

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

Институт – Электронного обучения
Специальность – 140205 Электроэнергетические системы и сети
Кафедра – Электрических сетей и электротехники

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Проект реконструкции системы электроснабжения ООО «Сибэлектромонтаж»

УДК 621.31.031.001.6-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9201	Шахов Вячеслав Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Фикс Н.П.	к.пед.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Коршунова Л.А.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	Прохоров А.В.	к. т. н.		

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

Институт Электронного обучения
Специальность 140205 Электроэнергетические системы и сети
Кафедра Электрические сети и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭСиЭ

(Подпись) _____
(Дата) Прохоров А.В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-9201	Шахову Вячеславу Юрьевичу

Тема работы:

Проект реконструкции системы электроснабжения ООО «Сибэлектромонтаж»

Утверждена приказом

№ 1027/с от 12.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Сведения об электрических нагрузках; характеристики потребителей электроэнергии; материалы преддипломной практики.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наимено-

Поиск источников по теме исследования; аналитический обзор источников по теме исследования; описание объекта, цели и постановка задач исследования; обоснование необходимости реконструкции системы электроснабжения ООО «Сибэлектромонтаж»; выбор и проверка оборудования и аппаратуры; технико-экономические расчёты; произ-

вание дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	водственная и экологическая безопасность; анализ результатов и перспектив выполненного исследования, заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Схемы электроснабжения ООО «Сибэлектромонтаж» до реконструкции и после реконструкции; результаты выполненного исследования.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента Коршунова Л.А
Социальная ответственность	Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Амелькович Ю.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Фикс Н. П.	к. пед. н.		12.02.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9201	Шахов Вячеслав Юрьевич		12.02.2016

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСО-
СБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9201	Шахов Вячеславу Юрьевичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	140205 Электроэнергетические системы и сети

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.	Цели и задачи сравнения экономической эффективности реконструкции
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчёт капиталовложений
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Расчет затрат на проектирование
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет сметы затрат на проектирование
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки ИР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет сметы затрат на оборудование
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Л.А. Коршунова	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9201	Шахов Вячеслав Юрьевич		15.02.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-9201	Шахову Вячеславу Юрьевичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрические сети и электротехника
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	140205 Электроэнергетические системы и сети

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Электроснабжение механического цеха ООО «Сибэлектромонтаж». <i>Вредные факторы:</i> – низкая освещенность; – шум; – вибрации; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – климатическое состояние воздушной среды; <i>Опасные факторы:</i> – механические травмы; – поражения электрическим током; – пожар; – взрыв; опасность поражения током.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. РД 34.20.501-95. Правила устройства электроустановок и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н. «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00. ГОСТ 12.1.005 – 88«Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.1.002 – 84 "Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах". СП.52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение». 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153-34.0-

	03.301-00. ВППБ 01-02-95. ГОСТ 17.0.001-86 «Основные положения», ГОСТ 17.2.1.01-86 «Атмосфера» и ГОСТ 17.11.02-86«Гидросфера»
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, ПУЭ Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок”. Согласно Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках СО 153-34.03.603-2003 электроразщитные средства подразделяются на защитные средства для работы с электроустановками до и выше 1000В.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита– источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Наиболее частыми в сетях напряжением выше 1000 В являются поражения, вызванные: Случайным прикосновением или приближением на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Появлением напряжения на металлических конструктивных частях электрического оборудования (корпусах, кожухах и т.п.) в результате повреждения изоляции и других причин. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Атмосфере – при работе компьютера выделяется озон (не значительно), а также энергетические отходы (вредное излучение). Гидросфере – выброс сточных вод. Литосфере – твердые отходы (бумага, пластмасса и т.д.).
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций - результат стихийных бедствий; - воздействие внешних природных факторов, приводящие к старению материалов; - технико-производственные, дефекты сооружений - нарушение правил эксплуатации сооружений и технологических процессов; - нарушение правил техники безопасности при ведении работ и во время технологических процессов.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Правовой основой обеспечения государственной безопасности является целый ряд законов: федеральные законы «О безопасности» (в ред. Указа Президента РФ от 24 декабря 1993 г. № 2288); «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ); «Об обороне» (в ред. Федерального закона от 30 декабря 1999 г. № 223-ФЗ); «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ);

Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	<i>Расчет освещения на рабочем месте (ОПУ)</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Амелькович Ю.А	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-9201	Шахов Вячеслав Юрьевич		15.02.2016

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

Институт Электронного обучения

Специальность 140205 Электроэнергетические системы и сети

Уровень образования – специалитет

Кафедра Электрические сети и электротехника

Период выполнения – Весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
29.02.2016	<i>Поиск источников по теме исследования; аналитический обзор источников по теме исследования.</i>	15
07.03.2016	<i>Описание объекта, цели и постановка задач исследования; обоснование необходимости реконструкции системы электроснабжения ООО «Сибэлектромонтаж».</i>	10
13.04.2016	<i>Выбор и проверка оборудования и аппаратуры.</i>	60
20.04.2016	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	5
27.04.2016	<i>Социальная ответственность</i>	5
04.05.2016	<i>Анализ результатов и перспектив выполненного исследования, заключение</i>	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Фикс Н.П.	к. пед. н.		12.02.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	Прохоров А.В.	к. т. н.		12.02.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 135с., 16 рис., 32 табл., 30 источников, 13 прил.

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

Объектом исследования является электрическая часть ООО «Сибэлектромонтаж».

Цель работы – проектирование схемы электроснабжения предприятия, выбор оборудования.

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

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

Основные характеристики: схема электроснабжения состоит из кабельных и воздушных линий электропередачи. В высоковольтной сети применяются вакуумные выключатели, в низковольтной сети автоматические выключатели.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.	Шахов В.Ю.				РЕФЕРАТ			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.	Фикс Н.П.									9	135
Реценз.								ТПУ ИнЭО гр. 3-9201			
Н.Контр											
Утвердил											

ABSTRACT

Final qualifying paper consists of 135 p., 16 fig., 32 tab., 30 sources, 13 adj. Keywords: electrical equipment, plant, power supply circuit, line, power network, power consuming, power equipment, protection, current, voltage.

The object of the research is the electrical network of «Sibelektromontazh». The purpose of the work is to design power supply scheme and to select the equipment for the enterprise (company).

During practical training at the enterprise the initial data were collected. As a result, the power supply circuit was designed from the substation of the power system to the final electric receiver. Cables, wires and switching equipment were selected and the necessary control was made. Economic calculation of capital costs for this scheme construction and conditions for safety work of workers at the enterprise were determined.

Main characteristics: power supply circuit consists of a cable and overhead electric lines. Vacuum switches are used in a high-voltage network and automatic circuit breaker are used in low-voltage networks. Overhead electric lines are located on poles, cable lines are located on trays. The scheme is functional, simple to operate and reliable according to its uninterrupted operation.

The design of power supply circuit is of high importance, because the work of all enterprise and town depends on its uninterrupted operation.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.	Шахов В.Ю.				РЕФЕРАТ			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.	Фикс Н.П.									10	135
Реценз.								ТПУ ИнЭО гр. 3-9201			
Н.Контр											
Утвердил											

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	16
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА	18
Распределение приёмников по пунктам питания	18
Определение расчетной нагрузки цеха	18
3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ	22
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия	22
3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок	26
3.3 Силовой трансформатор	27
3.4 Компенсация реактивной мощности	28
3.5 Схема внешнего электроснабжения механического цеха	31
3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП	33
3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП	38
Технико-экономическое сравнение вариантов	40
3.9 Схема внутриводской сети выше 1000 В	41
3.10 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	44
4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В	51
4.1 Выбор выключателей и разъединителей	51
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока	53
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения	56
4.4 Учет электрической энергии	58
5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА	61
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники	61
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения	67
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В	71
5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты	74
5.5 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	74
6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА	79
6.1 Назначение релейной защиты и автоматики	79

					ФЮРА.140205.014 ПЗ									
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СОДЕРЖАНИЕ					Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	Шахов В.Ю.												11	135
Руковод.	Фикс Н.П.													
Реценз.													ТПУ ИнЭО гр. 3-9201	
Н.Контр														
Утвердил														

