

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

Инженерная школа энергетики

Специальность 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА**

Тема работы
Проектирование электроснабжения ремонтно-механического цеха №4 завода ОАО «Электромашина»

УДК 621.31.031:69.002.5.004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4Д1	Иванеев Анатолий Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Герасимов Д.Ю	кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Завьялова З.С.	кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	кандидат технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2019 г.

**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 2018/2019 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
05.02.2019	<i>Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.</i>	10
20.02.2019	<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
07.03.2019	<i>Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.</i>	15
26.03.2019	<i>Выбор и проверка внутриводских линий. Расчет потерь в КТП и внутриводских линиях. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.</i>	10
28.03.2019	<i>Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутриводских линий по токам КЗ.</i>	5
04.04.2019	<i>Выбор и проверка высоковольтного оборудования</i>	10
11.04.2019	<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 эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП.</i>	10
15.05.2019	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15
18.05.2019	<i>Социальная ответственность</i>	10
	<i>Итого</i>	100

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Герасимов Д.Ю.	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		

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 школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (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
3-5А4Д1	Иванееву Анатолию Андреевичу

Тема работы:

Проектирование электроснабжения ремонтно-механического цеха №4 завода ОАО «Электромашина»
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	10768/с от 11.12.2018
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**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 ремонтно-механический цех №4 завода ОАО Электромашина. В качестве исходных данных представлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- генеральный план завода;</li> <li>- план ремонтно-механического цеха;</li> <li>- сведения об электрических нагрузках завода;</li> <li>- сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.</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 внутрипроизводственного электроснабжения;  Внутризаводская распределительная сеть 6 кВ;  Расчет токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В;  Электроснабжение ремонтно-механического цеха;  Расчет электрической сети по потере напряжения;  Расчет токов короткого замыкания в сетях ниже 1000 В;  Построение карты селективности действия защитных аппаратов;  Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;  Социальная ответственность;  Заключение.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Внутрицеховая схема ремонтно-механического цеха;  Однолинейная схема ремонтно-механического цеха;  Схема учета электрической энергии с картой селективности и эпюрой отклонения напряжения.</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Завьялова Зинаида Сергеевна
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич

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	Герасимов Д.Ю	кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5А4Д1	Иванеев Анатолий Андреевич		

**Планируемые результаты обучения по ООП «Электроэнергетика»**

<b>Код</b>	<b>Результат обучения</b>	<b>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</b>
<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>CDIO Syllabus</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>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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>CDIO Syllabus</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>CDIO Syllabus</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>CDIO Syllabus</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>CDIO Syllabus</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>CDIO Syllabus</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	<p>Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики</i>, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2 *(ОК-3, ОК-4), ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>  <i>Профессиональные стандарты:</i>, 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</p>
P9	<p>Уметь проектировать <i>электроэнергетические системы и их компоненты</i>.</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2*(ОК-3, ОК-4), ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>  <i>Профессиональные стандарты:</i> 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</p>
P10	<p>Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики</i>, интерпретировать данные и делать выводы.</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>  <i>Профессиональные стандарты:</i> 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</p>
P11	<p>Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики</i>.</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>  <i>Профессиональные стандарты:</i> 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</p>
P12	<p>Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической</i> отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.</p>	<p>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>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>  <i>Профессиональные стандарты:</i>, 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</p>

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5А4Д1	Иванееву Анатолию Андреевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение</b>	Электроэнергетики и электротехники
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02. «Электроэнергетика и электротехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоемкость работы
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- отчисления в социальные фонды.

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- формирование вариантов решения с учетом технических условий.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- планирование научно-исследовательской разработки - график проведения НИ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- расчет бюджета на научно-техническое исследование - расчет капитальных вложений в основные средства. - оценка ресурсоэффективности проекта

### Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Завьялова З.С.	кандидат философских наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4Д1	Иванеев А.А.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 3-5А4Д1		<b>ФИО</b> Иванееву Анатолию Андреевичу	
<b>Школа</b>	ИШЭ	<b>Отделение</b>	Электроэнергетики и электротехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетика и Электротехника

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

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса):	Помещение с приточно-вытяжной вентиляцией и фильтрами для очистки воздуха. Площадь помещения составляет: 864 м <sup>2</sup> . В помещении находится электрооборудование в количестве 13 станков.
2. Отбор законодательных и нормативных документов по теме:	ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. 1999 г.) Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

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

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4Д1	Иванеев Анатолий Андреевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа имеет 112 страниц, 19 рисунков, 27 таблиц, 29 источников, 12 электронных источников, 3 приложения.

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

Объект исследования – завод ОАО Электромашина, ремонтно-механический цех.

Цель работы: Электроснабжение ремонтно-механического цеха №4 завода ОАО Электромашина.

В ходе работы:

- был выполнен расчет нагрузки предприятия согласно исходным данным. При этом учитывались также расчетная нагрузка освещения цехов и территории, потери мощности в трансформаторах главной понизительной подстанции, цеховых трансформаторах, кабельных линиях;
- построена картограмма электрических нагрузок;
- выбрана схема электроснабжения завода;
- выбраны напряжение питающей сети предприятия, сечения кабельных линий;
- выбрана мощность трансформаторов ГПП, цеховых трансформаторов.
- произведен расчет токов короткого замыкания выше и ниже 1000 В.

Расчет электрических нагрузок ремонтно-механического цеха осуществлён методом упорядоченных диаграмм, в ходе расчета были получены значения расчетной мощности и расчетного тока. Расчетные мощности остальных цехов завода и полная мощность предприятия были найдены методом коэффициента спроса. Схема внутриводской сети – радиальная.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2007, AutoCAD 2005, MathType.

## Содержание

Исходные данные .....	12
Введение .....	14
1. Характеристика приемников .....	16
2. Определение расчетной электрической нагрузки цеха .....	19
2.1 Расчёт сети электрического освещения .....	19
2.2 Расчёт электрических нагрузок .....	22
2.3 Определение расчётной нагрузки предприятия в целом .....	28
3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок .....	32
4. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций .....	35
5. Выбор схемы внешнего электроснабжения .....	41
6. Система внутривзаводского электроснабжения .....	43
7. Выбор питающих и распределительных сетей .....	46
8. Расчёт токов короткого замыкания в сети свыше 1000 В .....	49
9. Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети выше 1000 В .....	54
10. Система электроснабжения цеха .....	56
11. Расчет токов КЗ до 1 кВ .....	61
12. Построения эпюры отклонений напряжения .....	64
12.1 Расчет максимального режима: .....	64
12.2 Расчет минимального режима: .....	65
12.3 Расчет послеаварийного режима: .....	67
13. Построение карты селективности действия аппаратов защиты .....	69
14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	71
14.1 Анализ конкурентных технических решений .....	71
14.2 SWOT-анализ Ремонтно-механического цеха №4 завода «Электромашина» .....	73
14.3 Планирование научно-исследовательской разработки .....	76
14.3.1 Структура работ в рамках технического проектирования .....	76
14.3.2 Определение трудоемкости выполнения НИ .....	78
14.3.3 Разработка графика проведения НИ .....	80
14.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	82
14.3.5 Расчёт материальных затрат НТИ .....	82
14.4 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....	84
14.5 Основная заработная плата исполнителей .....	84
14.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	86
14.7 Накладные расходы .....	87
14.8 Формирование сметы затрат научно-исследовательского проекта .....	87
14.9 Определение ресурсоэффективности проекта .....	88
15. Социальная ответственность .....	89
15.1 Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса) .....	89
15.2 Производственная и экологическая безопасность .....	89
15.3 Анализ опасных факторов .....	90
15.4 Анализ вредных факторов .....	90
15.5 Производственная безопасность .....	91
15.5.1 Расчет защитного заземления .....	94
15.5.2 Производственная санитария .....	98
15.6 Охрана окружающей среды .....	100
15.7 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	101
15.7.1 Пожарная безопасность .....	102
15.8 Обеспечение социальной защиты работников на предприятии .....	105
15.8.1 Общие принципы возмещения причиненного вреда .....	105
15.8.2 Социальное страхование .....	106

15.8.3 Единовременные и ежемесячные выплаты .....	107
Заключение .....	108
Список использованных источников .....	110
Список электронных источников .....	112

## Исходные данные

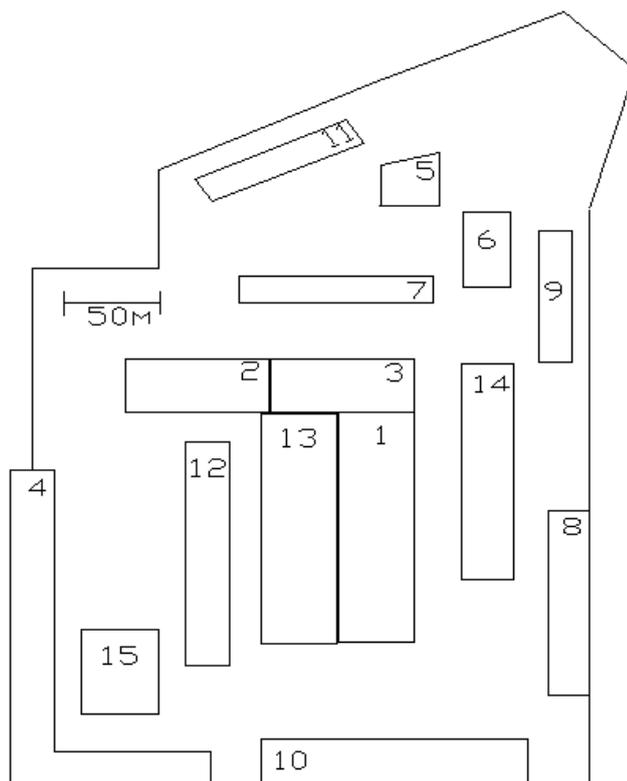


Рисунок 1- Генеральный план ОАО «Электромашина»

Таблица 1- Сведения об электрических нагрузках и характеристика производственных помещений и категории потребителей

№ по плану	Наименование цеха (завода)	Установленная мощность, кВт	Категория	Характеристика среды
1	Цех №5	2743	II	Нормальная
2	Цех №2	1220	II	Нормальная
3	Цех №3	1500	II	Жаркая, пыльная
	Цех №3 (6 кВ)	1890		
4	АБК	360	III	Нормальная
5	Котельная	410	III	Пыльная, жаркая
6	Компрессорная	427	II	Пыльная
	Компрессорная (6 кВ)	900		
7	Цех № 1	244	II	Нормальная
8	Инструментальный цех	100	III	Нормальная
9	Лаборатория №223	180	III	Проводящая пыль
10	Цех №7	412	II	Нормальная
11	Цех №4	188	III	Нормальная
12	Модельно-конструкторский цех	170	III	Нормальная
13	Цех №9	1000	II	Проводящая пыль
14	Склады	100	III	Нормальная
15	Столовая	35	III	Нормальная

Таблица 2- Сведения об электрических нагрузках цеха №4

№ на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт
1,2	Шлифовальный полуавтомат	24
3-7	Поперечно-строгальный станок	12
8,9	Универсально-заточный станок	9
10,11	Вертикально-фрезерный станок	8
12-15	Токарно-винторезный станок	2
16,17	Плоскошлифовальный станок	6,6
18,19	Гальваническая ванна	1,4
20	Гидравлический пресс	4
21-23	Горизонтально-фрезерный станок	2
24	Плоскошлифовальный станок	16
25-27	Радиально-сверлильный станок	11
28	Вентилятор	62
29	Кран-балка ПВ=25%	30

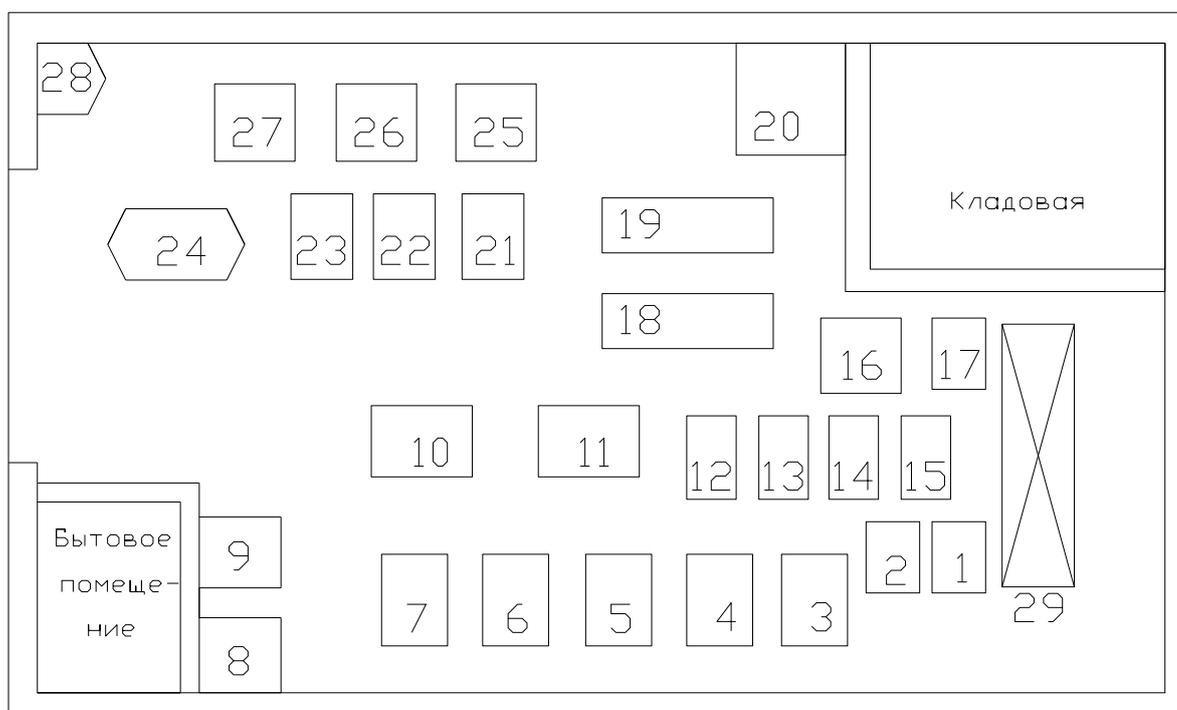


Рисунок 2- План ЦЕХА №4

## Введение

ОАО «Электромашина» был создан на базе эвакуированных в г.Прокопьевск в октябре 1941 г. Харьковского электромеханического завода и Воронежского завода малых машин постоянного тока. Сегодня ОАО «Электромашина» одно из ведущих предприятий электромеханической промышленности по изготовлению машин постоянного тока, электромашинных преобразователей и терристорных электроприводов, а также генераторов постоянного и переменного тока.

На заводе принята цеховая структура производства. Основные заготовительные и сборочные цеха №6, 7 и 9. Все цеха охвачены единым технологическим процессом. Завод «Электромашина» выпускает электрические машины постоянного тока серии П в брызгозащищенном исполнении мощностью до 30 кВт (П40М, ПБ 41М, ПР 51М и т.д.), применяемые в качестве двигателей и генераторов, электродвигатели 4ПФ, предназначенные для регулируемых электроприводов главного движения металлорежущих станков (4ПФ112S, 4ПФ132L, 4ПФ180М), а также машины постоянного тока 4П...М (4ПБМ112S, 4ПОМ160М). Также выпускаются преобразователи частоты однокорпусные электромашинные типа ПВС, АПО-1-50, АПТ-2,5-50, серии АПО-Р, АТО-Р и другие. Изготавливаются генераторы постоянного тока серии ВГ, различные типы контакторов. Предприятие является разработчиком и изготовителем электроприводов унифицированных трехфазных для механизмов подачи станков с ЧПУ, промышленных манипуляторов и других механизмов. Также освоено производство товаров народного потребления, таких как пылесосы, центрифуги, деревообрабатывающие станки, ротационные сенокосилки, навесных сварочных агрегатов.

На завод по железнодорожной ветке поступает металлический прокат различного профиля и чушковый чугун, который поступает на склад. Далее по конвейеру в сталеплавильный цех №5. Здесь он плавится, отформованные

заготовки и металлический прокат поступают в заготовительный цех №6 специализирующегося на производстве комплектующих изделий для сборки электромашин постоянного тока, электроприводов и генераторов.

Заготовительный цех №9 специализируется на производстве комплектующих для сборки пылесосов, центрифуг, сенокосилок и других товаров народного потребления. В заготовительном цехе организованы законченные технологические циклы производства комплектующих изделий, включая термообработку. Комплектующие изделия поступают в сборочный цех №7, где отдельно ведется сборка электрических машин, электроприводов, генераторов, а также сборка пылесосов и остальных ТНП. Окраска готовых изделий производится на специализированных участках с сушкой в терморadiационных сушилках. Готовая продукция поступает на склад. Вспомогательные цеха и службы обеспечивают нормальный технологический процесс, изготавливают инструмент и технологическую оснастку, проводят профилактический и капитальный ремонт оборудования.

## 1. Характеристика приемников

Таблица 3- Исходные данные

Поз. обоз.	Наименование оборудования	Модель, тип	Установленная мощность единицы, кВт	Кол
Механическое отделение				
1	2	3	4	5
1	Шлифовальный полуавтомат	Stalex S-75	24	1
2	Шлифовальный полуавтомат	Stalex S-75	24	1
3	Поперечно-строгальный станок	7307T	12	1
4	Поперечно-строгальный станок	7307T	12	1
5	Поперечно-строгальный станок	7307T	12	1
6	Поперечно-строгальный станок	7307T	12	1
7	Поперечно-строгальный станок	7307T	12	1
8	Универсально-заточный станок	3E642	9	1
9	Универсально-заточный станок	3E642	9	1
10	Вертикально-фрезерный станок	BT30	8	1
11	Вертикально-фрезерный станок	BT30	8	1
12	Токарно-винторезный станок	CU325RD	2	1
13	Токарно-винторезный станок	CU325RD	2	1
14	Токарно-винторезный станок	CU325RD	2	1
15	Токарно-винторезный станок	CU325RD	2	1
16	Плоскошлифовальный станок	UF-ESG	6,6	1
17	Плоскошлифовальный станок	UF-ESG	6,6	1
18	Гальваническая ванна	РОБОТЭК	1,4	1
19	Гальваническая ванна	РОБОТЭК	1,4	1
20	Гидравлический пресс	GERKYLES 20	4,4	1
21	Горизонтально-фрезерный станок	HMC	2	1
22	Горизонтально-фрезерный станок	HMC	2	1
23	Горизонтально-фрезерный станок	HMC	2	1
24	Плоскошлифовальный станок	UF-ESG	16	1
25	Радиально-сверлильный станок	2K516Л	11	1
26	Радиально-сверлильный станок	2K516Л	11	1
27	Радиально-сверлильный станок	2K516Л	11	1
28	Вентилятор	RU	62	1
29	Кран-балка	Гертек	30	1

Основным электрооборудованием цеха являются группы токарных, шлифовальных, фрезерных, заточных станков. Согласно [5] производственные помещения классифицируются по условиям окружающей среды: с нормальной средой - сухие помещения, относительная влажность которых составляет не более 60 %, отапливаемые и не отапливаемые помещения, не опасные по коррозии, пожару, взрыву.

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

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

Машиностроение характерно чрезвычайным многообразием технологических процессов, в которых используется электроэнергия: литейное производство и сварка, обработка металлов давлением и резанием, упрочняющая термообработка, нанесение защитных и отделочных покрытий и т.д.

Предприятия машиностроения широко оснащены электрифицированными подъемно-транспортными механизмами, насосными компрессорными установками, механообрабатывающим и сварочным оборудованием.

Автоматизация в машиностроении затрагивает не только отдельные технологические агрегаты и вспомогательные механизмы, но и целые комплексы, автоматизированные поточные линии, цеха и заводы.

Научно-технический прогресс предполагает рост энерговооруженности в промышленности за счет совершенствования и внедрения нового, экономичного и технологичного электрооборудования.

Электроприемники, преобразующие электрическую энергию в другие виды энергии, прочно занимают ведущее положение в подавляющем

большинстве производственных процессов. Постоянное повышение энерговооруженности производства обеспечивается опережающим развитием электроэнергетики.

Эффективность производства и качества продукции во многом определяются надежностью средств производства и, в частности, надежностью электрооборудования.

Цель проекта – проектирование внутрицехового электроснабжения механического отделения.

Задачей проекта является разработка надежной и целесообразной в технико-экономическом отношении системы внутреннего электроснабжения цеха.

## 2. Определение расчетной электрической нагрузки цеха

### 2.1 Расчёт сети электрического освещения

В механическом отделении применяются следующие системы освещения: общее освещение, местное и комбинированное. Применение одного местного освещения не допускается. Освещение делится на рабочее и аварийное. Аварийное освещение применяется для эвакуации людей.

Согласно СП для общего освещения производственных помещений, с высотой 4-8 метров применяются светильники со светодиодными лампами, в административно бытовых помещениях и производственных участках небольшой площади и высоты применяются светильники с люминесцентными лампами или светодиодными.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициент использования), учитывающий световой поток лампы  $\Phi_{л}$ , лм, при лампах накаливания или световой поток группы ламп светильника при люминесцентных лампах.

Расчет по методу коэффициента использования ведется в следующем порядке.

Определяется требуемая нормами освещенность  $E$ , лк, для каждого помещения.

Определяется высота подвеса светильника по формуле:

$$H_{п} = h - (h_c + h_p), \quad (2.1)$$

где  $h$  – высота помещения, м;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;

$h_p$  – высота расчетной поверхности над полом, м.

Высота помещения для участка механической обработки  $h = 4$  м.

Расстояние светильников от перекрытий должно быть в пределах 0,3-1,5 м.

В цехе  $h_c=0,044$  м. Это высота светодиодного светильника.

