

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

Институт Электронного Образования
Направление подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электропривод и электрооборудование

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение и электрооборудование ремонтно-механического цеха УДК 621.31.031:629.114.2.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г13	Содикжонов Элербек Содикжон угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Паюк Любовь Анатольевна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Романцов Игорь Иванович	Д.Т.Н профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

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

Институт Электронного Образования
 Направление подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
 Кафедра Электропривод и электрооборудование

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г13	Содикжонову Элербеку Содикжон угли

Тема работы:

Электроснабжение и электрооборудование ремонтно-механического цеха	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.04.2016г, 2533

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Объектом исследования является ремонтно-механический цех завода по производству запасных деталей к тракторам. В качестве исходных данных представлены:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - генеральный план завода; - план цеха твердой изоляции; - сведения об электрических нагрузках завода; - сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - постановка задачи проектирования; - проектирование системы электроснабжения; - детальное рассмотрение особенностей трансформаторных подстанций в системах электроснабжения с последующим выбором цеховых трансформаторов; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - картограмма электрических нагрузок предприятия; - план внутризаводского электроснабжения;

	- однолинейная схема ремонтно-механического цеха.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
«Социальная ответственность»	Романцов Игорь Иванович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Паюк Любовь Анатольевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г13	Содикжонов Элербек Содикжон угли		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г13	Содикжонову Электрбеку Содикжон угли

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электрооборудование Электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

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

1. Стоимость ресурсов для технического проекта	В техническом проекте были задействованы 2 человека (руководитель, инженер). Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г.Томску. Зарботная плата рассчитывается в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Продолжительность выполнения	Приблизительная оценка продолжительности выполнения технического проекта определяется исходя из ожидаемой трудоёмкости работ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирования графика работ по реализации технического проекта	Для составления графика по проектированию электроснабжения предприятия используется оценка трудоёмкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным строится график Ганта, позволяющий спланировать процесс реализации технического проекта
2. Формирование сметы технического проекта	В процессе формирования сметы технического проекта используется следующая группировка затрат по статьям: • Материальные затраты; • Полная заработная плата исполнителей; • Отчисления во внебюджетные фонды; • Накладные расходы;
3. Определение ресурсоэффективности технического проекта	Оценка эффективности проекта производится с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г13	Содикжонов Электрбек Содикжон угли		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г13	Содикжонову Электрбеку Содикжон угли

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Электрооборудование электрохозяйство

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочей зоной инженера является ремонтно-механический цех, который расположен на территории завода по производству запасных деталей к тракторам. Основной задачей инженера является проектирование системы электроснабжения ремонтно-механического цеха.</p> <p>На производительность труда инженера, находящегося на рабочем месте, оказывают влияние следующие вредные производственные факторы: отклонение показателей микроклимата от нормы, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шумов, электромагнитное излучение. Кроме того, инженер может подвергаться действию опасных факторов: поражение электрическим током, механические травмы и повреждения. Негативное воздействие на окружающую среду в процессе работы практически отсутствует. Наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера в результате производственных аварий и пожаров.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 12.0.003-74 2. ГОСТ 12.1.005-88 3. СанПиН 2.2.4.548 – 96 4. ГОСТ 12.1.003-83 5. СНиП 23-03-2003 6. СП 52.13330.2011 7. ГОСТ 12.1.002-75 8. ГОСТ 12.2.003-91 9. ГОСТ 12.1.009-76 10. ГОСТ 12.1.004-91 11. СП12.13130.2009

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонения температуры и влажности воздуха от нормы. 2. Недостаточная освещенность. 3. Повышенный уровень шумов 4. Электромагнитные излучения
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой</p>	<p>а. Защита от механических травм и</p>

<p><i>произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p><i>повреждений</i></p> <ul style="list-style-type: none"> b. Электробезопасность c. Пожаровзрывобезопасность
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</i></p> <p><i>разработка и принятие решений по обеспечению экологической безопасности предприятия.</i></p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p><i>Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания, взрыв.</i></p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г13	Содикжонов Элербек Содикжон угли		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 90 с., 13 рис., 30 табл., 16 источников.

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

Объектом исследования является ремонтно-механический цех завода по производству запасных деталей к тракторам

Цель работы: проектирование системы электроснабжения ремонтно-механического цеха завода по производству запасных деталей к тракторам. Экономическое обоснование принятых решений.

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

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

СОКРАЩЕНИЯ

ПУЭ	– правила устройства электроустановок
ЭЭ	– электрическая энергия
РУ	– распределительное устройство
КРУ	– комплектное распределительное устройство
ЛЭП	– линия электропередач
ТН	– трансформатор напряжения
Р	– разъединитель
РП	– распределительный пункт
ЭП	– электроприемник
ИП	– источник питания
ГПП	– главная понизительная подстанция
ТП	– трансформаторная подстанция
ЭУ	– электроустановка
КЛ	– кабельная линия
ШР	– шкаф распределительный
ТЭО	– технико-экономическое обоснование
НН	– низкое напряжение
ЭЭС	– электроэнергетическая система
СЭС	– система электроснабжения
ЭСПП	– электроснабжение промышленных предприятий
КЗ	– короткое замыкание
КТП	– комплектная трансформаторная подстанция
КТПН	– КТП наружной установки
ЦЭН	– центр электрических нагрузок
СР	– сопротивление разрядное
ИРМ	– источник реактивной мощности
ККУ	– комплектная конденсаторная установка

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	13
2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	16
2.1. Определение расчетной электрической нагрузки цеха.....	16
2.2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом.....	20
2.3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок.....	24
2.4. Выбор числа и мощности цеховых ТП.....	27
2.5. Схема внешнего электроснабжения.....	29
2.6. Схема внутриводской сети 10 кВ.....	31
2.7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.....	35
3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА.....	40
3.1 Распределение приёмников по пунктам питания.....	41
3.2 Выбор сечений питающей сети и силовой распределительной сети, аппаратов защиты и управления цеха.....	49
3.3 Построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника для максимального, минимального и послеаварийного режимов.....	56
3.4 Расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до самого мощного электроприёмника цеха (сварочный трансформатор).....	59
3.5 Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4 кВ от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника.....	62
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	65
4.1 Планирование проектных работ.....	65
4.2 Определение сметы проекта.....	70
4.2.1 Заработная плата исполнителей проекта.....	70
4.2.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	71
4.2.3 Накладные расходы.....	72

4.2.4 Формирование сметы технического проекта	72
4.3. Расчет стоимости технических средств	72
4.4. Определение ресурсной эффективности системы	74
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	77
5.1 Анализ вредных и опасных факторов	77
5.2 Производственная санитария	78
5.2.1 Отклонения показателей микроклимата	78
5.2.2 Вентиляция	79
5.2.3 Повышенный уровень шума	79
5.2.4 Недостаточная освещённость рабочей зоны	80
5.2.5. Электромагнитное излучение	81
5.3 Электробезопасность	82
5.4 Пожарная безопасность	85
5.5 Охрана окружающей среды	86
5.6 Эвакуация людей из зданий и помещений	87
Заключение	88
Список используемой литературы	90

ВВЕДЕНИЕ

Темой выпускной квалификационной работы является расчет электроснабжения ремонтно-механического цеха завода по производству запасных деталей к тракторам.

В данной работе преследуются несколько целей:

– во-первых, рассматривается определение расчетных нагрузок как рассматриваемого цеха, так и предприятия в целом.

Для цеха расчет проводится по методу упорядоченных диаграмм. Для чего электроприемники разбиваются на две группы: первая группа - это приемники с переменным графиком нагрузки, коэффициент использования которых меньше 0,6; вторая группа - это приемники с практически постоянным графиком нагрузки, коэффициент использования которых больше 0,6. Также в расчет включены коэффициент максимума активной мощности и коэффициент спроса для осветительной нагрузки.

Определение расчетной нагрузки предприятия в целом производится по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах п/ст, ГПП и линиях. Расчет производится отдельно для высоковольтных и низковольтных нагрузок.

– во-вторых, рассчитывается и чертится картограмма нагрузок завода и по расчетам определяется центр электрических нагрузок. Картограмма чертится на генплане завода по производству запасных деталей к тракторам в виде окружностей с секторами и заштрихованных окружностей. Сектора отображают осветительную нагрузку, заштрихованные же окружности представляют высоковольтную нагрузку.

– в-третьих, рассчитывается схема внутризаводского электроснабжения. Для этого выбирается число и мощности цеховых трансформаторных подстанций и проводники, для их соединения и питания. Данный расчет производится с использованием плотности нагрузки. Чертится

схема питания цехов завода по производству запасных деталей к тракторам с распределенными по цехам трансформаторами.

– в-четвертых, рассчитывается схема внешнего электроснабжения. В данный расчет входит выбор напряжения сети, сечения проводов, выбор мощности трансформаторов ГПП. Все это проводится с учетом надежности электроснабжения питающегося предприятия.

– в-пятых, рассчитываются токи короткого замыкания в сети выше 1000В для проверки правильности выбора сечений проводников и токи короткого замыкания в сети ниже 1000В для построения карты селективности действия защитных аппаратов, с помощью которой в свою очередь можно проверить правильность выбора защитных аппаратов и селективность их действия.

Далее производится расчет электроснабжения ремонтно-механического цеха, который включает в себя распределение приемников по пунктам питания, определение расчетных нагрузок по пунктам питания, выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке и проверка их по потере напряжения, выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты, построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного ЭП [1].

Организация ремонтно-механического цеха представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема организации ремонтно-механического цеха

1. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ремонтно-механический цех предназначен для ремонта технологического и подъемно-транспортного оборудования. Непосредственно в ремонтно-механическом цехе производятся средние и капитальные ремонты оборудования, которое может быть доставлено в цех (передние бабки, станины, грузовые тележки кранов), а ремонт остальных узлов и последующая сборка машины производятся на месте установки машины.

Также в ремонтно-механическом цеху могут производиться такие работы, как термическая обработка деталей, изготовление инструмента прокатных станов, штампового инструмента, поковок, нестандартного оборудования, сварочные работы, наплавка.

Таблица 1. Сведения об электрических нагрузках.

№ на плане	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Механический	450
2	Термический	360
3	Заготовочный	200
4	Инструментальный	580
5	Кузнечный	920
6	Котельная	800
7	Электроцех	390
8	Экспериментальный	200
9	Компрессорная 10 кВ (СД) 0,38 кВ	700 45
10	Насосная	700
11	Лаборатория	160
12	Ремонтно-механический	-

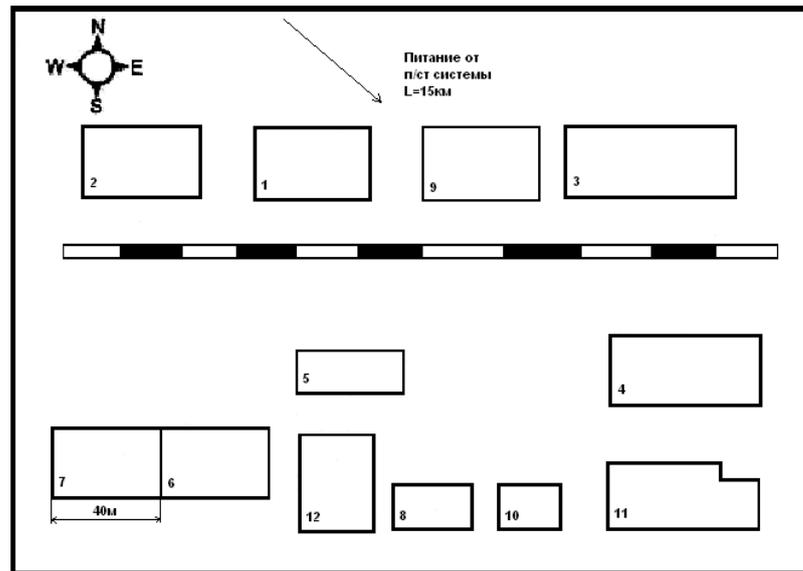


Рисунок 2. Генплан завода по производству запасных деталей к тракторам

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-4, 9-12	Токарно-винторезный станок	4,6	4,2	4,4	3,8	4,0	4,0	4,5	4,8	4,2	4,4
5-8	Настольно-сверлильный станок	0,6	1,0	0,8	1,2	1,4	0,9	1,1	1,1	1,3	1,2
13-22, 25-34	Токарно-винторезный станок	3,2	2,8	2,5	2,8	2,9	3	3	3,2	3,1	2,4
23,24	Универсально-фрезерный станок	6,5	6	5,5	6	5,5	5,4	5,0	6,4	6,5	6,6
35-42	Строгальный станок	9,2	10,5	8	11,5	12	7,5	8,4	8,6	9	8
43,44, 47,48	Поперечно-строгальный станок	4,5	4,1	4,1	3,8	5,5	4,1	4,9	4,5	4,6	4,4
45,46	Долбежный станок	3,8	3,2	3,2	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	2,9
49-52	Транс. сварочный, ПВ=40 %	5	5,1	5,1	5,2	4,8	4,7	5,0	5,0	4,9	5,3
53-55	Намоточный станок	2,8	2,8	2,7	3,2	3,1	2,4	2,6	3,0	3,0	3,5
56-58	Вертикально-сверл. станок	1,7	1,8	1,8	2,1	2,2	2,4	1,9	2,0	2,0	1,9
59-61	Сушильный электрический шкаф	6	5,9	5,8	6,2	6,3	6,3	5,8	6,0	6,0	6,2
62,69	Станок отрезной с диск. пилой	3,2	3,5	3,5	3,6	3,0	2,8	2,8	2,9	2,9	3,1
63,64, 70,71	Пресс гидравлический	4,5	4,5	4,0	4,5	4,2	5,1	5,1	5,0	4,6	4,4
65-68	Пресс фрикционный	10	10	10,5	12	8,5	9,0	9,6	9,4	8,5	12
72-74, 79-81	Транс. сварочный, ПВ=40 %	50	45	50	44	42	39	50	45	45	50
75-78	Преобразователь сварочный	14	12	12	14	15	16	10	16	12	14
82-85	Вентиляторы	15	17,5	15	15	17,5	22	11	15,5	17,5	15

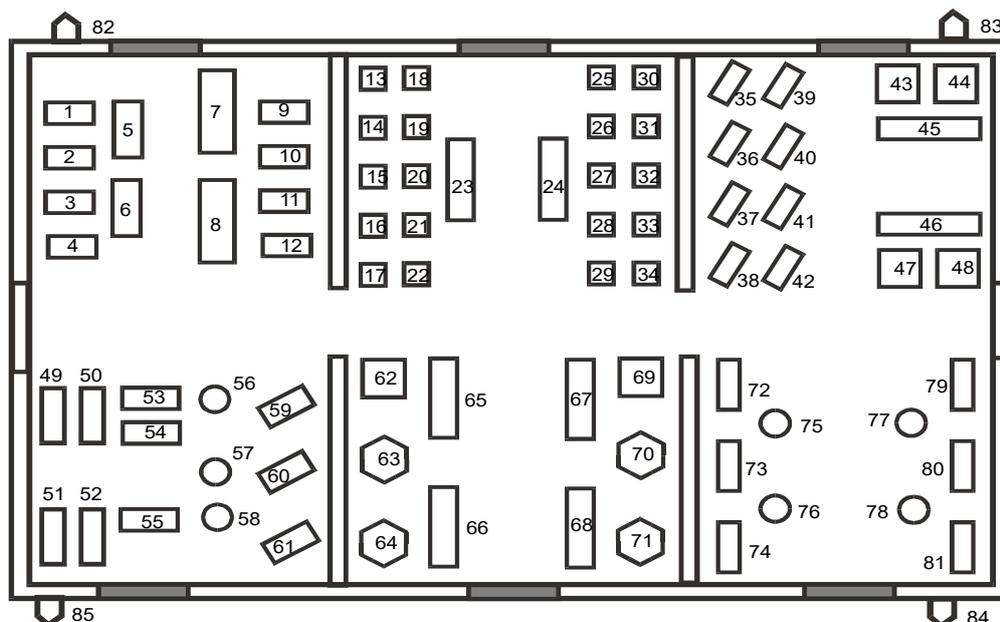


Рисунок 3. План ремонтно-механического цеха.

Таблица 2. Сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.

