения балансовой принадлежности металлургического завода г. Петровск- Забайкальский. В первом случае это присоединения 6 кВ входящих кабельных линий вводов 1 и 2 ячеек 6 и 19 (рис. 7.1).

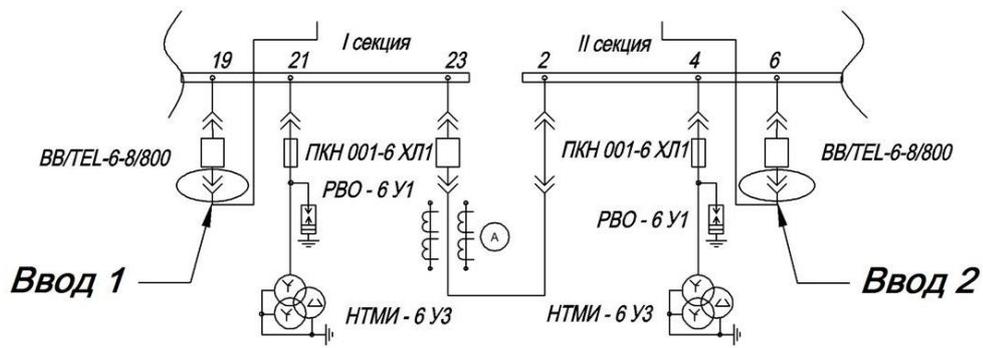


Рисунок 7.1 – Присоединение на границе балансовой принадлежности по 1 варианту

Во втором – присоединение отходящих воздушных линий 110 кВ на разъединителях Энергосистемы (рис 7.2)

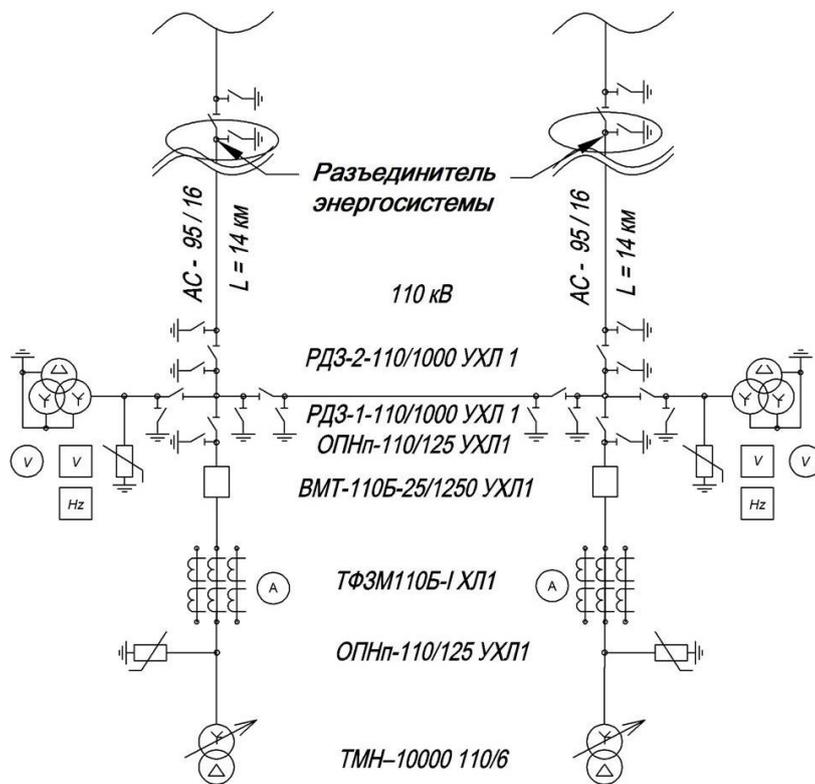


Рисунок 7.2 – Присоединение на границе балансовой принадлежности по 2 варианту

Коммерческий учет электрической энергии (мощности) - процесс измерения количества электрической энергии и определения объема мощности, сбора, хранения, обработки, передачи результатов этих измерений и формирования, в том числе расчетным путем, данных о количестве произведенной и потребленной электрической энергии (мощности) для целей взаиморасчетов за поставленную электрическую энергию и мощность, а также за связанные с указанными поставками услуги [2].

Техническим (контрольным) учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии внутри электростанций, подстанций, предприятий, в зданиях, квартирах и т. п. Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками технического учета [3].

### 7.1 Оптовый и розничный рынки электроэнергии

Оптовый рынок электрической энергии и мощности — это особая торговая площадка, на которой продается и покупается электроэнергия и мощность большинства поставщиков России. В торгах на ОРЭМ принимают участие крупные производители (владельцы генерирующих объектов) и покупатели (энергосбытовые компании и крупные потребители, получившие статус субъекта оптового рынка).

Работа ОРЭМ регламентируется Федеральным законом № 35-ФЗ от 23.03.2003 «Об электроэнергетике» и Правилами оптового рынка, утверждаемыми Правительством Российской Федерации. Торговля на оптовом рынке электроэнергии и мощности осуществляется в соответствии с договором о присоединении к торговой системе и регламентами оптового рынка, разрабатываемыми Ассоциацией «НП Совет рынка» - саморегулируемой организацией участников оптового рынка.

Розничный рынок электроэнергии — сфера купли-продажи электрической энергии (мощности) и/или тепловой энергии (мощности) на уровне «энергоснабжающая организация — потребители».

Основной нормативный документ, определяющий порядок работы розничного рынка электроэнергии и мощности — это «Основные положения функционирования розничных рынков электроэнергии», утвержденные Постановлением Правительства Р. Ф. от 04.05.2012 № 442.

### Ценообразование на розничном рынке электроэнергии

1. Регулируемые цены — для населения и приравненных к нему категориям.

Поставка электрической энергии (мощности) населению и приравненным к нему категориям потребителей осуществляется по регулируемым ценам (тарифам), установленным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов.

Также региональные службы по тарифам (РСТ) субъектов РФ утверждают тарифы на оказание услуг по передаче электроэнергии, с использованием которых производятся расчеты с сетевыми компаниями и сбытовые надбавки.

2. Нерегулируемые (свободные) цены — для всех групп потребителей, кроме населения и приравненных к нему категорий.

На розничных рынках в ценовых зонах гарантирующие поставщики продают электроэнергию клиентам (за исключением населения) по нерегулируемым ценам. Порядок расчета нерегулируемых цен на электрическую энергию указан в «Основных положениях функционирования розничных рынков электрической энергии», которые утверждены Постановлением Правительства РФ от 04.05.2012 № 442.