При расчете по методу коэффициента использования световой поток ламп в каждом светильнике, необходимый для создания заданной минимальной освещенности (норма освещенности  $-E_n$ ), определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k_3 \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (2.2)$$

где  $k_3$ - коэффициент запаса;

$S$ -площадь освещаемой поверхности,  $m^2$ ;

$z$  - коэффициент минимальной освещенности (приблизительно можно принимать  $z=1,0$  - для светодиодных ламп)

$$z = \frac{E_{cp}}{E_n} \quad (2.3)$$

$E_{cp}$  - средняя освещенность, лк;

$k_n$  - коэффициент использования;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока источника света, доли единиц.

По значению  $\Phi$  выбирается стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения  $\Phi$  на  $-10 \div 20$  %.

Рассмотрим в качестве примера секцию хранения.

Определяем коэффициент использования  $k_n$  по таблице [1] для КСС Г-3:

$\rho_n=0,7; \rho_c=0,5; \rho_p=0,2$  и  $\varphi=5,6$  принимаем  $k_n=1$ .

Освещённость, коэффициент запаса, КПД лампы

$E=200$  лк,  $k_3=1,3$ ,  $\eta=0,92$ , площадь помещения

$$S = 48 \cdot 18 = 864 \text{ м}^2$$

Тогда поток:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 864 \cdot 1,0}{1 \cdot 0,92} = 244174 \text{ лм}$$

В секции устанавливаем светильники светодиодные со следующими характеристиками:

– степень защиты от пыли и воды: IP20;

– тип КСС: М;

– КПД светильника  $\eta_c$ : 92%.

Характеристика светильника:

Мощность 33 Вт	Корпус металл
Световой поток 4069Лм	Рассеиватель поликарбонат
Цветовая температура 4000К	Габариты 1205x128x44мм
Входное напряжение 170-264В	Срок службы 40000 часов
Индекс цветопередачи Ra>75	Гарантия 3 года
Температура эксплуатации -40 до +40°	

Тогда число светильников:

$$n = \frac{244174}{4069} \approx 60 \text{ св.} \quad (2.4)$$

Суммарная длина N светильников сопоставляется с длиной помещения, при этом суммарная длина светильников равна длине помещения.

Рациональное расстояние между рядами светильников  $L_0$  находится исходя из целесообразного отношения  $\lambda_0 = L_0/h$ . Для светильников с типовой кривой М по табл. 1  $\lambda_0=1,8... 2,6 \approx 2$ . Отсюда

$$L_0 = \lambda_0 h = 2 \cdot 3,956 = 7,912 \text{ м} \quad (2.5)$$

Рациональное количество рядов светильников

$$N_{рд} = B / L_0 = 18 / 7,912 \approx 3 \quad (2.6)$$

где  $B=18$  м – ширина помещения.

Получаем  $N_{св} = 20$  шт. в каждом ряду

Вывод: Таким образом, можно определить мощность, затрачиваемую на освещение данного цеха, по формуле:

$$\sum P_{осв} = 60 \cdot 33 = 1980 \text{ Вт} = 1,98 \text{ кВт}$$

## 2.2 Расчёт электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок является основным в проектировании систем электроснабжения. Все аппараты, сечения токоведущих частей определяются в зависимости от величины нагрузки. При расчете силовых нагрузок важное значение имеет правильное определение величины электрической нагрузки во всех элементах силовой сети. Завышение нагрузки может привести к перерасходу материала, удорожанию строительства; занижение нагрузки – к уменьшению пропускной способности электрической сети и невозможности обеспечения нормальной работы силовых электроприемников.

Существуют различные методы расчета электрических нагрузок. Наиболее часто применяется расчет методом упорядочных диаграмм, по которому и производится расчет в данном проекте.

Группируются электроприемники по коэффициенту использования  $k_u$ , т.е. электроприемники имеющие одинаковый технологический процесс, но не одинаковую мощность, подключенные к ШС №4.

К ШС 4 подключены 2 станка шлифовальных и кран-балка, которые объединяются в группу.

Определяется коэффициент использования  $k_c=0,17$  и  $\cos\varphi =0,65$  для станков шлифовальных, тогда  $\operatorname{tg}\varphi=1,15$

Определяется общая рабочая мощность группы шлифовальных станков:

$$\sum P_{ном} = 2 \cdot 24 = 48 \text{ кВт}$$

Определяется сменная активная мощность за наиболее загруженную смену по формуле:

$$P_p = k_c \cdot P_n = 0,17 \cdot 24 = 8,16 \text{ кВт}$$

где  $k_c$ -коэффициент использования;

Определяется суммарная сменная активная и реактивная мощность электроприемников, подключенных к ШС №4:

$$\sum P_{см} = 11,16 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{см} = 14,574 \text{ кВАр}$$

Определяется средний коэффициент использования электроприемников, подключенных к ШС №4 по формуле:

$$K_{и.с.} = \sum P_{см} / \sum P_{ном}, \quad (2.7)$$

$$K_{и.с.} = \frac{11,16}{54} = 0,2$$

Определяется показатель силовой сборки по формуле:

$$m = \frac{P_{номмакс}}{P_{номмин}}, \quad (2.8)$$

где,  $P_{номмакс}$  - номинальная мощность наибольшего электроприемника, кВт;

$P_{номмин}$  - номинальная мощность наименьшего электроприемника, кВт.

$$m = \frac{30}{24} = 1,25$$

Определяется эффективное число электроприемников из условия

$$n \leq 5, k_{ис} \geq 0,2; m \leq 3; P \neq const; n_э = 3$$

Определяется коэффициент максимума  $K_{макс} = f(n_э, K_{и.с.}) = 1,0$

Определяется активная максимальная мощность по формуле:

$$P_{макс} = K_{макс} \sum P_{см}, \quad (2.9)$$

где,  $K_{макс}$  - коэффициент максимума;

$\sum P_{см}$  - суммарная сменная активная мощность, кВт.

$$P_{макс} = 1,0 \cdot 11,16 = 11,16 \text{ кВт}$$

Реактивная максимальная мощность при  $n_э < 10$  определяется по формуле:

$$Q_{макс} = 1,1 \cdot Q, \quad (2.10)$$

где  $\sum Q_{см}$  - суммарная сменная реактивная мощность, кВАр.

$$Q_{макс} = 1,1 \cdot 14,574 = 16,0 \text{кВАр}$$

Определяется полная максимальная мощность по формуле:

$$S_{макс} = \sqrt{P_{макс}^2 + Q_{макс}^2}, \quad (2.11)$$

где,  $P_{макс}$  - активная максимальная мощность электроприемников, подключенных к ЩС №4, кВт;

$Q_{макс}$  - реактивная максимальная мощность электроприемников, подключенных к ЩС №4, кВАр.

$$S_{макс} = \sqrt{11,16^2 + 16^2} = 19,5 \text{кВА}$$

Определяется максимальный ток нагрузки распределительной линии ШС №4 по формуле:

$$I_{макс} = \frac{S_{макс}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.12)$$

где  $S_{макс}$  - полная максимальная мощность электроприемников, подключенных к ШС №4, кВА;

$U_{ном}$  - номинальное напряжение электроприемников, кВ.

$$I_{макс} = \frac{19,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 29,7 \text{А}$$

Таким же образом рассчитываются электрические нагрузки для всех остальных ЩС всего по цеху, результаты сводятся в таблицу 2.

Таблица 2- Расчёт электрических нагрузок

Номер и название групп электроприёмников	n, шт.	P <sub>н</sub> , кВт	P <sub>гр</sub> , кВт	cosφ	кн	tgφ	P <sub>ср</sub> , кВт	Q <sub>ср</sub> , кВАр	m	пэкв	k max	P <sub>max</sub> , кВт	Q max, кВАр	S <sub>max</sub> , кВА	I расч, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШС1															
Горизонтально-фрезерный	3	2	6	0,65	0,17	1,15	1,02	1,173							
Радиально-сверлильный	3	11	33	0,65	0,17	1,15	5,61	6,4515							
итого	6	13	39				6,63	7,6245	5,5	6	1	6,63	8,4	10,7	16,3
ШС2															
Поперечно-строгальный	5	12	60	0,65	0,17	1,15	10,2	11,73							
Универсально-заточный	2	9	18	0,65	0,17	1,15	3,06	3,519							
итого	7	21	78				13,26	15,249	1,3	7	1,77	23,5	16,8	28,9	43,9
ШС3															
Вертикально-фрезерный станок	2	8	16	0,65	0,17	1,15	2,72	3,128							
Токарно-винторезный	4	2	8	0,65	0,17	1,15	1,36	1,564							
Плоскошлифовальные станки	2	6,6	13,2	0,65	0,17	1,15	2,244	2,5806							
Гидравлический пресс	1	4,4	4,4	0,65	0,17	1,15	0,748	0,8602							
Гальванические ванны	2	1,4	2,8	0,8	0,8	0,75	2,24	1,68							
итого	11	22,4	44,4				9,312	9,8128	4,7	11	1	9,3	9,8	13,5	20,6
ШС4															
Шлифовальный полуавтомат	2	24	48	0,65	0,17	1,15	8,16	9,384							
Кран-балка ПВ-25%	1	30	30	0,5	0,1	1,73	3	5,19							
итого	3	54	78				11,16	14,574	1,25	3	1	11,16	16,0	19,5	29,7
ШС5															

Продолжение таблицы 2

Номер и название групп электроприёмников	п, шт.	P <sub>н</sub> , кВт	P <sub>гр</sub> , кВт	cos φ	кн	tgφ	P <sub>ср</sub> , кВт	Q <sub>ср</sub> , кВАр	m	пэкв	k max	P <sub>max</sub> , кВт	Q <sub>max</sub> , кВАр	S <sub>max</sub> , кВА	I <sub>расч</sub> , А
Плоскошлифовальные станки	1	16	16	0,65	0,17	1,15	2,72	3,1							
Вентилятор	1	62	62	0,8	0,8	0,75	49,6	37,2							
	2	78	78				52,32	40,3	3,9	2	1	52,32	44,4	68,6	167,8
итого по цеху	29	188,4	317,4				92,682	87,6	3,4	29	1,154	136,96	131,6	189,93	323,9

Определяется значение коэффициента мощности до компенсации:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2.13)$$

где  $P$  – активная мощность, кВт;

$S$  – полная мощность, кВА;

$Q$  – реактивная мощность, кВАр.

$$\cos \varphi = \frac{102,9}{\sqrt{102,9^2 + 95,4^2}} = 0,73$$

Определяется мощность, которую необходимо скомпенсировать:

$$Q_{ком} = P_{ср} \cdot (tg \varphi_1 - tg \varphi_2) \quad (2.14)$$

где,  $P_{ср}$  – средняя активная мощность в год, кВт;

$\varphi_1$  – значение угла до компенсации;

$\varphi_2$  – значение угла после компенсации.

Определяется средняя активная мощность в год:

$$Q_{ком} = 102,9 \cdot (1,1 - 0,64) = 47,3 \text{кВАр}$$

Так как значение компенсируемой мощности мало, то экономически невыгодно ставить компенсирующие устройства в механическом отделении.

Таким образом, повышение мощности можно достичь другими способами.

## 2.3 Определение расчётной нагрузки предприятия в целом

Исходя из исходных данных цеха представленные в табл.3, предприятие относится к машиностроительной отрасли.

В таблице 4 приведены характеристики цехов предприятия по категории электроснабжения и характеристики среды помещения.

Так как на предприятии большинство потребителей II категории, то оно будет получать энергоснабжение по двум независимым источникам.

Таблица 3- Ведомость электрических нагрузок завода

Наименование цеха (завода)	Установленная мощность, кВт
Цех №5	2743
Цех №2	1220
Цех №3	1500
Цех №3 (6 кВ)	1890
АБК	360
Котельная	410
Компрессорная	427
Компрессорная (6 кВ)	900
Цех № 1	244
Инструментальный цех	100
Лаборатория №223	180
Цех №7	412
Цех №4	188
Модельно-конструкторский цех	170
Цех №9	1000
Склады	100
Столовая	35

Таблица 4- Категории приемников и потребителей электроэнергии по бесперебойности электроснабжения.

Наименование цеха (завода)	Установленная мощность, кВт	Категория	Характеристика среды
Цех №5	2743	II	Нормальная
Цех №2	1220	II	Нормальная
Цех №3	1500	II	Жаркая, пыльная
Цех №3 (6 кВ)	1890		
АБК	360	III	Нормальная
Котельная	410	III	Пыльная, жаркая
Компрессорная	427	II	Пыльная

Продолжение таблицы 4

Наименование цеха (завода)	Установленная мощность, кВт	Категория	Характеристика среды
Компрессорная (6 кВ)	900		
Цех № 1	244	II	Нормальная
Инструментальный цех	100	III	Нормальная
Лаборатория №223	180	III	Проводящая пыль
Цех №7	412	II	Нормальная
Цех №4	188	III	Нормальная
Модельно-конструкторский цех	170	III	Нормальная
Цех №9	1000	II	Проводящая пыль
Склады	100	III	Нормальная
Столовая	35	III	Нормальная

Расчеты основываются на использовании коэффициентов спроса и установленной мощности цеха; определение расчётной нагрузки первого цеха.

Определяют расчётную активную и реактивную мощности цеха №5:

$$P_p = k_c \cdot P_n = 0,7 \cdot 2743 = 1920 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1920 \cdot 1 = 1920 \text{ кВАр};$$

где  $k_c$ - коэффициент спроса данной характерной группы приемников, принимаемый по справочным материалам [1] ;

$\operatorname{tg} \varphi$  – характерная величина для данной группы приемников, которая рассчитывается по величине  $\cos \varphi$ , определяемой по справочным материалам.

Определяют номинальную мощность освещения и расчётную нагрузку цеха:

$$P_{н.о} = P_{уд} \cdot F = \frac{18 \cdot 13000}{1000} = 234 \text{ кВт};$$

$$P_{р.о} = P_{н.о} \cdot k_{с.о} = 234 \cdot 0,8 = 187,2 \text{ кВт};$$

где  $P_{уд}$ – удельная плотность осветительной нагрузки, кВт;

F- площадь цеха, м<sup>2</sup>;

$k_{с.о}$  - коэффициент спроса осветительных нагрузок [1]

Определяют полную расчётную мощность цеха:

$$P_{p\Sigma} = P_p + P_{p.o} = 1920 + 187,2 = 2107,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_p = 1920 \text{ кВАр};$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{2107,3^2 + 1920^2} = 2851 \text{ кВА}.$$

Остальные расчеты цехов занесем в таблицу 5

Таблица 5- Расчёт электрических нагрузок по цехам и заводу с учётом всех составляющих нагрузок.

Номер и название групп электроприёмников	$P_n$ , кВт	$\kappa_c$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$F$ , кв.м	$P_{уд}$	$P_{но}$	$\kappa_{co}$	$P_{po}$ , кВт	$P_{p\Sigma}$ , кВт	$Q_{p\Sigma}$ , кВАр	$S_p$ , кВА
Цех №5	2743	0,7	0,7	1	1920,1	1920,1	13000	18	234	0,8	187,2	2107,3	1920,1	2851
Цех №2	1220	0,7	0,7	1	854	854	6250	18	112,5	0,8	90	944	854	1273
Цех №3	1500	0,7	0,7	1	1050	1050	6250	18	112,5	0,8	90	1140	1050	1550
АБК	360	0,8	0,8	0,75	288	216	16400	20	328	0,95	311,6	599,6	216	637
Котельная	410	0,8	0,8	0,75	328	246	2000	18	36	0,8	28,8	356,8	246	433
Компрессорная	427	0,8	0,8	0,75	341,6	256,2	2800	18	50,4	0,8	40,3	381,9	256,2	460
Цех № 1	244	0,7	0,7	1	170,8	170,8	3500	18	63	0,8	50,4	221,2	170,8	280
Инструментальный цех	100	0,7	0,7	1	70	70	6800	18	122,4	0,8	97,92	167,92	70	182
Лаборатория №223	180	0,5	0,8	0,75	90	67,5	3000	18	54	0,8	43,2	133,2	67,5	149
Цех №7	412	0,7	0,7	1	288,4	288,4	9400	18	169,2	0,8	135,4	423,8	288,4	513
Цех №4	188,4				102,9	95,4	372	18	6,7	0,8	5,4	108,3	95,4	189,93
Модельно-конструкторский цех	170	0,7	0,7	1	119	119	3750	18	67,5	0,8	54	173	119	210
Цех №9	1000	0,7	0,7	1	700	700	4200	18	75,6	0,8	60,5	760,5	700	1034
Склады	100	0,3	0,6	1,13	30	33,9	8000	16	128	0,8	102,4	132,4	33,9	137
Столовая	35	0,8	0,8	0,75	28	21	5250	18	94,5	0,9	85,05	113,05	21	115
итого	9089						90972					7762,97	6108,3	9968,3
Нагрузка 6 кВ														
Цех №3	1890	0,7	0,7	1	1323	1323						1323	1323	1871
Компрессорная	900	0,8	0,8	0,75	720	540						720	540	900
итого нагрузка 6 кВ	2790											2043	1863	2765
итого по заводу	10979											9834,6	8007,5	12779

### 3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Картограмма электрических нагрузок дает возможность наглядно представить распределение нагрузок по территории промышленного предприятия.

Она состоит из окружностей, причём площадь круга, ограниченная каждой из этих окружностей, с учётом принятого масштаба  $m$  равна расчётной нагрузке  $P_{pi}$  соответствующего цеха, что определяет радиус окружности:

$$r_1 = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{P_i}{\pi}}. \quad (3.1)$$

Каждый круг может быть разделён на секторы, соответствующие силовой нагрузке на технологические процессы и осветительной нагрузке. Иногда на картограмме разделяют нагрузки до и выше 1кВ.

Угол сектора, соответствующий осветительной нагрузке, определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{P_{poi}}{P} \cdot 360^\circ \quad (3.2)$$

Пример расчёта, использованы данные первого цеха:

$$r_1 = \frac{1}{0,5} \sqrt{\frac{2107,3}{3,14}} = 51,8 \text{ м}$$

$m=0,5$

$$\alpha_1 = \frac{187,2}{2107,3} \cdot 360^\circ = 32^\circ.$$

Данные по остальным цехам сведём в таблицу 6.

Картограмма электрических нагрузок показана на рисунке 4.

При разработке схему электроснабжения промышленных предприятий рекомендуется размещать источники питания с наибольшим приближением к центру питаемой нагрузки, под которым понимается условный центр. Координаты условного центра определяются по следующим формулам:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{1853582,28}{7792} = 238$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{2252936}{7792} = 289$$

где  $x_i, y_i$  - координаты расположения цехов на генплан.

Таблица 6- Картограмма нагрузок

№ пп	номер и название групп электроприёмников	P <sub>ро</sub> , кВт	P <sub>р</sub> , кВт	x,м	y,м	R,м	m	α	P <sub>р</sub> *x	P <sub>р</sub> *y
1	Цех №5	187,2	2107,3	300	250	51,81	2	29,3711	632190	526825
2	Цех №2	90	944	150	350	34,67	2	31,3346	141600	330400
3	Цех №3	90	1140	270	350	38,10	2	26,3414	307800	399000
4	АБК	311,6	599,6	0	150	27,63	2	123,108	0	89940
5	Котельная	28,8	356,8	325	550	21,31	2	26,8879	115960	196240
6	Компрессорная	40,32	381,92	400	475	22,05	2	34,3766	152768	181412
7	Цех № 1	50,4	221,2	275	450	16,78	2	66,8041	60830	99540
8	Инструментальный цех	97,92	167,92	475	150	14,62	2	132,603	79762	25188
9	Лаборатория №223	43,2	133,2	450	450	13,02	2	88,1632	59940	59940
10	Цех №7	135,36	423,76	25	0	23,236	2	87,1541	10594	0
11	Цех №4	5,3568	108,3	225	550	13,20	2	13,550	30815,2	75326,2
12	Модельно- конструкторский цех	54	173	150	200	14,84	2	85,638	25950	34600
13	Цех №9	60,48	760,48	225	250	31,12	2	26,521	171108	190120
14	Склады	102,4	132,4	400	250	12,98	2	157,00	52960	33100
15	Столовая	85,05	113,05	100	100	12,03	2	154,56	11305	11305
	итого								238	289

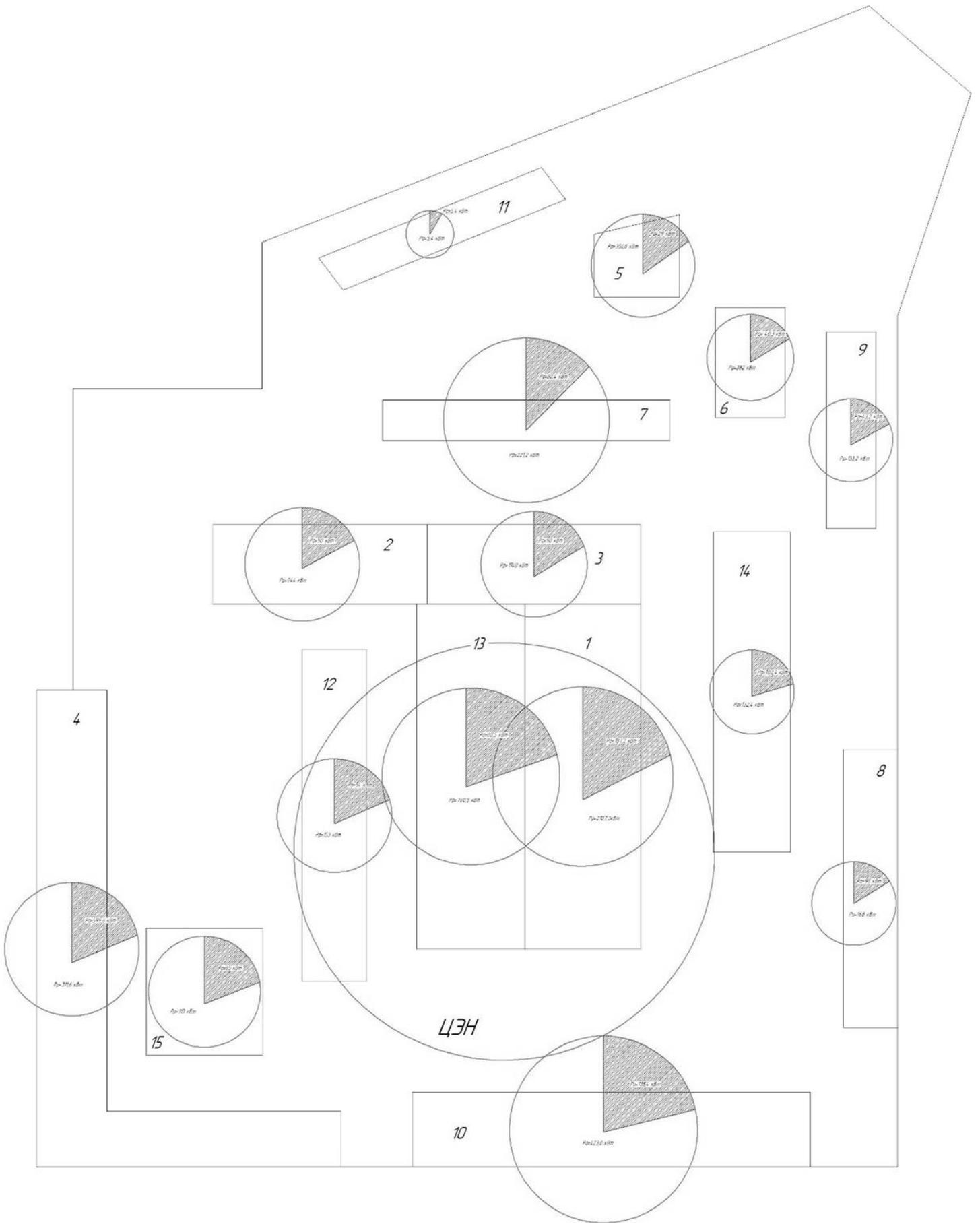


Рисунок 4-Картограмма нагрузок

#### 4. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

Правильный технически и экономически обоснованный выбор числа и мощности трансформаторов ГПП имеет существенное значение для рационального построения схемы электроснабжения. Выбор мощности трансформаторов ГПП производится по расчетной мощности завода с учетом коэффициента загрузки трансформатора в нормальном и послеаварийном режиме, а также с учетом перегрузочной способности трансформатора. При этом при выходе из работы одного трансформатора, оставшийся в работе, должен обеспечивать работу предприятия на время замены неисправного трансформатора с учетом возможного ограничения нагрузки без ущерба для основной деятельности предприятия. Основные потребители электроэнергии на предприятии относятся ко II-й категории по надежности электроснабжения.