№ на плане	Наименование электроприемника	$K_{и}$	$\cos\varphi$	$P_{н}$, кВт
1-4, 9-13	Токарно-винторезный станок	0,15	0,5	4,0
5-8	Настольно-сверлильный станок	0,15	0,5	0,9
14-22, 25-34	Токарно-винторезный станок	0,15	0,5	3,0
23,24	Универсально-фрейдерный станок	0,14	0,6	5,4
35-42	Металлорежущий станок	0,25	0,5	3,5
43,44, 47,48	Поперечно-строгальный станок	0,17	0,65	4,1
45,46	Долбежный станок	0,24	0,65	3,0
49-52	Транс. сварочный ПВ=40 %	0,3	0,35	4,7
53-55	Намоточный станок	0,15	0,5	2,4
56-58	Вертикально-сверлил. станок	0,15	0,5	2,4
59-61	Сушильный электр. шкаф	0,75	0,95	6,3
62,69	Станок отрезной с диск. пилой	0,15	0,5	2,8
63,64, 70,71	Пресс гидравлический	0,65	0,8	5,1
65-68	Пресс фрикционный	0,65	0,8	9,0
72-74, 79-81	Транс. сварочный ПВ=40 %	0,3	0,35	39
75-78	Преобразователь сварочный	0,3	0,5	16
82-85	Вентиляторы	0,65	0,8	22

* Данные таблицы были приняты согласно справочной литературе [1, табл. П2.1]

2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Определение расчетной электрической нагрузки цеха

Таблица 3. Характеристика среды производственных помещений и основных потребителей электроэнергии.

№ на плане	Наименование цеха	Категория ЭП по степени бесперебойности питания (по ПУЭ)	Среда
1	Механический	III	нормальная
2	Термический	II	жаркая, пыльная
3	Заготовочный	III	нормальная
4	Инструментальный	III	нормальная
5	Кузнечный	III	жаркая, пыльная
6	Котельная	II	жаркая
7	Электроцех	III	нормальная
8	Экспериментальный	III	нормальная
9	Компрессорная 10 кВ (СД) 0,38 кВ	II	нормальная
10	Насосная	II	нормальная
11	Лаборатория	III	нормальная
12	Ремонтно-механический	III	нормальная

Правильное определение ожидаемых электрических нагрузок – основа рационального решения всего комплекса технологических вопросов при проектировании электроснабжения предприятия.

Расчет силовых нагрузок цеха произведен «методом упорядоченных диаграмм», т.е. методом коэффициента спроса и коэффициента максимума. Расчет электрических нагрузок по этому методу производится в следующей последовательности.

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов производится расчет электрических нагрузок ремонтно-механического цеха. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы [2]:

а) электроприемники с переменным графиком нагрузки, у которых $K_u < 0.6$;

б) электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых $K_u \geq 0.6$

При расчетах электрических нагрузок используется табл. 4.

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле (на примере токарно-винторезного станка):

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

$$P_{см} = 0,15 \cdot 4 = 0,6 \text{ кВт};$$

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

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

$$Q_{см} = 0,6 \cdot 1,73 = 1,02 \text{ кВар};$$

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

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

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

Определение $K_{и.ср}$ по группе А:

$$K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}} = \frac{97,49}{402} = 0,24.$$

Для приемников группы А определяется эффективное число электроприемников $n_{э}$. Т.к. $m > 3$ и $K_{и} > 0.2$ эффективное число электроприемников $n_{э}$ может быть определено по общей формуле:

$$n_{э} = \frac{2 \sum P_{ном}}{P_{ном}^{max}} = \frac{2 \cdot 402}{27,4} = 29,3 = 30$$

где $\sum P_{и}$ – суммарная номинальная мощность всех электроприемников данной группы.

Коэффициент максимума активной мощности определяется по кривым в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования $K_{и.ср}$ и эффективного числа электроприемников $n_э$. При $K_{и.ср}=0,24$ и $n_э=30$ коэффициент максимума равен $K_M = 1,38$ [1, таблица 2.1].

Расчетная активная P_M и реактивная Q_M максимальные мощности группы:

$$P_M = K_M \cdot P_{см} = 1,38 \cdot 97,49 = 134,54, \text{ кВт}$$

$$Q_M = Q_{см} = 207,3, \text{ кВар, при } n_э > 10;$$

Для электроприемников группы Б с практически постоянным графиком нагрузки расчетная активная и реактивная мощности принимаются равными средним за наиболее загруженную смену.

$$P_M = P_{см} = 108,04, \text{ кВт}$$

$$Q_M = Q_{см} = 75,08, \text{ кВар}$$

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

$$P_{ро} = K_{со} \cdot P_{но} = 0,85 \cdot 14,13 = 12,01, \text{ кВт}$$

$$P_{но} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,015 \cdot 942,1 = 14,13, \text{ кВт}$$

где $K_{со} = 0,85$ - коэффициент спроса для производственных зданий, состоящих из ряда отдельных помещений [1, таблица П2.2];

$P_{уд.о} = 15, \text{ кВт/м}^2$ – удельная плотность осветительной нагрузки;

$F_{ц} = 942,1, \text{ м}^2$ – площадь цеха.

Таблица 4. Определение расчетных нагрузок механического цеха

№ п/п	Питающие магистрали и группы электроприемников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%, кВт		$m = P_{н.макс} / P_{н.мин}$	Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos\varphi / \text{tg}\varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число электроприемников $n_{э}$	Коэффициент максимума $K_{м}$	Максимальная нагрузка		
			одного ЭП (наименьшего, наибольшего), $p_{н}$	общая $P_{н}$				$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н}$, кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\varphi_{см}$, кВт			$P_{м} = K_{м} P_{см}$, кВт	$Q_{м} = Q_{см}$ при $n_{э} > 10$, $Q_{м} = 1,1 Q_{см}$ при $n_{э} \leq 10$, кВт	$S_{м} = P_{м}^2 + Q_{м}^2$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Приёмники группы А													
1	Станки разные	40	0,9-4	116,6		0,15	0,5/1,73	17,49	30,26					
2	Универсально-фрезерный станок	2	5,4	10,8		0,14	0,6/1,33	1,51	2,01					
3	Металлорежущий станок	8	3,5	28		0,25	0,5/1,73	7,0	12,11					
4	Поперечно-строгальный станок	4	4,1	16,4		0,17	0,65/1,17	2,79	3,26					
5	Долбежный станок	2	3,0	6		0,24	0,65/1,17	1,44	1,68					
6	Транс. сварочный ПВ=40 %	10	3-24,7	160,2		0,3	0,35/2,68	48,06	128,8					
7	Преобразователь сварочный	4	16	64		0,3	0,55/1,52	19,2	29,18					
	Итого по группе А	70	0,9-24,7	402	>3	0,24	--	97,49	207,3	30	1,38	134,54	207,3	
	Приёмники группы Б													
8	Вентилятор	4	22	88		0,65	0,8/0,75	57,2	42,9					
9	Сушильный электр. шкаф	3	6,3	18,9		0,75	0,95/0,33	14,18	4,68					
10	Прессы	8	5,1-9,0	56,4		0,65	0,8/0,75	36,66	27,5					
	Итого по группе Б	15	5,1-22	163,3	--	--	--	108,04	75,08	--	1	108,04	75,08	
	Итого силовой нагрузки (гр. А и Б)	85	0,9-24,7	565,3	--	--	--	205,53	282,38	--	--	242,58	282,38	
	Электрическое освещение	--	--	14,13/78	--	$K_{с}=0,85$	--	12,01	--	--	--	12,01	--	
	Итого силовая и осветительная нагрузка по цеху	85	0,9-24,7	579,43	--	--	--	217,54	282,38	--	--	254,59	282,38	380,2

2.2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом

Расчет электрических нагрузок завода проводится по методу коэффициента спроса.

Расчетная полная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях [7].

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

$$P_p = K_c P_n;$$

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

где P_n - суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

K_c - коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;

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

Расчет осветительной нагрузки идентичен расчету осветительной нагрузки цеха. Но в данном случае плотность нагрузки на единицу площади берется 10 – 20 Вт/м², а коэффициент спроса по осветительной нагрузке $K_{co} = 0,6 – 1,0$, в зависимости от производственного здания.

Приемники напряжением выше 1000 В учитываются отдельно. Расчетная активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В определяются по выше приведенным формулам. Расчетные силовые и осветительные нагрузки по цехам представленные в таблице 5.

Определяется полную расчетную нагрузку предприятия ЭП до 1000 В:

$$\Sigma P_p^H = 3463,58 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_p^H = 3459,7 \text{ кВАр}$$

$$\Sigma P_{po} = 178,1 \text{ кВт}$$

ЭП выше 1000 В:

$$\Sigma P_p^B = 350 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_p^B = 357 \text{ кВАр}$$

Так как трансформаторы цеховых подстанций (ТП) еще не выбраны, то приближенно потери мощности определяются из следующих соотношений:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 5023,08 = 100,46, \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H = 0,1 \cdot 5023,08 = 502,31, \text{ кВАр};$$

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 5023,08 = 150,69, \text{ кВт};$$

$$S_p^H = \sqrt{(\Sigma P_p^H + \Sigma P_{po})^2 + \Sigma Q_p^{H2}} = \sqrt{(3463,58 + 178,1)^2 + 3459,7^2} = 5023,08, \text{ кВА}$$

Таблица 5. Определение расчетных нагрузок 0,38 и 10 кВ по цехам завода по установленной мощности и коэффициенту спроса.

N по ген плану	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		P _н , КВт	K _с	cosφ/tgφ	P _р , кВт	Q _р , кВАр	F, м ²	P _{уд о} , Вт/м	P _{но} , кВт	K _{со}	P _{ро} , КВт	P _р +P _{ро} , кВт	Q _р , КВАр	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 кВ														
1	Механический	450	0,6	0,7/1,02	270	275,4	1168	15	17,52	0,85	14,9	284,9	275,4	396,25
2	Термический	360	0,65	0,7/1,02	234	238,6 8	1168	15	17,52	0,85	14,9	248,9	238,68	344,85
3	Заготовочный	200	0,6	0,7/1,02	120	122,4	1727	15	25,91	0,85	22	142	122,4	187,47
4	Инструментальный	580	0,7	0,7/1,02	406	414,1 2	1524	15	22,86	0,85	19,5	425,5	414,12	593,76
5	Кузнечный	920	0,7	0,7/1,02	644	656,8 8	685	15	10,28	0,95	8,8	652,8	656,88	926,09
6	Котельная	800	0,65	0,7/1,02	520	530,4	1066	15	15,99	0,95	13,6	533,6	530,4	752,37
7	Электроцех	390	0,6	0,7/1,02	234	238,6 8	1066	15	15,99	0,85	13,6	247,6	238,68	343,91
8	Экспериментальный	200	0,6	0,7/1,02	120	122,4	522	15	7,83	0,95	6,6	126,6	122,4	176,09
9	Компрессорная	45	0,5	0,7/1,02	20	20,4	1168	15	17,52	0,95	14,9	34,9	20,4	40,42
10	Насосная	700	0,75	0,75/0,88	525	462	391	15	5,87	0,85	5,0	530	462	703,1
11	Лаборатория	160	0,8	0,8/0,75	128	96	1408	15	21,12	0,85	18,0	146	96	174,73
12	Ремонтно-механический	380, 2	---	---	242,58	282,3 8	942	15	14,13	0,85	12,01	254,59	282,38	380,20
	Территория завода	---	---	---	---	---	65032	0,22	14,3	1	14,3	14,3	---	---
	Итого по 0,38 кВ	5185	---	---	3463,5 8	3459, 7	ΣF _ц = 12835	---	206,8 4	---	178,1	---	---	---
Потребители электроэнергии 10 кВ														
13	Компрессорная	700	0,5	0,7/1,02	350	357	---	---	---	---	---	350	357	499,9
	Итого по 10 кВ	700	---	---	350	357	---	---	---	---	---	350	357	499,9

Активная мощность завода, приведенная к шинам 10 кВ:

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum P_p^u + \sum P_p^e \right) K_{pm} + \sum P_{po} + \Delta P_T + \Delta P_{\lambda} = (3463,58 + 350)0,95 + 178,1 + 100,46 + 150,69 = 4052,15, \text{ кВт}$$

где $K_{pm} = 0,95$ (для шин 10 кВ) - коэффициент одновременности максимумов нагрузки, характеризующий смещение максимума отдельных ЭП во времени, что вызывает снижение суммарного графика нагрузки по сравнению с суммой максимумов отдельных ЭП или групп ЭП [7].

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum Q_p^u + \sum Q_p^e \right) K_{pm} + \Delta Q_T = (3459,7 + 357)0,95 + 502,31 = 4128,18, \text{ кВАр} .$$

Полная расчетная нагрузка, приведенная к шинам 10 кВ:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{4052,15^2 + 4128,18^2} = 5784,62, \text{ кВА} .$$

Так как трансформаторы ГПП еще не выбраны, то потери мощности в трансформаторах определяются из следующих соотношений:

$$\Delta P_T^{ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 5784,62 = 115,69, \text{ кВт} ;$$

$$\Delta Q_T^{ГПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 5784,62 = 578,46, \text{ кВАр} .$$

Какую-то часть реактивной мощности получают из системы - Q_c . Для компенсации реактивной мощности можно перевести синхронный двигатель в режим перевозбуждения, также можно поставить конденсаторные батареи.

Величина компенсируемой реактивной мощности:

$$Q_{ку} = Q_{pc} - Q_c$$

Величина Q_c не известна, но можно на данном этапе проектирования ее оценить.

$$Q_c = \alpha P_{p\Sigma} ,$$

где $\alpha = 0,24$ – расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы к потребителям с учетом затрат на потери мощности и энергии в различных объединенных энергетических системах.

$$\text{для Сибири: } \alpha = 0,24 \text{ при } U_n = 35 \text{ кВ};$$

$$\alpha = 0,29 \text{ при } U_n = 110 \text{ кВ};$$

$$\alpha = 0,40 \text{ при } U_n = 220 \text{ кВ}.$$

Для определения величины напряжения питающих линий можно воспользоваться следующими рекомендациями.

Если расчетная мощность предприятия $S_p^{\Gamma\Pi\Pi}$ не превышает 10 МВА, то экономически целесообразно принять $U_H = 35$ кВ, если $S_p^{\Gamma\Pi\Pi} = 10 \div 150$ МВА - $U_H = 110$ кВ, при $S_p^{\Gamma\Pi\Pi} > 150$ МВА - $U_H = 220$ кВ.

Так как $S_p^{\Gamma\Pi\Pi} = 5784,62, \text{МВА} < 10, \text{МВА}$, принимается $U_H = 35$ кВ, следовательно, $\alpha = 0,24$.

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 4052,15 = 972,52, \text{кВАр};$$

$$Q_{KV} = Q_{p\Sigma} - Q_c - Q_{CD} = 4128,18 - 972,52 - 357 = 2798,66 (\text{кВАр});$$

Тогда:

$$\begin{aligned} S_{p\Gamma\Pi\Pi} &= \sqrt{(\sum P_{p\Sigma} + \Delta P_{T\Gamma\Pi\Pi})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{p\Sigma} - Q_{KV})^2} = \\ &= \sqrt{(4052,15 + 115,69)^2 + (4128,18 + 578,46 - 2798,66)^2} = 4583,81 (\text{кВА}). \end{aligned}$$

2.3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Для определения места расположения ГПП на генплане промышленного предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов. Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения:

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

где S_{pi} - расчетная полная мощность i -го цеха с учетом освещения, кВА;

$m = 1,8, [\text{кВА} / \text{мм}^2]$ - масштаб для определения площади круга, $\text{кВА}/\text{мм}^2$ (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до 1000 В и выше изображаются отдельными кругами. Считается, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех на генплане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора определяется по формуле: $\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{S_{pi}}$.

Для построения картограммы нагрузок используется таблица 6.