Зачем выходить на оптовый рынок?

Преимущества

Снизить затраты на электроэнергию. При покупке электроэнергии на оптовом рынке не выплачивается сбытовая надбавка гарантирующего поставщика;

Получить свободу выбора энергосбытовой компании. Предприятие может выбирать поставщика электроэнергии;

Выход на оптовый рынок - долгосрочная инвестиция. Предприятия, работающие на ОРЭМ, экономят на электроэнергии уже более 13 лет.

#### Требования для выхода на ОРЭМ

Выйти на оптовый рынок может потребитель, который владеет на праве собственности или ином законном основании энергопринимающим оборудованием, суммарная присоединенная мощность которого равна или превышает 20 мВА и в каждой группе точек поставки составляет не менее 750 кВА.

В настоящий момент работа на ОРЭМ разделена на сектора, каждый из которых имеет свои условия заключения сделок и сроки поставки:

сектор свободных договоров

сектор регулируемых договоров,

рынок на сутки вперед,

балансирующий рынок.

#### Сектор регулируемых договоров (РД)

Торговля электроэнергией на этом секторе осуществляется на основании заключения регулируемых договоров (РД). В этом случае тарифы на продажу/покупку электроэнергии с оптового рынка устанавливает ФСТ России. Поставщиков и покупателей выбирает Администратор торговой системы (ОАО АТС).

При этом поставщики вправе реализовать не более 35% от планового объема производства и поставки электроэнергии и мощности на условиях регулируемых договоров. Остальные объемы электроэнергии реализуются на других секторах рынка.

#### Сектор свободных двухсторонних договоров (СДД)

В рамках работы на этом секторе участниками рынка заключаются свободные договоры, при этом все показатели, такие как объем продаваемой электрической энергии, цена поставки, и контрагенты для работы выбираются участниками самостоятельно.

#### Рынок на сутки вперед (РСВ)

Рынок основан на организации конкурентного отбора ценовых заявок от поставщиков и покупателей. Организует отбор коммерческий оператор ОАО АТС за сутки до фактической поставки электроэнергии. Цена и объем поставки определяется на каждый час суток. При ценообразовании на РСВ используется маржинальный метод, принцип которого состоит в выборе равновесной цены (баланс спроса и предложения). На РСВ заявки с наименьшей ценой удовлетворяются в первую очередь. Цена РСВ определяется для каждого узла ценовых зон, таких узлов насчитывается порядка 8000. Информация об индексах и объемах торговли на рынке на сутки вперед публикуется ежедневно на сайте ОАО АТС.

#### Балансирующий рынок (БР)

Сектор, на котором происходит торговля отклонениями фактического графика производства от планового. Цены формируются с использованием маржинального принципа путем конкурентного отбора (каждые 3 часа до часа фактической поставки) заявок участников данного сектора (поставщики, потребители с регулируемой нагрузкой).

Выход на оптовом рынке электрической энергии и мощности и работа на нем может стать одним из мероприятий по снижению затрат на электроэнергию. Существует два варианта работы на опте: самостоятельно, что обычно выгодно только крупным промышленным предприятиям либо через энергосбытовую компанию.

Работая самостоятельно, предприятие экономит на оплате энергосбытовой компании, но и одновременно несет дополнительные затраты на членство в НП «Совет рынка» и на содержание персонала, осуществляющего закупку электроэнергии на оптовом рынке. Также все риски, связанные с работой на оптовом рынке, ложатся на само предприятие.

Для средних предприятий (суммарная присоединенная мощность меньше 20 МВА, но больше 750 кВА) оптимальной может стать работа на ОРЭМ через энергосбытовую компанию. Для начала необходимо оценить вероятный экономический эффект от вывода предприятия на ОРЭМ, для этого проводят анализ объема потребления, текущего режима потребления, условий работы с гарантирующим поставщиком в регионе и других параметров.

## 7.2 Анализ объема потребления и текущего объема потребления.

Для нашего металлургического предприятия приоритетным является выход на оптовый рынок самостоятельно без энергосбытовой компании в секторе «рынок на сутки вперед». Для этого необходимо произвести анализ объема потребления и текущего объема потребления.

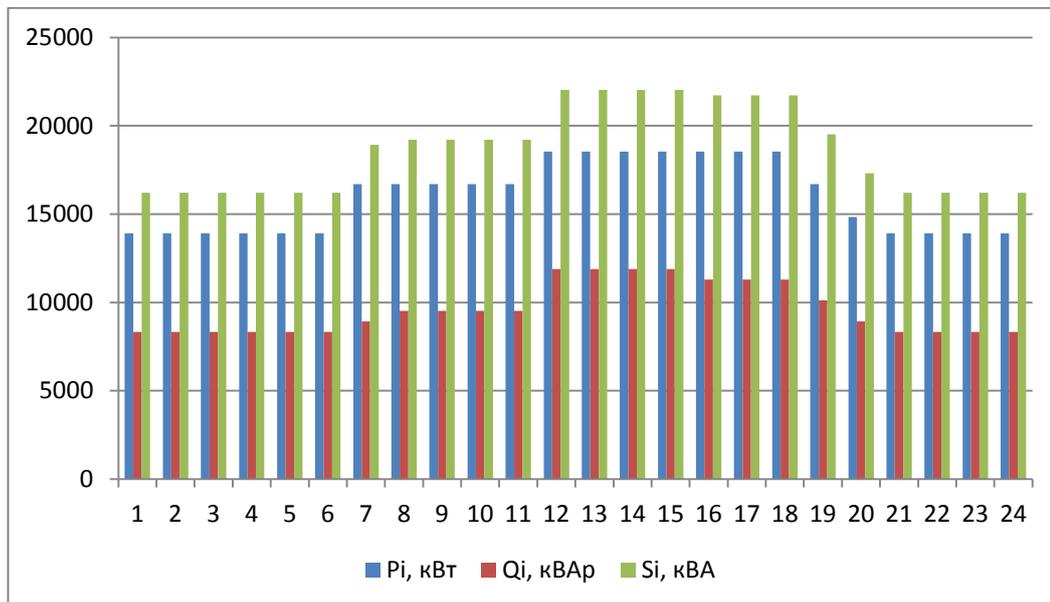


Рисунок 7.2.1 - Суточный график электрический нагрузок завода.

Из графика определяем показатели графиков электрических нагрузок завода. Данные сведем в таблицу 7.2.1.