Это говорит о необходимости установки на ГПП двух трансформаторов.

Суммарные расчетные (активная и реактивная) мощности, отнесенные к шинам 6 кВ ГПП, определяются из выражений:

$$P_{P\Sigma} = \sum P_P \cdot K_{PM} + P_{P.O.} + \Delta P_T + \Delta P_L, \quad (4.1)$$

$$Q_{P\Sigma} = \sum Q_P^H \cdot K_{PM} + \Delta Q_T, \quad (4.2)$$

где  $K_{PM} = 0,95$  – коэффициент максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников

$$\Delta P_T = 0,02 S_P^H,$$

$$\Delta Q_T = 0,1 S_P^H,$$

$$\Delta P_L = 0,03 S_P^H$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 8930 = 178,6 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 8930 = 893 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_L = 0,03 \cdot 8930 = 267,9 \text{ кВт}$$

$$\sum P_p = 7791,6 \text{ кВт},$$

$$\sum Q_p = 6144,5 \text{ кВАр}.$$

$$P_{p\Sigma} = 6409,6 \cdot 0,95 + 1382 + 178,6 + 267,2 = 7916,92 \text{ кВт}$$

$$Q_{p\Sigma} = 6144,5 \cdot 0,95 + 893 = 6730,28 \text{ кВАр}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{7916,92^2 + 6730,28^2} = 10391 \text{ кВА}$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются из выражений:

$$\Delta P_{\text{ТГПП}} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma}$$

$$\Delta Q_{\text{ТГПП}} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma},$$

$$\Delta P_{\text{ТГПП}} = 0,02 \cdot 10391 = 207,82 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{ТГПП}} = 0,1 \cdot 10391 = 1039,1 \text{ кВАр}$$

$$P_{p\Sigma} = 7916,92 + 207,82 = 8124,74 \text{ кВт}$$

$$Q_{p\Sigma} = 6730,28 + 1039,1 = 7769,38 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{р.гпп}} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\text{ТГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{\text{ТГПП}} - Q_{\text{ку}})^2}$$

где  $Q_{\text{ку}} = Q_{p\Sigma} - Q_c$ , (4.3) – мощность компенсирующих устройств,

где  $Q_c$  - наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режимах наибольших активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma}, \quad (4.4)$$

где для предприятий и напряжение питающей линии 35 кВ  $\alpha = 0,23$ , откуда:

$$Q_c = 0,23 \cdot 7916,92 = 1821 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{ку}} = 6730,28 - 1821 = 4909,28 \text{ кВАр}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{8124,74^2 + (7769,38 - 4909,28)^2} = 8614 \text{ кВА}.$$

Мощность трансформаторов ГПП определяется по выражению:

$$S_{\text{тр.н}} = \frac{S_{\text{р.гпп}}}{2 \cdot \beta_m} = \frac{8614}{2 \cdot 0,7} = 6153 \text{ МВА}$$

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

$\beta_m$  – коэффициент загрузки трансформаторов ГПП (принимается 0,7 согласно [3]);

2 – число трансформаторов на ГПП.

Из ассортимента номинальных мощностей силовых двухобмоточных трансформаторов выбираем трансформатор по условию, что  $S_{HT} \geq S_{PT}$ . Устанавливаем трансформатор с ближайшим большим значением номинальной мощности равной 10000 кВА.

Коэффициент загрузки одного трансформатора в нормальном режиме:

$$k_3 = \frac{S_{p,гпп}}{2 \cdot S_{HT}} = \frac{8614}{2 \cdot 10000} = 0,43$$

С учетом того, что в нормальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов ГПП принимается равным 0,7, а в аварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40 %) должен обеспечить полностью необходимую мощность завода, то есть:

$$S_{P,ГПП} < 1,4 S_{HT}.$$

$$S_{P,ГПП} < 1,4 S_{HT} \Rightarrow 8614 < 14000.$$

где  $S_{HT}$  – мощность, пропускаемая одним трансформатором в послеаварийном режиме:  $1,4 \cdot S_{HT} = 1,4 \cdot 10000 = 14000$  кВА, что обеспечивает перспективу расширения производства.

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

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{ц}}, \quad (4.5)$$

где  $F_{ц}$  – площадь всех цехов предприятия, м<sup>2</sup>.

Если плотность нагрузок  $\sigma < 0,2$ , то рекомендуется принимать трансформаторы до 1000 кВА, если  $0,2 < \sigma < 0,3$  то трансформаторы должны быть 1600кВА, если  $\sigma > 0,3$ кВА/м<sup>2</sup>, то трансформаторы рекомендуется принимать 1600-2500 кВА.

Методика определения числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций:

1. Определяем активную и реактивную мощности трансформаторной подстанции путем суммирования расчётных активных и реактивных мощностей цеха, где установлена ТП, и всех цехов, питаемых этой ТП.

$$P_p = \sum P_{pi},$$

$$Q_p = \sum Q_{pi}.$$

2. Определяем расчетную мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{КУ} = P_p \cdot (tg\varphi_H - tg\varphi_3) = P_p \cdot \left( \frac{Q_p}{P_p} - tg\varphi_3 \right); \quad (4.6)$$

где  $tg\varphi_3 = 0,4$ .

3. По справочнику выбирают стандартное значение мощности КУ и определяем не скомпенсированную мощность:

$$Q'_p = Q_p - Q_{КУ.ст} \cdot N_{КУ}; \quad (4.7)$$

где  $N_{КУ}$  - количество компенсирующих устройств.

4. Определяем полную мощность ТП:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (4.8)$$

5. Сравниваем мощности трансформаторов по коэффициентам загрузки в нормальном и аварийном режимах:

$$k_{з.н.} = \frac{S_p}{n \cdot S_{НОМ.тр.}}; \quad (4.9)$$

$$k_{з.ав.} = \frac{S_p}{S_{НОМ.тр.}} \leq 1,4. \quad (4.10)$$

Произведем расчет на примере одното трансформаторной подстанции ТП-8, расположенной в цехе № 8- инструментальный цех.

Так полная мощность  $S=182$  кВА не превышает 250 кВА, то компенсирующее устройство не ставится (ПУЭ)

Выбираем трансформатор мощностью 250 кВА.

$$k_{з.н.} = \frac{182}{2 \cdot 250} = 0,364$$

$$k_{з.ав.} = \frac{182}{250} = 0,728 \leq 1,4$$

Вывод: выбранный трансформатор проходит по коэффициентам загрузки в нормальном режиме и в аварийном режиме.

Для остальных трансформаторных подстанций проводим аналогичный расчет. Полученные данные заносим в таблицы 7.

Исходя из исследований делаем вывод, что ставить компенсирующие устройства в цехах с маленькой реактивной мощностью экономически нецелесообразно.

Для систематизации расчёта представим полученное число трансформаторов, устанавливаемое в каждом цехе в виде таблицы 7.

Таблица 7- Выбор количества трансформаторов

№	Номер и название групп электроприёмников	$P_{p\Sigma}$ , кВт	$Q_{p\Sigma}$ , кВАр	$Q_{ку}$ , кВАр	$N_{ку}$	$Q_{ку.ст.}$ , кВАр	$Q'_{p}$ , кВАр	$S_p$ , кВА	$N_{транс.}$	$S_{ном.тр.}$ , кВА	Кз.н.	Кз.ав.
1	Цех №5	2107,3	1920,1	1800	1	1800	120,1	2110,72	2	2500	0,422144	0,844288
2	Цех №2	944	854	700	1	700	154	956,479	2	1000	0,478239	0,956479
3	Цех №3	1140	1050	500	2	1000	50	1141,096	2	1600	0,356592	0,713185
4	АБК	599,6	216	0	0	0	216	637,3195	2	630	0,505809	1,011618
5	Котельная	356,8	246	0	0	0	246	433,3846	2	400	0,461047	0,922095
6	Компрессорная	381,92	256,2	0	0	0	256,2	459,8927	2	400	0,489248	0,978495
7	Цех № 1	221,2	170,8	0	0	0	170,8	279,4675	2	250	0,558935	1,11787
8	Инструментальный цех	167,92	70	0	0	0	70	181,9262	2	250	0,363852	0,727705
9	Лаборатория №223	133,2	67,5	0	0	0	67,5	149,3268	2	160	0,465625	0,93125
10	Цех №7	423,76	288,4	0	0	0	288,4	512,5886	2	630	0,406816	0,813633
11	Цех №4	136,96	131,6	0	0	0	131,6	189,9361	2	250	0,479872	0,759744
12	Модельно-конструкторский цех	173	119	0	0	0	119	209,9762	2	250	0,419952	0,839905
13	Цех №9	760,48	700	600	1	600	100	767,0266	2	630	0,608751	1,217503
14	Склады	132,4	33,9	0	0	0	33,9	136,671	1	250	0,546684	0,546684
15	Столовая	113,05	21	0	0	0	21	114,9839	2	100	0,574919	1,14

## 5. Выбор схемы внешнего электроснабжения

На заводе преобладают потребители II-й категории по надежности электроснабжения, поэтому электроснабжение завода осуществляется по двухцепной ЛЭП с установкой на ГПП двух трансформаторов. Согласно [6], выбираем схему двух блоков трансформатор – линия, которые для большей гибкости соединены неавтоматической перемычкой из двух разъединителей. В нормальном режиме один из разъединителей перемычки должен быть разомкнут.

Основным достоинством схемы является экономичность и надежность.

В цепях силовых трансформаторов устанавливаются выключатели и короткозамкатели с разъединителями. Выбранную схему приведем на рисунке 5.

Таким образом, внешнее электроснабжение осуществляется от двухцепной ЛЭП – 35 кВ с установкой на ГПП двух силовых трансформаторов типа:

Таблица 8- Технические характеристики трансформаторов ТДНС -10000/35.

Номинальная мощность, кВА	10000	
Номинальное высшее напряжение, кВ	35	
Номинальное низшее напряжение, кВ	6,3	10,5
Схема и группа соединения обмоток	Y/D-11	
Потери холостого хода, кВт	12,5	
Потери короткого замыкания, кВт	60	
Ток холостого хода, %	0,8	
Напряжение короткого замыкания, %	8,0	

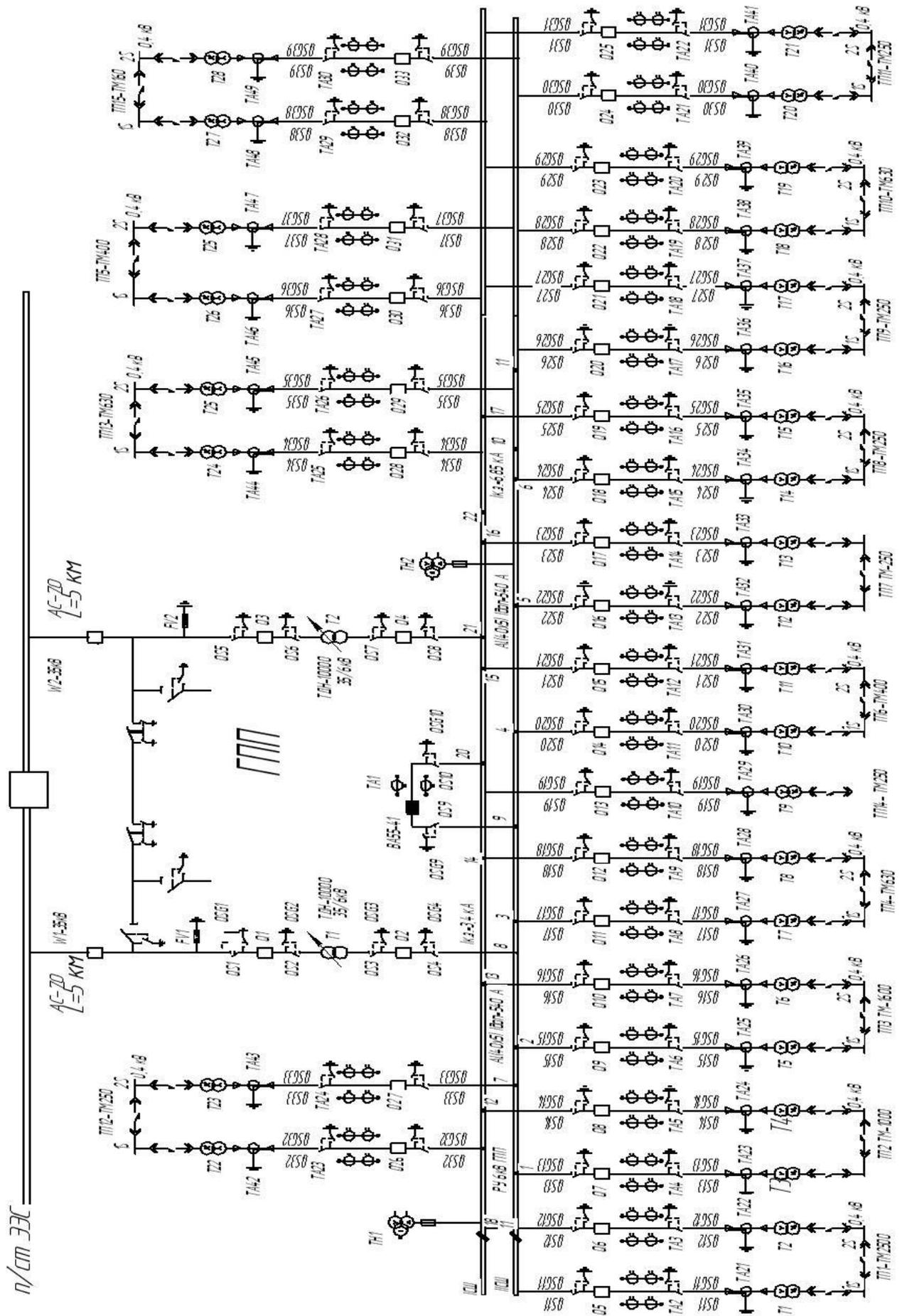


Рисунок 5- Схема внешнего электроснабжения

## 6. Система внутривозводского электроснабжения

Система электроснабжения предприятия состоит из источников питания, линий электропередач, осуществляющих подачу электроэнергии к заводу, понизительных подстанций и распределительных пунктов, а также связывающих их кабелей. Требования, которым должна удовлетворять схема электроснабжения:

- а) надежность;
- б) экономичность;
- в) удобство и безопасность эксплуатации;
- г) обеспечение необходимого качества электроэнергии у приемников;
- д) возможность дальнейшего развития сети.

Надежность определяется категорией потребителей по бесперебойности снабжения электроэнергией. Экономичность характеризуется стоимостными показателями.

Принимаем схему электроснабжения с одной ГПП. Ввиду наличия потребителей второй категории по степени бесперебойности электроснабжения предусматриваем секционирование шин ГПП и питание каждой секции по отдельной линии.

Резервирование питания для отдельных категорий потребителей заложено в самой схеме электроснабжения. Для этого все элементы схемы (линии, трансформаторы, аппаратура) должны нести в нормальном режиме постоянную нагрузку, а в послеаварийном (после отключения поврежденных участков) принимать на себя питание оставшихся в работе потребителей с учетом допустимых для этих элементов перегрузок. При секционировании всех звеньев системы электроснабжения, начиная от шин ГПП, должна быть предусмотрена установка на них системы АВР (автоматического ввода резерва) для повышения надежности питания. При этом в нормальном режиме работы следует обеспечивать раздельную работу элементов системы электроснабжения, что снижает уровень токов короткого замыкания,

облегчает и удешевляет коммутационную аппаратуру и упрощает релейную защиту.

При питании двухтрансформаторной ГПП от энергосистемы различают три основных варианта:

- питание двумя радиальными линиями;
- питание двумя магистральными линиями;
- совмещение РУ высокого напряжения ГПП с более сложным сетевым узлом энергосистемы, например, с несколькими отходящими линиями высокого напряжения.

При установке на ГПП двух трансформаторов, питаемых от разных линий электропередачи, возможно применение надежных и высокоэкономичных упрощенных блочных схем электрических соединений подстанций: «линия 35 кВ - трансформатор ГПП» и «линия на 35 кВ - трансформатор ГПП - токопровод на 6 кВ». Эти схемы проектируются без сборных шин и выключателей на стороне первичного напряжения 35кВ, а на стороне вторичного напряжения 6 кВ обычно имеют одиночную секционированную систему шин или токопроводы от каждого трансформатора.

ГПП предприятия получает электроэнергию по отпайкам от двух магистральных линий. В этом случае необходимы два отделителя для отключения поврежденного трансформатора ГПП от магистрали. Отключение отделителя происходит автоматически в период бестоковой паузы между моментом отключения головного выключателя магистрали после включения короткозамыкателя и моментом повторного включения головного выключателя линии под действием устройств АПВ. Применяется групповое реактирование обычными и сдвоенными реакторами, включаемыми в цепь выводов трансформатора это эффективный способ ограничения токов короткого замыкания в электросети предприятия.

Каждая вторичная обмотка обоих трансформаторов подключена к отдельной секции шин напряжением 6кВ. Все четыре секции одной системы сборных шин работают отдельно, но при выходе из работы одного трансформатора вся нагрузка автоматически переводится на другой включением секционных выключателей под действием устройств АВР. В распределительном устройстве данной подстанции установлены ячейки КРУ с масляными выключателями QF типа ВМП напряжением 6кВ.

## 7. Выбор питающих и распределительных сетей

Расчёт кабельной линии проведем на линии ГПП-ТП1

$$I_{p.ав} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (7.1)$$

$$I_{p.ав} = \frac{2110,72}{\sqrt{3} \cdot 6} = 203,4 \text{ А.}$$

$$I_{p.н} = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (7.2)$$

$$I_{p.н} = \frac{2110,72}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 101,7 \text{ А}$$

По справочнику выбираем кабель ВБШв 3х70 с  $I_{доп} = 215 \text{ А}$  сечением  $70 \text{ мм}^2$ .

По плотности тока:

$$S_э = \frac{I_p}{j_э} = \frac{101,7}{2,0} = 50,85 \text{ мм}^2.$$

Принимаем сечение  $70 \text{ мм}^2$ .

По потере напряжения:

$$L_{доп} = L_{\Delta u 1\%} \cdot \Delta U_{доп} \cdot \frac{I_{доп}}{I_{p.н}} \leq L_{факт}; \quad (7.3)$$

$$L_{доп} = 0,4 \cdot 5 \cdot \frac{212}{101,7} = 2,08 \leq 2,6$$

где  $L_{\Delta u 1\%} = 0,4$ ;  $\Delta U_{доп} = 5 \%$ .

По всем условиям выбираем кабель ВБШв с сечением  $70 \text{ мм}^2$ .

Расчёт кабелей для остальных трансформаторных подстанций сводим в таблицу 9.