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

$$x_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}}; \quad y_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}}$$

$$x_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}} = \frac{794227,4}{5519,14} = 143,9; \quad y_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}} = \frac{428570,5}{5519,14} = 77,65.$$

Таблица 6. Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха по генплану	S_{pi} , кВА	P_{po} , кВт	r , мм	α , град	x_i , мм	y_i , мм	$S_{pi} \cdot x_i$, кВА·м	$S_{pi} \cdot y_i$, кВА·м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,38 кВ								
1	396,25	14,9	8,37	13,54	47,6	154,3	18861,5	61141,38
2	344,85	14,9	7,81	15,55	114,3	154,3	39416,36	53210,36
3	187,47	22	5,76	42,25	240,0	154,3	44992,8	28926,62
4	593,76	19,5	10,25	11,82	253,4	76,2	150458,8	45244,51
5	926,09	8,8	12,8	3,42	127,6	76,2	118169,1	70568,06
6	752,37	13,6	11,54	6,51	76,2	41,9	57330,59	31524,3
7	343,91	13,6	7,8	14,24	36,2	41,9	12449,54	14409,83
8	176,09	6,6	5,58	13,49	160,0	24,8	28174,4	4367,032
9	40,42	14,9	2,67	132,71	177,2	154,3	7162,424	6236,806
10	703,1	5,0	11,153	2,56	196,2	24,8	137948,2	17436,88
11	174,73	18,0	5,56	37,09	249,6	30,5	43612,61	5329,265
12	380,20	12,01	8,2	11,37	123,8	34,3	47068,76	13040,86
Потребители 10 кВ								
9	499,9	---	9,4	---	177,2	154,3	88582,28	77134,57
Итого	5519,14	---	---	---	---	---	794227,4	428570,5

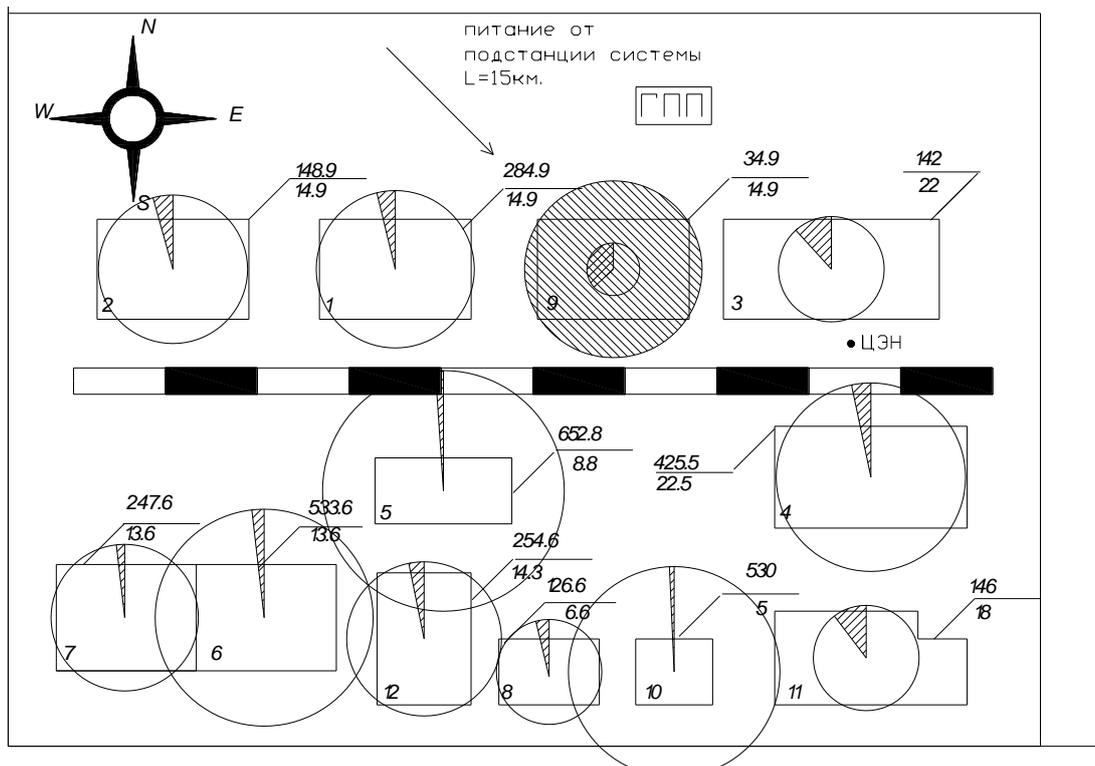
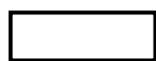


Рисунок 4. Генплан предприятия с картограммой нагрузки

Условные обозначения:



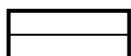
- Распределительное устройство ГПП



- Распределительное устройство выше 1000 В



- Цеховая двухтрансформаторная подстанция



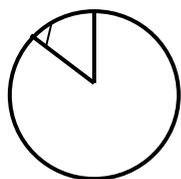
- Распределительный пункт до 1000 В



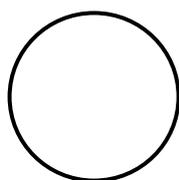
- Распределительная сеть выше 1000 В



- Распределительная сеть до 1000 В (между цехами)



- Электрическая нагрузка до 100 В (заштрихованный сектор – нагрузка освещения)



- Электрическая нагрузка выше 1000 В

$$\frac{1267}{47} = \frac{\text{Расчетная кажущаяся мощность цеха, кВт}}{\text{Расчетная активная мощность освещения, кВт}}$$

ЦЭН Центр электрических нагрузок завода

2.4. Выбор числа и мощности цеховых ТП

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 формуле [1]:

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{\text{цехов}}} = \frac{5784,68}{12835,0} = 0,451, \text{кВА/м}^2$$

Примем $S_{H \text{ TP}} = 1000, \text{кВА}$.

Минимальное число трансформаторов цеховых ТП

$$N_0 = \frac{\Sigma(P_p^H + P_{po})}{\beta_T S_{\text{ТП}}} = \frac{3463,58 + 178,1}{0,7 \cdot 1000} = 5,22, \quad N = 6 \text{ трансформаторов,}$$

β_T – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме, принимается 0,7.

Активная нагрузка на один трансформатор:

$$P_1 = \frac{P_p + P_{po}}{N} = \frac{3463,58 + 178,1}{6} = 606,95, \text{кВт}$$

Число трансформаторов для установки в цехах предприятия:

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

Таблица 7. Число трансформаторов в цехе.

№ п/п	Наименование цехов	$P_p + P_{p.o}$ КВт	Кол-во трансформаторов N_i , шт.
1.	Механический	284,9	0,47
2.	Термический	248,9	0,41
3.	Заготовочный	142	0,23
4.	Инструментальный	425,5	0,70
5.	Кузнечный	652,8	1,08
6.	Котельная	533,6	0,88
7.	Электроцех	247,6	0,41
8.	Экспериментальный	126,6	0,21
9.	Компрессорная	34,9	0,06
10.	Насосная	530	0,87
11.	Лаборатория	146	0,24
12.	Ремонтно-механический	254,59	0,42

Таблица 8. Распределение электрических нагрузок по пунктам питания.

№ п/п	Наименование пункта питания	Потребители энергии	Место расположения пункта питания на генплане	Примечания
1	2	3	4	5
1	ТП – 5	Цеха– 5,6,7,8,12	Цех – 5	
2	ТП – 9	Цеха– 1,2,3,4,9	Цех – 9	
3	ТП – 4	Цеха – 10,11	Цех – 4	
4	РУ - 1	Цех - 9	Цех – 9	Потребители выше 1000 В

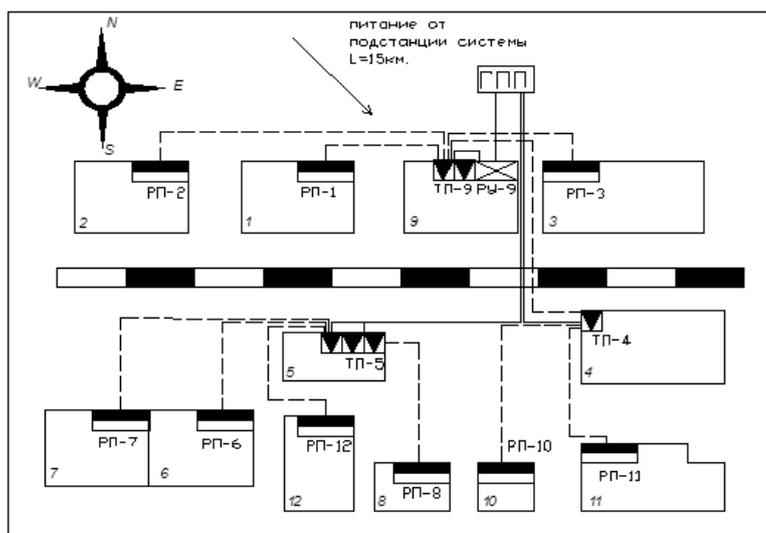


Рисунок 5. Схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников (кабели 10 КВ прокладываются в траншеях).

2.5. Схема внешнего электроснабжения

Основные требования к схеме внешнего электроснабжения:

1. Необходимая надёжность электроснабжения;
2. Простота и удобство в эксплуатации;
3. При аварийной ситуации, выхода из строя одной ЛЭП или одного трансформатора, оставшиеся в работе должны принять на себя полностью или частично нагрузку с учётом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме;
4. Учитывать перспективу развития предприятия;
5. Обеспечивать возможность проведения ремонтных работ и послеаварийных работ.

Расчётная мощность трансформатора на ГПП:

$$S_{н.тр}^{ГПП} = \frac{S_p^{ГПП}}{2\beta_T} = \frac{4583,81}{2 \cdot 0,7} = 3274,15, \text{кВА}$$

Расчетное значение номинальной мощности трансформатора округляется до ближайшего большего стандартного значения:

Выбираются два трансформатора $S_{н.ср} = 4000$ кВА

Сечения проводов ЛЭП определяются следующим образом:

$$I_{р.л} = \frac{S_p^{ГПП}}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{4583,81}{2\sqrt{3} \cdot 35} = 37,81, \text{А}$$

$$I_{р.л.а} = \frac{S_p^{ГПП}}{\sqrt{3}U_n} = \frac{4583,81}{\sqrt{3} \cdot 35} = 75,62, \text{А}$$

Так как $T_m > 5000$ ч и предприятие работает в две-три смены $j_s = 1$ А/мм²

$$S_{эс} = \frac{I_p}{j_s} = \frac{37,81}{1} = 37,81, \text{мм}^2$$

Принимаем ближайшее стандартное сечение:

$$S = 50, \text{мм}^2$$

$I_{доп} = 210$ А для алюминиево-стальных проводов.

Проведём следующие проверки выбранного сечения:

1. По аварийному току при отключении одной из линий

$$I_{р.а} \leq 1,3 I_{доп}$$

$$75,62 \text{ A} < 1,3 \cdot 210 = 273, \text{ A}$$

2. По условию коронирования провода $U = 35, \text{ кВ}$ не проверяются.
3. По условию механической прочности: $50 \text{ мм}^2 > 25 \text{ мм}^2$.
4. По потере напряжения:

$$l_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \% \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_p} \geq l_{\phi}$$

$l_{\text{доп}}$ – допустимая длина линии

$$l_{\Delta U 1\%} = 1,48 [2, \text{ приложение 3}]$$

$l_{\phi} = 15, \text{ км}$ – фактическая длина линии

$\Delta U_{\text{доп}} \% = 5\%$ (для нормального режима)

$$I_{\text{доп}} = 210, \text{ A}$$

$$I_p = 37,81, \text{ A}$$

$$l_{\text{доп}} = 1,48 \cdot 5 \cdot \frac{210}{37,81} = 41,1, \text{ км} > 15, \text{ км}$$

Выбранное сечение удовлетворяет условиям проверки.

Электроснабжение завода по производству запасных деталей к тракторам осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП-35 кВ, выполненных проводом АС-50 на металлических двухцепных опорах.

ГПП располагается на территории предприятия с некоторым смещением от центра электрических нагрузок. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора марки ТМН (ТМ)-4000/35, [таблица 6.8]. На стороне 35 кВ принята упрощенная схема коммутации (отделитель-короткозамыкатель). На стороне 10 кВ принята одинарная система шин, секционированная масляным выключателем с устройством АВР, оборудование установлено в закрытом помещении (ЗРУ).

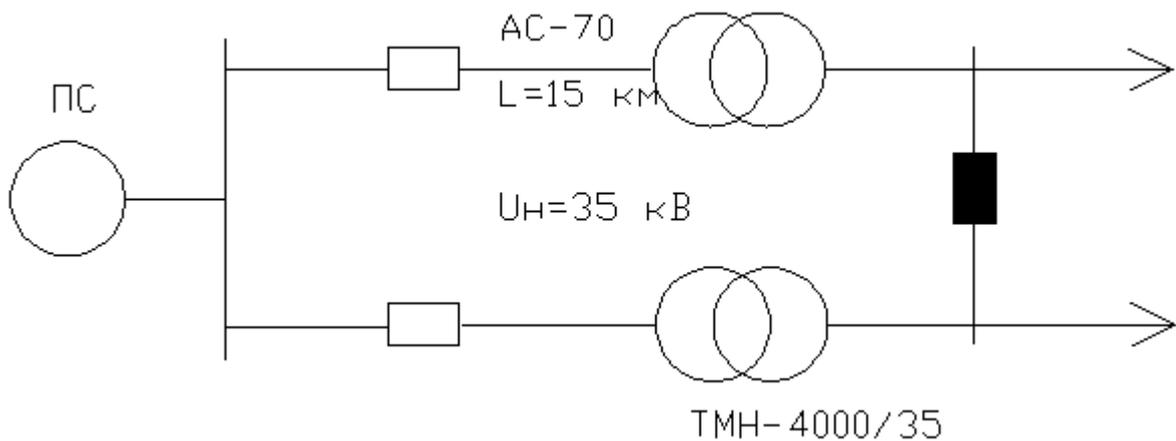


Рисунок 6. Схема внешнего электроснабжения

2.6. Схема внутривозводской сети 10 кВ

Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода выполняется трёхжильными кабелями с алюминиевыми жилами, с бумажной изоляцией, с прокладкой в траншеях (коэффициент прокладки - $K_{np}=0,9$, так как в каждой траншее находится по два кабеля).

Сечения кабельных линий выбираются по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение F , мм², определяется из выражения [2]:

$$F_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}},$$

где I_p – расчетный ток установки, А;

$j_{эк}$ – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм², принимается по справочным данным. $j_{эк}=1,2$ А/ мм²

Расчетный ток определяем на одну линию: $I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_n}$.

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток должен соответствовать условиям нормальной работы, при его определении не следует учитывать увеличение тока при аварийных ситуациях. Расчетным током линии для питающих цеховых трансформаторов, преобразователей, высоковольтных электродвигателей и трансформаторов электропечей является их номинальный ток, независимо от фактической нагрузки.

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме и с учётом допустимой перегрузки в аварийном режиме. Для загруженных и длинных линий проведём проверку выбранного сечения по допустимой потере напряжения.

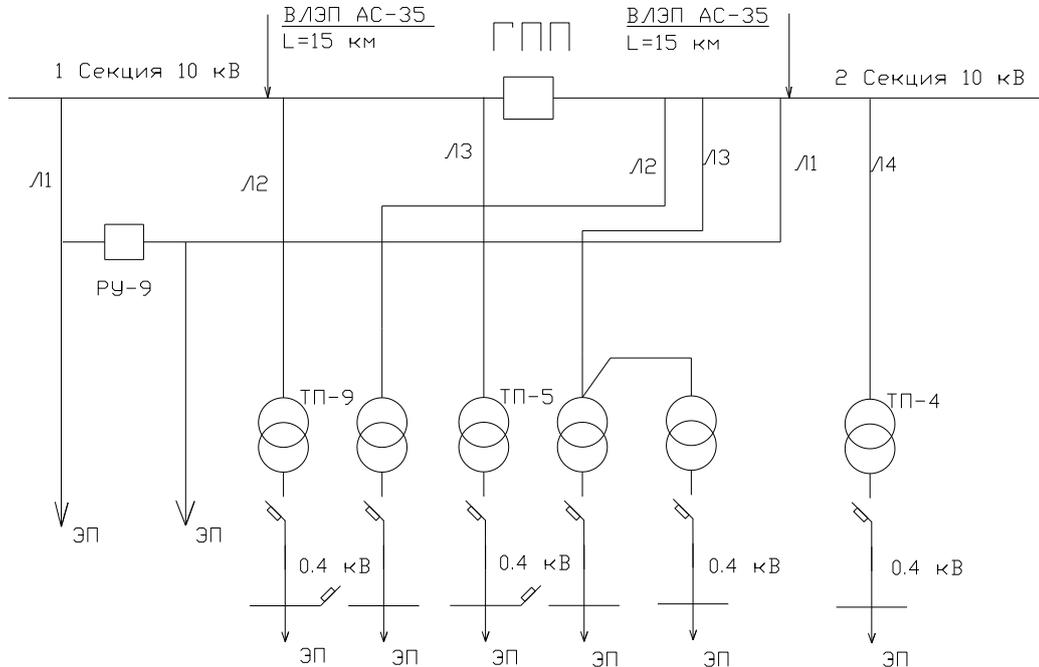


Рисунок 7. Схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников.