6.2 Расчет токов короткого замыкания	79
6.3 Защита от межфазных коротких замыканий	82
6.4 Защита от перегрузок	83
6.5 Защита от замыканий на землю в обмотке статора	84
6.6 Защита от потери питания	85
6.7 Защита от асинхронного режима	86
6.8 Схема защиты синхронного двигателя	87
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	90
7.1 Общие сведения	90
7.2 Смета на проектирование	91
7.3 Смета затрат на электрооборудование	95
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	97
Введение	97
Анализ опасных и вредных факторов	97
Электробезопасность:	98
Микроклимат:	102
Виброакустические вредные факторы:	104
Шум:	105
Защита от электромагнитных полей:	105
Освещение:	106
8.3 Экологическая безопасность	107
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	108
8.5 Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ	111
8.6 Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	116
Приложение А (обязательное)	
Расчетные нагрузки механического цеха по пунктам питания	119
Приложение Б (обязательное)	
Определение расчетных нагрузок по цехам предприятия	121
Приложение В (обязательное)	
Данные для построения картограммы нагрузок	122

Приложение Г (обязательное)	
Число трансформаторов в цехах предприятия.....	123
Приложение Д (обязательное)	
Выбор марки и сечений проводников питающей сети, аппаратов защиты распределительных пунктов, автоматов и кабелей	124
Приложение Е (обязательное)	
Схема защиты асинхронного двигателя. Селективность срабатывания защит	127
Приложение Ж (обязательное).....	129
Однолинейная схема механического цеха до реконструкции	
Приложение И(обязательное) Генплан предприятия. Распределение элек- троэнергии	130
Приложение К (обязательное) Картограмма нагрузок.....	131
Приложение Л (обязательное) Схема электрическая принципиальная.....	132
Приложение М (обязательное) Схема силовой сети механического цеха	133
Приложение Н (обязательное) Электроснабжение механического цеха од- нолинейной сети.....	134
Приложение П (обязательное) Эпюра отклонения напряжения. Карта селек- тивности.....	135

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проекта является проектирование системы электроснабжения механического цеха ООО «Сибэлектромонтаж», используя при проектировании реальные данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), детально проработать систему электроснабжения приемников в здании рассматриваемого цеха, сделать выводы.

Основным видом деятельности ООО «Сибэлектромонтаж» является производство электромонтажных работ.

Организация является юридическим лицом, имеет в собственности обособленное имущество, учитываемое на его самостоятельном балансе.

Основные направления работы предприятия - расширение производства, укрепление материально - технической базы, наращивание объемов, улучшение качества услуг по строительно-монтажным работам

Основные производственные подразделения:

—отделение по производству подручных материалов

—технологический цех

отделение производственного участка

Согласно Уставу ООО «Сибэлектромонтаж» целью Общества является получение прибыли. Общество может также осуществлять следующие виды деятельности:

—монтаж внутренних и наружных сетей освещения объектов капитального строительства;

—изготовление и монтаж основного и вспомогательного оборудования подстанций, распределительных устройств;

— ремонт электрооборудования.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВВЕДЕНИЕ	Лит.		Лист	Листов
Разраб.	Шахов В.Ю.							14	135
Руковод.	Фикс Н.П.					ТПУ ИнЭО гр. 3-9201			
Реценз.									
Н.Контр									
Утвердил									

– строительные, монтажные, ремонтные, реставрационные, пуско-наладочные и отделочные работы;

– торговую, торгово-посредническую, закупочную, сбытовую деятельность;

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

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

№ п/п	Наименование объекта	Число смен	Категори я ЭП	Среда	Установленная мощность, кВт
1	Механический цех	2	III	Нормальная	—
2	Лаборатория климатических	2	II	Нормальная	417
3	Литейно-термический участок	2	II	Жаркая	500
4	Прессово-штамповочный участок	2	II	Нормальная	400
5	Механосборочный участок	2	III	Пыльная	250
6	Гальванический участок	2	II	Нормальная	500
7	Лакокрасочный участок	2	II	Нормальная	40
8	Компрессорная	2	II	Нормальная	—
	0,38кВ				280
	10,0кВ/СД4 × 800кВт				3200
9	Заводоуправление	2	III	Нормальная	150

Генплан предприятия представлен в приложении 10.