Таблица 9- Расчёт кабельных линий

Линия	Длина линии, км	Назначение	Sp, кВА	N лини	Нагрузка		n кабеле й в лотке	Доп. А	Sэ, мм <sup>2</sup>	S, мм <sup>2</sup>	Марка и сечение кабеля
					Ip.н, А	Ip.ав, А					
Л1	0,7	ГПП-ТП1	2110,7	2	101,7	203,3	2	215	50,8	70	ВБШВ3х70
Л2	0,15	ГПП-ТП2	956,5	2	46,0	92,1	2	147	23	35	ВБШВ3х35
Л3	0,4	ГПП-ТП3	1141,1	2	55,0	109,9	2	147	22,5	35	ВБШВ3х35
Л4	0,125	ГПП-ТП4	637,3	2	30,7	61,4	2	92	15,3	16	ВБШВ3х16
Л5	0,35	ГПП-ТП5	433,4	2	20,9	41,8	2	92	10,4	16	ВБШВ3х16
Л6	0,35	ГПП-ТП6	459,9	2	22,15	44,3	2	92	11,1	16	ВБШВ3х16
Л7	0,125	ГПП-ТП7	279,5	2	13,5	26,9	2	92	6,7	16	ВБШВ3х16
Л8	0,925	ГПП-ТП8	181,9	2	8,76	17,52	2	92	4,4	16	ВБШВ3х16
Л9	0,52	ГПП-ТП9	149,3	2	7,2	14,4	2	92	3,6	16	ВБШВ3х16
Л10	0,625	ГПП-ТП10	512,6	2	24,7	49,4	2	92	12,3	16	ВБШВ3х16
Л11	0,25	ГПП-ТП11	189,9	2	9,15	18,3	2	92	4,57	16	ВБШВ3х16
Л12	0,225	ГПП-ТП12	210,0	2	10,1	20,2	2	92	5,05	16	ВБШВ3х16
Л13	0,625	ГПП-ТП13	767,0	2	37,0	73,9	2	147	18,5	35	ВБШВ3х35
Л14	0,58	ГПП-ТП14	136,7	1	13,2	13,2	1	92	6,6	16	ВБШВ3х16
Л15	0,37	ГПП-ТП15	115	2	5,5	11,1	2	92	2,7	16	ВБШВ3х16

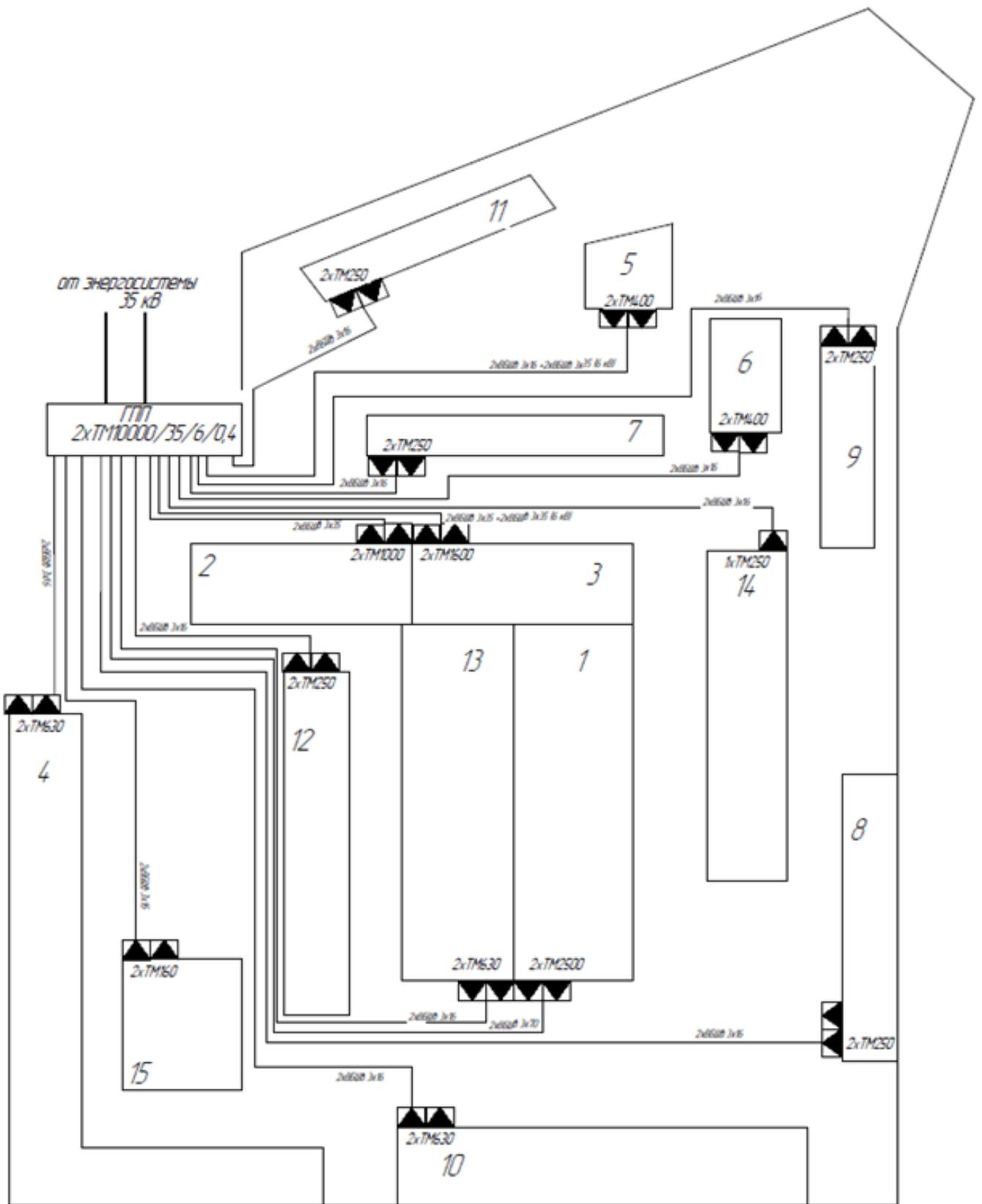


Рисунок 7- Схема внутризаводского электроснабжения

## 8. Расчёт токов короткого замыкания в сети свыше 1000 В

Все электрические аппараты и токоведущие части электрических установок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключалось их разрушение при прохождении по ним наибольших возможных токов КЗ, в связи с чем возникает необходимость расчёта этих величин.

Расчёт токов КЗ ведётся в относительных единицах. Для этого все расчётные данные приводят к базисному напряжению и базисной мощности.

Величина базисного напряжения  $U_6$  превышает номинальное на 5%. За базисную мощность  $S_6$  принимают любое число кратное 10.

Для расчёта токов КЗ составляется расчётная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются все источники питания (п/ст энергосистемы, генераторы ТЭЦ), трансформаторы, воздушные и кабельные линии.

По расчётной схеме составляется схема замещения, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчётов токов КЗ.

Базисные сопротивления в относительных единицах определяются по следующим формулам:

Сопротивление воздушных и кабельных линий:

$$r_{6*} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2}; \quad (8.1)$$

$$x_{6*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2}; \quad (8.2)$$

где  $r_{6*}$  и  $x_{6*}$  соответственно активное и индуктивное сопротивление линии на один км длины, Ом/км;

$l$  – длина линии, км.

Индуктивное сопротивление трансформатора:

$$x_{6*} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{нтр}}}, \quad (8.3)$$

где  $U_k$  – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$S_{\text{нтр}}$  – номинальная мощность трансформатора, МВА.

Для генераторов, трансформаторов, высоковольтных линий обычно учитываются только индуктивные сопротивления. При значительной протяжённости сети (кабельной и воздушной) учитываются также их активные сопротивления. Считается целесообразно учитывать активное сопротивление, если соотношение между суммарными активными  $r_{\Sigma}$  и реактивными  $x_{\Sigma}$  сопротивлениями до места КЗ следующие:  $r_{\Sigma} = \frac{x_{\Sigma}}{3}$ .

Действующее значение установившегося тока КЗ:

$$I_k = \frac{I_6}{z_{6*\Sigma}}, \quad (8.4)$$

где  $I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_6}$  – базисный ток.

$$z_{6*\Sigma} = \sqrt{r_{6*\Sigma}^2 + x_{6*\Sigma}^2}; \quad (8.5)$$

– полное сопротивление от источника питания до точки КЗ, выраженное в относительных единицах и приведенное к базисной мощности, если активное сопротивление не учитывается, то  $z_{6*\Sigma} = x_{6*\Sigma}$

Ударный ток КЗ

$$i_y = I_k \cdot \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}}, \quad (8.6)$$

где  $k_{\text{уд}}$  – ударный коэффициент.

По величине  $I_k$  проверяют электрические аппараты и токоведущие части на термическую устойчивость. По величине  $i_y$  проверяются аппараты на динамическую устойчивость.

Для расчёта токов КЗ принимаем базисные величины.

Согласно [3, стр.43] используя стандартный ряд базисных напряжений, принимаем  $U_{61} = 37$  кВ,  $U_{62} = 6,3$  кВ

За базисную мощность, согласно [3, стр.43] принимаем  $S_6 = 100$  МВА.

Принимаем, что мощность источника электроэнергии (энергосистемы):

$S_c = \infty$  и соответственно индуктивное сопротивление  $x_c = 0$ .

Расчёт токов КЗ будем проводить для участка распределительной сети 6 кВ ГПП – ТП-11 (рис.8). Для данного участка составляем схему замещения, представленную ниже.

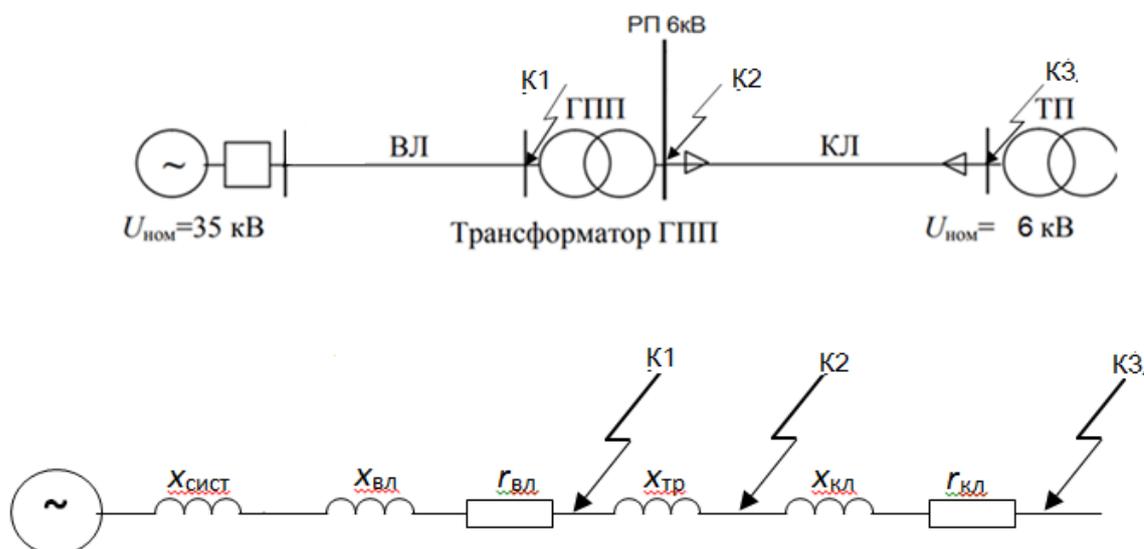


Рисунок 8- Схема замещения для участка распределительной сети 6 кВ ГПП – ТП-11

Расчёт токов для точки К1.

Для ВЛЭП принимаем удельное индуктивное сопротивление  $x_0 = 0,4$  (Ом/км), согласно [5, стр.130].

$$x_{61*} = 0,4 \cdot 5 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,146 \text{ о. е.}$$

$$I_6 = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,6 \text{ кА}$$

$$x_{*\Sigma 1} = x_{1*} = 0,146 \text{ о. е.}$$

$$I_{k1} = \frac{1,6}{0,146} = 10,96 \text{ кА}$$

Согласно [3, стр.45] принимаем

$$k_{уд} = 1,7$$

$$i_y = 10,96 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,7 = 26,3 \text{ кА}$$

Расчёт токов для точки К2.

Напряжение короткого замыкания для выбранного трансформатора принимаем равным  $U_k = 8 \%$ , согласно [5, стр.613].

$$x_{6*} = \frac{8}{100} \cdot \frac{100}{10} = 0,8 \text{ о. е.}$$

$$I_{62} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,16 \text{ кА}$$

$$x_{*\Sigma 2} = x_{1*} + x_{6*} = 0,146 + 0,8 = 0,946 \text{ о. е.}$$

$$I_{k2} = \frac{9,16}{0,946} = 9,7 \text{ кА}$$

Согласно [3, стр.45] принимаем

$$k_{уд} = 1,7$$

$$i_y = 9,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,7 = 23,3 \text{ кА}$$

Расчёт токов для точки КЗ.

Для кабельных линий принимаем удельное активное сопротивление  $r_0=0,67$  Ом/км, согласно [3 стр.90].

$$x_{3*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,08 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,05 \text{ о. е.}$$

$$r_{3*} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,67 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,422 \text{ о. е.}$$

$$x_{*\Sigma k3} = x_{*\Sigma k2} + x_{3*} = 0,946 + 0,05 = 0,996 \text{ о. е.}$$

Принимая во внимание соотношение  $r_\Sigma = \frac{x_\Sigma}{3}$  согласно [3, стр.45] активное сопротивление не учитываем.

$$I_{k3} = \frac{I_6}{x_{*\Sigma k3}} = \frac{9,16}{0,996} = 9,19 \text{ кА}$$

$$i_y = 9,19 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,75 = 22,69 \text{ кА}$$

Используя полученные значения токов короткого замыкания проверим принятые ранее сечение кабелей на термическую стойкость при КЗ в начале линии.

Термически стойкое сечение равно:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T}, \quad (8.7)$$

где  $B_k = I_k^2 \cdot (t_{отк} + T_a)$  – тепловой импульс тока КЗ,  $A^2 \cdot c$ ;

$T_a$  – постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ, принимаем равной 0,01 с, согласно [5, стр.150];

$t_{отк} = t_3 + t_B$  – время отключения КЗ, с; (8.8)

$t_3$  – время действия основной защиты, принимаем равной 0,4 с, согласно [5, стр.209];

$t_B$  – полное время отключения выключателя; учитывая, что в ЗРУ ГПП установлены выключатели типа ВМПЭ, у которого согласно [5, стр.630]

$t_B = 0,12$ с;

$C_T$  – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника; принимаем, согласно [3, стр.42] равным 91 ( $A \cdot c^{1/2}/mm^2$ ).

$$t_{отк} + T_a = 0,4 + 0,12 + 0,01 = 0,53 \text{ с}$$

Линия ГПП – ТП-11

$$F_{min} = \frac{I_{кз} \cdot \sqrt{t_{отк} + T_a}}{C_T} = \frac{9,19 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{0,53}}{91} = 7,3 \text{ мм}^2$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети 6 кВ ВБШв 3х16 проходит по термической стойкости к току КЗ:

$$F \geq F_{min}$$

Поэтому принимаем сечение 16 мм<sup>2</sup>.

Таблица 10- Расчёт токов короткого замыкания

Расчетные точки		К1	К2	К3
Токи КЗ	I кз, кА	10,96	9,7	9,19
	i <sub>y</sub> , кА	26,3	23,3	22,69

9. Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети выше 1000 В

Все выбранные аппараты и условия их проверки сведем в таблицу

Таблица 11- Выбор и проверка разъединителей

№	Обозначение или расчетная формула	Разъединитель РВ-6/400У3		Разъединитель на отходящей линии РВ-6/400У3	
		Расчетные данные	Каталожные данные	Расчетные данные	Каталожные данные
1	$U_H \geq U_{уст}$ (кВ)	$U_H=6$	$U_{уст}=6$	$U_H=6$	$U_{уст}=6$
2	$I_H \geq I_p$ (А)	$I_p = 67,4$	$I_H=400$	$I_p = 67,4$	$I_H=400$
3	$I_{H.B.} \geq I_{п.о.}$ (кА)	$I_{п.о.}=9,7$	$I_{H.B.}=41$	$I_{п.о.}=9,7$	$I_{H.B.}=41$
4	$i_Y \leq i_{вкл}$ (кА)	$i_Y=23,3$	$i_{вкл}=\phantom{23,3}$	$i_Y=23,3$	$i_{вкл}=\phantom{23,3}$
5	$I_t^2 * t_{терм} \geq B_K$ (кА <sup>2</sup> *с)	$B_K=15,2$	$I_t^2 * t_{терм}=1024$	$B_K=15,2$	$I_t^2 * t_{терм}=1024$

Таблица 12- Выбор и проверка выключателя на ГПП 35 кВ

№	Обозначение или расчетная формула	Выключатель на ГПП ВВУ-35А-40/2000У1	
		Расчетные данные	Каталожные данные
1	$U_H \geq U_{уст}$ (кВ)	$U_H=35$	$U_{уст}=35$
2	$I_H \geq I_p$ (А)	$I_p = 116$	$I_H=2000$
3	$I_{H.B.} \geq I_{п.о.}$ (кА)	$I_{п.о.}=10,96$	$I_{H.B.}=40$
4	$i_Y \leq i_{вкл}$ (кА)	$i_Y=26,3$	$i_{вкл}=102$
5	$I_t^2 * t_{терм} \geq B_K$ (кА <sup>2</sup> *с)	$B_K=60,1$	$I_t^2 * t_{терм}=4800$

Таблица 13- Выбор электрических аппаратов

Электрический аппарат или проводник	Условия выбора и проверка
Короткозамыкатель КЗ-35УХЛ1	$U_{уст} = 35\text{кВ} = U_{сети} = 35\text{кВ};$ $I_{откл.н} = 20 \text{ кА} > I_{по} = 10,96 \text{ кА};$ $I_{терм}^2 \cdot t_{тер} > B_K;$ $56 \text{ кА}^2 > 2,8 \text{ кА}^2.$
Шина ГПП 40x4 мм	$S_{расч} = 40 \times 4 = 160 > 91,12;$ $I_{доп} = 480 \text{ А} > I_{расч} = 381,1 \text{ А};$ $\sigma_{рас} = 94,5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^3} < \sigma_{доп} = 150 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^3}.$
Трансформатор напряжения НТМИ-10	$U_{ном} = 6 \text{ кВ} = U_{сети} = 6 \text{ кВ};$ $S_{ном} > S_{2\Sigma};$ $150 \text{ ВА} > 52,088 \text{ ВА}.$
Предохранитель ПКН001-10У3	$U_{ном} = 6 \text{ кВ} = U_{сети} = 6 \text{ кВ}.$

Продолжение таблицы 13

Электрический аппарат или проводник	Условия выбора и проверка
Нелинейный ограничитель перенапряжения ОПН-6УХЛ2	$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ} = U_{\text{сети}} = 6 \text{ кВ}.$
Трансформаторы тока ТОЛ-6	$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ} = U_{\text{сети}} = 6 \text{ кВ};$ $I_{\text{ном}} = 600 \text{ А} > I_{\text{раб.нб}} = 496,97.$
Трансформатор собственных нужд ТМ-100/6-У1	$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ} = U_{\text{сети}} = 6 \text{ кВ};$ $k_3 = 0,63;$ $k_{3 \text{ ав}} = 1,27.$
Предохранитель ПКТ-101-6-6 У3	$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ} = U_{\text{сети}} = 6 \text{ кВ};$ $I_{\text{ном}} = 6 \text{ А} > I_{\text{раб.н}} = 3,64 \text{ А};$ $I_{\text{откл.н}} = 31,5 \text{ кА} > I_{\text{ПО}} = 10,67 \text{ кА}.$
Выключатель нагрузки	$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ}; I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А};$ $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А} > I_{\text{раб.н}} = 509,22 \text{ А};$ $I_{\text{откл.н}} = 90 \text{ кА} > I_{\text{ПО}} = 10,96 \text{ кА};$ $I_{\text{вкл.н}} = 90 \text{ кА} > I_{\text{ПО}} = 10,96 \text{ кА};$ $I_{\text{пр.скв.}} = 70 \text{ кА} > I_{\text{ПО}} = 10,96 \text{ кА};$ $I_{\text{пр.скв.}} = 145 \text{ кА} > i_{\text{у3}} = 26,3 \text{ кА};$ $I_{\text{тер мм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} > B_{\text{к}};$ $126,7 \text{ кА}^2 > 15,2 \text{ кА}^2.$
Высоковольтный выключатель ВВ/TEL-6-25/1600 У2	$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ} = U_{\text{сети}} = 6 \text{ кВ};$ $I_{\text{ном}} = 630 \text{ А} > I_{\text{раб.нб}} = 509,2 \text{ А};$ $I_{\text{откл.н}} = 20 \text{ кА} > I_{\text{ПО}} = 9,7 \text{ кА};$ $I_{\text{пр.скв.}} = 52 \text{ кА} > I_{\text{ПО}} = 9,7 \text{ кА};$ $I_{\text{тер мм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} > B_{\text{к}};$ $3200 \text{ кА}^2 > 15,2 \text{ кА}^2.$
Предохранитель ПКТ103-6-900-20У3	$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ} = U_{\text{сети}} = 6 \text{ кВ};$ $I_{\text{ном}} = 900 \text{ А} > I_{\text{раб.н}} = 509,22 \text{ А};$ $I_{\text{откл.н}} = 40 \text{ кА} > I_{\text{ПО}} = 9,7 \text{ кА}.$
Автоматический выключатель SchneiderElectric Compact LS 400-1000-100	$U_{\text{ном}} = 380 \text{ В} = U_{\text{сети}} = 380 \text{ В};$ $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А} > I_{\text{раб.н}} = 509,22 \text{ А};$ $I_{\text{откл.н}} = 100 \text{ кА} > I_{\text{ПО}} = 9,6 \text{ кА}.$

## 10. Система электроснабжения цеха

Магистральная схема используется на большие токи (до 6300А), может подключаться непосредственно к трансформатору без распределительного устройства на стороне низшего напряжения, и выполняются с равномерным распределением электроэнергии к отдельным потребителям. Магистральные схемы обладают универсальностью, гибкостью (позволяют заменить технологическое оборудование без изменения электрической сети).