Кабели 10 КВ прокладываются в траншеях

ГПП – РУ-9 (Л1)

$$I_p = \frac{S_p^B + S_p^H}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{499,9 + 2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 72,17, A$$

$$I_{pa} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 72,17 = 144,34, A$$

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{72,17}{1,2} = 60,14, \text{мм}^2$$

Принимаем $S = 70, \text{мм}^2$

$$I_{\text{дон}} = 165, A$$

$$I'_{\text{дон}} = K_{\text{нр}} \cdot I_{\text{дон}} = 0,9 \cdot 165 = 148,5, A$$

$$1,3 \cdot I'_{\text{дон}} = 193,05, A$$

$$I_p < I'_{\text{дон}}$$

$$I_{\text{ра}} < 1,3 \cdot I'_{\text{дон}}$$

$$72,17 < 148,5, A$$

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 72,17 = 144,34$$

$$I_{\text{ав}} < 1,3 \cdot I'_{\text{дон}}$$

$$144,34 < 198,05, A$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверок. Принимаем кабель марки АСБ-2(3х70)

РУ-1– ТП-9 (Л - 2)

$$S_p = 1000, \text{кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,74, A$$

$$I_{\text{ра}} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 57,74 = 115,48, A$$

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{57,74}{1,2} = 41,24, \text{мм}^2$$

Принимаем $S = 35, \text{мм}^2$

$$I_{\text{дон}} = 115, A$$

$$I'_{\text{дон}} = K_{\text{нр}} \cdot I_{\text{дон}} = 0,9 \cdot 115 = 103,5, A$$

$$1,3 \cdot I'_{\text{дон}} = 134,55, A$$

$$I_p < I'_{\text{дон}}$$

$$57,74 < 103,5$$

$$I_{\text{ра}} < 1,3 \cdot I'_{\text{дон}}$$

$$115,48 < 134,55, A$$

Выбранное сечение не проходит по результатам проверок. Принимаем кабель марки АСБ-2(3х35).

ГПП – ТП5 (Л - 3)

$$S_p = 1000, \text{кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,74, \text{А}$$

$$I_{pa} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 57,74 = 115,48, \text{А}$$

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{57,74}{1,2} = 41,24, \text{мм}^2$$

Принимаем $S = 35, \text{мм}^2$

$$I_{\text{дон}} = 115, \text{А}$$

$$I'_{\text{дон}} = K_{np} \cdot I_{\text{дон}} = 0,9 \cdot 115 = 103,5, \text{А}$$

$$1,3 \cdot I'_{\text{дон}} = 134,55, \text{А}$$

$$I_p < I'_{\text{дон}}$$

$$57,74 < 103,5$$

$$I_{pa} < 1,3 \cdot I'_{\text{дон}}$$

$$115,48 < 134,55, \text{А}$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверок. Принимаем кабель марки АСБ-2(3х35).

ГПП – ТП-4 (Л - 4)

$$S_p = 1000, \text{кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,74, \text{А}$$

$$I_{pa} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 57,74 = 115,48, \text{А}$$

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{57,74}{1,2} = 41,24, \text{мм}^2$$

Принимаем $S = 35, \text{мм}^2$

$$I_{\text{дон}} = 115, \text{А}$$

$$I'_{\text{дон}} = K_{np} \cdot I_{\text{дон}} = 0,9 \cdot 115 = 103,5, \text{А}$$

$$1,3 \cdot I'_{\text{дон}} = 134,55, \text{А}$$

$$I_p < I'_{\text{дон}}$$

$$57,74 < 103,5$$

$$I_{pa} < 1,3 \cdot I'_{\text{дон}}$$

$$115,48 < 134,55, \text{А}$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверок. Принимаем кабель марки АСБ-2(3х35).

Таблица 9. Выбор сечений кабельных линий распределительной сети

10кВ

№	№ линии	Назначение линии	Количество линий	Расчетная нагрузка на один кабель		Длина линии l , км	Способ прокладки	Поправочный коэффициент прокладки	Марка и сечение кабеля, выбранного по условию допустимого нагрева $S_{\text{мм}^2}$	Допустимая нагрузка на один кабель		$I_{\text{доп}}, \text{А}$
				В нормальном режиме $I_{\text{н}}, \text{А}$	В аварийном режиме, $I_{\text{ав}}, \text{А}$					В нормальном режиме $I_{\text{доп}}, \text{А}$	В аварийном режиме $1,3 \cdot I_{\text{доп}}, \text{А}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2
1	Л - 1	ГПП-РУ9	2	72,8	144,3	0,009	Траншея	0,9	АС-2(3×70)	148,5	193,05	165
2	Л - 2	РУ9-ТП-9	2	57,7	72,8	0,005		0,9	АСБ-2(3×35)	103,5	134,55	115
3	Л - 3	ГПП-ТП-5	2	57,7	72,8	0,08		0,9	АСБ-2(3×35)	85,5	134,55	115
4	Л - 4	ГПП-ТП-10	2	57,7	72,8	0,181		0,9	АСБ-2(3×35)	85,5	134,55	115

2.7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Расчет токов короткого замыкания как во время проектирования системы и элементов электроснабжения, так и при анализе работы системы преследует две цели:

Определение максимально возможных токов К.З. для проверки проводников и аппаратов на термическую и электродинамическую стойкость во время К.З., а так же выборка мер по ограничению токов К.З. или времени их действия.

Определение минимально возможных токов К.З. для проверки чувствительности защиты.

Все электрические аппараты и токоведущие части электроустановок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключить их разрушение при прохождении по ним наибольших возможных токов К.З., в связи с чем возникает необходимость расчета этих величин.

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

Для расчетов токов к.з. составляем расчетную схему системы электроснабжения и на её основе схему замещения. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток К.З. Здесь же указываются точки, в которых необходимо определить ток К.З.

Расчет токов К.З. ведем на участке Система - ГПП – РУ9 – ТП10. Для расчета токов К.З. составляем расчетную схему.

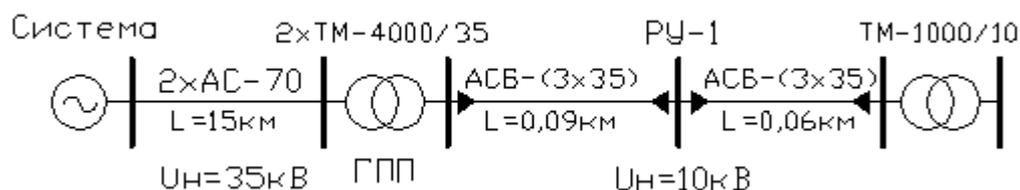


Рисунок 8. Схема для расчета токов К.З.

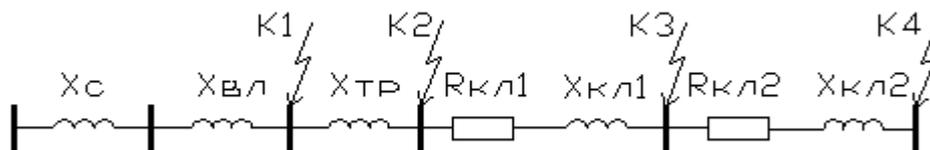


Рисунок 9. Упрощенная однолинейная схема замещения.

Принимаем за базисные единицы:

$$S_{\sigma} = 100 \text{ MVA} \quad I_{\sigma I} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma I}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37,5} = 0,502 \text{ кА}$$

$$U_{\sigma I} = 37,5 \text{ кВ} \quad I_{\sigma II} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma II}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

$$U_{\sigma II} = 10,5 \text{ кВ}$$

Расчёт токов для точки К1:

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

Для кабельных линий принимаем удельное индуктивное сопротивление $x_o = 0,08$ (Ом/км), согласно [5, стр.130].

Напряжение короткого замыкания для выбранного трансформатора принимаем равным $U_K = 7,5\%$, согласно [5, стр.613].

$$Z_{K1} = x_{БЛ} = x_0 \cdot l \frac{S_6}{U_{61}^2} = 0,4 \cdot 15 \cdot \frac{100}{37,5^2} = 0,44 \text{ о.е.};$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37,5} = 1,54 \text{ КА};$$

$$I_{K1} = \frac{I_6}{Z_{K1}} = \frac{1,54}{0,44} = 3,5 \text{ КА};$$

Согласно [3, стр.45] принимаем $K_{y\partial 1} = 1,8$;

$$i_{y1} = I_{K1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\partial 1} = 3,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 8,88 \text{ КА.}$$

Расчёт токов для точки К2:

Для трансформатора:

$$x_{mp}^* = \frac{U_K}{100} \frac{S_6}{S_{н.мп}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{4,0} = 1,88 \text{ о.е.};$$

$$Z_{K2} = Z_{K1} + X_{TP} = 0,44 + 1,88 = 2,32 \text{ о.е.};$$

Действующее значение установившегося тока:

$$I_{K2} = \frac{I_6}{Z_{K2}} = \frac{1,54}{2,321} = 0,66 \text{ КА};$$

Согласно [3, стр.45] принимаем $K_{y\partial 1} = 1,8$;

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\partial 2} = 0,66 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 2,03 \text{ КА.}$$

Расчёт токов для точки К3:

Для кабельных линий принимают удельное активное и индуктивное сопротивления $r_0 = 0,025$ (Ом/км), $x_0 = 0,08$ согласно [1, стр.139].

$$x_{КЛ1} = x_0 \cdot l \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,08 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0007 \text{ о.е.};$$

$$r_{КЛ1} = r_0 \cdot l \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,032 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0002 \text{ о.е.};$$

$$Z_{K3} = Z_{K2} + X_{КЛ1} = 2,32 + 0,0007 = 2,321$$

Принимая во внимание соотношение $r_{\Sigma} < x_{\Sigma} / 3$ ($0,0002 < 0,00025$) согласно [3, стр.45] активное сопротивление не учитывают;

$$I_{k2} = \frac{I_6}{x_{\Sigma k2}} = \frac{5,5}{2,321} = 2,37 \text{ КА};$$

$$i_{y2} = I_{k2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y02} = 2,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 6,03 \text{ КА}.$$

Расчёт токов для точки К4:

Для кабельных линий принимают удельное активное и индуктивное сопротивления $r_0 = 0,025$ (Ом/км), $x_0 = 0,08$ согласно [1, стр.139].

$$x_{KL2} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,08 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0007 \text{ о.е};$$

$$r_{KL2} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,032 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0002 \text{ о.е};$$

$$Z_{K4} = Z_{K3} + X_{KL2} = 2,321 + 0,0007 = 2,322$$

Принимая во внимание соотношение $r_{\Sigma} < x_{\Sigma} / 3$ ($0,0002 < 0,00025$) согласно [3, стр.45] активное сопротивление не учитывают;

$$I_{k2} = \frac{I_6}{x_{\Sigma k2}} = \frac{5,5}{2,322} = 2,37 \text{ КА};$$

$$i_{y2} = I_{k2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y02} = 2,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 6,03 \text{ КА}.$$

Используя полученные значения токов короткого замыкания проверяют принятые ранее сечение кабелей на термическую стойкость при К.З. в начале линии. Термически стойкое сечение равно:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T},$$

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

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

$t_{отк} = t_z + t_e$ – время отключения К.З., с;

t_z – время действия основной защиты, принимаем равным 1,2 с, согласно [5, стр.209];

$t_{\text{от}}$ – полное время отключения выключателя; учитывая, что в ЗРУ ГПП установлены выключатели типа ВМПЭ, у которого согласно [5, стр.630] $t_{\text{от}} = 0,12 \text{ с}$;

C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ. и материала проводника; принимается, согласно [3, стр.42], равный 85 ($\text{А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$).

Линия ГПП – РУ-1:

$$(t_{\text{отк}} + T_a) = 1,2 + 0,12 + 0,01 = 1,33 \text{ с};$$

$$F_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к1}} \sqrt{t_{\text{отк}} + T_a}}{C_T} = \frac{2,37 \cdot 10^3 \sqrt{1,33}}{85} = 32,2 \text{ мм}^2;$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети 10 (КВ) АСБ – 2(3×70) проходит по термической стойкости к току КЗ: $F \geq F_{\text{min}}$ ($70 > 32,2 \text{ мм}^2$).

Линия РУ-1 – ТП1:

$$F_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к2}} \sqrt{t_{\text{отк}} + T_a}}{C_T} = \frac{2,37 \cdot 10^3 \sqrt{1,33}}{85} = 32,2 \text{ мм}^2;$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети 10 (КВ) АСБ – 2(3×35) проходит по термической стойкости к току КЗ: $F \geq F_{\text{min}}$ ($35 > 32,2 \text{ мм}^2$).

3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности[4].

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

2. Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания цеха (таблица 12.1,12.2).

3. Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения (таблица 14).

4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха (таблица 14).

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

6. Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимых потерь напряжения и построение эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удалённого от цеховой ТП или наиболее мощного электроприёмника для

режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного режима (рисунок б).

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

3.1 Распределение приёмников по пунктам питания.

Распределение электроприёмников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному шкафу ШР (рисунок 4). Так как ШР бывают различных типов и имеют определённое число присоединений, а именно 8, то для каждого электроприёмника необходимо выбрать предохранитель, а затем, зная тип предохранителя, подключить его к соответствующему ШР. Кроме того, для каждого ШР необходимо выбрать защитный аппарат – автоматический выключатель.

Условия выбора плавких предохранителей:

1. $I_{вс} \geq I_{от} = I_{ном}$;
2. $I_{вс} \geq \frac{I_{кр}}{\alpha}$ (для ЭП, у которых есть электродвигатель),

где $I_{ном} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$ – номинальный (длительно протекающий) ток

ЭП, А;

$I_{вс}$ – номинальный ток плавкой вставки предохранителя, А;

$I_{кр} = I_{пуск} = 5I_{ном}$ – критический или пусковой ток электродвигателя,

А;

$\alpha = 2,5$ – коэффициент, характеризующий условия пуска двигателя.

Условия выбора автоматических выключателей:

1. $I_{н.расч} \geq I_{от} = \Sigma I_{ном}$;
2. $I_{кз} \geq 1,25I_{кр} = 1,25(I_{пуск.наиб.} + \Sigma I_{ном})$ – для группы ЭД в количестве до

5 шт (вкл).;

$I_{кз} \geq 1,25I_{кр} = 1,25[I_{пуск.наиб.} + (I_p - K_u \cdot I_{ном.наиб.})]$ – для группы ЭД больше 5 шт.,

где $I_{н.расц}$ – номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А;

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

Пример выбора плавкого предохранителя для токарно-винторезного станка:

$$I_{ном} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{4}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 0,9} = 13,51 \text{ А};$$

$$I_{кр} = I_{пуск} = 5I_{ном} = 5 \cdot 13,51 = 67,55 \text{ А};$$

$$I_{вс} \geq I_{дл} = I_{ном} = 13,51 \text{ А};$$

$$I_{вс} \geq \frac{I_{кр}}{\alpha} = \frac{67,55}{2,5} = 27,02 \text{ А};$$

Используя справочную литературу [3, стр.93] выбираем предохранитель типа НПН2–60, у которого $I_{ном} = 60 \text{ А}$, $I_{вс} = 40 \text{ А}$.

Для выбора ШР различных типов используем справочную литературу [3, стр.92].

Пример выбора автоматического выключателя для ШР11–73705:

$$I_{н.расц} \geq I_{дл} = \sum I_{ном} = 5 \cdot 13,51 = 67,55 \text{ А};$$

$$I_{кз} \geq 1,25I_{кр} = 1,25(I_{пуск.наиб.} + \sum I_{ном}) = 1,25(67,55 + 4 \cdot 13,51) = 151,99 \text{ А};$$

Используя справочную литературу [3, стр.87] выбирается автоматический выключатель типа ВА57–35, у которого $I_{н.расц} = 200 \text{ А}$, $I_{кз} = 2,5 \cdot I_{н.расц} = 2,5 \cdot 200 = 500 \text{ А}$.

Выбранные защитные аппараты для электроприёмников и ШР предоставлены в виде таблицы №14, представленной ниже.