Таблица 7.2.1 Определение показателей графиков электрических нагрузок

t, час	P <sub>i</sub> , кВт	Q <sub>i</sub> , кВАр	S <sub>i</sub> , кВА
1	13910	8326	16211
2	13910	8326	16211
3	13910	8326	16211
4	13910	8326	16211
5	13910	8326	16211
6	13910	8326	16211
7	16692	8920	18926
8	16692	9515	19213
9	16692	9515	19213
10	16692	9515	19213
11	16692	9515	19213
12	18546	11894	22032
13	18546	11894	22032
14	18546	11894	22032
15	18546	11894	22032
16	18546	11290	21712
17	18546	11290	21712
18	18546	11290	21712
19	16692	10110	19515
20	14837	8920	17312
21	13910	8326	16211
22	13910	8326	16211
23	13910	8326	16211
24	13910	8326	16211

По суточным графикам нагрузки определить следующие показатели:

- среднесуточную активную и реактивную нагрузку  $P_{cp}$ ,  $Q_{cp}$  ;

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{383,911 \cdot 10^3}{24} = 15,996 \text{ _} MBm$$

$$Q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{230,716 \cdot 10^3}{24} = 9,613 \text{ _} MBAp$$

$$S_{cp} = \sqrt{P_{cp}^2 + Q_{cp}^2} = \sqrt{15,996^2 + 9,613^2} = 18,663 \text{ _} MBA$$

- среднесменную нагрузку за наиболее загруженную смену  $P_{cm}$ ,  $Q_{cm}$  ;

$$P_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{146,514 \cdot 10^3}{8} = 17,851 \text{ _} MBm$$

$$Q_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{90,961 \cdot 10^3}{8} = 11,073 \text{ _} MBAp$$

$$S_{cm} = \sqrt{P_{cm}^2 + Q_{cm}^2} = \sqrt{17,851^2 + 11,073^2} = 21,006 \text{ _} MBA$$

- максимальная активная, реактивная и полная мощность нагрузки

$$P_M = 18,546 \text{ _} MBm$$

$$Q_M = 11,894 \text{ _} MBAp$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{18,546^2 + 11,894^2} = 22,032 \text{ _} MBA$$

- коэффициенты заполнения активного и реактивного графиков нагрузки  $K_{3,a}$ ,  $K_{3,p}$ ;

$$K_{3,a} = \frac{P_{cm}}{P_M} = \frac{17,851}{18,546} = 0,96$$

$$K_{3,p} = \frac{Q_{cm}}{Q_M} = \frac{11,073}{11,894} = 0,93$$

- средний за сутки коэффициент мощности  $\cos \varphi$ ;

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{P_{cp}}{\sqrt{P_{cp}^2 + Q_{cp}^2}} = \frac{15,996}{\sqrt{15,996^2 + 9,613^2}} = 0,86$$

- среднеквадратичные или эффективные значения активной, реактивной и полной нагрузки суточного графика  $P_3$ ,  $Q_3$ ,  $S_3$ ;

$$P_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{6234,433}{24}} = 16,366 \text{ МВт}$$

$$Q_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{2264,97}{24}} = 9,715 \text{ МВАр}$$

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = \sqrt{16,117^2 + 9,715^2} = 18,819 \text{ МВА}$$

- коэффициент формы суточного графика по активной, реактивной и полной мощности  $k_\phi$ .

$$K_{\phi.a} = \frac{P_3}{P_{cp}} = \frac{16,117}{15,996} = 1,008$$

$$K_{\phi.p} = \frac{Q_3}{Q_{cp}} = \frac{9,715}{9,613} = 1,011$$

$$K_\phi = \frac{S_3}{S_{cp}} = \frac{18,819}{18,663} = 1,008$$

По суточному графику активной нагрузки построим годовой график активной нагрузки по продолжительности. Порядок построения графика следующий. На суточном графике нагрузки выделяется максимальная нагрузка и время ее действия в часах. Это время умножается на 365 (число дней в году) и величина максимальной нагрузки с найденной продолжительностью откладывается на годовом графике. Далее аналогично определяются следующие в порядке убывания значения нагрузок и их продолжительность из суточного графика и откладываются на годовом.

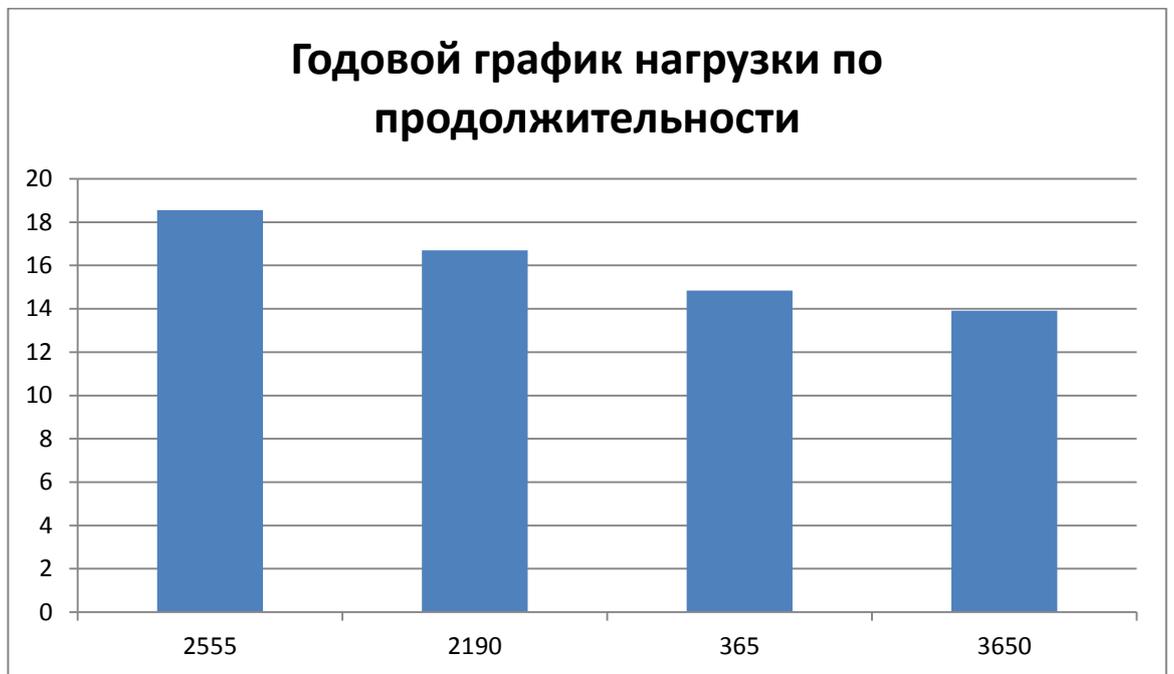


Рисунок 7.2.2 - График годовой нагрузки по продолжительности.