Радиальная схема электроснабжения представляет собой совокупность линий цеховой электрической сети, отходящих от распределительных устройств низшего напряжения трансформаторной подстанции и предназначенных для питания небольших групп приемников электроэнергии, расположенных в различных местах цеха. Распределение электроэнергии к отдельным потребителям при радиальных схемах осуществляется самостоятельными линиями от силовых пунктов, располагаемых в центре электрических нагрузок данной группы потребителей. Достоинством радиальных схем является высокая надежность питания и возможность применения автоматики.

В цехе применяется магистрально-радиальная схема. Магистраль идет до группы приёмников. Далее радиальная схема охватывает электроснабжением каждый электроприёмник отдельно.

Для защиты внутрицеховых электрических сетей от токов КЗ служат плавкие предохранители и автоматические выключатели. При размещении предохранителей в электрической сети обязательно должны выполняться условие обеспечения селективности их действия. Автоматические выключатели предназначены для автоматического размыкания электрических цепей при аномальных режимах (КЗ и перегрузках), для редких оперативных переключений при нормальных режимах. Для защиты электрических сетей цеха №4 применяем автоматические выключатели.

Выбор аппаратов защиты производится с учетом следующих основных требований:

1. Номинальный ток и напряжение аппарата защиты должны соответствовать расчетному длительному току и напряжению электрической сети.

Для линий к одиночным ЭП, выбор комбинированного расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратозависимой характеристикой.

$$I_{\text{СР.К.Р.}} \geq 1,25 * I_{\text{Н.ЭП}}, \text{ (А)} \quad (10.1),$$

где:  $I_{\text{СР.К.Р.}}$  – номинальный ток регулируемого комбинированного расцепителя автоматического выключателя;

$$I_{\text{УСТ}} \geq 1,2 * I_{\text{ПУСК}}, \text{ (А)} \quad (10.2),$$

где:  $I_{\text{УСТ}}$  – ток установки срабатывания расцепителя мгновенного действия, т.е. отсечка.

Для линий к группам ЭП, согласно [Л.10]

$$I_{\text{СР.К.Р.}} \geq 1,4 * I_{\text{Р}}, \text{ (А)} \quad (10.3),$$

$$I_{\text{УСТ}} \geq 1,25 * I_{\text{ПИК}}, \text{ (А)} \quad (10.4).$$

Производим расчет по формулам и результаты сводим в таблицу 14.

Время действия аппаратов защиты должно быть по возможности меньшим и должна быть обеспечена селективность действия защиты соответствующим подбором надлежащей конструкции защитного аппарата и его защитной характеристики.

2. Аппараты защиты не должны отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях нормальной эксплуатации.

Выбор проводника для питания группового щитка РП проводим по формуле (10.5), при этом определяется расчетный ток групповой линии.

$$I_{\text{Р.О.}} = \frac{P_{\text{Р.О.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{НОМ}} * \text{COS}\varphi}, \text{ (А)} \quad (10.5)$$

где:  $P_{\text{Р.О.}}$  – активная расчетная мощность 3-х фаз (кВт);

$\text{cos}\varphi$  – коэффициент мощности нагрузки.

Для линий питающих групповой щиток освещения определяем уставку срабатывания, согласно [10]

$$I_{\text{ср.к.р.}} \geq 1,3 * I_{\text{р.о.}}, (A) \quad (10.6)$$

Таблица 14- Расчет токов и защиты электроприемников

№	Наименование электроприемников	P <sub>НОМ</sub> кВт	I <sub>НОМ</sub>		Проводник		I <sub>доп</sub> А	Защита	
			I <sub>ПУСК</sub>		Марка	Сечение		Тип	I <sub>НОМ</sub> I <sub>ЭМ</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1,2	Шлифовальный полуавтомат	24	72,9 / 364,6	ВВГнг-Ls	5x25	115	ВА-57-35	100/400	
3-7	Поперечно-строчный станок	12	36,4 / 182,3	ВВГнг-Ls	5x16	90	ВА-57-35	40/200	
8,9	Универсально-заточной станок	9	27,3 / 136,7	ВВГнг-Ls	5x16	90	ВА-57-35	32/150	
10,11	Вертикально-фрезерный станок	8	24,3 / 121,5	ВВГнг-Ls	5x16	90	ВА-57-35	32/150	
12,15	Токарно-винторезный станок	2	6,07 / 30,4	ВВГнг-Ls	5x4	27	ВА-57-35	10/50	
16,17	Плоскошлифовальный станок	6,6	20,06 / 100,3	ВВГнг-Ls	5x16	90	ВА-57-35	25/125	
18,19	Гальваническая ванна	1,4	2,66	ВВГнг-Ls	5x4	27	ВА-57-35	6	
20	Гидравлический пресс	4	9,35 / 46,75	ВВГнг-Ls	5x6	35	ВА-57-35	16/100	
21-23	Горизонтально-фрезерный станок	2	6,07 / 30,4	ВВГнг-Ls	5x4	27	ВА-57-35	10/100	
24	Плоскошлифовальный станок	16	48,6 / 243,1	ВВГнг-Ls	5x16	90	ВА-57-35	63/250	
25-27	Радиально-сверильный станок	11	33,43 / 167,1	ВВГнг-Ls	5x16	90	ВА-57-35	40/200	
28	Вентилятор	62	117,7 / 839	ВВГнг-Ls	5x25	200	ВА-57-35	120/1000	
29	Кран-балка ПВ = 25%	15	45,6 / 228	ВВГнг-Ls	5x16	90	ВА-57-35	63/400	

План расположения электроприемников с размещением ШС и кабельными линиями в цехе приведено на рисунке 9, расположение светильников с указанием ЩО и кабельными линиями приведено на рисунке 10.

Питание от ГПП  
кабель 2хВВШЕ 3х16  
Грансформаторная  
подстанция  
2хТМ-250/6/0,4

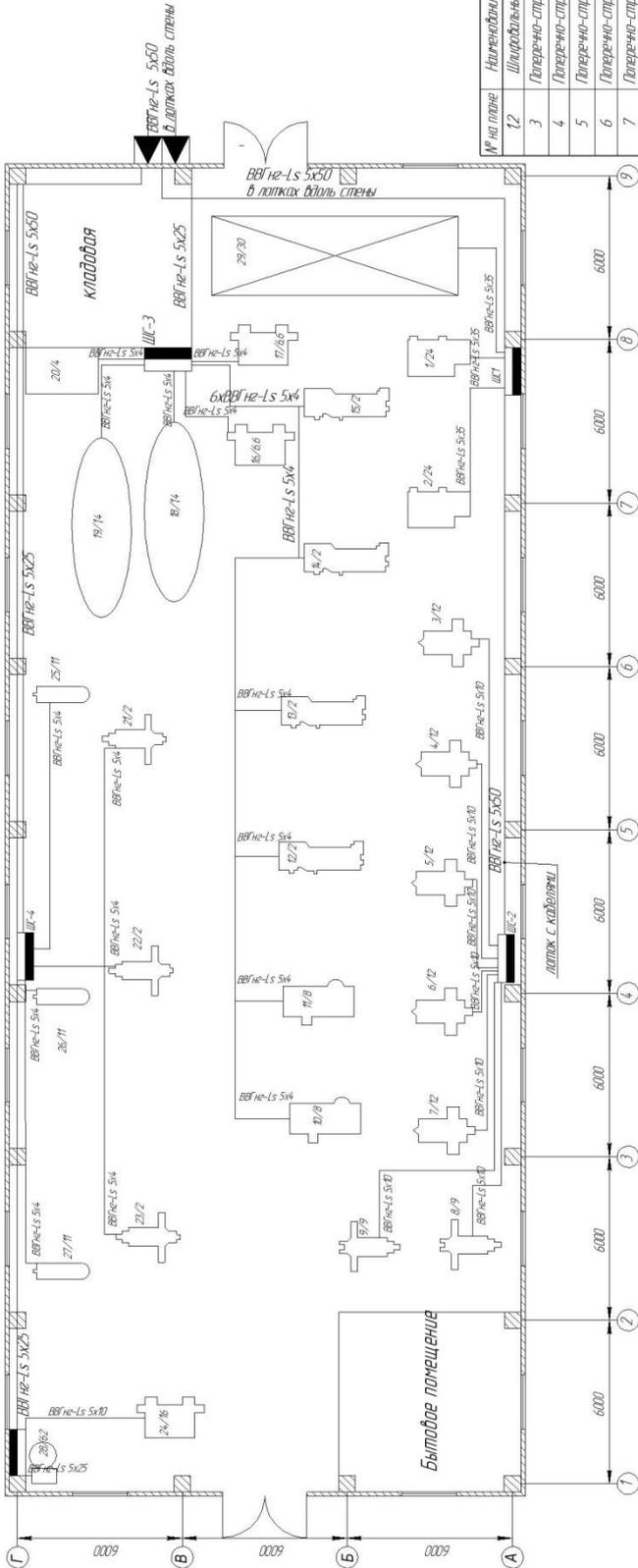
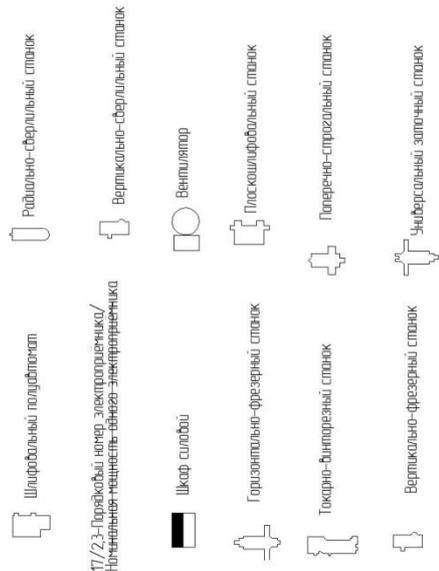


Рисунок 9- План цеха с ШС

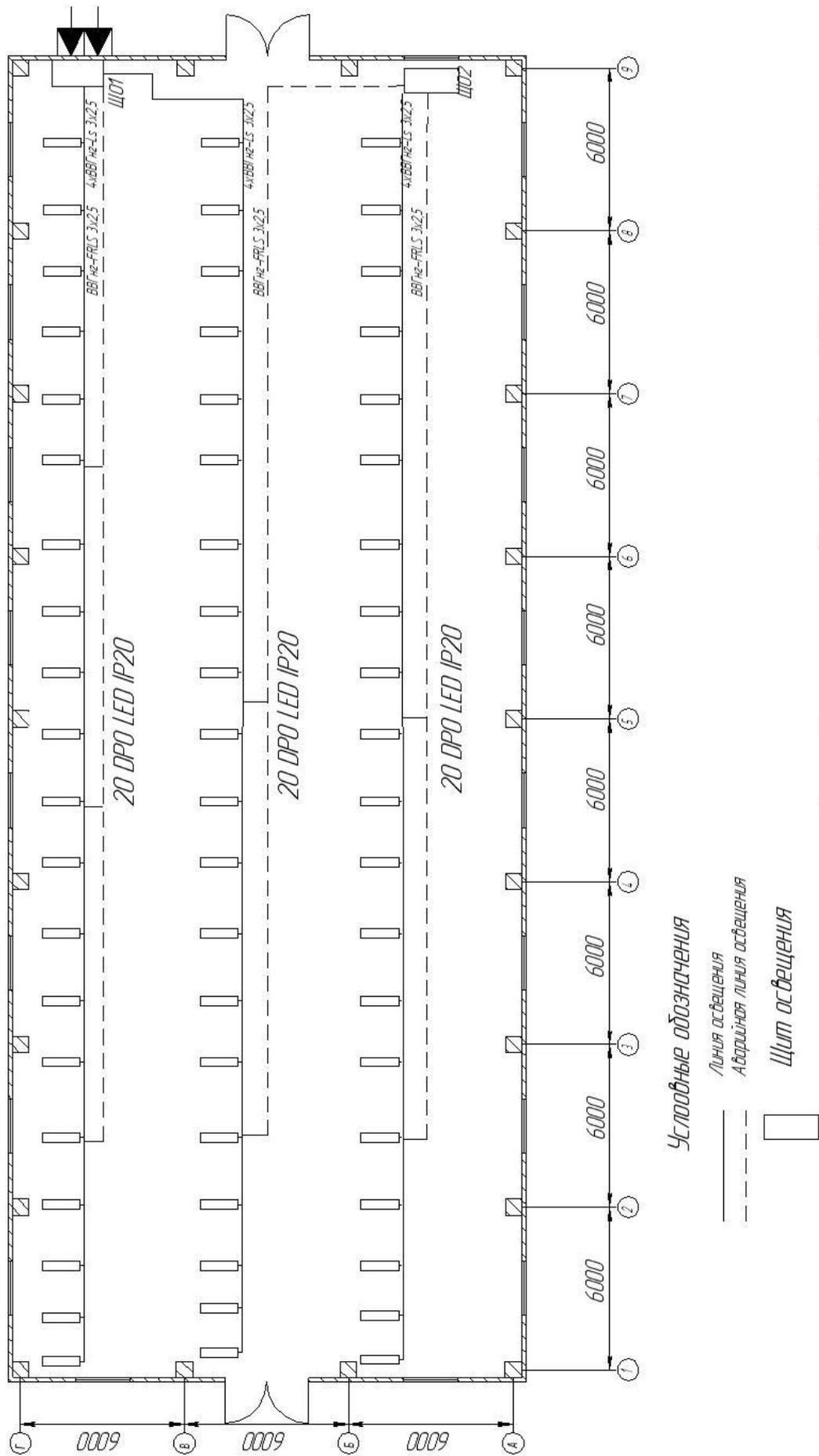
№ на плане	Наименование оборудования	Марка	количество
12	Шлифовальный полуавтомат	S-75	2
3	Поперечно-строгольный станок	7307T	1
4	Поперечно-строгольный станок	7307T	1
5	Поперечно-строгольный станок	7307T	1
6	Поперечно-строгольный станок	7307T	1
7	Поперечно-строгольный станок	7307T	1
8,9	Универсально-заточный станок	УЗВ-2	2
10	Вертикально-фрезерный	ВТ30	1
11	Вертикально-фрезерный	ВТ30	1
10	Горизонтально-фрезерный	6М80Г	1
11	Вертикально-фрезерный	6М12Г	1
12	Токарно-винторезный	ОД2580	1
13	Токарно-винторезный	ОД2580	1
14	Токарно-винторезный	ОД2580	1
15	Токарно-винторезный	ОД2580	1
16	Плоскостановочный	УФ-Е50	1
17	Плоскостановочный	УФ-Е50	1
18	Головчатая машина	РВ007Ж	1
19	Головчатая машина	РВ007Ж	1
20	Гидравлический пресс	БЕВКУЕС 20	1
21	Горизонтально-фрезерный	НМС	1
22	Горизонтально-фрезерный	НМС	1
23	Горизонтально-фрезерный	НМС	1
24	Плоскостановочный	УФ-Е50	1
25	Радиально-сверлильный	ЖС16/Л	1
26	Радиально-сверлильный	ЖС16/Л	1
27	Радиально-сверлильный	ЖС16/Л	1
28	Вентилятор	ВУ	1
29	Кран джойнт ВР 25%	Гартек	1

Изображение условно-графическое



1, 2, 3 - Показаны номер электроприемника/Потребителя энергии и номер электрощитового шкафа

Примечание  
Кабели к РП прокладываются в лотках и РП запитывается сверху  
В РП расположены выключатели для защиты основной линии  
Кабели от РП к станкам одиночной группы прокладываются в лотках  
Кабели к станкам 3, 4, 7, 9, 10, 13, 14 № 20, 21 прокладываются по лоткам  
Электроснабжение всех станков осуществляется сверху



Все светильники светодиодные IP20 на 33 Вт

Рисунок 10- План расположения светильников цеха

## 11 Расчет токов КЗ до 1 кВ

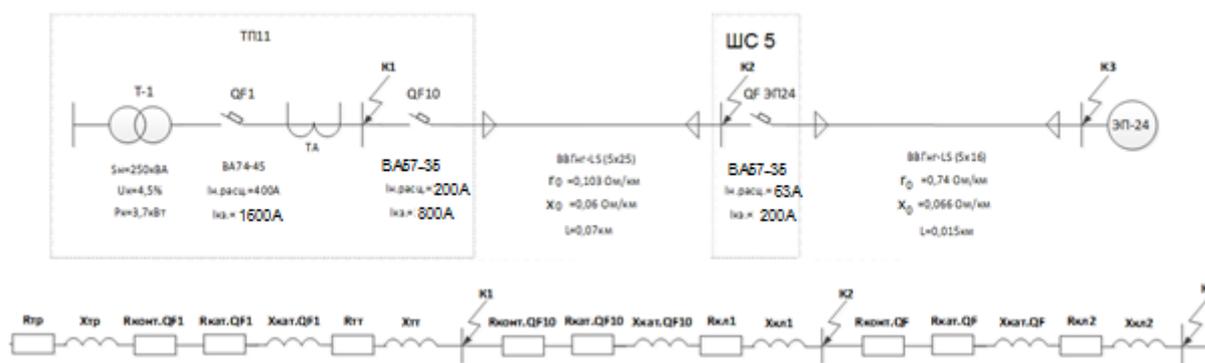


Рисунок 11- Расчетная схема и схема замещения

Сопротивление катушек максимального тока автомата BA74-45:

$$R_{\text{конт.}QF1} = 0,4 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{кат.}QF1} = 0,15 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кат.}QF1} = 0,17 \text{ мОм};$$

Сопротивление ТТ:

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

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

Активное сопротивление трансформатора:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{K3} \cdot U_c^2}{S_{н.тр.}^2} = \frac{3,7 \cdot 400^2}{250^2} = 9,472 \text{ мОм};$$

Реактивное сопротивление трансформатора:

$$X_{mp} = \frac{U_p \% \cdot U_c^2}{100 \cdot S_{н.тр.}} = \frac{4,3 \cdot 400^2}{100 \cdot 250} = 27,52 \text{ мОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{k1} = R_{mp} + R_{\text{конт.}QF1} + R_{\text{кат.}QF1} + R_{ТТ} = 9,472 + 0,15 + 0,4 + 0,11 = 10,132 \text{ мОм};$$

$$X_{k1} = X_{mp} + X_{\text{кат.}QF1} + X_{ТТ} = 27,52 + 0,17 + 0,17 = 27,86 \text{ мОм};$$

$$Z_{k1} = \sqrt{R_{mp}^2 + X_{mp}^2} = \sqrt{10,132^2 + 27,86^2} = 29,65 \text{ мОм}$$

Периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, кА:

$$I_{п0} = \frac{E_c}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma}}, \quad (11.1)$$

$$I_{к1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 29,65} = 7,8 \text{ кА}.$$

Расчёт сопротивлений для точки К2:

$$R_{к1} = r_0 \cdot L = 0,103 \cdot 0,07 = 7,21 \text{ мОм};$$

$$X_{к1} = x_0 \cdot L = 0,06 \cdot 0,07 = 4,2 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{конт.}QF10} = 0,75 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{кат.}QF10} = 1,3 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кат.}QF10} = 1,2 \text{ мОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки К3:

$$R_{к2} = R_{к1} + R_{к1} + R_{\text{конт.}QF10} + R_{\text{кат.}QF10} = 10,132 + 7,21 + 0,75 + 1,3 = 10,132 + 9,26 = 19,392 \text{ мОм};$$

$$X_{к2} = X_{к1} + X_{к1} + X_{\text{кат.}QF10} = 27,86 + 4,2 + 1,2 = 27,86 + 5,4 = 33,26 \text{ мОм};$$

$$Z_{к2} = \sqrt{R_{к2}^2 + X_{к2}^2} = \sqrt{19,392^2 + 33,26^2} = 38,5 \text{ мОм};$$

Периодическая составляющая тока К3 в начальный момент времени, кА:

$$I_{к2} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 38,5} = 6 \text{ кА}$$

Расчёт сопротивлений для точки К3:

$$R_{\text{конт.}QF} = 1,3 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{кат.}QF} = 5,5 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кат.}QF} = 4,5 \text{ мОм};$$

$$R_{к12} = r_0 \cdot L = 0,74 \cdot 0,015 = 11,1 \text{ мОм}$$

$$X_{к12} = x_0 \cdot L = 0,066 \cdot 0,015 = 0,99 \text{ мОм}.$$

Суммарное полное сопротивление до точки К3:

$$R_{\kappa 3} = R_{\kappa 2} + R_{\kappa 12} + R_{\kappa \text{ат}} + R_{\kappa \text{онт}} = 19,392 + 11,1 + 1,3 + 5,5 = 19,392 + 17,9 = 37,292 \text{ мОм};$$

$$X_{\kappa 3} = X_{\kappa 2} + X_{\kappa 12} + X_{\kappa \text{ат}} = 33,26 + 4,5 + 0,99 = 33,26 + 5,49 = 38,75 \text{ мОм};$$

$$Z_{\kappa 3} = \sqrt{R_{\kappa 3}^2 + X_{\kappa 3}^2} = \sqrt{37,292^2 + 38,75^2} = 53,8 \text{ мОм};$$

Периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, кА:

$$I_{\kappa 3} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 53,8} = 4,3 \text{ кА}$$

## 12 Построения эпюры отклонений напряжения

Отклонение напряжения:

$$\Delta U_{ij} = \frac{P_i R_{ij} + Q_i X_{ij}}{10U_i^2}; \quad (12.1)$$

Отклонение напряжения на цеховом трансформаторе, %:

$$\Delta U_m = \beta_m (U_a \cdot \cos \phi_2 + U_p \sin \phi_2) + \frac{\beta_m^2}{100} (U_a \sin \phi_2 - U_p \cos \phi_2), \quad (12.2)$$

### 12.1 Расчет максимального режима:

Участок 1-2:

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

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,67 \cdot 0,25 = 0,1675 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,08 \cdot 0,25 = 0,02 \text{ Ом}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{136,96 \cdot 0,1675 + 131,6 \cdot 0,02}{10 \cdot 6,3^2} = 0,06\%;$$

Участок 2-3:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_\kappa}{S_{н.мп}} \cdot 100\% = \frac{3,7}{250} \cdot 100\% = 1,48\%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_\kappa^2 - U_a^2} = \sqrt{4,5^2 - 1,48^2} = 4,3$$

$$\beta_m = 0,38$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 189,93 = 3,8 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 189,93 = 19 \text{ кВАр}$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_m = 136,96 - 3,8 = 133,16 \text{ Вт}$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_m = 131,6 - 19 = 112,6 \text{ кВАр}$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{133,16^2 + 112,6^2} = 174,4 \text{ кВА}$$

$$\cos \phi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{133,16}{174,4} = 0,764$$

$$\sin \phi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{112,6}{174,4} = 0,65$$

$$\Delta U_{23} = 0,38(1,48 \cdot 0,764 + 4,3 \cdot 0,65) + \frac{0,38^2}{100}(1,48 \cdot 0,65 - 4,3 \cdot 0,764) = 1,5\%$$

Участок 3-4:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34}R_{34} + Q_{34}X_{34}}{10U_3^2};$$

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,13 \cdot 0,07 = 0,0091 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,07 = 0,0042 \text{ Ом}$$

$$P_{34} = P_{p5} = 52,32 \text{ кВт}$$

$$Q_{34} = 44,4 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{52,32 \cdot 0,0091 + 44,4 \cdot 0,0042}{10 \cdot (380 \cdot 10^{-3})^2} = 0,46\%;$$

Участок 4-5:

$$R_{45} = 0,67 \cdot 0,015 = 0,01 \text{ Ом}$$

$$X_{45} = 0,07 \cdot 0,015 = 0,0011 \text{ Ом}$$

$$P_{45} = P_{\phi c} = 16 \text{ кВт}$$

$$Q_{45} = 16 \cdot 1,15 = 18,4 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{45} = \frac{16 \cdot 0,01 + 18,4 \cdot 0,0011}{10 \cdot (380 \cdot 10^{-3})^2} = 0,12\%;$$

## 12.2 Расчет минимального режима:

Для определения потоков мощностей минимального режима необходимо воспользоваться характерным суточным графиком электрических нагрузок. Для расчета применим коэффициент минимума нагрузки  $K_{\text{мин}}$ , который возьмем из характерного графика предприятия [5, рис.1.1]. В нашем случае примем:

$P_{\text{min}} = 0,7 \cdot P_{\text{max}}$  минимальная активная мощность;

$Q_{\text{min}} = 0,6 \cdot Q_{\text{max}}$  минимальная реактивная мощность.