Выбор вводного автоматического выключателя для КТП:

$$I_{н.расц} \geq I_{дл} = I_{ном.тр} = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1521,1 \text{ А};$$

$$I_{кз} \geq 1,25I_{кр} = 1,25I_{лик.п / ст.} = 1,25[I_{пуск.наиб.} + (I_{ном.тр} - K_u \cdot I_{ном.наиб})] =$$

$$= 1,25[184,1 + (1521,1 - 0,65 \cdot 33,47)] = 2104,3 \text{ А};$$

Используя справочную литературу [3, стр.88] выбирается автоматический выключатель типа ВА74–43, у которого $I_{н.расц} = 1600 \text{ А}$,
 $I_{к} = 2 \cdot I_{н.расц} = 2 \cdot 1600 = 3200 \text{ А}$.

Таблица 12. Определение расчётных нагрузок по пунктам питания ремонтно-механического цеха

№ п/п	Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		$m = P_{н.макс} / P_{н.мин.}$	Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число Электроприёмников $n_{эф}$	Коэффициент максимума $K_{м}$	Расчётная нагрузка			Расчётный ток I_p, A
			Одного ЭП (наменьшего, наибольшего) P_n, KBT	Общая P_n, KBT				$P_{см} = K_{и} \cdot P_n$ КВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{см}$ КВар			$P_p = K_{м} \cdot P_{см},$ КВт	$Q_p = Q_{см}$ при $n_{э} > 10$ $Q_p = 1,1 \cdot Q_{см}$ при $n_{э} \leq 10$ Квар	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$ КВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Шкаф распределительный ШР-1 (ШР11-73505)															
	Группа А Станки разные № 1-6	6	0,9-4	25,8	>3	0,15	0,5/1,73	3,87	6,7	4	3,11	12,04	7,37		
	Группа Б														
	Вентилятор №82	1	22	22		0,65	0,8/0,75	14,3	10,73			14,3	10,73		
	Итого по ШР-1	7	0,9-22	47,8				18,17	17,43			26,34	18,1	31,96	48,61
Шкаф распределительный ШР-2 (ШР11-73505)															
	Группа А Станки разные № 7-12	6	0,9-4	25,8	>3	0,15	0,5/1,73	3,87	6,7	4	3,11	12,04	7,37		
	Итого по ШР-2	6	0,9-4	25,8	□	□	□	3,87	6,7	□	□	12,04	7,37	14,12	21,45

Шкаф распределительный ШР-3 (ШР11-73504)															
Группа А Станки разные № 13,14,18,19,23-25,30	8	3-5,4	28,8	<3	0,15	0,5/1,73	4,32	7,47	8	2,31	9,98	8,22			
Итого по ШР-3	8	3-5,4	28,8	□	□	□	4,32	7,47	□	□	9,98	8,22	12,93	19,65	
Шкаф распределительный ШР-4 (ШР11-73504)															
Группа А Станки разные №15,16,17,20,21,22	6	3	18	<3	0,15	0,5/1,73	2,7	4,67	6	2,64	7,13	5,14			
Итого по ШР-4	6	3	18	□	□	□	2,7	4,67	□	□	7,13	5,14	8,79	13,35	
Шкаф распределительный ШР-5 (ШР11-73504)															
Группа А Токарно- винторезные станки № 26-29,31-34	8	3	24	<3	0,15	0,5/1,73	3,6	6,23	8	2,31	8,32	6,85			
Итого по ШР-5	8	3	24	□	□	□	3,6	6,23	□	□	8,32	6,85	10,78	16,37	
Шкаф распределительный ШР-6 (ШР11-73504)															
Группа А Станки разные № 35-42	8	3,5	28	<3	0,25	0,5/1,73	7	12,11	8	1,85	12,95	13,32			
Итого по ШР-6	8	3,5	28	□	□	□	7	12,11	□	□	12,95	13,32	18,58	28,23	
Шкаф распределительный ШР-7 (ШР11-73504)															
Группа А Станки разные № 43-48				<3					6	2,64	8,87	6,39			
	6	3-4,1	22,4		0,15	0,5/1,73	3,36	5,81							
Группа Б Вентилятор 83	1	22	22	□	0,65	0,8/0,75	14,3	10,73			14,3	10,73			
Итого по ШР-7	7		44,4								23,17	17,12	28,81	43,82	
Шкаф распределительный ШР-8 (ШР11-73504)															
Группа А Станки				<3											

	разные № 43-48	3	2,4	7,2		0,15	0,5/1,73	3,36	5,81						
	Транс. сварочн	4	3	12		0,3	0,35/2,68	3,6	9,45						
	Итого по гр. А	7	2,4-3	19,2		0,36		6,96	15,26	7	1,85	12,88	16,79		
	Группа Б Вентилятор 83	1	22	22	□	0,65	0,8/0,75	14,3	10,73			14,3	10,73		
	Итого по ШР-8	8	2,4-22	53,2				21,26	25,99			27,18	27,52	38,68	58,84
Шкаф распределительный ШР-9 (ШР11-73504)															
	Группа А Вертикально- сверлильные станки и шкафы сушильные № 56-61	6	2,4-6,3	26,1	<3	0,15	0,5/1,73	7	12,11	8	1,85	12,95	13,32		
	Итого по ШР-9	6	2,4-6,3	26,1	□	□	□	7	12,11	□	□	12,95	13,32	18,58	28,23
Шкаф распределительный ШР-10 (ШР11-73504)															
	Группа А Отрезной станок №62	1	2,8	2,8	<3	0,15	0,5/1,73	0,42	0,73	1	3,83	1,61	2,06		
	Группа Б Прессы разные №63-66	4	5,1-9,6	33,9	□	0,65	0,8/0,75	22,04	16,53			22,04	4,68		
	Итого по ШР-10	5	2,8-9,6	36,7	□	□	□	22,46	17,26			17,97	6,74	19,19	29,19
Шкаф распределительный ШР-11 (ШР11-73506)															
	Группа А Отрезной станок №69	1	2,8	2,8	<3	0,15	0,5/1,73	0,42	0,73	1	3,83	1,61	2,06		
	Группа Б Прессы разные №67,68,70,71	4	5,1-9,6	33,9	□	0,65	0,8/0,75	22,04	16,53			22,04	4,68		

	Итого по ШР-11	5	2,8-9,6	36,7	□	□	□	22,46	17,26			17,97	6,74	19,19	29,19
Шкаф распределительный ШР-12 (ШР11-73505)															
	Группа А Преобразователь сварочный №75,76	2	16	32	<3	0,3	0,55/1,52	9,6	14,59						
		Трансформатор сварочный №72-74	3	24,7	74,1	□	0,3	0,8/0,75	22,23	16,67					
	Итого по ШР-12	5	16-24,7	106,1	□	□	□	31,83	31,26	5	1,86	59,2	34,4	68,4	92,5
Шкаф распределительный ШР-13 (ШР11-73506)															
	Группа А Преобразователь сварочный №77,78	2	16	32	<3	0,3	0,55/1,52	9,6	14,59						
		Трансформатор сварочный №79-81	3	24,7	74,1	□	0,3	0,8/0,75	22,23	16,67					
	Итого по гр. А	5	16-24,7	106,1	□	0,36	□	31,83	31,26	5	1,86	59,2	34,4		
	Группа Б Вентилятор 84	1	22	22	□	0,65	0,8/0,75								
		Итого по ШР-13	6	16-24,7	128,1				46,13	41,99			73,5	45,13	86,25

Таблица 13. Защитные аппараты для электроприёмников

№ на плане	Наименование электроприёмника	Рн	Ин	Ипуск	Икр/а	Тип пред-ля	Ин.пр/Ивс
		кВт	А	А	А		
1-4, 9-13	Токарно-винторезный станок	4,0	6,08	33,46	13,38	НПН2-60	60/25
5-8	Настольно-сверлильный станок	0,9	1,37	7,52	3,01	НПН2-60	60/15
14-22, 25-34	Токарно-винторезный станок	3,0	4,56	25,09	10,03	НПН2-60	60/15
23,24	Универсально-фрейзерный станок	5,4	8,21	45,17	18,07	НПН2-60	60/15
35-42	Металлорежущий станок	3,5	5,32	29,28	11,71	НПН2-60	60/15
43,44,47,48	Поперечно-строгальный станок	4,1	6,24	34,3	13,72	НПН2-60	60/15
45,46	Долбежный станок	3,0	4,56	25,09	10,03	НПН2-60	60/15
49-52	Транс. сварочный ПВ=40 %	4,7	4,56	25,09	10,03	НПН2-60	60/15
53-55	Намоточный станок	2,4	3,65	20,07	8,03	НПН2-60	60/15
56-58	Вертикально-сверлил. станок	2,4	3,65	20,07	8,03	НПН2-60	60/15
59-61	Сушильный электр. шкаф	6,3	9,58	52,7	21,08	НПН2-60	60/25
62,69	Станок отрезной с диск. пилой	2,8	4,26	23,42	9,37	НПН2-60	60/15
63,64, 70,71	Пресс гидравлический	5,1	7,76	42,66	17,06	НПН2-60	60/25
65-68	Пресс фрикционный	9,0	13,69	75,29	30,11	НПН2-60	60/40
72-74,79-81	Транс. сварочный ПВ=40 %	39	41,68	229,23	91,69	ПН2-100	100/100
75-78	Преобразователь сварочный	16	24,34	133,86	53,54	ПН2-100	100/60
82-85	Вентильеры	22	33,47	184,05	73,62	ПН2-100	100/80
	Электрическое освещение	14,13	21,49	-	-	НПН2-60	60/6

Таблица 14. Защитные аппараты для силовых распределительных шкафов

№ п/п	Тип ШР и число 3-х фазных секций	И _{дл} А	И _{кр} А	Тип авт.выкл.	И _{н.расц./} И _{кз}
1	ШР11-73505 (8x100)	48,61	267,355	ВА57-35	50/300
2	ШР11-73505 (8x100)	21,45	117,975	ВА57-35	25/125
3	ШР11-73504 (8x60)	19,65	108,075	ВА57-35	25/125
4	ШР11-73504 (8x60)	13,35	73,425	ВА57-35	16/80
5	ШР11-73504 (8x60)	16,37	90,035	ВА57-35	20/100
6	ШР11-73504 (8x60)	28,23	155,265	ВА57-35	31,5/157,5
7	ШР11-73504 (8x60)	43,82	241,01	ВА57-35	50/250
8	ШР11-73504 (8x60)	58,84	323,62	ВА57-35	63/378
9	ШР11-73504 (8x60)	28,23	155,265	ВА57-35	31,5/157,5
10	ШР11-73504 (8x60)	29,19	160,545	ВА57-35	31,5/189
11	ШР11-73506 (8x60)	29,19	160,545	ВА57-35	31,5/189
12	ШР11-73505 (8x100)	92,5	508,75	ВА57-35	100/600
13	ШР11-73506 (8x250)	126,3	694,65	ВА57-35	160/800

Для ШР-2:

Для $n > 5$

$$I_{дл} = \sum I_{НЭД} = I_p = 48,61A;$$

$$I_{кр} = I_{пуск.наиб.} + \left(\sum I_p - k_u \cdot I_{ном.наиб.} \right) = 184,09 + (48,61 - 0,65 \cdot 33,47) = 210,94A;$$

Силовой распределительный шкаф выполнен с установкой вводного предохранителя ПН2-400. Выбор плавкой вставки:

$$I_{вс} \geq I_{дл} = 33,47A; ;$$

$$I_{вс} \geq \frac{I_{кр}}{\alpha} = \frac{210,94}{2,5} = 82,59A;$$

$$I_{вс} = 200A;$$

3.2 Выбор сечений питающей сети и силовой распределительной сети, аппаратов защиты и управления цеха

Условие выбора проводников: $I_p = I_{дл.} \leq I_{дон.}$

Пример расчёта для линии РП – ШР1:

$$I_{ном} = I_p = I_{от} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{31,96}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 48,6 \text{ А};$$

Используя справочную литературу [6, стр.22] выбирается кабель марки АНРГ-(3×16), у которого $I_{дон} = 60 > 48,6 \text{ А}$.

Выбранное сечение необходимо проверить по допустимой потере напряжения $\Delta U_p \% = \Delta U_o \cdot I_p \cdot l$,

где ΔU_o – потеря напряжения в 3-х фазных сетях [%/А·км], принимаем по справочной литературе [3, стр.91];

I_p – расчётный ток;

l – длина проводника.

$$\Delta U_p \% = 1,17 \cdot 48,6 \cdot 0,01 = 0,56 \% < 5 \% ;$$

Пример расчёта сечения кабеля ответвления к токарно-винторезному станку: $I_{ном} = I_p = 6,08 \text{ (А)}$;

Используя справочную литературу [6, стр.20] выбирается провод марки АПВ-(3х2), у которого $I_{дон} = 15 > 6,08 \text{ А}$

Пример согласования ответвления и защитного аппарата к токарно-винторезному станку

$$\text{Условие согласования: } I_{дон} \geq \frac{K_z I_z}{K_{пр}},$$

где $I_{дон}$ – допустимый длительный ток проводника, А;

K_z – коэффициент защиты, принимаем согласно [2, стр.54];

I_z – номинальный ток плавкой вставки предохранителя, А;

$K_{пр}$ – коэффициент прокладки проводника, принимаем согласно [2, стр.79].

$$15 \geq \frac{0,33 \cdot 25}{1} = 8,25 \text{ А}$$

Это означает, что ответвление и защитный аппарат к токарно-винторезному станку выбраны верно, так как они удовлетворяют всем условиям проверки и согласования.

Остальные расчеты выполняются аналогично.

Таблица 15. Выбор сечений линий питающей сети цеха.

№ П/П	Номер линии на плане цеха	Назначение участка линии питающей сети	Расчетная нагрузка Sp, кВА	Расчетный ток Iр, А	Длина линии L, км	Способ прокладки	Коэффициент прокладки, К	Марка кабеля	Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева Sn, мм ²	Допустимый длительный ток Idоп, А	cosφ	Расчетные потери напряжения ΔUр, %	Потери напряжения на 1 А·км, ΔU0, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Л-1	РП – ШР1	31,96	48,59	0,003	На стене, на скобах	1	АНРГ	(3×16)	60	0,82	0,56	1,17
2	Л-2	РП – ШР2	14,12	21,47	0,02		1	АНРГ	(3×4)	28	0,85	1,23	2,87
3	Л-3	РП – ШР3	12,93	19,66	0,022		1	АНРГ	(3×4)	28	0,77	1,24	2,87
4	Л-4	РП – ШР4	8,79	13,36	0,025		1	АНРГ	(3×2,5)	19	0,81	1,53	4,58
5	Л-5	РП – ШР5	10,78	16,39	0,036		1	АНРГ	(3×2,5)	19	0,77	2,70	4,58
6	Л-6	РП – ШР6	18,58	28,25	0,038		1	АНРГ	(3×6)	32	0,7	1,81	1,69
7	Л-7	РП – ШР7	28,81	43,80	0,05		1	АНРГ	(3×10)	47	0,8	2,56	1,17
8	Л-8	РП – ШР8	36,68	55,76	0,009		1	АНРГ	(3×16)	60	0,7	0,32	0,642
9	Л-9	РП – ШР9	18,58	28,25	0,02		1	АНРГ	(3×6)	32	0,7	0,95	1,69
10	Л-10	РП – ШР10	19,19	29,17	0,025		1	АНРГ	(3×6)	32	0,94	1,64	2,25
11	Л-11	РП – ШР11	19,19	29,17	0,038		1	АНРГ	(3×6)	32	0,94	2,49	2,25
12	Л-12	РП – ШР12	68,4	103,99	0,04		1	АНРГ	(3×50)	130	0,87	1,14	0,273
13	Л-13	РП – ШР13	86,25	126,30	0,05		1	АНРГ	(3×50)	130	0,85	1,72	0,273