Площадь годового графика в определенном масштабе выражает количество потребленной промышленным предприятием электроэнергии за год. По годовому графику нагрузки можно определить число часов использования максимума нагрузки:

$$W_{a.g} = 365 \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 365 \cdot 140127 = 51146,542 \cdot 10^3 \text{ _кВт} \cdot \text{ч}$$

$$T_m = \frac{W_{a.g}}{P_m} = \frac{51146542}{18546} = 2758 \text{ _ч}$$

где  $W_{a.g}$  – годовой расход электроэнергии, кВт/ч;  $P_m$  – максимальная нагрузка, кВт;

коэффициент сменности  $\alpha$ :

$$P_{cp.g} = \frac{W_{a.g}}{8 \cdot 365} = \frac{51146542}{8 \cdot 365} = 17515,94 \text{ _кВт}$$

$$\alpha = \frac{P_{cp.g}}{P_{cm}} = \frac{17515,94}{17851} = 0,98$$

Для выхода на оптовый рынок недостаточно присоединенной мощности, поэтому определим годовые затраты промышленного предприятия на электроэнергию при оплате по одноставочному и двухставочному тарифам для варианта 1 присоединения на границе балансовой принадлежности при покупке электроэнергии (мощности) на розничном рынке;

согласно приложению к приказу Региональной службы по тарифам и ценообразованию Забайкальского края от 27 декабря 2019 года № 662-НПА [6] тарифную ставку за 1 кВт·ч потребленной электроэнергии, при оплате по одноставочному тарифу, равной  $b = 3,85$  руб/кВт·ч;

при оплате по двухставочному тарифу плата за 1 кВт заявленной (расчетной) мощности предприятия, участвующей в максимуме нагрузки энергосистемы, равна,  $a = 858,32$  руб. за кВт·месяц; стоимость 1 кВт·ч активной энергии по счетчику составляет  $b = 2,46$  руб/кВт·ч;

Для одноставочного тарифа в год:

$$C_9 = b \cdot W_{a.z} = 3,85 \cdot 51,147 \cdot 10^6 = 196,97 \text{ _млн.руб}$$

Для двухставочного тарифа в год:

$$C_9 = a \cdot P_m + b \cdot W_{a.z} = 858,32 \cdot 18546 + 2,46 \cdot 511446543 = 142,059 \text{ _млн.руб}$$

Для выхода на оптовый рынок выберем вариант 2 присоединения на границе балансовой принадлежности, для этого рассчитаем дополнительные потери в присоединяемых линиях и трансформаторах:

в линиях электропередач;

$$\Delta P_{\text{вл}} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R = \frac{15996^2 + 9613^2}{110^2} \cdot 10 \cdot 0,3 = 86,35 \text{ _кВт}$$

в двух отдельно работающих на одну нагрузку трансформаторах 16000 кВА

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{xx}} \cdot n + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \beta_m^2 \cdot n = 18 \cdot 2 + 85 \cdot 0,7^2 \cdot 2 = 119,3 \text{ _кВт}$$

В данной точке появляется возможность подключения сторонних потребителей электроэнергии и с учетом потерь в линиях и трансформаторах

Для тарифа оптового рынка  $b = 3,85$  руб/кВт·ч в год:

$$C_9 = b \cdot W_{a.z} = 3,85 \cdot 51,946 \cdot 10^6 = 199,991 \text{ _млн.руб}$$

Таким образом в заключительном разделе были проанализированы различные варианты разграничения балансовой принадлежности и оказалось, что гораздо эффективнее вариант 2 на разъединителе энергосистемы, т.к. обеспечивает выход на оптовый рынок электроэнергии и позволяет сэкономить металлургическому заводу на покупке электроэнергии (мощности) порядка 100 миллионов рублей в год что в прочем не противоречит применению оптимизации, которая учитывалась при расчетах приведенных в разделе 2 данной работы.



## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы по теме «Электроснабжение металлургического завода г.Петровск-Забайкальский» были рассмотрены все вопросы технического задания.

По итогу расчета электрических нагрузок сталелитейного цеха методом коэффициента расчетной мощности получены сведения: расчетный ток по цеху  $I_p = 833,56$  А, полная расчетная мощность цеха  $S_p = 548,63$  кВА. Полные расчетные мощности остальных цехов завода были найдены методом коэффициента спроса, также найдена полная расчетная мощность всего завода, при этом была учтена осветительная нагрузка.

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

Выполнен рациональный расчет и выбор числа и мощности цеховых силовых трансформаторов марки ТМ 630/6, распределенных в соответствии с категориями надежности всех цехов завода. Питание цеховых силовых трансформаторов производится по радиальной схеме кабелями марки АПвВнг напряжением 6 кВ.

Итогом экономического сравнения двух различных вариантов компенсации реактивной мощности стал вариант компенсации реактивной мощности на стороне высокого и низкого напряжения непосредственно на цеховых трансформаторных подстанциях. Конденсаторные батареи присоединяются к сборным шинам низкого напряжения ГПП и низкого напряжения ТП.

Питание завода электроэнергией происходит от внешней энергосистемы по двухцепной ВЛЭП на металлических опорах напряжением 110 кВ. Линия изготовлена из провода АС-95/16. Два трансформатора ТДН – 10000/110 устанавливаются на ГПП.

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

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

Выполнен расчет токов короткого замыкания в нескольких характерных точках как в сетях выше 1000 В, так и в сетях ниже 1000 В. В результате расчета были получены данные, по которым были созданы эпюры отклонений напряжения для максимального, минимального, послеаварийного режимов работы. Отклонение напряжения не больше, чем максимально допустимое  $\pm 5\%$  во всех режимах

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

В качестве специального вопроса были рассмотрены два варианта разграничения балансовой принадлежности предприятия, по полученным данным видно, что при применении второго варианта, экономия предприятия составит порядка 100 миллионов рублей в год при покупке электроэнергии (мощности) на оптовом рынке.