В соответствии с суточным графиком нагрузки. После этого расчет повторяется по принципу расчета максимального режима, но при уменьшенной передаваемой мощности.

График нагрузок предприятия приведен на рисунке 12.

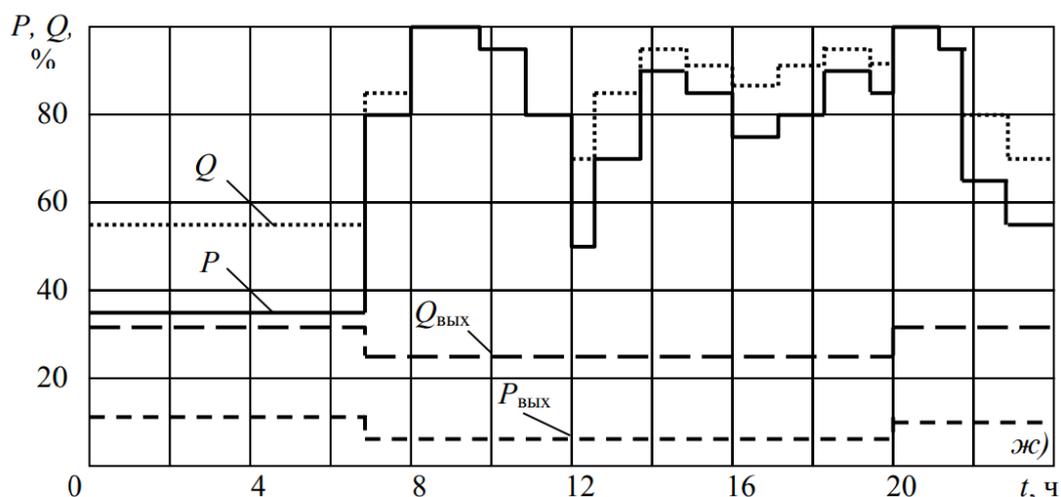


Рисунок 12- Суточный график электрических нагрузок завода «Электромашина».

$$P_{min} = 0,7 \cdot 136,96 = 95,872 \text{ кВт};$$

$$Q_{min} = 0,6 \cdot 131,6 = 92,12 \text{ кВАр}.$$

Участок 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{95,872 \cdot 0,1675 + 92,12 \cdot 0,02}{10 \cdot 6,3^2} = 0,045\%;$$

Участок 2-3:

$$\beta_m = 0,32$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 132,96 = 2,66 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 132,96 = 13,3 \text{ кВАр}$$

$$P'_2 = P_{12} - \Delta P_m = 95,872 - 2,66 = 93,212 \text{ Вт}$$

$$Q'_2 = Q_{12} - \Delta Q_m = 92,12 - 13,3 = 78,82 \text{ кВАр}$$

$$S'_2 = \sqrt{P'^2_2 + Q'^2_2} = \sqrt{93,212^2 + 78,82^2} = 122,1 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P'_2}{S'_2} = \frac{93,212}{122,1} = 0,764$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q'_2}{S'_2} = \frac{78,82}{122,1} = 0,65$$

$$\Delta U_{23} = 0,32(1,48 \cdot 0,764 + 4,3 \cdot 0,65) + \frac{0,32^2}{100}(1,48 \cdot 0,65 - 4,3 \cdot 0,764) = 1,25\%$$

Участок 3-4:

$$P_{34} = P_{p5} = 36,624 \text{ кВт}$$

$$Q_{34} = 31,1 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{36,624 \cdot 0,0091 + 31,1 \cdot 0,0042}{10 \cdot (380 \cdot 10^{-3})^2} = 0,32\%;$$

Участок 4-5:

$$P_{45} = P_{\phi c} = 16 \text{ кВт}$$

$$Q_{45} = 16 \cdot 1,15 = 18,4 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{45} = \frac{16 \cdot 0,01 + 18,4 \cdot 0,0011}{10 \cdot (380 \cdot 10^{-3})^2} = 0,12\%;$$

### 12.3 Расчет послеаварийного режима:

Участок 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{95,872 \cdot 0,335 + 92,12 \cdot 0,04}{10 \cdot 6,3^2} = 0,45\%;$$

Участок 2-3:

$$\beta_m = 0,32$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 132,96 = 2,66 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 132,96 = 13,3 \text{ кВАр}$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_m = 95,872 - 2,66 = 93,212 \text{ Вт}$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_m = 92,12 - 13,3 = 78,82 \text{ кВАр}$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{93,212^2 + 78,82^2} = 122,1 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{93,212}{122,1} = 0,764$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{78,82}{122,1} = 0,65$$

$$\Delta U_{23} = 0,32(1,48 \cdot 0,764 + 4,3 \cdot 0,65) + \frac{0,32^2}{100}(1,48 \cdot 0,65 - 4,3 \cdot 0,764) = 1,25\%$$

Участок 3-4:

$$P_{34} = P_{p5} = 36,624 \text{ кВт}$$

$$Q_{34} = 31,1 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{36,624 \cdot 0,0091 + 31,1 \cdot 0,0042}{10 \cdot (380 \cdot 10^{-3})^2} = 0,32\%;$$

Участок 4-5:

$$P_{45} = P_{\phi c} = 16 \text{ кВт}$$

$$Q_{45} = 16 \cdot 1,15 = 18,4 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{45} = \frac{16 \cdot 0,01 + 18,4 \cdot 0,0011}{10 \cdot (380 \cdot 10^{-3})^2} = 0,12\%;$$

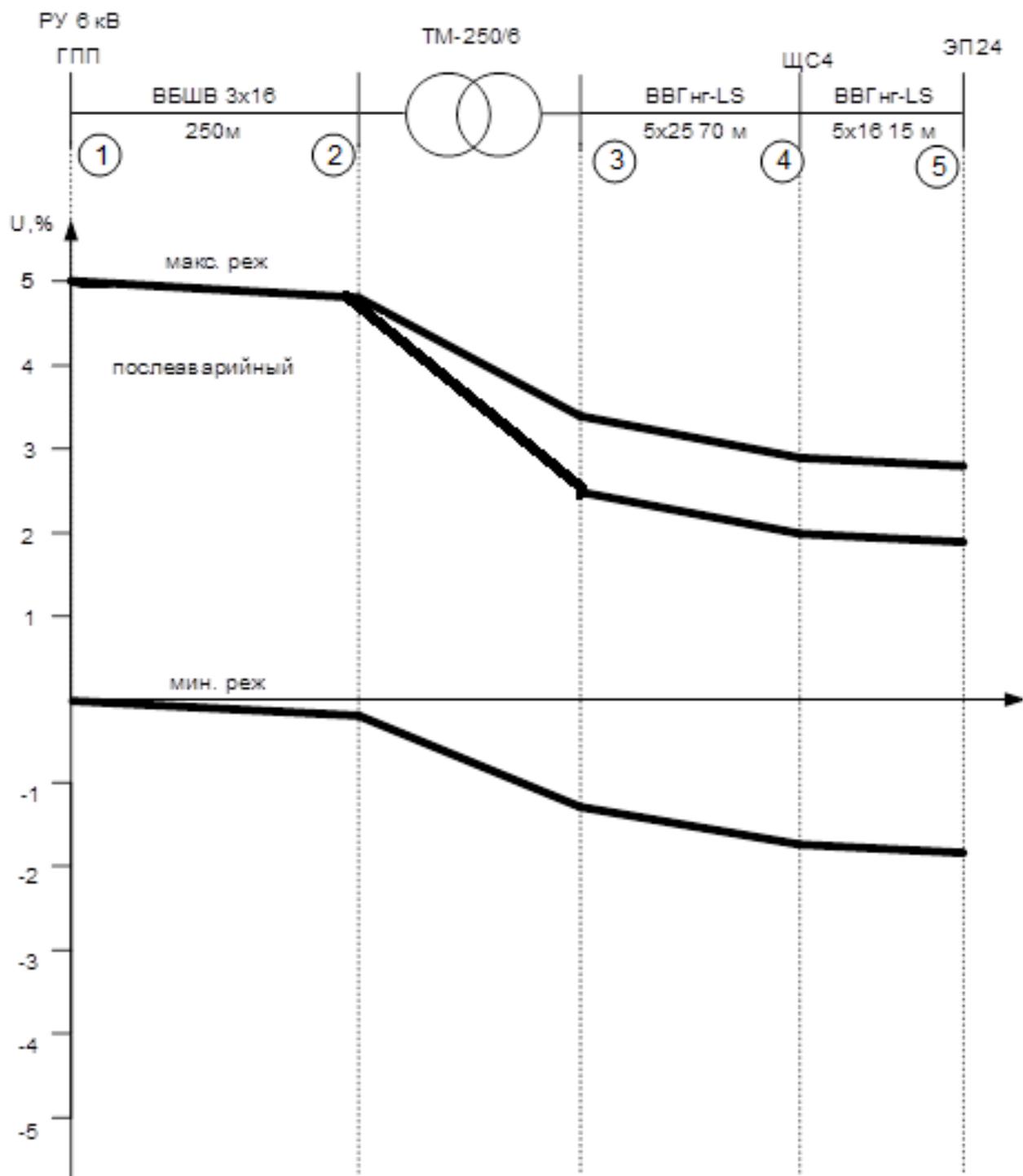


Рисунок 13 – Эпюра отклонений напряжения

### 13. Построение карты селективности действия аппаратов защиты

Карта селективности строится в логарифмическом масштабе. По оси абсцисс откладываются токи – расчетные, пиковые и КЗ, по оси ординат времена действия пиковых токов и времена срабатывания защит по защитным характеристикам.

Пусковые характеристики небольших ЭД изображаются в виде прямоугольника (по оси абсцисс откладывается пусковой ток, переходящий при  $t > t_{\text{ПУСК}}$  в номинальный, по оси ординат – время пуска). Аналогично изображается и пиковый ток в линии питающей группу ЭП.

Перед построением карты селективности строят цепочку защиты начиная от вводного автомата на подстанции до какого-либо ЭП. На цепочке указывается все необходимые данные о токах, протекающих на каждом участке цепочки в нормальном режиме и при КЗ и данные защитной аппаратуры и уставки их срабатывания. Схема защит ЭП №24 представлена на рисунке 14. Карта селективности представлена на рисунке 15.

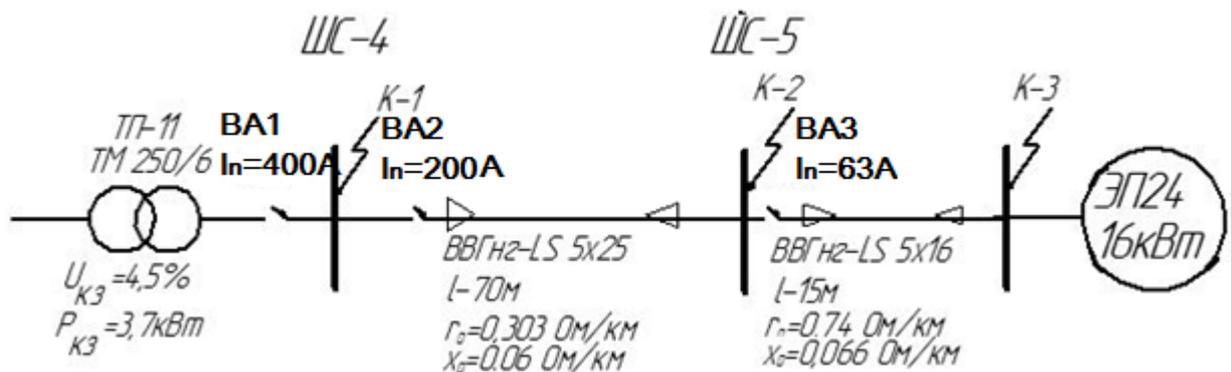


Рисунок 14- Схема защит

Таблица 15 – Цепочки защит для построения карты селективности

Тип аппарата	ВА74-45	ВА57-35	ВА57-35
Ином	400	200	63
Условие срабатывания: при перегрузке	400	200	63
при КЗ	1600	900	200
Условие срабатывания по времени КЗ	0,1	0,05	0,005

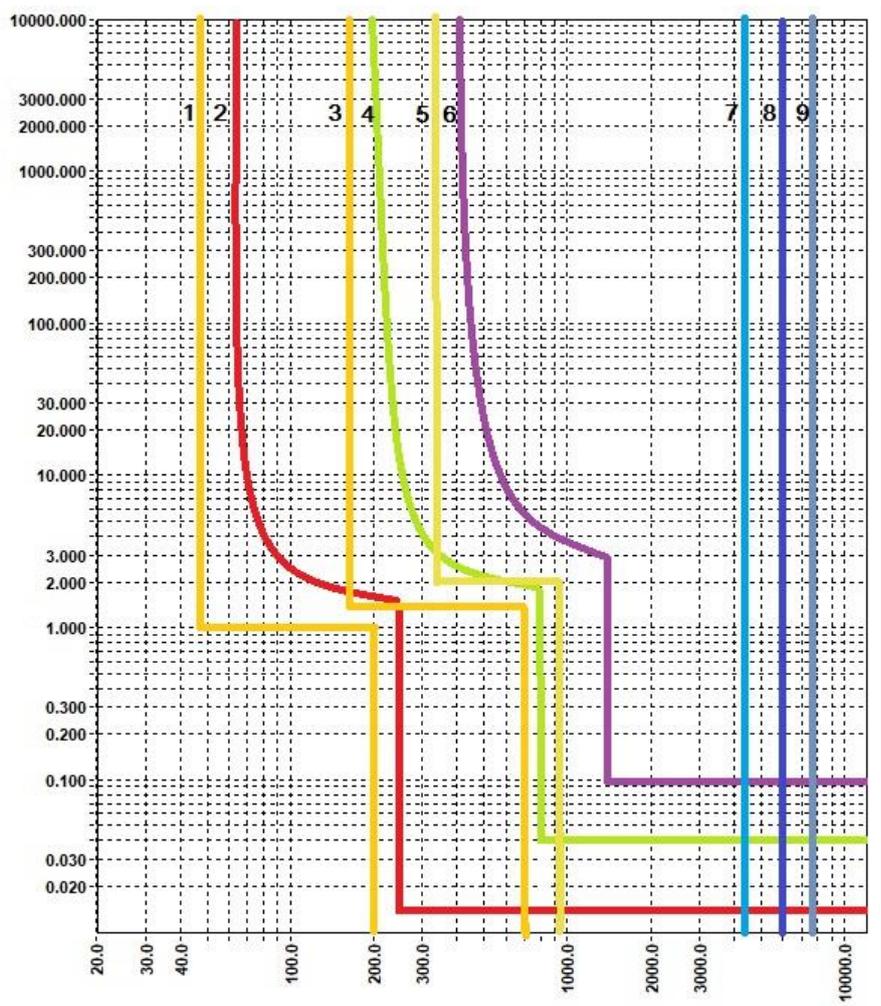


Рисунок 15- Карта селективности действия аппаратов защиты

По рассчитанным уставкам построим на одном графике все характеристики смежных защит и проанализируем график на предмет пересечений защитных характеристик. Если пересечений нет и между кривыми всегда есть промежуток по оси времени равный 0,25-0,3с (степень селективности для современных защит), то значит защиты селективны между собой.

На данном графике линии имеют свои номера. Они означают:

1 - характеристика ЭП; 2 – характеристика автомата ВА 57-35; 3 – характеристика группового присоединения; 4 – характеристика автомата ВА 57-35; 5 – характеристика группы электроприемников; 6 – характеристика автомата ВА 74-45; 7 - ток короткого замыкания в точке К3; 8 - ток короткого замыкания в точке К2; 9- ток короткого замыкания в точке К1.

Токовые отсечки смежных защит на графике могут пересекаться потому, что их селективность обеспечивается особым выбором тока срабатывания (токовая селективность).

Характеристики защит от перегрузки и МТЗ смежных защит не должны пересекаться так как их селективность обеспечивается различными выдержками времени срабатывания (временная селективность).

## 14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

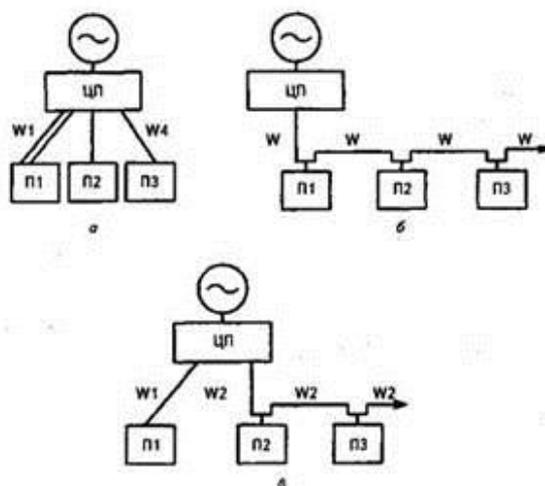
Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом детально рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
3. Планирование научно-исследовательской работы;
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.[25]

### 14.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Данный анализ целесообразно проводить при помощи оценочной карты. Оценочную карту проведем для возможных вариантов схем электроснабжения цеховых сетей, систем 3-х фазного тока напряжением до 1000 В: 1) радиальной, 2) магистральной, 3) магистрально-радиальной.



а)-радиальная; б)-магистральная; в)- магистрально-радиальная.

Рисунок 16 – Типовые схемы электроснабжения предприятия:

При выполнении анализа возможности использования той или иной схемы электроснабжения очень важно, чтобы выбранный вариант соответствовал требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения.[25] Говоря об этом, прежде всего, речь идёт о финансовых и человеческих ресурсах.

Таблица 16 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		№1	№2	№3	$K_{k1}$	$K_{k2}$	$K_{k3}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,25	4	3	5	1	0,75	1,25
2. Энергоэкономичность (минимум потерь)	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
3. Лёгкость монтажа	0,05	3	5	2	0,15	0,25	0,1
4. Безопасность	0,15	4	2	5	0,6	0,3	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,25	1	2	4	0,25	0,5	1
2. Затраты на монтаж схемы (минимальные)	0,1	1	4	2	0,1	0,4	0,2
3. Простота монтажа	0,05	2	5	3	0,1	0,25	0,15
4. Долговечность оборудования	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	25	28	30	2,8	2,95	4,15

Позиция оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме составляют 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (14.1)$$

где:

$K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.[25]

Пример оценки конкурентоспособности на примере 3 варианта:

$$\hat{E}_{k1\Sigma} = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 2 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,05 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 = 4,15$$

По данным оценочной карты наиболее безопасным и экономически выгодным вариантом является вариант № 3 – магистрально-радиальная схема. Конкурентное преимущество схемы состоит в оптимальном сочетании цены, качества и надежности схемы.

Теоретически для электроснабжения данного цеха можно использовать только магистральную схему, но вследствие малой мощности отдельных электроприемников и ввиду их расположенности прокладывать только шинопроводы нецелесообразно. Поэтому выгодным техническим решением является совмещение и магистрального шинопровода и распределительных пунктов.

Применение выбранного технического решения позволяет проложить линии от источника питания до потребителей электроэнергии без значительных обратных направлений, сэкономить число шкафов на распределительном пункте и обеспечить высокую степень надежности электроснабжения. Применение данного решения представлено на рисунке 17.