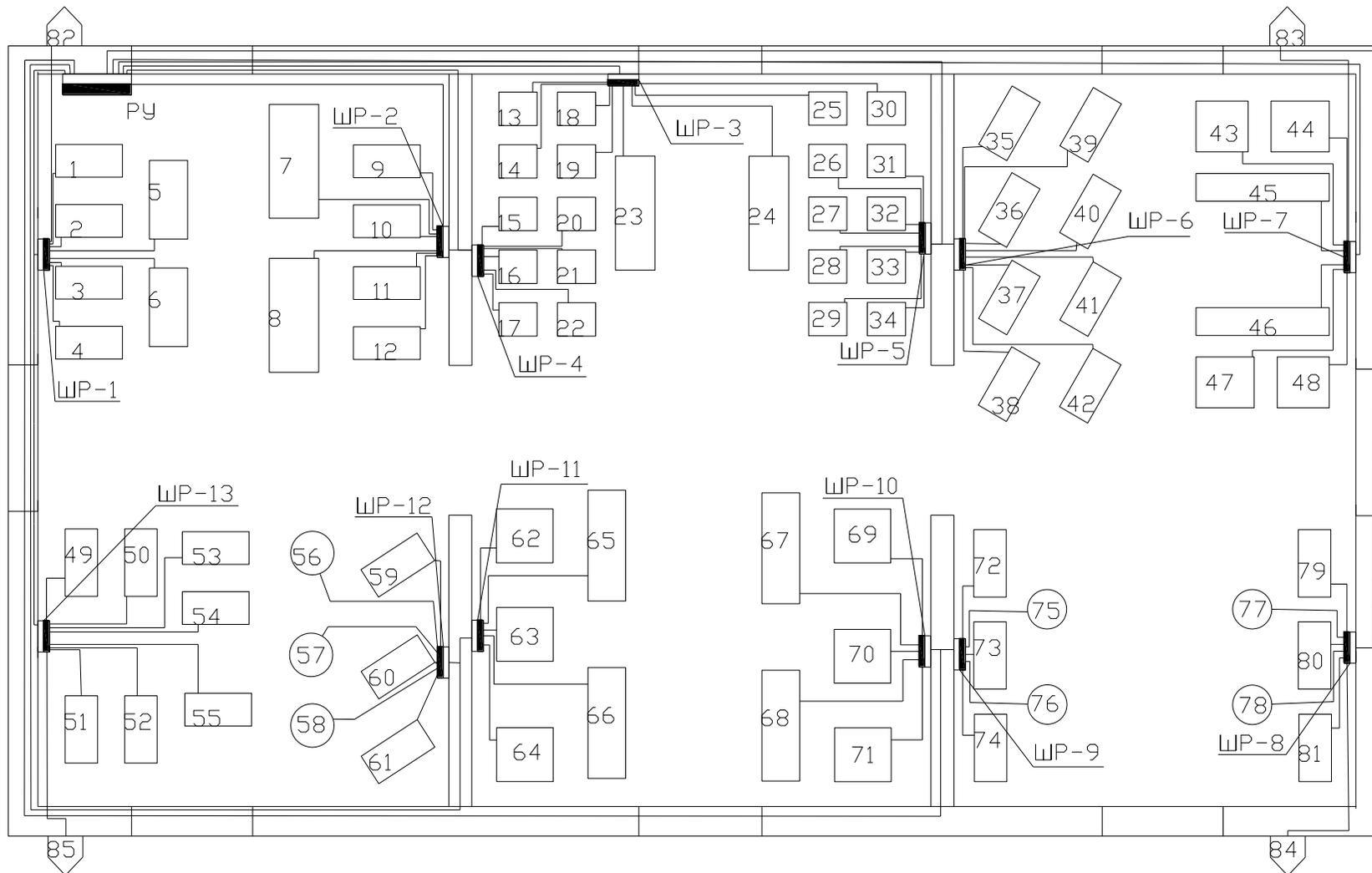


Рисунок 10. Схема силовой и распределительной сетей ремонтно- механического цеха

Таблица 16. Аппараты защиты и марки питающих проводов для электроприемников

Приёмник				Ответвление к ЭП			Предохранитель	
№ на плане цеха	Наименование электроприёмника	P_n , кВт	I_p , А	Марка и сечение проводника, мм ²	Сп прокл.	Длина, м	Тип пред-ля	$\frac{I_{н.пр}}{I_{вс}}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)	В трубах	3	НПН2-60	60/10
2	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/10
3	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10
4	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/10
5	Настольно-сверлильный станок	0,9	1,37	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10
6	Настольно-сверлильный станок	0,9	1,37	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/10
7	Настольно-сверлильный станок	0,9	1,37	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10
8	Настольно-сверлильный станок	0,9	1,37	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10
9	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/10
10	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)		3	НПН2-60	60/10
11	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/10
12	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10
13	Токарно-винторезный станок	4	6,08	АПВ-3(1×2)		3	НПН2-60	60/10
14	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)		1	НПН2-60	60/10
15	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)		1	НПН2-60	60/10
16	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/10
17	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/10
18	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)		3	НПН2-60	60/10
19	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)		3	НПН2-60	60/10
20	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/10

21	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	4	НПН2-60	60/10
22	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	3	НПН2-60	60/10
23	Универсально-фрезерный станок	5,4	8,21	АПВ-3(1×2)	3	НПН2-60	60/10
24	Универсально-фрезерный станок	5,4	8,21	АПВ-3(1×2)	3	НПН2-60	60/10
25	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
26	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
27	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
28	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
29	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	3	НПН2-60	60/10
30	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
31	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	3	НПН2-60	60/10
32	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
33	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
34	Токарно-винторезный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
35	Металлорежущий станок	3,5	5,32	АПВ-3(1×2)	3	НПН2-60	60/10
36	Металлорежущий станок	3,5	5,32	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
37	Металлорежущий станок	3,5	5,32	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
38	Металлорежущий станок	3,5	5,32	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
39	Металлорежущий станок	3,5	5,32	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
40	Металлорежущий станок	3,5	5,32	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
41	Металлорежущий станок	3,5	5,32	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
42	Металлорежущий станок	3,5	5,32	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
43	Поперечно строгальный станок	4,1	6,24	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
44	Поперечно строгальный станок	4,1	6,24	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
45	Долбежный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10
46	Долбежный станок	3	4,56	АПВ-3(1×2)	2	НПН2-60	60/10

47	Поперечно строгальный станок	4,1	6,24	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/10	
48	Поперечно строгальный станок	4,1	6,24	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/10	
49	Трансформатор сварочный	3	4,56	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/10	
50	Трансформатор сварочный	3	4,56	АПВ-3(1×2)		1	НПН2-60	60/10	
51	Трансформатор сварочный	3	4,56	АПВ-3(1×2)		3	НПН2-60	60/10	
52	Трансформатор сварочный	3	4,56	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/10	
53	Намоточный станок	2,4	3,65	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10	
54	Намоточный станок	2,4	3,65	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/10	
55	Намоточный станок	2,4	3,65	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10	
56	Вертикально- сверлильный станок	2,4	3,65	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/10	
57	Вертикально- сверлильный станок	2,4	3,65	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10	
58	Вертикально- сверлильный станок	2,4	3,65	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10	
59	Сушильный электрический шкаф	6,3	9,58	АПВ-3(1×2)		4	НПН2-60	60/15	
60	Сушильный электрический шкаф	6,3	9,58	АПВ-3(1×2)		3	НПН2-60	60/15	
61	Сушильный электрический шкаф	6,3	9,58	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/15	
62	Станок отрезной с дисковой пилой	2,8	4,26	АПВ-3(1×2)		5	НПН2-60	60/10	
63	Пресс гидравлический	5,1	7,76	АПВ-3(1×2)		3	НПН2-60	60/10	
64	Пресс гидравлический	5,1	7,76	АПВ-3(1×2)		1	НПН2-60	60/10	
65	Пресс фрикционный	9	13,69	АПВ-3(1×2)		1	НПН2-60	60/15	
66	Пресс фрикционный	9	13,69	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/15	
67	Пресс фрикционный	9	13,69	АПВ-3(1×2)		2	НПН2-60	60/15	
68	Пресс фрикционный	9	13,69	АПВ-3(1×2)		3	НПН2-60	60/15	
69	Станок отрезной с дисковой пилой	2,8	4,26	АПВ-3(1×2)		В трубах	3	НПН2-60	60/10
70	Пресс гидравлический	5,1	7,76	АПВ-3(1×2)			4	НПН2-60	60/10
71	Пресс гидравлический	5,1	7,76	АПВ-3(1×2)			4	НПН2-60	60/10
72	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)			3	ПН2-100	100/6 0
73	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)			3	ПН2-100	100/6 0
74	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)			3	ПН2-100	100/6 0
75	Преобразователь сварочный	16	24,34	АПВ-3(1×4)	2		ПН2-100	100/6 0	
76	Преобразователь сварочный	16	24,34	АПВ-3(1×4)	2		ПН2-100	100/6 0	
77	Преобразователь сварочный	16	24,34	АПВ-3(1×4)	2		ПН2-100	100/6 0	

78	Преобразователь сварочный	16	24,34	АПВ-3(1×4)		2	ПН2–100	100/6 0
79	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)		3	ПН2–100	100/6 0
80	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)		2	ПН2–100	100/6 0
81	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)		3	ПН2–100	100/6 0
82	Вентиляторы	22	33,47	АПВ-3(1×6)		2	ПН2–100	100/6 0
83	Вентиляторы	22	33,47	АПВ-3(1×6)		2	ПН2–100	100/6 0
84	Вентиляторы	22	33,47	АПВ-3(1×6)		2	ПН2–100	100/6 0
85	Вентиляторы	22	33,47	АПВ-3(1×6)		3	ПН2–100	100/6 0

3.3 Построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника для максимального, минимального и послеаварийного режимов

Отклонение напряжения:

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

где ΔU_{ij} – отклонение напряжения на соответствующем участке сети, %;

P_{ij} – поток активной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВт;

Q_{ij} – поток реактивной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВар;

$R_{ij} = \tau_{oij} \cdot l_{ij}$ – активное сопротивление линии соответствующего участка сети, мОм,

здесь τ_{oij} – удельное активное сопротивление линии соответствующего участка сети, Ом/км, принимаемое, согласно справочной литературе [1, стр.139], l_{ij} – длина линии соответствующего участка сети, км;

U_i – напряжение в начале соответствующего участка сети, кВ;

Отклонение напряжения на цеховом трансформаторе, %:

$$\Delta U_m = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{100} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$\beta_m = \frac{S_{ij}}{S_{н.тр.}} - \text{фактический коэффициент загрузки цехового}$$

трансформатора, здесь S_{ij} – поток мощности, передаваемый через цеховой трансформатор, кВа,

$S_{н.тр.}$ – номинальная мощность цехового трансформатора, кВа;

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

замыкания цехового трансформатора, %, здесь $\Delta P_{кз}$ – потери активной мощности при КЗ, кВт, принимаем согласно [1, стр.215];

$U_p = \sqrt{(U_k)^2 - (U_a)^2}$ – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %, здесь U_k – напряжение короткого замыкания, %, принимаем согласно справочной литературе [1, стр.218];

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{P - \Delta P_m}{\sqrt{(P - \Delta P_m)^2 + (Q - \Delta Q_m)^2}} - \text{коэффициент мощности для}$$

вторичной нагрузки цехового трансформатора, здесь P – поток активной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВт, Q – поток реактивной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВар, $\Delta P_m = 0,02S$ – потери активной мощности в цеховом трансформаторе, кВт, $\Delta Q_m = 0,1S$ – потери реактивной мощности в цеховом трансформаторе, кВар;

$\sin \varphi_2$ – соответствующий $\cos \varphi_2$ синус для вторичной нагрузки цехового трансформатора.

Расчет максимального режима:

Участок 1-2:

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

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,625 \cdot 0,09 = 0,056 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,06 \cdot 0,09 = 0,0054 \text{ Ом};$$

$$P_{12} = P_{p6} + P_{p7} + P_{p8} + P_{p12} = 533,6 + 247,6 + 126,6 + 254,59 = 1144,84 \text{ кВт};$$

$$Q_{12} = 979,11,9 \text{ кВАр};$$

$$\Delta U_{12} = \frac{1144,84 \cdot 0,056 + 979,11 \cdot 0,0054}{10 \cdot 10,5^2} = 0,14\%;$$

Остальные расчеты выполняются аналогично.

Таблица 17. Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

	Максимальный режим	Минимальный режим
$\Delta U_{12}, \%$	0,14	0,086
$\Delta U_{23} = \Delta U_m, \%$	3,24	2,29
$\Delta U_{34}, \%$	4,34	3,18
$\Delta U_{45}, \%$	4,71	3,53
$\Delta U_{56}, \%$	4,830,53	3,61

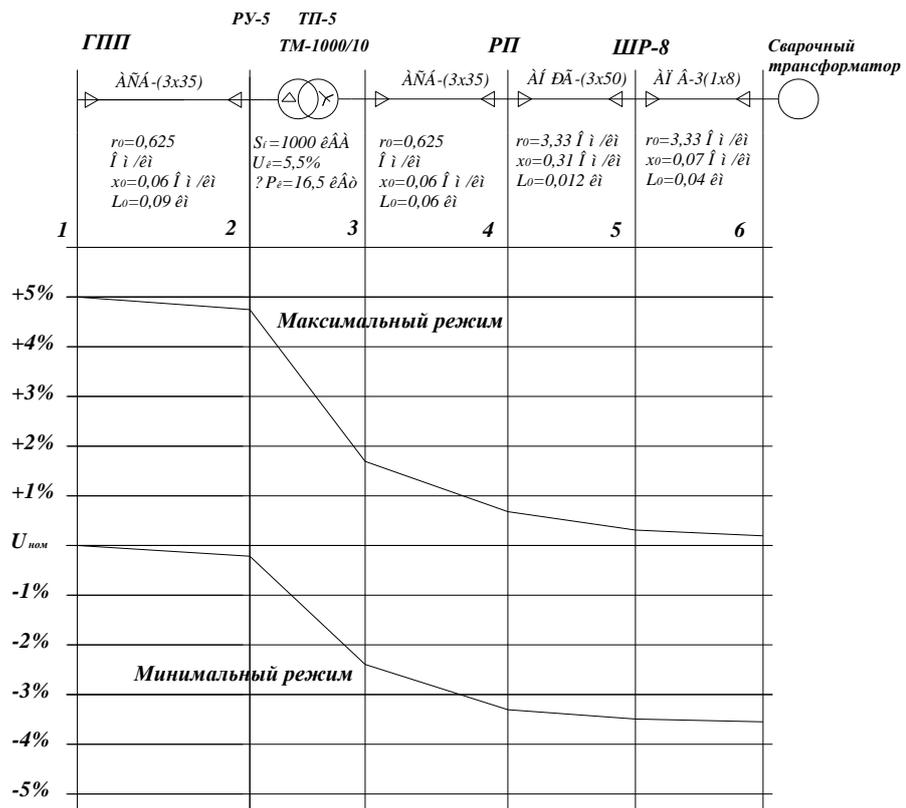


Рисунок 11. Эпюры отклонений напряжения

3.4 Расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до самого мощного электроприёмника цеха (сварочный трансформатор)

Расчёт токов К.З. в сети до 1000 В имеет следующие особенности [7]:

- принимаем мощность системы $S_c = \infty$, что правомерно $S_c \geq 50S_{н.тр.}$.

При этом напряжение на шинах подстанции считается неизменным при К.З. в сети до 1000 В;

- при расчёте учитываются все активные и реактивные сопротивления до точки К.З. всех элементов сети: силового трансформатора, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;

- расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение берётся на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем $U = 400\text{В}$, действующая величина тока короткого замыкания $I_k = U / \sqrt{3}Z_\Sigma$.

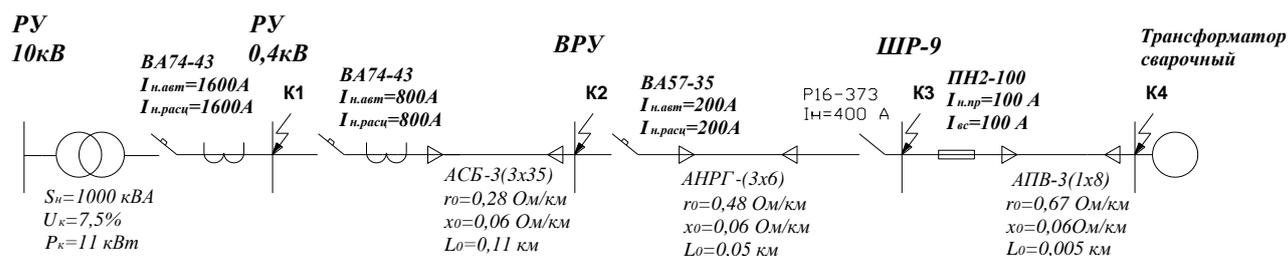


Рис. 12. Схема расчета токов короткого замыкания для сети ниже 1000 В

Расчёт токов К.З. для точки К1:

$$R_m = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U^2}{S_{н.мп.}^2} = \frac{11 \cdot 400^2}{1000^2} = 1,76 \text{ мОм} - \text{активное сопротивление трансформатора.}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.мп.}} = \frac{11 \cdot 100\%}{1000} = 1,11\% - \text{активная составляющая напряжения К.З.}$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,11^2} = 5,4\% - \text{реактивная составляющая напряжения}$$

К.З.;

$$X_m = \frac{U_p\%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{н.мп.}} = \frac{5,4}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 8,64 \text{ мОм} - \text{активное сопротивление}$$

трансформатора;

$$Z_{\Sigma к1} = \sqrt{R_m^2 + X_m^2} = \sqrt{1,76^2 + 8,64^2} = 8,8 \text{ мОм}$$

$$I_{к1} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,8} = 26,27 \text{ кА};$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y01} = 1,55$;

$$i_{y1} = I_{к1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y01} = 26,27 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,55 = 57,4 \text{ кА}$$

Расчёт токов К.З. для точки К2:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2, стр.63], следующие величины:

$R_x = 0,12 \text{ мОм}$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_x = 0,094 \text{ мОм}$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$R_{пер} = 0,25 \text{ мОм}$ – переходное сопротивление контактов.