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках механического цеха.

№ п/п	Наименование	$P_{уст}$ кВт	$K_{исп}$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	η	$K_{пуск}$	$I_{ном}$ А	$I_{пуск}$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вертикально-фрезерный станок	13,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
2	Вертикально-фрезерный станок	13,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
3	Вертикально-фрезерный станок	13,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
4	Фрезерный станок	28,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	73,5	367,7
5	Фрезерный станок	28,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	73,5	367,7
6	Универсально-фрезерный станок	19,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	49,9	249,5
7	Универсально-фрезерный станок	19,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	49,9	249,5
8	Токарно-револьверный станок	12,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	31,5	157,6
9	Токарно-револьверный станок	12,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	31,5	157,6
10	Токарно-револьверный станок	12,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	31,5	157,6
11	Токарно-револьверный станок	12,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	31,5	157,6

					ФЮРА.140205.014 ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.	Шахов В.Ю..				Исходные данные				Лит.
Руковод.	Фикс Н.П.								Лист
Реценз.									Листов
Н.Контр									16
Утвердил									135
					ТПУ ИнЭО гр. 3-9201				

Продолжение табл. 1.2

12	Токарно-винторезный станок	20,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	52,5	262,6
13	Токарно-винторезный станок	20,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	52,5	262,6
14	Настольно-сверлильный станок	4,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	10,5	52,5
15	Настольно-сверлильный станок	4,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	10,5	52,5
16	Настольно-сверлильный станок	4,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	10,5	52,5
17	Настольно-сверлильный станок	4,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	10,5	52,5
18	Настольно-сверлильный станок	4,5	0,20	0,65	1,17	0,89	5	11,8	59,1
19	Настольно-сверлильный станок	4,5	0,20	0,65	1,17	0,89	5	11,8	59,1
20	Настольно-сверлильный станок	4,5	0,20	0,65	1,17	0,89	5	11,8	59,1
21	Настольно-сверлильный станок	4,5	0,20	0,65	1,17	0,89	5	11,8	59,1
22	Резьбонарезной полуавтомат	5,2	0,20	0,65	1,17	0,89	5	13,7	68,3
23	Резьбонарезной полуавтомат	5,2	0,20	0,65	1,17	0,89	5	13,7	68,3
24	Резьбонарезной полуавтомат	5,2	0,20	0,65	1,17	0,89	5	13,7	68,3
25	Заточной станок	4,4	0,20	0,65	1,17	0,89	5	11,6	57,8
26	Заточной станок	4,4	0,20	0,65	1,17	0,89	5	11,6	57,8
27	Листозагибочная машина	15,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	39,4	197,0
28	Точильно-шлифовальный станок	13,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
29	Точильно-шлифовальный станок	13,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
30	Точильно-шлифовальный станок	13,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
31	Точильно-шлифовальный станок	13,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
32	Вертикально-сверлильный станок	2,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	5,3	26,3
33	Вертикально-сверлильный станок	2,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	5,3	26,3
34	Вертикально-сверлильный станок	2,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	5,3	26,3
35	Радиально-сверлильный станок	6,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	15,8	78,8
36	Радиально-сверлильный станок	6,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	15,8	78,8
37	Универсально-заточной станок	5,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	13,1	65,7
38	Универсально-заточной станок	5,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	13,1	65,7
39	Плоскошлифовальный станок	15,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	39,4	197,0
40	Полировальный станок	8,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	21,0	105,1
41	Полировальный станок	8,0	0,20	0,65	1,17	0,89	5	21,0	105,1
42	Сварочная машина	15,0	0,30	0,45	1,98	0,95	3	53,3	159,9
43	Сварочный агрегат ПВ = 40%	24,0	0,30	0,45	1,98	0,95	3	85,3	255,9
44	Сварочный агрегат ПВ = 40%	24,0	0,30	0,45	1,98	0,95	3	85,3	255,9
45	Сварочный агрегат ПВ = 40%	24,0	0,30	0,45	1,98	0,95	3	85,3	255,9
46	Сварочный агрегат ПВ = 40%	24,0	0,30	0,45	1,98	0,95	3	85,3	255,9
47	Сварочный агрегат ПВ = 40%	24,0	0,30	0,45	1,98	0,95	3	85,3	255,9
48	Печь закалочная	22,0	0,75	0,95	0,33	0,98	—	35,9	—
49	Вентилятор	18,0	0,70	0,80	0,75	0,89	7	38,4	268,9
50	Вентилятор	15,0	0,70	0,80	0,75	0,89	7	32,0	224,1
51	Кран-балка ПВ=25%	18,0	0,06	0,45	1,98	0,89	5	68,3	341,4