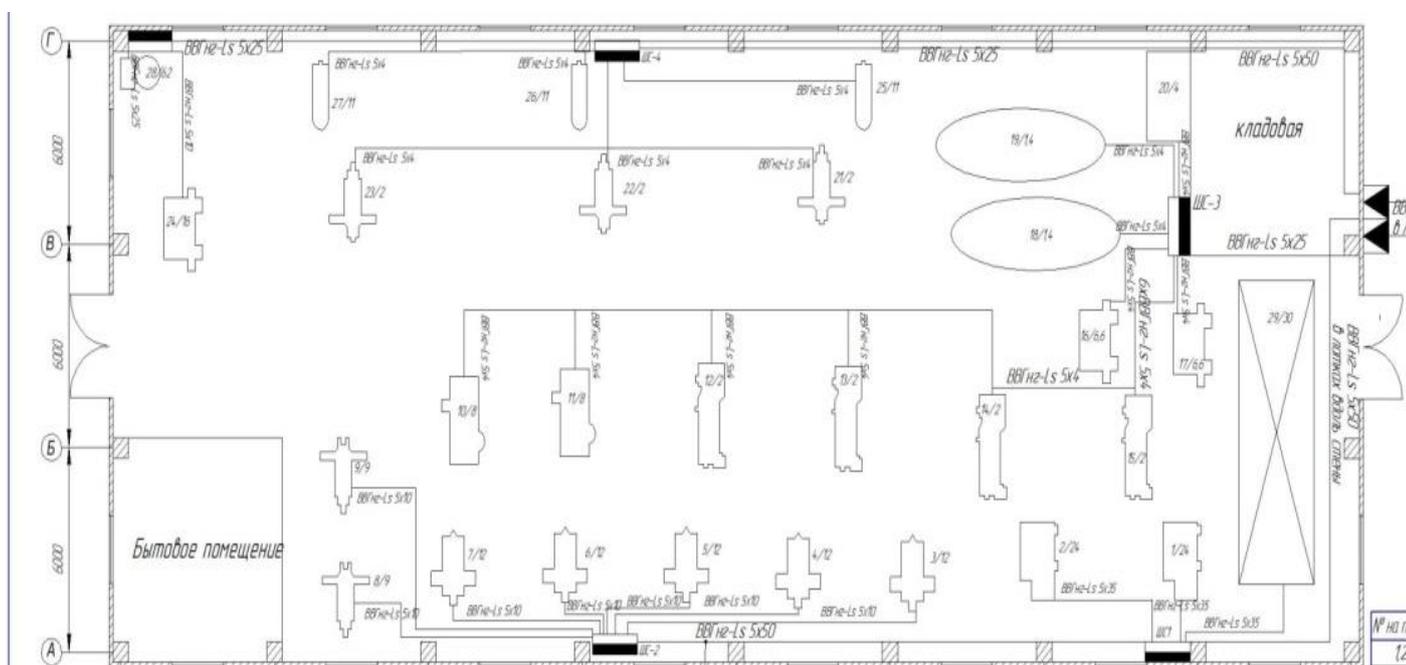


Рисунок 17 – Магистрально-радиальная схема электроснабжения ремонтно-механического цеха

#### 14.2 SWOT-анализ Ремонтно-механического цеха №4 завода «Электромашина»

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Представляет собой комплексное исследование технического проекта. Поскольку SWOT-анализ в общем виде не содержит экономических категорий, его можно применять к любым организациям, отдельным людям и странам для построения стратегий в самых различных областях деятельности. Применительно к проектируемой АСР уровня, SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны проекта, а также его

возможности и угрозы. Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.[25]

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности; У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 17.

Таблица 17 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны проекта:</b> С1. Высокая энергоэффективность и энергосбережение технологи. С2. Экологичность технологии. С3. Квалифицированный персонал. С4. Повышение безопасности производства С5. Уменьшение затрат на ремонт оборудования	<b>Слабые стороны проекта:</b> Сл1. Трудность монтажа системы Сл2. Дороговизна оборудования Сл3. Высокая техническая ответственность электрооборудования Сл4. Сложность эксплуатации электрооборудования
<b>Возможности:</b> В1. Увеличение производительности электрооборудования В2. Появление дополнительной автоматизированной системы управления внутрицеховой структуры В3. Снижение тарифных ставок на электроэнергию В4. Появление более простых универсальных электрических и конструктивных систем внутривзаводской и внутрицеховой сети	В1С1С2С3С4; В2С1;С4;С5; В3С5; В4С1С2С5;	В1Сл3;Сл4; В2Сл1Сл2;Сл4 В3Сл2; В4Сл1; Сл3;Сл2;Сл4
<b>Угрозы:</b> У1. Пробой изоляции и диэлектрических частей оборудования и проводов У2. Катастрофы природного и техногенного характера У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации энергоснабжения предприятий У4. Угрозы выхода из строя сложного энергоёмкого оборудования	У1С3; У3С5;	У1Сл1Сл2; У3Сл1Сл2; У4Сл1. Сл3

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.[25]

Составляя интерактивные матрицы используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).[25]

Далее (в таблицах 18 и 19) приведен анализ данных, по которым можно сказать, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

Таблица 18– Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	+	+	-
	B2	+	-	-	+	+
	B3	-	-	-	-	+
	B4	+	+	+	+	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	B1	-	-	+	-	
	B2	+	+	-	+	
B3	-	+	-	-		
B4	+	+	+	-		

Таблица 19 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	+	-	-	+	-
	У3	-	-	-	-	+
	У4	+	+	+	-	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	У1	+	+	-	-	
	У2	-	-	+	+	
У3	+	+	-	-		
У4	-		-	+		

В процессе проектирования системы электроснабжения предприятия инженер нацелен на проектирование с возможно большим внедрением сильных сторон. Это влияет, прежде всего, на качество и востребованность спроектированной системы электроснабжения, что немало важно для потребителей.[25]

В результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта, проведена оценка

надежности и возможностей данного проекта. Было установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ (высокая энергоэффективность, повышенная безопасность производства), обеспечивающих повышение производительности, безопасности, экологичности и экономичности технического производства. Также в проекте присутствуют и слабые стороны. Одним из таких является трудность монтажа системы, что является большим минусом при реализации проекта. Для этого составляются интерактивные матрицы возможностей и угроз. Анализ интерактивных матриц, показывает соответствие сильных сторон с возможностями, нежели с угрозами. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.[25]

### 14.3 Планирование научно-исследовательской разработки

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования системы электроснабжения завода «Электромашина».[25]

#### 14.3.1 Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования системы электроснабжения завода «Электромашина» входят научный руководитель и инженер (студент-бакалавр).

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 20.[25]

№ 1 – составление и утверждение технического задания – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№ 2 – подбор и изучение материалов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – проведение расчетов электрических нагрузок предприятия – расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№ 4 – выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций;

№ 5 – компенсация реактивной мощности на цеховых ТП и уточнение их нагрузки;

№ 6 – расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В;

№ 7 – электроснабжение ремонтно-механического цеха;

№ 8 – выбор сечений линий питающей сети цеха – проверка по допустимому току нагрева, выбор защиты, согласование тока проводника и защитного аппарата;

№ 9 – проведение графических построений – построение плана всего завода, в частности ремонтно-механического цеха, картограммы электрических нагрузок;

№ 10 – оценка эффективности полученных результатов – сравнение результатов с допустимыми отклонениями потерь по ПУЭ, построение карты селективности участка ГПП – ЭП №24;

№ 11 – составление пояснительной записки – оформление результатов проектной деятельности;

№ 12 – проверка выпускной квалификационной работы руководителем - в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником, подготовку к защите и защиту проекта;

№ 13 – подготовка к защите ВКР – подготовка иллюстрационного материала, написание доклада и его согласование с руководителем по проекту.[25]

Таблица 20 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме, примерный план работ	Инженер
			Научный руководитель
Расчеты и проектирование системы электроснабжения ремонтно-механического цеха завода «Электромашина»	3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Инженер
	4	Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	Инженер
	5	Компенсация реактивной мощности	Инженер
	6	Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	
	7	Электроснабжение ремонтно-механического цеха	Инженер
	8	Выбор сечений линий питающей сети цеха	Инженер
	9	Проведение графических построений	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель

## Продолжение таблицы 20

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Оформление отчета по техническому проектированию	11	Составление пояснительной записки	Инженер
	12	Проверка выпускной квалификационной работы	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	13	Подготовка к защите ВКР	Инженер

### 14.3.2 Определение трудоемкости выполнения НИ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (14.2)$$

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.[25]

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (14.3)$$

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

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.дн.[25]

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.[25]

В таблице 21 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работ.

Таблица 21 – Календарная продолжительность работ

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел-дни						Длительность работ в рабочих днях	
		$t_{\min}$ ,		$t_{\max}$ ,		$t_{\text{ож}}$			
		Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	2	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	2	-	4		2,8	-	3
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	-	16	-	19	-	17,8	-	18
4	Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	1	12	3	15	1,8	13,2	2	16
5	Компенсация реактивной мощности цеховых ТП и уточнение их нагрузки	1	12	3	15	1,8	13,2	2	12
6	Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1кВ	1	9	2	12	1,4	10,8	2	11
7	Электроснабжение ремонтно-механического цеха	1	11	2	14	1,4	12,8	2	13
8	Выбор сечений линий питающей сети цеха	1	8	3	11	1,8	9,8	2	10
9	Проведение графических построений	-	1	-	2		1,4	-	2
10	Оценка эффективности полученных результатов	1	4	2	6	1,4	4,8	2	5
11	Составление пояснительной записки	-	5	-	12		7,8		6
12	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	1	-	2	-	1,4		2	
13	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	3	2	5	1,4	3,8	2	4

*Примечание:* минимальное  $t_{\min}$  и максимальное время  $t_{\max}$  получены на основе экспертных оценок.

### 14.3.3 Разработка графика проведения НИ

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.[25]

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельному проекту, задаче или подзадаче. Проекты, задачи и подзадачи, составляющие план, размещаются по вертикали. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи. Диаграмма Ганта не является, строго говоря, графиком работ. И это один из основных её недостатков. Кроме того, диаграмма Ганта не отображает значимости или ресурсоемкости работ, не отображает сущности работ (области действия). Для крупных проектов диаграмма Ганта становится чрезмерно тяжеловесной и теряет всякую наглядность.[25]

На основе таблицы 6 строим план-график. График строится для округленного среднего длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени написания ВКР. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.[25]

Диаграмма Ганта представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп-ли	T <sub>рв</sub> раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	-												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер, Руководитель	3	-												
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Инженер	18	—————												
4	Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	Руководитель	2				-									
		Инженер	16			—————										
5	Компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ цеховых ТП и уточнение их нагрузки	Руководитель	2						-							
		Инженер	12				—————									
6	Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	Руководитель	2							-						
		Инженер	11					—————								
7	Электроснабжение инструментального цеха	Руководитель	2													
		Инженер	13							—————						
8	Выбор сечений линий питающей сети цеха	Руководитель	2													
		Инженер	10								—————					
9	Проведение графических построений	Инженер	2													
10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	2													
		Инженер	5													
11	Составление пояснительной записки	Инженер	6													
12	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель	2													
13	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель	2													
		Инженер	4													

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 12 декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составит 118 дней. Из них:

- 100 дней – продолжительность выполнения работ дипломника;
- 18 дней – продолжительность выполнения работ руководителя;

#### 14.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.[25]

#### 14.3.5 Расчёт материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, которые понадобились при разработке проекта, т.к. итогом данного проекта является отчет по научной исследовательской работе, нам понадобились следующие канцелярские принадлежности:

- бумага;
- картридж;
- ручка;
- папка;
- тетрадь.[25]

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (14.4)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;  $N_{расх\ i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);  $Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Так как все материалы приобретались у конечных распространителей (магазин канцелярский принадлежностей), транспортные расходы были уже учтены в их конечной стоимости.[25]

В таблице 23 приведены материальные ресурсы, которые были применены при выполнении работы.

Таблица 23 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, З <sub>м</sub> , руб.
Ручка	шт.	1	20	20
Тетрадь	шт.	1	20	20
Бумага	лист.	140	0,5	70
Картридж	шт.	1	500	500
Папка	шт.	1	10	17
Итого:				627

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов. Если учесть, что ручка была списана на 20%, а тетрадь была использована только на 50%, то часть их стоимость должна быть вычтена из материальных затрат. Тогда конечные затраты:

$$З_{\text{Мконечн}} = З_{\text{М}} - C_{\text{В.О.}} = 627 - 16 - 10 = 601 \text{ руб. [25]}$$

#### 14.4 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.[25]

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.[25]

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.[25]

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб
1	Пакет Microsoft Office	1	1,645	1,645
2	MathCAD	1	4,50	4,50
3	AutoCAD	1	1,380	1,380
Итого:				7,525

Величина материальных затрат на специальное оборудование составит:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i = (1 + 0,15) \cdot 7,525 = 8,65375 \text{ тыс.руб. [25]}$$

#### 14.5 Основная заработная плата исполнителей

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.[25]

Заработная плата инженера определяется как:

$$Z_{\Pi} = Z_{осн} + Z_{дон}; \quad (14.5)$$

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, составляет  $0,15 \cdot Z_{осн}$ ;

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p; \quad (14.6)$$

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата;

$T_p$  – суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником в соответствии с таблицей 22.[25]

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D}; \quad (14.7)$$

$Z_M$  – месячный оклад научно-технического работника;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска ( $M = 10,4$  для шестидневной рабочей недели и отпуске в 48 рабочих дней);

$F_D$  – действительный годовой фонд научно технического персонала (определяется за вычетом выходных, праздничных и больничных дней).[25]

Месячный оклад научно-технического работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p; \quad (14.8)$$

$Z_{ТС}$  – заработная плата по тарифной ставке;

$k_{np}$  – премиальный коэффициент, равный 30%;

$k_D$  – коэффициент доплат и надбавок, составляет примерно 20%;

$k_p$  – районный коэффициент, для Томска равен 1,3.[25]

Размер заработной платы по тарифной ставке определяется по формуле:

$$Z_{ТС} = T_{ci} \cdot k_T; \quad (14.9)$$

$T_{ci}$  – тарифная ставка работника (принимается равной тарифной ставке работника первого разряда т.е.  $T_{ci} = 4330$ руб.);

$k_T$  – тарифный коэффициент в зависимости от разряда (для шестого разряда  $k_T = 1,407$ ).[25]

С помощью представленных выше формул находим основную заработную плату:

$$Z_{ТС} = T_{ci} \cdot k_T = 4330 \cdot 1,407 = 6092 \text{ руб};$$
$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 6092 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 11879 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{11879 \cdot 11,2}{365 - 118 - 24} = 596,6 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{он}} \cdot T_p = 596,6 \cdot 27,2 = 16227,52 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дон}} = Z_{\text{осн}} + 0,15 \cdot Z_{\text{осн}} = 16227,52 + 0,15 \cdot 16227,52 = 18661,65 \text{ руб}.$$

Расчёт основной заработной платы руководителя происходит на основании отраслевой системы оплаты труда. Плановая нагрузка руководителя - 20 часов. Часовая ставка руководителя-доцента – 300 рублей. С учётом этого, рассчитаем размер основной заработной платы руководителя НТИ:

$$C_{\text{осн}} = 300 \cdot 11 = 3300 \text{ руб}$$

#### 14.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.[25]

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дон}}); \quad (14.10)$$

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

Следует заметить, что отчисления на социальные нужды по научно-исследовательской работе составляют 27,1 % ( $k_{\text{внеб}} = 0,271$ ).[25]

Таблица 25 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Инженер-проектировщик	16227,52	2434,128
Руководитель	3300	-
Коэффициент отчислений	0,271	
Итого	$Z_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot (16227,52 + 2434,128 + 3300) =$ $= 5951,61 \text{ руб}.$	

## 14.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 1–4}) \cdot k_{\text{нр}};$$

где,  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.[25]

Величину коэффициента накладных расходов составляет 16%. Тогда накладные расходы НТИ рассчитываются, как:

$$Z_{\text{накл}} = (601 + 8653,75 + 18661,65 + 76846,18 + 5951,61) \cdot 0,16 = 17715,07 \text{ руб.}[25]$$

## 14.8 Формирование сметы затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по выбранному варианту приведено в таблице 26.[25]

Таблица 26 – Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Расчет материальных затрат НТИ	601
Расчет затрат на специальное оборудование	8653,75
Расчёт затрат на заработную плату инженера-проектировщика	18661,65
Расчёт затрат на заработную плату руководителя	3300
Расчёт затрат на отчисления во внебюджетные фонды	5951,61
Расчёт накладных расходов	17715,07
Бюджет затрат НТИ	54883,08

Как видно из таблицы 26 основные затраты на разработку научно-технической продукции составляют затраты на заработную плату и на специальное оборудование для научных работ.

#### 14.9 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности технического проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.[25]

По результатам анализа оценочной карты, SWOT анализа и интегрального финансового показателя можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным вариантом является проведение научно-технических исследований при помощи магистральной схемы. Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности этого варианта проведения исследований целесообразно провести в табличной форме.

Таблица 27 – Определение интегрального показателя ресурсоэффективности наиболее перспективного варианта исследований

Критерии	Весовой коэффициент	Магистрально-радиальная	Магистральная	Радиальная
1. Надёжность	0,25	5	3	4
2. Гибкость	0,25	3	4	2
3. Безопасность	0,15	5	2	4
4. Простота монтажа	0,10	3	4	2
5. Расход материала	0,10	3	5	3
6. Материальные затраты	0,15	5	3	1
Итого:	1,00	24	22	17
Показатель ресурсоэффективности	–	4,1	3,4	2,75

Пример расчёта показателя ресурсоэффективности для магистрально-радиальной схемы:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 4,1.$$

## 15 Социальная ответственность

### 15.1 Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса)

Основным электрооборудованием ремонтно-механического цеха №4, завода ОАО Электромашин являются группы токарных, шлифовальных, фрезерных, заточных станков. Данный цех относится к группе вспомогательных цехов и служб. Цех обеспечивает нормальный технологический процесс, изготавливают инструмент и технологическую оснастку, проводят профилактический и капитальный ремонт оборудования.

Согласно [10] производственное помещение классифицируются по условиям окружающей среды: с нормальной средой - сухие помещения, относительная влажность которых составляет не более 60 %, отапливаемые и не отапливаемые помещения, не опасные по коррозии, пожару, взрыву.

Таким образом, все электроприемники ремонтно-механического цеха располагаются в помещениях без повышенной опасности - имеют нормальную среду, т.е. относительная влажность не превышает 60%. В помещении отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным, химически и биологически активным средам.[10]

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

### 15.2 Производственная и экологическая безопасность

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

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

### 15.3 Анализ опасных факторов

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

В рассмотренном корпусе ремонтно-механического цеха имеются следующие опасные факторы:

- Быстровращающиеся части агрегатов и механизмов;
- Возможность поражения электрическим током;
- Возможность поражения дугой и брызгами раскаленного металла

при проведении сварочных работ.

### 15.4 Анализ вредных факторов

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

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

## 15.5 Производственная безопасность

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

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

Производственное оборудование, при работе которого есть опасность поражения или травмирования быстровращающимися частями или механизмами должно иметь следующие средства для устранения этой опасности:

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

- Согласно ПТЭЭП, выключатели, контакторы и другие пускорегулирующие аппараты должны иметь четкие надписи указывающие к какому электрооборудованию они относятся; [11]

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

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

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

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

- Оснащение всех защитных и технологических кожухов, ограждений, щитков системной блокировки, которая исключает работу производственного механизма без обеспечения необходимых мер предосторожности, таких как незакрытый защитный кожух и т.п. и которая

вдобавок производит немедленное отключение электропривода при попытке открыть или снять защитный кожух или щиток.[11]

Основные причины поражения электрическим током:

- Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- Появление напряжения на механических конструктивных частях электрооборудования (корпусе, кожухе и т.п.) в результате повреждения изоляции, коротких замыканий и других причин;
- Появление напряжения на отключенных частях, на которых производится какая-либо работа (наладка, ремонт и т.д.) из-за ошибочного включения установки;
- Возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания на землю.

Согласно [12], основными мерами защиты от возможности поражения электрическим током является:

- Надежное ограждение всех токоведущих частей от возможного случайного прикосновения, в первую очередь незащищенных, а по возможности и защищенных частей;[11]
- Применение защищенного разделения сетей;[11]
- Устранение возможности поражения электрическим током, вызванным прикосновением к конструкциям или корпусам, оказавшимся случайно под напряжением, а также появлением напряжения на отключенных частях применением устройств защищенного заземления или защитного заземления, или же применение устройств защитного (немедленного) отключения;
- Обеспечение организации безопасной эксплуатации электроустановок в соответствии со всеми требованиями, предусмотренными [10,12];

- Соблюдение правил технической безопасности и правил технической эксплуатации электроустановок.

Но в процессе эксплуатации электроустановок часто возникают ситуации, при которых даже самое полное соблюдение всех вышеперечисленных общих мер не обеспечивает безопасности работающего и тогда требуется применение специальных средств защиты согласно [12]:

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

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

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

К организационным мероприятиям относят:

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

### 15.5.1 Расчет защитного заземления

Защитным заземлением называется преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции и контакта их с токоведущими частями. Назначение защитного заземления в том, чтобы создать между металлическими частями (конструкциями) или корпусом защищаемого устройства и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления (конкретные значения для различных условий определены [10]).

В установках до 1000 В применяют систему заземления при которой заземленные проводники соединяются с заземленной нейтралью. Наличие такого соединения превращает замыкание токоведущих частей на заземленные части установки в короткое замыкание из-за чего происходит отключение аварийного участка защитным аппаратом.[14]

Из сказанного следует, что целью устройства защитного заземления является:

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

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

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

Рассчитаем систему заземления по следующим исходным данным: заземление необходимо сделать для оборудования ремонтно-механического цеха, работающего на напряжение 0,38 кВ имеющего ТП с  $S_H=250$  кВА. Для заземлителей используя стальные трубы  $\varnothing 4,5$  см. с толщиной стенок 3,5 мм длиной 2,5 м.