Для трансформатора тока, согласно [2, стр.63] при коэффициенте трансформации $K_T = 600/5$ принимаем следующие величины:

$R_{mm} = 0,05 \text{ мОм}$ – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока;

$X_{mm} = 0,07 \text{ мОм}$ – реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока.

Для кабеля АСБ - (3×35) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 0,625 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 20,2 \text{ мОм}$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,06 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 2,4 \text{ мОм}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma K2} &= \sqrt{(R_m + R_k + R_{пер} + R_{мм} + R_{каб})^2 + (X_m + X_k + X_{мм} + X_{каб})^2} = \\ &= \sqrt{(1,76 + 0,12 + 0,25 + 0,05 + 20,2)^2 + (8,64 + 0,094 + 0,07 + 2,4)^2} = 25,03 \text{ мОм} \end{aligned}$$

$$I_{K2} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 25,03} = 9,24 \text{ кА}$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y02} = 1,05$;

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y02} = 9,24 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,05 = 13,68 \text{ кА}$$

Расчёт токов К.З. для точки К3:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2, стр.63], следующие величины:

$R_x = 1,3 \text{ мОм}$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_x = 0,86 \text{ мОм}$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$R_{пер} = 0,75 \text{ мОм}$ – переходное сопротивление контактов.

Для кабеля АНРГ– (3×50) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 1,36 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 54,4 \text{ мОм}$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,13 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 5,2 \text{ мОм}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma K3} &= \sqrt{(R_{\Sigma 2} + R_x + R_{пер} + R_{каб})^2 + (X_{\Sigma 2} + X_x + X_{каб})^2} = \\ &= \sqrt{(22,38 + 1,3 + 0,75 + 54,4)^2 + (11,2 + 0,86 + 5,2)^2} = 80,7 \text{ мОм} \end{aligned}$$

$$I_{K3} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 80,7} = 2,87 \text{ кА}$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y03} = 1$;

$$i_{y3} = I_{K3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y03} = 2,87 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 4,04 \text{ кА (кА)}.$$

Расчёт токов К.З. для точки К4:

Для провода АПВГ-3(1×8) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R = r_0 \cdot l = 3,33 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 17 \text{ мОм}$$

$$X = x_0 \cdot l = 0,31 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 0,2 \text{ мОм}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma K4} &= \sqrt{(R_{\Sigma 3} + R)^2 + (X_{\Sigma 3} + X)^2} = \\ &= \sqrt{(78,8 + 17)^2 + (17,26 + 0,2)^2} = 97,4 \text{ мОм} \end{aligned}$$

$$I_{K4} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 92,04} = 2,37 \text{ кА}$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y04} = 1$;

$$i_{y4} = I_{K4} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y04} = 2,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 3,34 \text{ кА}$$

3.5 Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4 кВ от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника

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

- номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- расчётный и пиковый ток подстанции;
- защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей и предохранителя);
- значения токов К.З. в сети 0,4 кВ.

Все данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты систематизируем в виде таблицы, представленной ниже.

Таблица 19. Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

	Электро приёмник	Силовой распределительный шкаф ШР №13	Распред. пункт(ВРУ)	Подстанция ТП-5	Значение тока КЗ в соотв. точках, кА			
	Сварочный трансформатор				1	2	3	4
Расчётный ток, А	<input type="checkbox"/>	126,3	555,62	1521,1	57,4	13,7	4,1	3,3
Пиковый ток, А	<input type="checkbox"/>	308,1	968,33	2104,3				
Номинальный ток, А	41,68	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Пусковой ток, А	229,23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Таблица 20. Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А	Номинальный ток плавкой вставки, А
ВА74-43	1600	3200	<input type="checkbox"/>
ВА74-43	625	1250	<input type="checkbox"/>
ВА57-35	160	800	
ПН2-100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	60

Защитные характеристики автоматических выключателей, которые необходимо использовать для построения карты селективности действия аппаратов защиты, приведены в справочной литературе [3, стр.88]; плавких предохранителей в справочной литературе [2, стр.88].

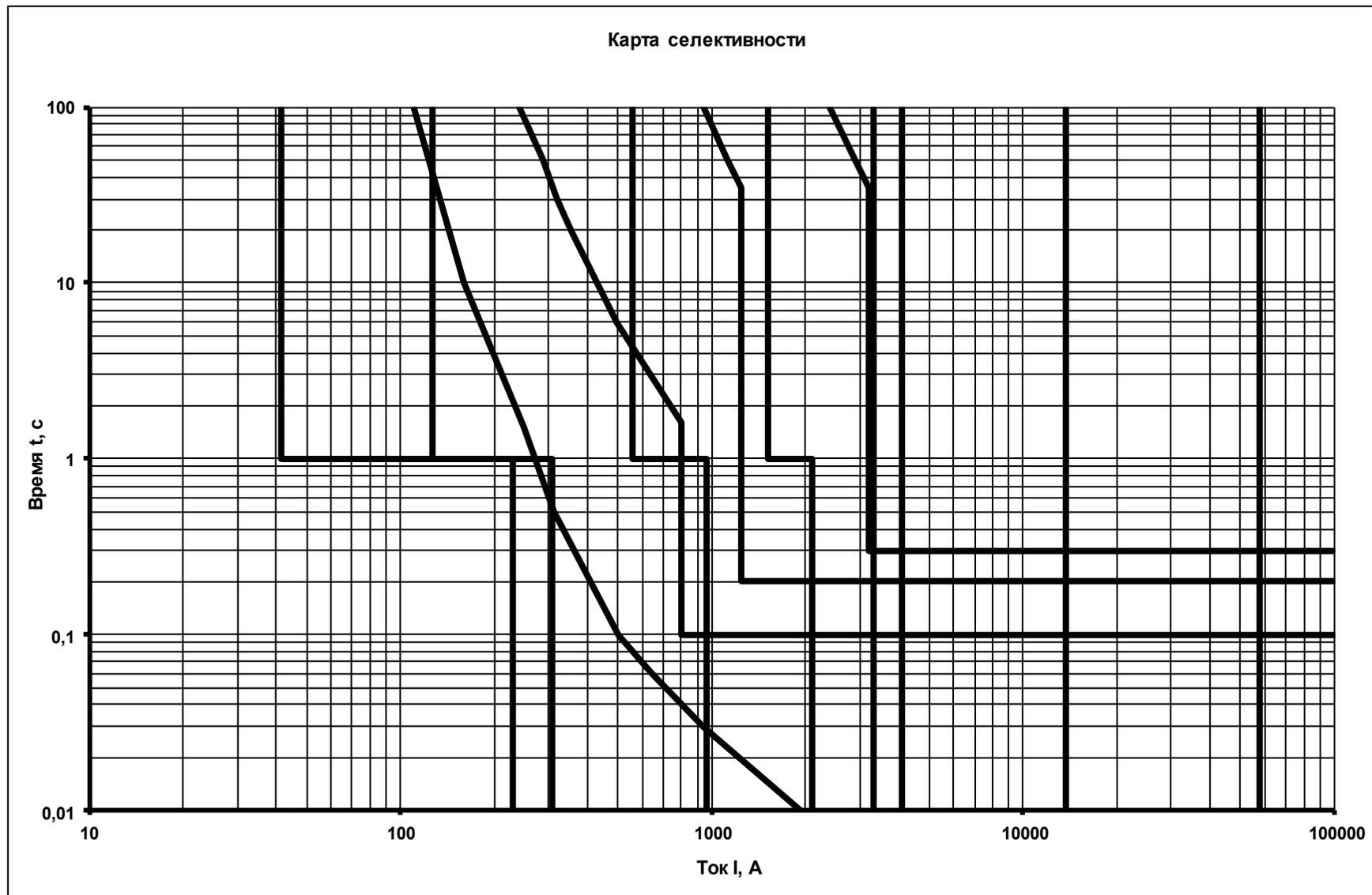


Рисунок 13. Карта селективности

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы.

Достижение цели обеспечивается решение задач [6]:

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

При этом рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования. В данном разделе рассчитывается сумма затрат на проектирование системы электроснабжения ремонтно-механического цеха завода по производству запасных деталей к тракторам и сумма затрат на покупку оборудования для реализации проекта.

4.1 Планирование проектных работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для формирования рабочей группы выбираем двух человек: руководитель проекта и студент (бакалавр). По каждому виду запланированных работ закрепляется исполнитель.

Таблица 21. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ раб	Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Постановка целей и разработка технического задания.	1. Составление и утверждение технического задания	Руководитель
2	Обзор литературы	2. Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
3	Изучение особенностей основ расчета и проектирования	3. Проработка методических указаний	Бакалавр
4	Сбор и систематизация данных об электроприемниках	4. Расчет коэффициентов мощности для каждого электроприемника	Бакалавр
5	Расчеты и проектирование системы электроснабжения ремонтно-механического цеха	5. Создание схемы системы электроснабжения	Бакалавр
		6. Проверка схемы	Руководитель
		7. Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций	Бакалавр
		8. Выбор распределительных пунктов	Бакалавр
		9. Проработка и проверка схемы прокладки низковольтных линий от КТП до отдельных ЭП	Бакалавр
		10. Построение эпюр отклонения напряжения	Бакалавр
		11. Построение карты селективности с учетом принятой защитной аппаратуры	Руководитель Бакалавр
6	Обработка результатов	12. Обоснование принятых решений, корректировка замечаний и исправлений, указанных руководителем	Бакалавр
7	Оформление записки	13. Окончательная проверка руководителем, устранение недочётов дипломником	Руководитель Бакалавр
8	Сдача выпускной квалификационной работы	14. Подготовка к защите и защита ВКР	Руководитель Бакалавр

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников исследования.

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

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

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.

Ожидаемая трудоёмкость и время выполнения работ приведены в таблице 22.

Таблица 22. Определение продолжительности выполнения работ

№ этапа	Наименование этапа	Кол-во человек	Трудоёмкость работ, чел-дни		
			Мин. возможная	Макс. возможная	Ожидаемая
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр	7	10	8
3	Проработка методических указаний	Бакалавр	4	6	5
4	Расчет коэффициентов мощности для каждого электроприемника	Бакалавр	12	17	14
5	Создание схемы системы электроснабжения	Бакалавр	8	12	10
6	Проверка схемы	Руководитель	1	1	1

7	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности	Бакалавр	9	12	10
8	Выбор распределительных пунктов	Бакалавр	8	10	9
9	Проработка и проверка схемы прокладки низковольтных линий от КТП до отдельных ЭП	Бакалавр	10	14	12
10	Построение эюр отклонения напряжения	Бакалавр	12	15	13
11	Построение карты селективности с учетом принятой защитной аппаратуры	Руководитель	1	1	1
		Бакалавр	5	7	6
12	Обоснование принятых решений, корректировка замечаний и исправлений, указанных руководителем	Бакалавр	6	8	7
13	Оформление записки	Руководитель	1	1	1
		Бакалавр	8	10	9
14	Сдача выпускной квалификационной работы	Руководитель	1	1	1
		Бакалавр	5	6	5

Общая продолжительность выполнения расчетов составила 113 рабочих дней ($t_{\text{раб}}$).

По данным таблица 22 и по линейному графику (таблица 23) продолжительность работ для исполнителей проекта составляет:

- для руководителя проекта 5 дн.;
- для студента 108 дн.

Таблица 23. План-график продолжительности работы

№	Вид работ	Исполнители	T_{pib} раб. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Фев			Март			Апрель			Май			Июнь	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	-													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр	8	—													
3	Проработка методических указаний	Бакалавр	5		—												
4	Расчет коэффициентов мощности для каждого электроприемника	Бакалавр	14			—											
5	Создание схемы системы электроснабжения	Бакалавр	10				—										
6	Проверка схемы	Руководитель	1					-									
7	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций	Бакалавр	10					—									
8	Выбор распределительных пунктов	Бакалавр	9						—								
9	Проработка и проверка схемы прокладки низковольтных линий от КТП до отдельных ЭП	Бакалавр	12							—							
10	Построение эпюр отклонения напряжения	Бакалавр	13								—						
11	Построение карты селективности с учетом принятой защитной аппаратуры	Руководитель	1									-					
		Бакалавр	6										—				
12	Обоснование принятых решений, корректировка замечаний и исправлений, указанных руководителем	Бакалавр	7										—				
13	Оформление записки	Руководитель	1												-		
		Бакалавр	9												—		
14	Сдача работы	Руководитель	1												-		
		Бакалавр	5												—		

4.2 Определение сметы проекта

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

4.2.1 Зарплата исполнителей проекта

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

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату[6]:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где, $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_t + Z_d + Z_{рк}}{F_d},$$

где Z_t – месячный должностной оклад работника, руб.;

Z_d – стимулирующие выплаты;

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

F_d – фонд рабочего времени персонала, раб.дн.

Расчет основной заработной платы приведен в таблица 24.

Таблица 24. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб	Доплаты, руб	Районный коэффициент, руб	Итоговая месячная ЗП, руб	Среднедневная, руб	Продолжительность, дн	Основная ЗП, руб
Руководитель	20389	2000	6717	29106	1120	5	5600
Бакалавр	8000	–	2400	10400	400	108	43200

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

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

Расчет дополнительной и полной заработной платы (таблица 25).

Таблица 25. Расчет полной заработной платы.

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Итоговая заработная плата, руб
Руководитель	0,15	5600	840	6400
Инженер	0,12	43200	5200	48400
Итого				54800

4.2.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

$$З_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 54800 = 16,5 \text{ тыс.руб.}$$

4.2.3 Накладные расходы

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

4.2.4 Формирование сметы технического проекта

Результаты расчетов по затратам на полную заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы и структура затрат приведена в таблица 26.

Таблица 26. Расчет сметы проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс.руб.	%
1. Затраты на полную заработную плату исполнителей проекта	54,8	64,5
2. Отчисления во внебюджетные фонды	16,5	19,5
3. Накладные расходы	13,7	16,0
Итого	85,0	100,0

Общая сумма затрат проекта по принятому варианту исполнения составляет 85 тыс.руб.

4.3. Расчет стоимости технических средств

Для реализации электроснабжения ремонтно-механического цеха требуются технические средства.

Рассчитаем затраты на закупку:

- трансформаторов для главной понизительной подстанции
- комплектных трансформаторных подстанции;
- кабелей с учетом условий прокладки;
- автоматических выключателей для ремонтно-механического цеха.
- конденсаторных батарей.

Стоимость технических средств сведена в таблица 27.

Таблица 27. Расчет стоимости технических средств.

Наименование	Кол-во, шт.	Цена, тыс.руб.	Стоимость, тыс.руб.
Трансформаторы ГПП ТМН – 4000/35	2	4850,0	9700,0
Автоматический выключатель ВА57–35	13	2,9	37,7
Предохранитель НПН2-60	71	0,1	7,1
Вводный предохранитель ПН2-100	13	0,06	0,8
Автоматический выключатель ВА74-43	1	72,0	72,0
Итого			9817,6

Для осуществления электроснабжения используются кабельные линии разного сечения, материала и типа изоляции. В зависимости от типа прокладки кабеля возникает необходимость в изолирующем материале. Например, для кабелей, проложенных в канале, необходимо учесть стоимость кабель-канала.