## Список литературы

1. Сумарокова Л.П. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие / Л.П. Сумарокова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) – Томск: Изд-во ТПУ, 2012.
2. Томск [Электронный ресурс]. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Томск>
3. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.
4. Почвы: характеристики и карты [Электронный ресурс]. – <https://ezrf.ru/poleznye-stati/pochvy-harakteristiki-i-karty>
5. СНиП 23-01-99 Строительная климатология
6. Томская область [Электронный ресурс]. – [https://ru.wikipedia.org/wiki/Томская\\_область](https://ru.wikipedia.org/wiki/Томская_область)
7. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
8. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
9. Электроснабжение промышленных предприятий: методические указания/ А.И. Гаврилин, С.Г. Обухов, А.И. Озга – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.
10. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
11. Конденсаторные установки УKM 58 [Электронный ресурс]. – <http://khomovelectro.ru/catalog/kondesatornye-ustanovki/kondensatornye-ustanovki-ukm-58.html>
12. Провода самонесущие изолированные СИП-1, СИП-2, СИП-3, СИП-4 [Электронный ресурс]. – <https://all-energo.ru/store/kpp/provod/sip>

13. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
14. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
15. Правила устройства электроустановок – 7-е изд. Сибирское университетское издательство, 2011 г.
16. Логинова С.Е., Логинов А.В., Ударов В.М., Шийко А.П. Пособие по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0,38–20 кВ с самонесущими изолированными и защищёнными проводами. Книга 4. Система защищенных проводов напряжением 6–20 кВ. Том 2. Редакция 2. С-Пб: ENSTO – «РОСЭП», 2013 г.
17. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – 3-е изд., М.: Энергоатомиздат, 1987.
18. Выбор сечений изолированных проводов СИП [Электронный ресурс]. – <https://docplayer.ru/60629224-Vybor-secheniy-izolirovannyh-provodov-sip.html>
19. APВVнг [Электронный ресурс]. – [https://www.ruscable.ru/info/wire/mark/apvvng-ls\\_kamkabel/](https://www.ruscable.ru/info/wire/mark/apvvng-ls_kamkabel/)
20. Выбор экрана кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена на термическую устойчивость [Электронный ресурс]. – <https://raschet.info/vybor-jekrana-kabelja-s-izoljaciej-iz-sshitogo-polijetilena-na-termicheskiju-ustojchivost/>
21. СТО 56947007-29.240.30.010-2008 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС».
22. Вакуумные выключатели серии ВВУ-35. [Электронный ресурс]. – <http://www.etk-oniks.ru/Vyklyuchateli-vysokovoltnye/VVU-35.html>
23. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

24. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
25. ГН 2.2.5.2308– 07. «Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». (Статус - действующий).
26. ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ
27. ГОСТ 12.1.003 2014. ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». (Статус - действующий)
28. 24. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». (Статус - действующий)
29. ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты». (Статус - действующий)
30. 28. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». (Статус - действующий)
31. СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». (Статус - действующий)
32. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». (Статус - действующий)
33. 37. СП 60.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». (Статус - действующий)
34. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. « Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» – М.: Минздрав России, 1997.(статус - действующий)
35. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки». (Статус - действующий)
36. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.(статус - действующий)
37. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». (Статус - действующий)
38. ГОСТ 12.1.006. ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». (Статус - действующий)
39. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 (ред. от

- 30.04.2020) "Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии
40. Федеральный закон Об электроэнергетике (с изменениями на 27 декабря 2019 года).
  41. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
  42. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 N 1178 (ред. от 14.03.2020, с изм. от 30.04.2020) "О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике".
  43. Приказ Федеральной службы по тарифам от 6 августа 2004 г. N 20-э/2 С изменениями и дополнениями от: 29 марта 2018 г. "Об утверждении методических указаний по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке".
  44. Приложение к приказу Региональной службы по тарифам и ценообразованию Забайкальского края от 27 декабря 2019 года № 662-НПА