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

Расчет производится в следующем порядке:

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

2. По исходным данным в соответствии с [10] для нашего случая, учитывая возможность промерзания грунта зимой и просыхания летом, удельные сопротивления грунта при расчетах следует принимать более высоким. Для этого определяются расчетные значения  $\beta$  и  $\rho_{\Pi}$  при использовании трубчатых заземлителей и соединительной полосы:

$$\rho_{\text{Э}} = \rho_{\text{T}} \cdot K_{\text{Э}} \quad (15.1)$$

$$\rho_{\Pi} = \rho_{\text{T}} \cdot K_{\Pi} \quad (15.2),$$

где:  $\rho_{\text{T}}$  – сопротивление суглинка  $\rho_{\text{T}}=1 \cdot 10^4$  (Ом·см);

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

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

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

Величина растекания сопротивления одной забитой в землю трубы:

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2\pi \cdot L_t} \left( L_n \frac{2L_t}{\alpha} + 0,5 L_n \frac{4h_T + l_T}{4h_T - l_T} \right) \quad (15.3)$$

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

$L_T$  – длина трубы (см);

$d$  - наружный диаметр трубы (см);

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

$$R_3 = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2\pi \cdot 250} \left( Ln \frac{2 \cdot 250}{4,5} + 0,5 Ln \frac{4 \cdot 195 + 250}{4 \cdot 195 - 250} \right) = 60,98(Ом)$$

Определим требуемое число трубчатых заземлителей:

$$n = R_3 / r_3 \quad (15.4),$$

где:  $R_3$  - сопротивление растекания одного заземлителя;

$r_3$  – сопротивление заземляющего устройства по ПУЭ.

$$n = 60,98 / 4 = 15,29 \text{ шт}$$

Учитывая, что трубы соединяются заземляющей полосой, которая является в качестве заземлителей, уменьшаем полученное число труб до 15 штук.

Определим длину соединительной полосы:

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

Сопротивление соединительной полосы:

$$R_{II} = \frac{\rho_{II}}{2\pi \cdot Ln} \cdot Ln \frac{2Ln^2}{h_{II} \cdot b} \quad (15.5),$$

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

$b$  – ширина полосы.

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

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

$$R_c = \frac{R_{\text{э}} \cdot R_{\text{п}}}{R_{\text{э}} \cdot r_{\text{к}} + R_{\text{п}} \cdot r_{\text{п}} \cdot n} \quad (15.6),$$

где:  $r_{\text{к}}$  – коэффициент использования труб контура  $r_{\text{к}} = 0,5$ ;

$r_{\text{п}}$  – коэффициент использования полосы,  $r_{\text{п}}=0,8$ .

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

Полученная величина удовлетворяет нормам. Расположение штырей заземления указано на рисунке 18.

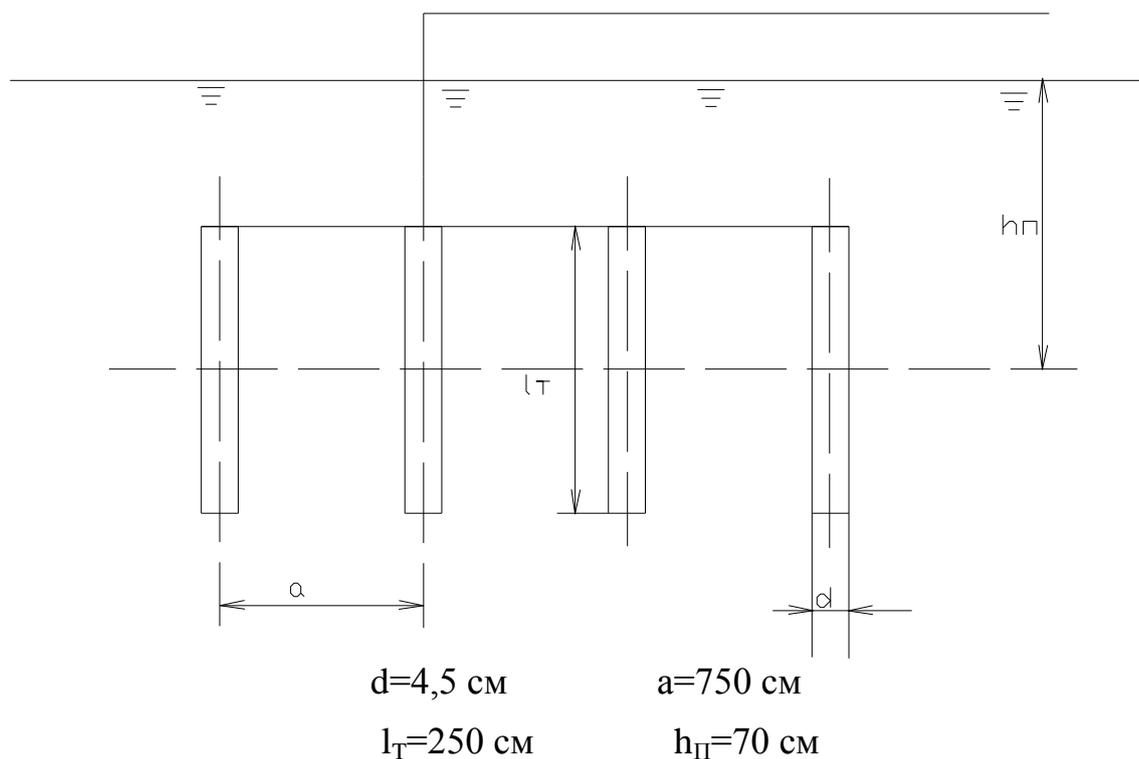


Рисунок 18- Схема расположения заземлителей

Электросварочные работы должны выполняться согласно требованию [15], [16], [18], [19] и [20].

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

- Регулярно, не реже 1 раза в месяц, проверять электросварочные аппараты на соответствие техническим нормам;
- Применение защитных средств (щитки и маски с защитными стеклами);
- Для уменьшения вредных примесей в зале проведения работ персоналом, применение местной и общей вентиляции, а также местного отсоса воздуха;
- Для защиты от брызг раскаленного металла предусматривается применение спецодежды и индивидуальных средств защиты;
- Меры, предусмотренные для защиты от поражения электрическим током перечисленные выше.

#### 15.5.2 Производственная санитария

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

Согласно [17] для ремонтно-механического цеха (цех №4) допустимый уровень звукового давления на рабочих местах равен 85 дБ. Для снижения уровня шума предусматриваются следующие общие меры:

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

- Применение индивидуальных средств защиты (наушники, шлемы и т.п.).

Величина предельно допустимой напряженности по [21] электромагнитного поля на рабочих местах частотой 50 Гц в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м, для защиты от повышенного уровня электромагнитных излучений предусматриваются следующие меры:

- Для ослабления мощности электромагнитного излучения на рабочем месте увеличиваем расстояние между источником и рабочим местом;
- Для ослабления мощности электромагнитного излучения от источников применяется различные виды экранов и поглотителей мощности (металлические экраны и сетки и т.п.);
- Для защиты самих рабочих мест они тоже экранируются;
- Применение индивидуальных средств защиты (это экраны изготовленные из металлизированных материалов, радиозащитные очки из стекла отражающего электромагнитное излучение и т.п.[12])

В ремонтно-механическом цехе преобладает естественное освещение.

Естественное освещение оказывает благоприятное воздействие на человека, поэтому все помещения в соответствии с санитарными нормами должны иметь естественное освещение, т.е. освещение помещений светом неба проникающим через световые проемы в наружных конструкциях, рекомендуется правилами [22]. При недостаточном уровне естественного освещения применяются следующие меры для повышения освещенности:

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

В данном помещении присутствуют вредные примеси в воздухе (механическая пыль и примеси масла). Согласно [11] ПДК металлических частиц в воздухе  $1,5 \text{ мг/м}^3$ . Основные меры защиты от вредных примесей в воздухе:

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

## 15.6 Охрана окружающей среды

Исходя из [26], в охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почвы для получения данных о фактических уровнях загрязняющейся окружающей среды. Полученная информация о загрязнениях позволяет быстро выявлять причины повышения концентрации вредных веществ в окружающей среде и активно их устранять. [26]

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

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

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

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

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

Стратегия контроля за загрязнением окружающей среды включает в себя четкое представление о сложности окружающей среды, разработку методов создания новых технических средств контроля за загрязнением и определение задач в отношении защиты окружающей среды.[26]

### 15.7 Защита в чрезвычайных ситуациях

Согласно [27], к чрезвычайным ситуациям (ЧС) относятся: военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия.

Стихийные бедствия – это явление природы, возникающие, как правило внезапно. Они носят чрезвычайный характер, и приводит к нарушению нормальной жизни, иногда гибели людей и уничтожению материальных ценностей. К ним относятся: землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы и др.[27]

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

Для ликвидации последствий ЧС на ОАО «Электромашина» созданы следующие службы:

- Оповещения и связи
- Противорадиационной и противохимической защиты
- Медицинская
- Аварийно-техническая
- Охраны общественного порядка и др.

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

Основными формированиями ГО на ОАО «Электромашина» являются спасательные отряды (команды). Они предназначены для

проведения спасательных работ в военное время, так и для ликвидации последствий стихийных бедствий и крупных аварий.

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

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

Для защиты от ЧС предусмотрены следующие меры повышенной устойчивости:

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

#### 15.7.1 Пожарная безопасность

Основная причина пожаров на заводе ОАО «Электромашина» – это нарушение технологического режима станков и механизмов, неправильная их эксплуатация персонала, несоблюдение [12] и [11]. Также пожары могут возникнуть от неисправности электрооборудования (короткое замыкание, перегрузка и т.п.).

Противопожарная безопасность рассматриваемого ремонтно-механического цеха обеспечивается мероприятиями противопожарной профилактики и активной пожарной защиты. Данный цех согласно [10] и [11] относится к пожарной зоне класса П-П. Выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м. Зоны класса П-П расположены в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна, исключая образование взрывоопасной смеси, при воспламенении которой расчётное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.[28]

Основы противопожарной защиты определены [29].

Мероприятия по противопожарной профилактике подразделяется на:

1. Организационные мероприятия:

- Эксплуатация оборудования и цеховой подстанции в соответствии с [10] и [11];
- Соблюдение правил противопожарной безопасности по содержанию порядка в цехе;
- Инструктаж рабочего персонала направленный на соблюдение правил противопожарной безопасности.

2. Технические мероприятия:

- Рациональное размещение оборудования (с проходами между отдельными станками);
- Соблюдение правил противопожарной безопасности, [10] при устройстве оборудования, отопления, вентиляции.

3. Режимные мероприятия:

- Запрет курения в неустановленных местах;
- Строгое соблюдение ТБ во время работы.

4. Эксплуатационные мероприятия:

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

При проектировании ремонтно-механического цеха предусматривается безопасная эвакуация персонала на случай возникновения пожара, во время которого персонал покинет здание в течение минимального времени в соответствии с планом эвакуации представленном на рисунке 19.

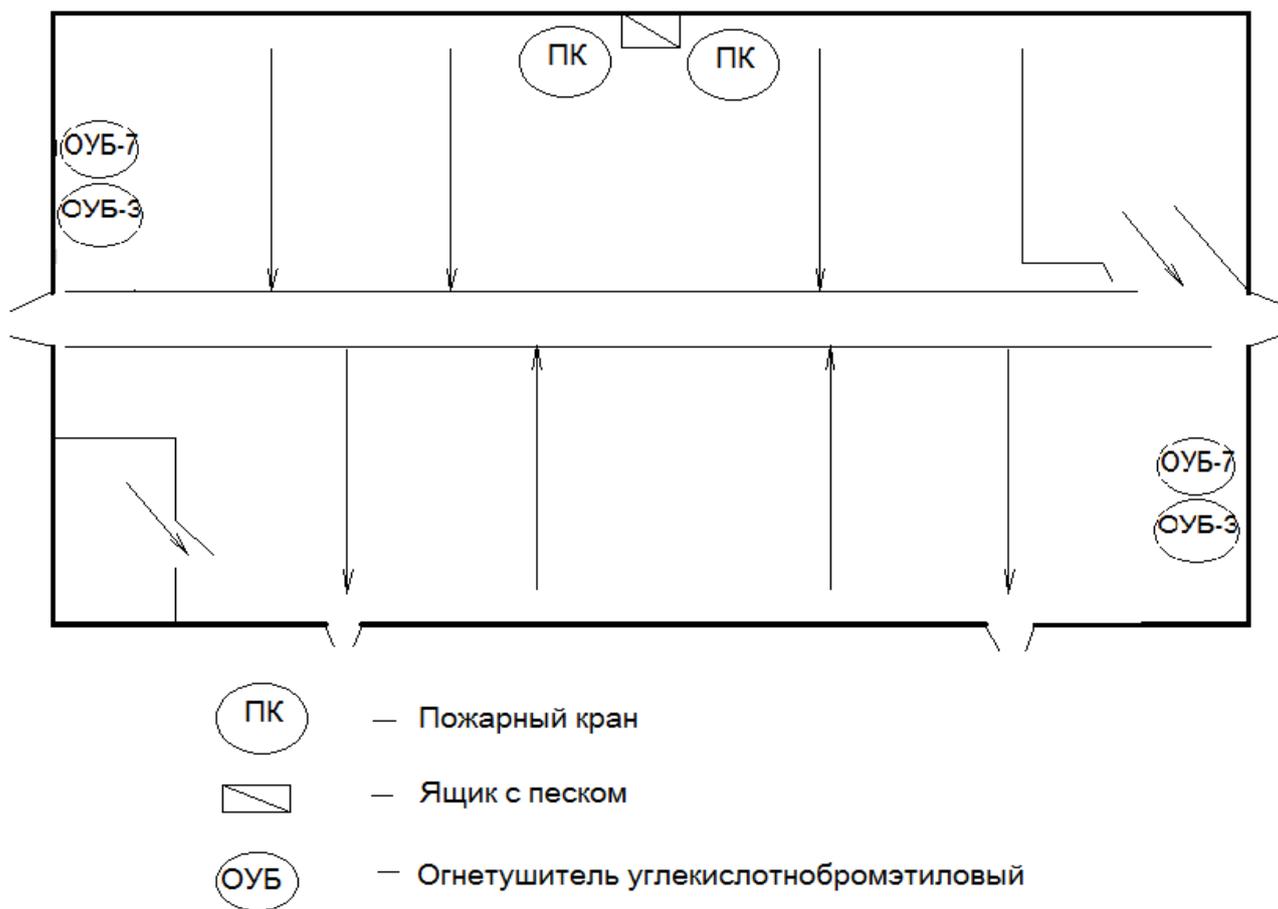


Рисунок- 19 План эвакуации при пожаре

В соответствии с [20] число эвакуационных выходов должно быть не менее четырех. В данном цехе предусматривается пожарная сигнализация, наличие огнетушителей (типа углекислотнобромэтиловых), пожарные краны и ящик с песком.[20]

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

## 15.8 Обеспечение социальной защиты работников на предприятии

### 15.8.1 Общие принципы возмещения причиненного вреда

Если вред причинен источником повышенной опасности, работодатель обязан возместить его в полном объеме, если не докажет, что вред возник вследствие непреодолимой силы либо умысла потерпевшего, т.е. работодатель в этих случаях отвечает и при отсутствии своей вины, например, если вред причинен случайно.[23]

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.[23]

Понятие вины работодателя понимается в широком смысле, как не обеспечение работодателем здоровых и безопасных условий труда. Полагающиеся пострадавшему денежные суммы в возмещение вреда, компенсации дополнительных расходов и единовременное пособие могут быть увеличены по согласованию сторон или на основании коллективного договора.[23]

Заявление о возмещении вреда подается работодателю (администрации предприятия).

Работодатель рассматривает заявление о возмещении вреда и принимает соответствующее решение в десятидневный срок. Решение оформляется приказом (распоряжением, постановлением) администрации предприятия.[23 ст.40]

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

## 15.8.2 Социальное страхование

Пострадавший или лица, имеющие право на получение возмещения, должны предъявлять соответствующие требования не к работодателю, а к органам Фонда социального страхования РФ.[23]

Если гражданин выполняет работу по гражданско-правовому договору, условия которого не предусматривают обязанность уплаты работодателем страховых взносов, то возмещение работнику утраченного заработка, в части оплаты труда, осуществляется тем, кто причинил вред человеку.[23]

Возмещение застрахованным лицам морального вреда, причиненного, в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием, осуществляется тем, кто причинил вред человеку.[23]

Виды обеспечения по страхованию:

- Пособие по временной нетрудоспособности;
- Единовременные страховые выплаты;
- Ежемесячные страховые выплаты;
- Лечение застрахованного, осуществляемое на территории РФ;
- Приобретение лекарственных препаратов;
- Уход за застрахованным, в том числе осуществляемый членами его семьи;
- Проезд застрахованного и сопровождающего его лица для получения отдельных видов медицинской и социальной реабилитации;
- Медицинская реабилитация;
- Изготовление и ремонт протезов;
- Обеспечение транспортными средствами при наличии соответствующих медицинских показаний;
- Профессиональное обучение и получение дополнительного профессионального образования.[23]

### 15.8.3 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.[23]

Ежемесячные страховые выплаты подлежат выплате застрахованному работнику на протяжении всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности.[23]

Если при расследовании страхового случая комиссией по расследованию страхового случая установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, размер ежемесячных страховых выплат уменьшается соответственно степени вины застрахованного, но не более чем на 25 процентов. Степень вины застрахованного устанавливается комиссией по расследованию страхового случая в процентах и указывается в акте о несчастном случае на производстве или в акте о профессиональном заболевании.[23]

При определении степени вины застрахованного рассматривается заключение профсоюзного комитета.

## Заключение

При выполнении дипломного проекта на тему: «Электроснабжение ремонтно-механического цеха №4 завода ОАО Электромашина», был произведен полный расчет электроснабжения, определены расчетные нагрузки, выбраны кабели и защитные аппараты, выбрано современное электрооборудование.

Суммарная полная мощность цеха №4 составляет 189,9 кВА. Электроснабжение цеха №4 осуществляется от ГПП завода к трансформаторной подстанции ТП11 кабелем ВБШв 3x16 мм<sup>2</sup>. Трансформаторную подстанцию с двумя трансформаторами 250/6/0,4 располагаем рядом с помещением цеха. Схема распределения электроснабжения цеха магистрально-радиальная. Построены карта селективности и эпюра отклонений напряжения.

По расчетным электрическим нагрузкам был произведен выбор числа и мощности трансформаторов ГПП и трансформаторов цеховых ТП. На ГПП установлены два трансформатора ТДНС-10000/35. Выбрано 15 ТП с мощностями трансформаторов, соответствующих расчетам. Большое количество трансформаторов объясняется тем, что в максимальном режиме потери будут меньше, а в минимальном режиме один трансформатор будет отключаться, тем самым предприятие уменьшает затраты на приобретение электроэнергии. Распределительная сеть по заводу 6 кВ.

Произведён расчёт электроосвещения. Выбраны светодиодные светильники.

Была проведена оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведение научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, которые дают представление о конкурентоспособности, разработки и определения рисков негативного влияния. Также определено планирование научно-исследовательской работы. Построен временной показатель проведения работ. Разработан календарный план-график проведения работ.

Рассчитаны основная заработная плата исполнителей, посчитаны накладные расходы, а также бюджет затрат.

Так же произведен расчет заземления, рассмотрены вопросы вредных и опасных факторов на производстве. Исследованы вопросы охраны окружающей среды и защиты в чрезвычайных ситуациях. Подробно рассмотрен раздел социальной защиты работников на предприятии, а именно принципы возмещения причиненного вреда.

## Список использованных источников

1. Ганенко А.П. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ. /А.П. Ганенко – М.: Академия. 2016.
2. Кацман М.М. Справочник по электрическим машинам. – М.: Академия. 2015.
3. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. – М.: Академия. 2015.
4. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М. Высшая школа. 2015
5. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб.пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
6. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования – М. : ФОРУМ.2015.
7. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению./ В.П.Шеховцов. – М.: ФОРУМ.2016.
8. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование ОУ электроустановок промышленных механизмов. – М. : ФОРУМ. 2015.
9. Электротехнический справочник. В 4т. Т2. Под редакцией Герасимова В.Г. – М.: МЭИ.2014
10. Правила устройства электроустановок. – Издание седьмое. 2003-01-01. редак.2017.
11. ПОТЭЭ-2014 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок.
12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.
13. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
14. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

15. ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ Работы электросварочные. Требования безопасности.
16. ГОСТ 12.3.002-2014 Процессы производственные. Общие требования безопасности.
17. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум.
18. СНиП 12-03-2001 ч.1 Безопасность труда в строительстве. Общие требования
20. СНиП 12-04-2001 ч.2 Безопасность труда в строительстве. Строительное производство.
21. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
22. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.- 2017 год.
23. СП52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
24. Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. № 180-ФЗ
25. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учеб-метод. пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова.- Томск: Изд-во ТПУ, 2014.
26. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
27. ГОСТ 22.2.04-2012 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила
28. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
29. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.

Список электронных источников:

1. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: <http://www.energoproduct.ru/>
2. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: [www.cztt.ru](http://www.cztt.ru)
3. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: <http://www.nva-korenevo.ru/>
4. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: [http://www.keaz.ru /](http://www.keaz.ru/)
5. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: <http://www.ekontaktor.ru/>
6. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: <http://www.tavrida.ru>
7. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: <http://www.energored.ru/>
8. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: <http://www.kontakt-saratov.ru/>
9. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: [http:// www.kamkabel.ru/](http://www.kamkabel.ru/)
10. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: <http://www.kp-info.ru/>
11. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: <http://studopedia.net/>
12. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. [2017]. – Режим доступа: [http://ww w.bibliotekar.ru/](http://www.bibliotekar.ru/)