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Распределение приёмников по пунктам питания

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

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

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

В качестве РП принимаем распределительные пункты марки ПР11-7123.

Данный РП рассчитан на количество отходящих линий до двенадцати штук.

В приложении 13 изображен план цеха с расположением ПР и питаемых от них электроприемников.

Определение расчетной нагрузки цеха

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок рассматриваемого цеха.

Для этого воспользуемся методом коэффициента максимума.					ФЮРА.140205.014 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА		
Разраб.	Шахов В.Ю..						
Руковод.	Фикс Н.П.						
Реценз.							
Н.Контр							
Утвердил							
					Лит.	Лист	Листов
						18	135
					ТПУ ИнЭО гр. 3-9201		

Паспортные мощности электроприемников с повторно – кратковременным режимом работы (ПКР) приводятся к ПВ = 100%, то есть к номинальной установленной мощности.

Сварочный агрегат ПВ = 40%

$$P_{\text{ном}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 24,0 \cdot \sqrt{0,4} = 15,179 \text{ кВт.}$$

Кран-балка ПВ = 25%

$$P_{\text{ном}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 18,0 \cdot \sqrt{0,25} = 9,000 \text{ кВт.}$$

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность (на примере группы «А» ПР5)

$$P_{\text{ном.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} = 94,0 + 9,0 = 103,0 \text{ кВт.}$$

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

Средняя активная и реактивная нагрузки за наиболее загруженную смену для электроприемников (на примере станков):

$$P_{\text{см}} = K_u \cdot P_{\text{ном.}\Sigma} = 0,20 \cdot 94,0 = 18,8 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 18,8 \cdot 1,17 = 22,0 \text{ кВАр,}$$

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

K_u – коэффициент использования активной мощности;

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

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

$$P_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см.}i} = 18,8 + 0,5 = 19,3 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см.}i} = 22,0 + 1,1 = 23,1 \text{ кВАр.}$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{ном.мах}}}{P_{\text{ном.мин}}} = \frac{28,0}{9,0} = 3,1 > 3.$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе:

$$n_3 = \frac{[P_{\text{ном.}\Sigma}]^2}{\sum P_{\text{ном}}^2} = \frac{103,0^2}{2596,0} = 4,1 \text{ шт}$$

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

$$K_M = 2,56.$$

Коэффициент максимума реактивной мощности^Λ

$$K' = 1,1.$$

Расчетная активная и реактивная максимальные мощности пункта:

$$P_M^{''A''} = K_M \cdot P_{\text{см}}^{''A''} = 2,56 \cdot 19,3 = 49,5 \text{ кВт},$$

$$Q_M^{''A''} = K' \cdot Q_{\text{см}}^{''A''} = 1,1 \cdot 23,1 = 25,4 \text{ кВАр}.$$

Для электроприемников группы «Б» с практически постоянным графиком нагрузки расчетная активная и реактивная мощность принимается равной средней за наиболее загруженную смену

$$P_M^{''B''} = P_{\text{см}}^{''B''} = 10,5 \text{ кВт},$$

$$Q_M^{''B''} = Q_{\text{см}}^{''B''} = 7,9 \text{ кВАр}.$$

Определяем активную, реактивную и полную максимальные мощности электроприемников пункта:

$$P_M = P_M^{''A''} + P_M^{''B''} = 49,5 + 10,5 = 60,0 \text{ кВт},$$

$$Q_M = Q_M^{''A''} + Q_M^{''B''} = 25,4 + 7,9 = 33,2 \text{ кВАр},$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{60,0^2 + 33,2^2} = 68,6 \text{ кВА}.$$