Приложение А

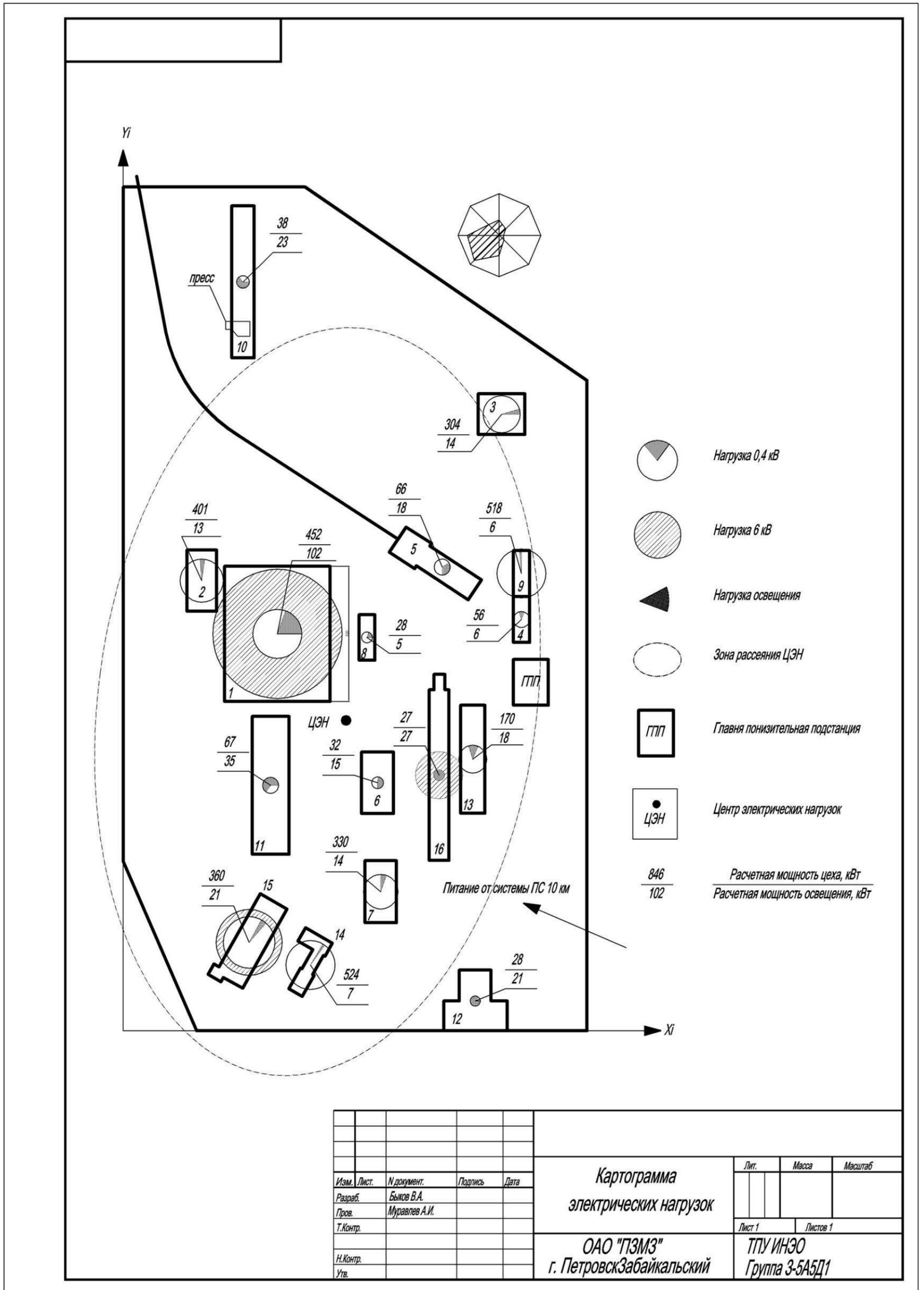


Рисунок А.1–Картограмма нагрузок