В качестве прочих расходов принимаются затраты на дополнительные материалы, используемые при дальнейшей сборке и прокладке линий. Эти затраты составляют 11 % от стоимости технических средств. Длина кабельных линий, тип кабельных линий, условия их прокладки и прочие расходы приведены в таблица 28.

Таблица 28. Расчет стоимости кабельных линий.

Вид кабеля	Длина линии, м	Условия прокладки	Цена кабеля, руб/м	Цена изолирующего материала, руб/км	Общая стоимость, тыс.руб.
Кабель марки АНРГ (ГПП-КТП)	376	На стене, на скобах	22,5	7,6	11,3
Кабель марки АПВ-3 (КТП-ПР)	241	В трубах	17,9	7,6	6,2
Прочие расходы	-	-	-	-	1,75
Итого					19,25

Стоимость оборудования и товарно-материальных ценностей учитывает затраты предприятия на транспортировку оборудования и рассчитываются по формуле:

$$C_{м.об} = (C_{об} + C_{кл}) \cdot K_{тзр} ;$$

где $C_{об}$ – суммарная стоимость электрооборудования;

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

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

$$C_{м.об} = (9817,6 + 19,25) \cdot 1,1 = 11 \text{ млн.руб.}$$

Для осуществления электроснабжения ремонтно-механического цеха проектом предусмотрена закупка оборудования на сумму 11 млн.руб.

4.4. Определение ресурсной эффективности системы

Интегральный показатель ресурсоэффективности исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [6]:

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

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

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

- **Гибкость:** возможность частых перестроек технологии производства и развития предприятия.

- **Безопасность:** обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;
- **Обеспечение надлежащего качества электроэнергии:** качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97.
- **Надежность:** бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.
- **Простота и удобство в эксплуатации:** возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электрооборудования на предприятии.
- **Энергоэффективность:** использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Весовые коэффициенты характеристик проекта приведены в таблице 29.

Таблица 29. Сравнительная оценка характеристик проекта

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

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

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

В данном разделе выпускной квалификационной работы была рассчитана сумма затрат на проектирование системы электроснабжения ремонтно-механического цеха. Общая сумма затрат проекта по принятому варианту исполнения составляет 85 тыс.руб.

Проектом предусмотрена закупка всего оборудования, при реализации проекта. Для принятого проекта электрооборудования была посчитана общая сумма затрат на их покупку, которая составляет 11 млн.руб.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

С развитием научного прогресса безопасность жизнедеятельности человека играет огромную роль на производстве. В соответствии с требованиями безопасности была создана наука, которая помогает обеспечить безопасность жизнедеятельности человека (БЖД). БЖД – это комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасности человека в окружающей его среде обитания, сохранение его здоровья, разработку методов и средств защиты путём снижения влияния вредных и опасных факторов до допустимых значений, выработку мер по ограничению ущерба в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Целью данного раздела является оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, воздействующих на работника, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды при работе в ремонтно-механическом цехе на заводе по производству запасных деталей к тракторам.

5.1 Анализ вредных и опасных факторов

К числу вредных производственных факторов относятся: неблагоприятные метеорологические условия, высокие уровни шума и вибрации, электромагнитные и ионизирующие излучения, производственные пыли, газы, пары, яды, вредные микроорганизмы, механические факторы, могущие привести к травмированию персонала. К опасным на данном производстве относятся следующие факторы [7]:

Возможность поражения человека вращающимися частями электрооборудования (токарно-винторезный станок, наждачное точило);

Возможность термического поражения при контакте с частями электроустановок (печь, калорифер);

Возможность поражения электричеством (работа со сварочным аппаратом, случайное прикосновение к токоведущим частям оборудования).

5.2 Производственная санитария

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 [8] производственной санитарией называется система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Для создания нормальных условий работы объем производственных помещений должен составлять на одного работающего не менее 15 м, площадь не менее 4,5 м, при высоте помещения не меньше 3,2 м.

В цехах должны быть предусмотрены гардеробные, душевые, помещения для отдыха, оздоровительные кабинеты для рабочих завода.

5.2.1 Отклонения показателей микроклимата

Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях

Для обеспечения нормальных метеоусловий и снижения концентрации вредных веществ в операторной предусмотрены естественная и искусственная вентиляция. Естественная вентиляция осуществляется через вентиляционные короба, искусственная вентиляция – общая приточно–вытяжная. Кратность воздуха $K = 3 \text{ ч}^{-3}$. Предусмотрено включение снаружи автомеханической вентиляции.

Воздуховоды изготавливают из не искрящего и нержавеющей материала, чтобы не возникло статистических зарядов. Воздуховоды заземляют.

В табл. 30 приведены допустимые параметры микроклимата воздуха рабочей зоны. По степени физической тяжести работа относится к категории средней тяжести Пб [9].

Таблица 30 – Нормируемое качество воздуха

Сезон года	Категория работы	Температура, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный период года	П б	17-19	60-40	0,3
Теплый период года	П б	20-22	60-40	0,4

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха.

5.2.2 Вентиляция

При осуществлении любого производственного процесса, как правило, всегда выделяется теплота. Источниками теплоты являются печи, котлы, паропроводы и т. д. Теплота выделяется при сжигании топлива, нагреве, при переходе электроэнергии в теплоту и т. п.

Многие производственные процессы сопровождаются выделением пыли. Проникая в организм человека при дыхании, при заглатывании и через поры кожи могут вызвать различные заболевания. Поэтому для поддержания микроклимата в цехах завода в оптимальном состоянии используется вентиляция помещений.

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

В цехах завода используется общеобменная, механическая приточно-вытяжная вентиляция. Для очистки загрязненного воздуха, выбрасываемого в атмосферу, используются пылеотделители [9].

5.2.3 Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим

напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

Для измерения громкости (в децибелах дБ) может быть использован двушкальный шумомер. В цехе допускается громкость около 100 дБ. Громкость выше 140 дБ может вызвать болевой эффект [10].

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

В качестве защиты от шума и звука следует применять нормирование; некоторые технические тонкости, звукоизоляцию, звукопоглощение, специальные глушители аэродинамического шума, средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, противошумные каски, специальная противошумная одежда) [11].

Всё оборудование, являющееся источником вибраций, должно быть установлено на виброопорах.

5.2.4 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Производственное освещение — неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного травматизма. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме, ослаблением его реактивности, способствует развитию близорукости.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СП 52.13330.2011 [12].

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Освещение производственных объектов может быть естественным и

искусственным. Естественное освещение бывает боковое (оно в стеклах), верхнее, комбинированное (световые фонари и окна).

В случае отключения рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение $E = 10$ лк.

Эвакуационное освещение предусмотрено в проходах, на лестницах, которое обеспечивает освещенность в помещениях 0,5 лк, на открытых территориях 0,2 лк.

Светильники аварийного освещения присоединяются к независимому источнику питания, а светильники для эвакуации людей к сети независимого от рабочего освещения. Для аварийного освещения применяют светильники с лампами накаливания.

5.2.5. Электромагнитное излучение

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимых характер.

На производстве множество источников электромагнитных полей (высоко- и низковольтные кабели, шины, катушки магнитных пускателей, трансформаторы тока и напряжения, а также силовые и т. д.).

Согласно ГОСТ 12.1.002-75 [13] допустимые уровни напряженности и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле таковы:

- до 5кВ/м – без ограничений по времени;
- от 5 кВ/м до 10 кВ/м – не более 3,5 ч;
- от 10 кВ/м до 15 кВ/м - не более 1,5 ч;
- от 15кВ/м до 20кВ/м – не более 10 мин;
- от 20 кВ/м до 25кВ/м – 5 мин.

Защита от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты осуществляется экранированием источников.

Активная часть трансформатора помещена в металлический маслonaполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

5.3 Электробезопасность

На заводе по производству запасных деталей к тракторам помещения по степени опасности поражения электрическим током относятся к I категории (Помещения без повышенной опасности).

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [14].

Прохождение электрического тока через тело человека вызывает поражение различных органов, оказывает воздействие на нервную систему, кровеносно-сосудистую систему человека, на кровь, сердце, мозг и т.д.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

- термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути протекания тока до критической температуры;
- электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;
- механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;
- биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение, что и обуславливает непроизвольное сокращение мышц.

Основными мерами защиты от поражения электрическим током является: обеспечения недоступности токоведущих частей, находящихся под

напряжением; устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах и других частях электрооборудования, что достигается использованием двойной изоляции, защитным заземлением, занулением, защитным отключением; применение средств индивидуальной защиты – изолирующие штанги, указатели напряжения, измерительные клещи, диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, и т.п.

Расчет защитного заземления.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Основное назначение защитного заземления – устранение опасности поражения персонала электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования.

В качестве примера рассчитаем защитное заземление для одного из электроприёмников спроектированного цеха. Исходные данные примем произвольно.

Исходные данные:

- напряжение электроустановки – 380В;
- мощность источника питания сети - свыше 100 кВА;
- сеть с заземленной нейтралью;
- форма вертикальных электродов - уголок с шириной полки $b = 4$ см;
- длина вертикального электрода $l = 2$ м;
- глубина размещения вертикальных электродов $h = 0,7$ м,;
- отношение расстояний между заземлителями к их длине составляет $a/l = 2$;
- размеры контура заземления $L_1 = 24$ м, $L_2 = 8$ м;
- форма горизонтального электрода - полоса шириной $b=12$ мм;
- грунт торф,

- характеристика климатической зоны: средняя многолетняя
высшая температура + 15 °С.

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

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

Тип заземляющего устройства - контурный (размер контура 24x8).

Рассчитаем параметры заземлителя.

Суммарная длина горизонтального электрода $l_{\Gamma}=2(24+8)=64$ м.

Расстояние между вертикальными электродами должно быть не менее 2,5 - 3,0
м. Примем количество вертикальных электродов $n = 12$ шт.

Расчетное значение удельного сопротивление грунта для:

- вертикального заземлителя:

$$\rho = \rho_{\Gamma p} \cdot K_{\Pi} = 20 \cdot 2 = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

- для горизонтального заземлителя:

$$P = \rho_{\Gamma p} \cdot K_{\Pi} = 20 \cdot 7 = 140 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя R_B определяется
по формуле:

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{40}{2} \lg \frac{2 \cdot 2}{0,95 \cdot 0,04} + 0,51 \lg \frac{4 \cdot (1 + 0,7) + 2}{4 \cdot (1 + 0,7) - 2} = 17 \text{ Ом};$$

Сопротивление горизонтального заземлителя R_{Γ} определяется по
формуле:

$$R_{\Gamma} = 0,366 \cdot \frac{140}{64} \lg \frac{64^2}{0,5 \cdot 0,012 \cdot 0,7} = 4,7 \text{ Ом};$$

Расчетное сопротивление заземлителя R_3 вычисляется по формуле:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot \eta_B \cdot n} = \frac{17 \cdot 4,7}{17 \cdot 0,4 + 4,7 \cdot 0,68 \cdot 12} = 2,06 \text{ Ом};$$

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

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

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000В с заземленной нейтралью.

При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом.

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

5.4 Пожарная безопасность

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [15]. Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования. Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара: обеспечить подъезды к зданию; обесточивание электрических кабелей; наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах; наличие гидрантов с пожарными рукавами; телефонная связь с пожарной охраной; огнетушители: химический пенный ОХП-10 и углекислотный ОУ-2.

5.5 Охрана окружающей среды

Вследствие развития научно-технического прогресса, постоянно увеличивается возможность воздействия на окружающую среду, создаются предпосылки для возникновения экологических кризисов. В то же время прогресс расширяет возможности устранения создаваемых человеком ухудшений природной среды.

При разработке проекта возникает необходимость утилизировать производственные отходы, в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные детали должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант является более предпочтительным, так как переработка отходов является перспективным

направлением развития технологии и позволяет сберечь природные ресурсы, а также является важным направлением государственного регулирования.

Также в ходе производства возникает необходимость отводить сточные воды. Они должны передаваться организации, занимающейся очисткой сточных вод, по специальному изолированному трубопроводу. Если сточные воды не соответствуют требованиям принимающей организации, то необходимо организовать их очистку в пределах предприятия с помощью специальных очистных сооружений. В данном случае специальная очистка не требуется, и сточные воды подаются напрямую в канализационную систему.

5.6 Эвакуация людей из зданий и помещений

В соответствии с требованиями главы СНиП 21-01-97 [16] эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях зданий и сооружений, в течение необходимого времени эвакуации. Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий определяют исходя из протяженности эвакуационных путей и скорости движения людских потоков на всех участках пути от наиболее удаленных мест до эвакуационных выходов.

Заключение

Целью данной выпускной работы является расчет и проектирование схемы внутривзаводского электроснабжения напряжением 10 кВ

Завода по производству запасных деталей к тракторам и более подробно – проектирование схемы электроснабжения ремонтно-механического цеха.

По результатам расчетов были определены:

- полная расчетная нагрузка ремонтно-механического цеха методом упорядоченных диаграмм;
- расчетная нагрузка завода в целом, а именно:
- расчетная нагрузка потребителей электроэнергии 0,4 кВ;
- расчетная нагрузка потребителей электроэнергии 10 кВ;
- полная суммарная нагрузка завода в целом (мощности, приведенные к шинам 10 кВ ГПП);

По результатам расчета нагрузок цехам завода построена картограмма нагрузок для потребителей 0,4 кВ и для потребителей 10 кВ; определен центр электрических нагрузок. Установка ГПП в центре электрических нагрузок оказалась не возможной, в результате ГПП смещено в сторону питающей линии.

Определено число ($N=6$) и мощности ($S=1000$ кВА) цеховых трансформаторов, по удельной плотности нагрузки и произведено их распределение по цехам завода.

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы, которая находится на расстоянии 15 км от завода, по двухцепной воздушной линии напряжением 35 кВ. На ГПП с целью обеспечения надежности электроснабжения потребителей установлены два трансформатора ТМ – 4000/35. На стороне 35 кВ принята схема на отделителях и короткозамкательях. На стороне 10 кВ ГПП принята одинарная схема шин с секционным выключателем. РУ-10 кВ выполняется из шкафов КРУ с выключателями на выкатных тележках. Питание цеховых трансформаторов

осуществляется по кабельным линиям, напряжением 10 кВ, проложенным в траншеях, марки АСБ. Выбор сечений кабельных линий уточнен после расчета токов КЗ в сети выше 1000 В и проверки их на термическую стойкость.

Произведен выбор вводного автоматического выключателя ТП со стороны 0,4 кВ серии ВА74–43 и выключателей силовых распределительных шкафов. Также произведен выбор предохранителей для защиты электроприемников. Выбраны кабели, питающие распределительные шкафы (0,4кВ), типа АНРГ и провода ответвлений к электроприемникам, типа АПВ.

Так как в ремонтно-механическом цехе установлена двухтрансформаторная подстанция, то эпюры отклонений напряжения построены для максимального, минимального и послеаварийного режимов. Анализ эпюр показал, что во всех режимах отклонение напряжения меньше, чем максимально допустимое $\pm 5\%$. По результатам расчета токов КЗ и выбора защитных аппаратов построена карта селективности действия защитных аппаратов. Из построения видно, что все аппараты защиты работают селективно.

На листе 1 приведена схема учета электроэнергии в сети 0,4 кВ.

Список используемой литературы

1. Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий // Учебное пособие к курсовому проекту. – Томск: ТПУ, 1998. – 96 с.
2. Справочник по проектированию электроснабжения // Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. – 456 с.
3. Кудрин Б.И., Прокопчик В.В. Электроснабжение промышленных предприятий // Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1998. – 357 с.
4. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий // Учебник для ВУЗов, 4-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
5. А.И. Гаврилин, С.Г. Обухов, А.И. Озга. Электроснабжение промышленных предприятий // Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра для студентов направления 551700 – «Электроэнергетика» – Томск: изд. ТПУ, 2001. – 94 с.
6. Фатхудинов Р. А. Производственный менеджмент. 203 – 491с.:ил, 4-е издание.
7. Рекомендации по проектированию силового электрооборудования напряжением до 1000В переменного тока промышленных предприятий, 1989 [Электронный ресурс] режим доступа: eleco.r/lib1/docs/recomendations/recom3.html, [дата обращения: 04.04.2016]
8. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы;
9. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
10. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
11. СНиП 23-03-2003. Защита от шума.

12. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

13. ГОСТ 12.1.002-75. Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.

14. ГОСТ 12.1.009-76. Электробезопасность. Термины и определения.

15. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

16. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.