Приложение Б

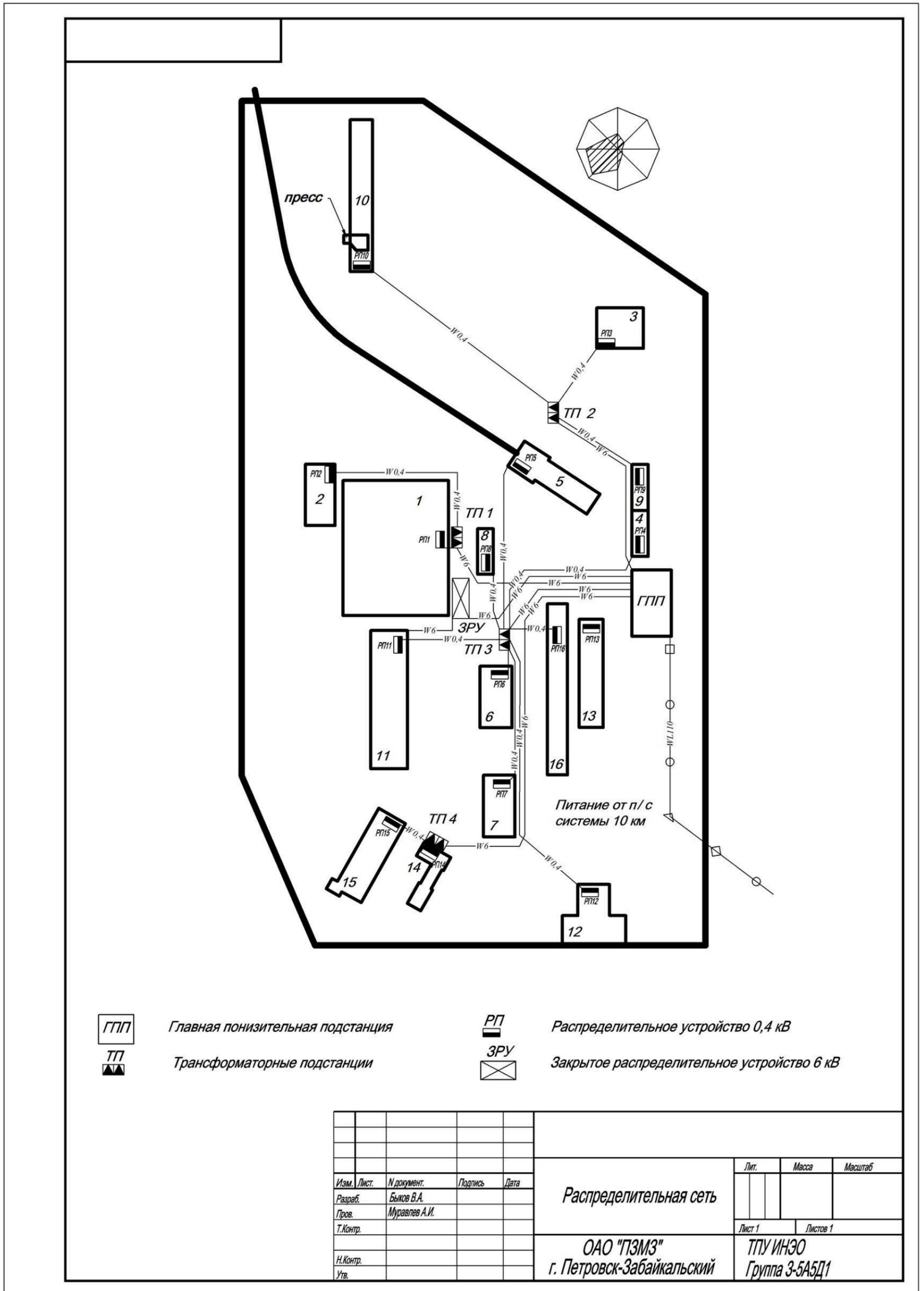
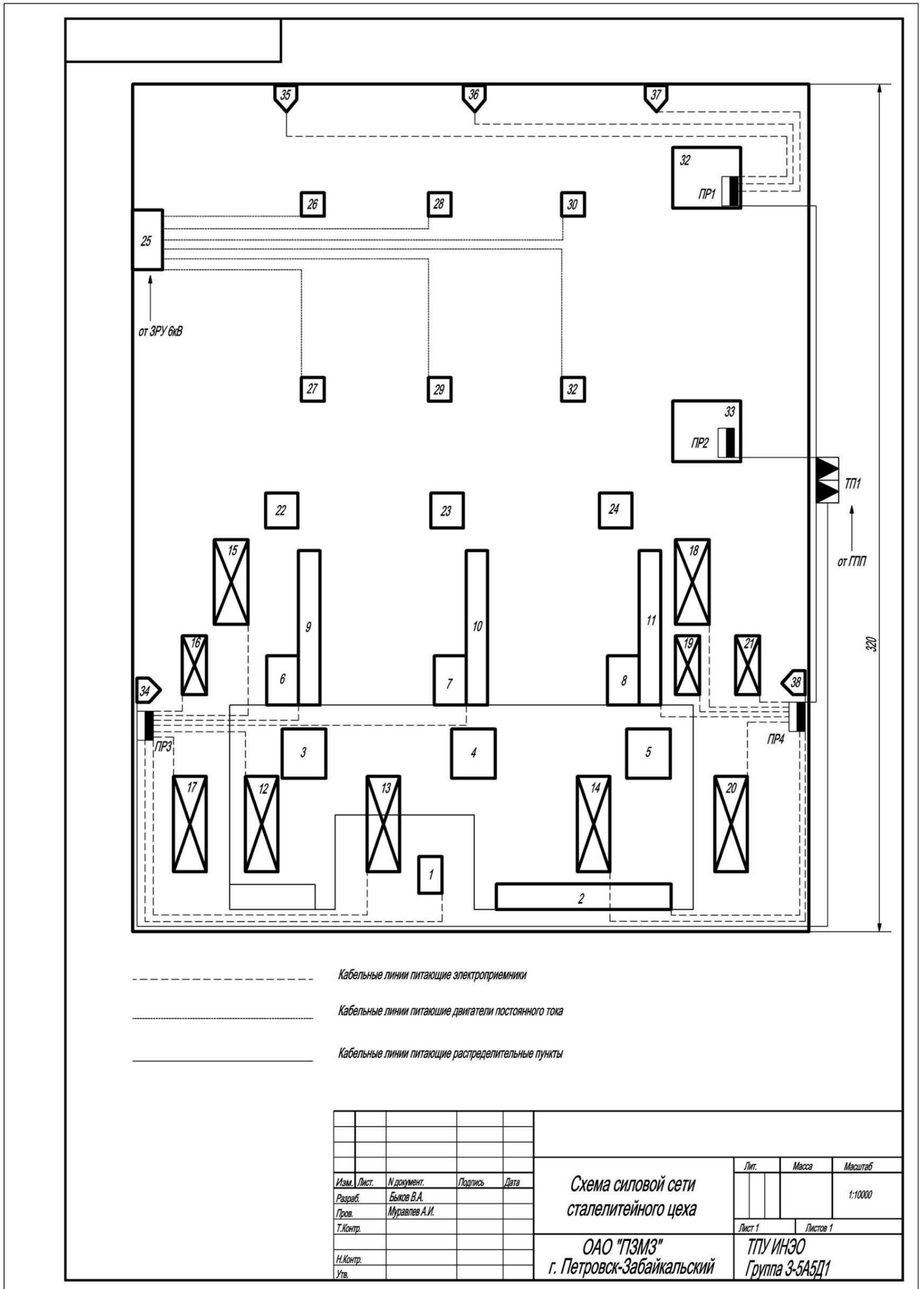


Рисунок Б.1 – План местности с нанесенными объектами и устройствами электроснабжения

Приложение В



Кабельные линии питающие электроприемники

Кабельные линии питающие двигатели постоянного тока

Кабельные линии питающие распределительные пункты

Изм.	Лист	№ документ.	Подпись	Дата	Схема силовой сети сталелитейного цеха			Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Быков В.А.									
Пров.	Муравлев А.И.				ОАО "ПЗМЗ" г. Петровск-Забайкальский			Лист 1	Листов 1	
Т.Контр.								ТТУ ИНЭО Группа 3-5А5Д1		
Н.Контр.										
Утв.										

Рисунок В.1—Схема силовой сети сталелитейного цеха

# Приложение Г

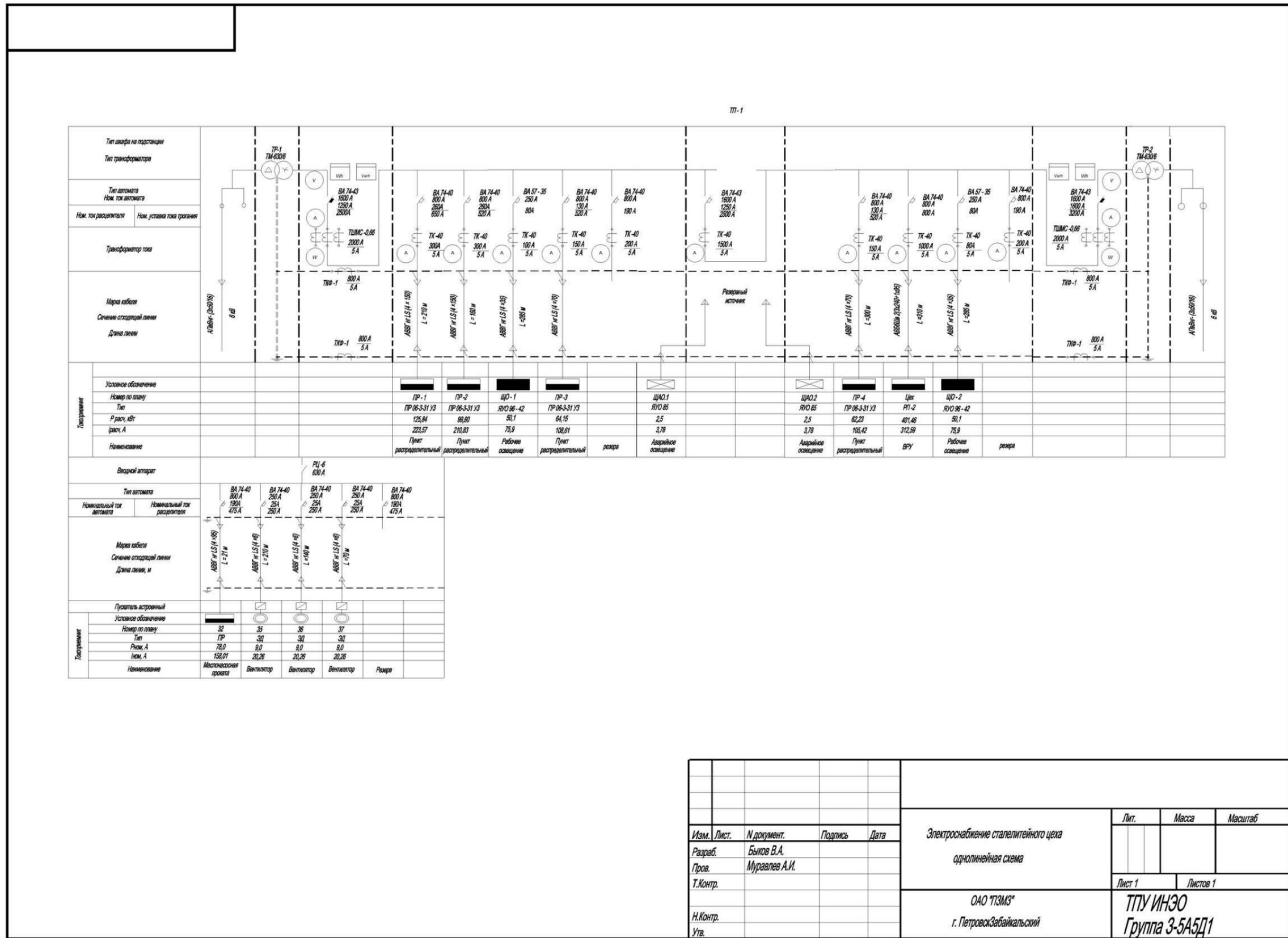
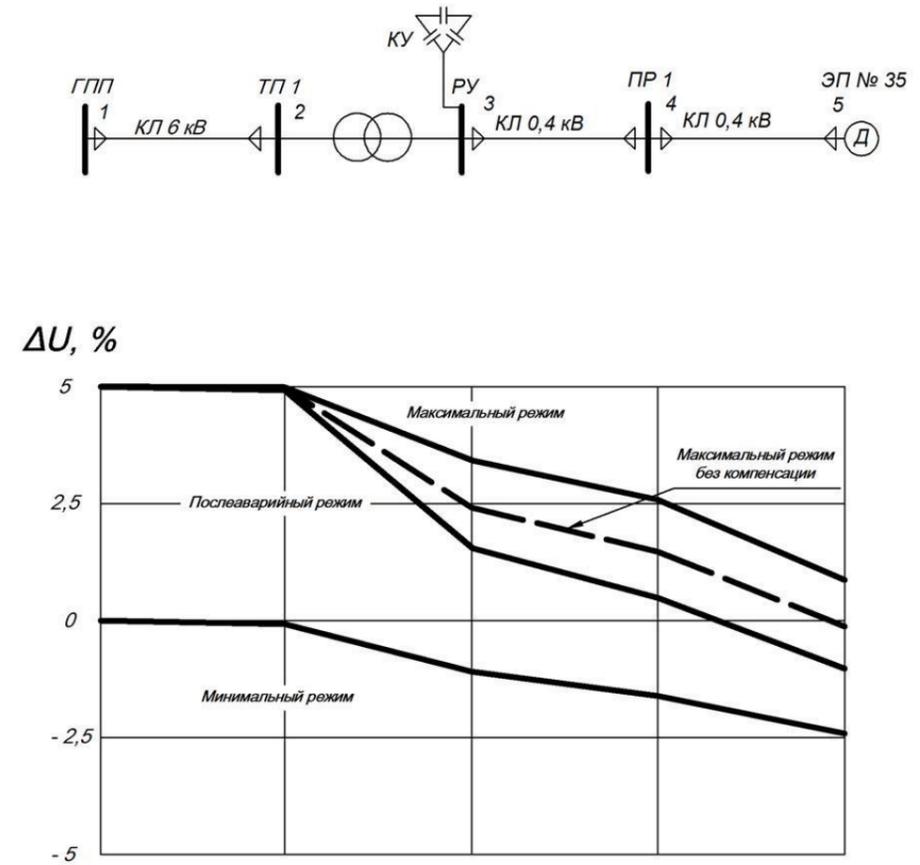
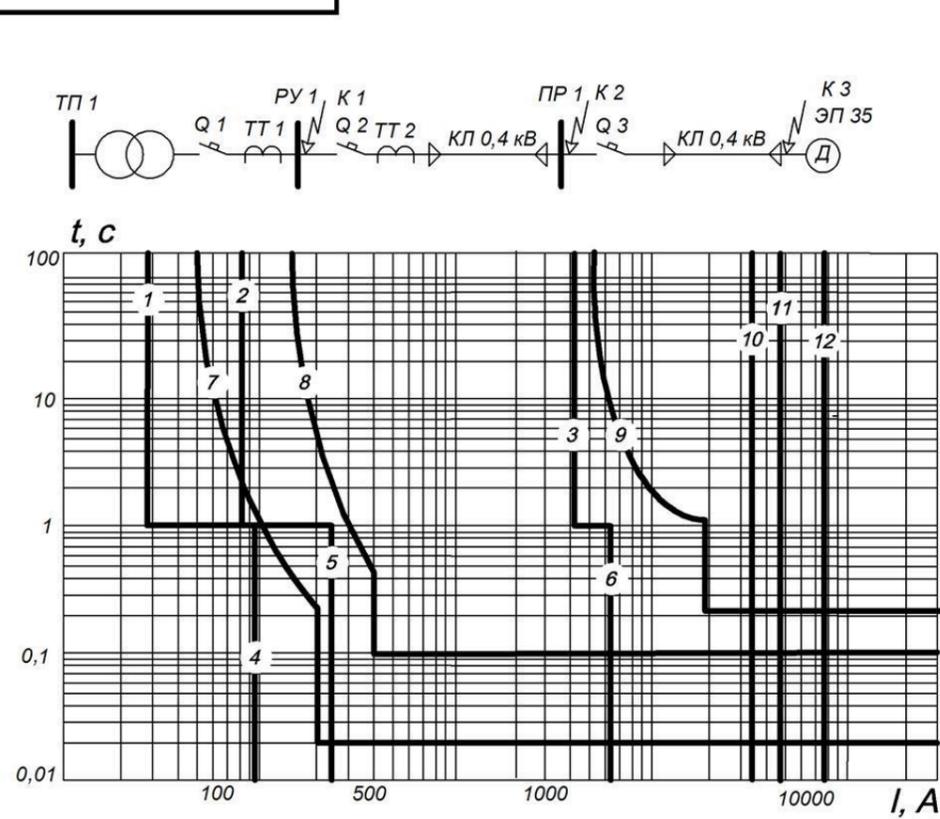


Рисунок Г.1—Однолинейная схема электроснабжения сталелитейного цеха.



Приложение Е



Узел нагрузки	ТП1	ПР 1	Вентилятор 35
Расчетный ток $I_{р}$ , А	1340	211	-
Пиковый ток $I_{пик}$ , А	1621	336	-
Номинальный ток $I_{ном}$ , А	-	-	20,26
Пусковой ток $I_{пущ}$ , А	-	-	141,81
Ток КЗ $I_{кз}$ , А	16500	7818	4003
Тип аппарата	ВА74 - 43	ВА74 - 40	ВА57 - 35
Условия срабатывания по току			
- при перегрузке $I_{ном. расч}$ , А	1600	260	25
- при КЗ $I_{кз}$ , А	3200	520	250
Условия срабатывания по времени, с			
	0,2	0,1	0,02

Изм.	Лист	№ документ.	Подпись	Дата	Эпюры отклонения напряжения Карта селективности		
		Быков В.А.			Лит.	Масса	Масштаб
		Муравлев А.И.					
					Лист 1	Листов 1	
					ОАО "ТЭМЗ" г. Петровск-Забайкальский		
					ТТУ ИНЭО Группа 3-5А5Д1		

Рисунок Е.1– Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности.