Определение расчётного тока пункта:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{68,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 104,2 \text{ А},$$

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

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

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						20
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{\text{ном.о}} = P_{\text{уд.о}} \cdot F_{\text{ц}} = 0,016 \cdot 4400 = 70,4 \text{ кВт},$$

где $F_{\text{ц}} = 4400 \text{ м}^2$ – площадь цеха;

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

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха:

$$P_{\text{расч.о}} = K_{\text{со}} \cdot P_{\text{ном.о}} = 0,95 \cdot 70,4 = 66,9 \text{ кВт},$$

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

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$S_{\text{м}} = \sqrt{(P_{\text{м}} + P_{\text{расч.о}})^2 + Q_{\text{м}}^2} = \sqrt{(279,6 + 66,9)^2 + 187,7^2} = 394,0 \text{ кВА}.$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{394,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 598,7 \text{ А},$$

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

Определение пикового тока цеха

Номинальный ток самого мощного электроприемника (фрезерный станок)

$$I_{\text{ном}}^{\text{тах}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{28,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65 \cdot 0,89} = 73,5 \text{ А},$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная активная мощность электроприемника, кВт;

η – КПД электроприемника.

Пусковой ток самого мощного электроприемника

$$I_{\text{пуск}}^{\text{тах}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{тах}} = 5 \cdot 73,5 = 367,7 \text{ А},$$

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

Пиковый ток цеха

$$I_{\text{пик.ц}} = I_{\text{пуск}}^{\text{тах}} + (I_{\text{м}} - K_{\text{и.тах}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{тах}}) = 367,7 + (598,7 - 0,20 \cdot 73,5) = 951,6 \text{ А},$$

где $K_{\text{и.тах}}$ – коэффициент использования самого мощного электроприемника. Табличный расчет нагрузки цеха приведен в приложении А.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						21
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия

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

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

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

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

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

$tg\varphi$ – принимаются по соответствующему значению коэффициента мощности.

Расчет осветительной нагрузки цехов идентичен расчету осветительной нагрузки рассчитанного цеха.

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

Результаты расчетов располагаются в приложении 2. Пример расчета (Лаборатория).

$$P_{уст} = 417,0 \text{ кВт}; \quad K_c = 0,55; \quad \cos\varphi = 0,85; \quad tg\varphi = 0,62.$$

Расчетные активная и реактивная мощности корпуса:

$$P_p = K_c \cdot P_{уст} = 0,55 \cdot 417,0 = 229,4 \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_p \cdot tg\varphi = 229,4 \cdot 0,62 = 142,1 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,020 \cdot 4100 = 82,0 \text{ кВт},$$

					ФЮРА.140205.014 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Электроснабжение на территории предприятия	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Шахов В.Ю..						22	135
Руковод.	Фикс Н.П.					ТПУ ИнЭО гр. 3-9201		
Реценз.								
Н.Контр								
Утвердил								

где $F_y = 4100 \text{ м}^2$ – площадь цеха;

$P_{y.o} = 0,020 \text{ кВт/м}^2$ – удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл.1.11].

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

$$P_{\text{расч.о}} = K_{\text{со}} \cdot P_{\text{ном.о}} = 0,80 \cdot 82,0 = 65,6 \text{ кВт},$$

где $K_{\text{со}} = 0,80$ – коэффициент спроса [1, стр. 22, табл.1.10].

Полная максимальная мощность корпуса:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{\text{расч.о}})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(229,4 + 65,6)^2 + 142,1^2} = 327,4 \text{ кВА}.$$

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов:

ЭП до 1000 В	ЭП выше 1000 В
$\sum P_p^H = 1840,9 \text{ кВт},$	$\sum P_p^B = 2240,0 \text{ кВт},$
$\sum Q_p^H = 1413,8 \text{ кВАр},$	$\sum Q_p^B = 0,0 \text{ кВАр}.$
$\sum P_{\text{расч.о}} = 451,7 \text{ кВт},$	

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

$$S_p^H = \sqrt{\left(\sum P_p^H + \sum P_{\text{расч.о}}\right)^2 + \left(\sum Q_p^H\right)^2} = \sqrt{(1840,9 + 451,7)^2 + 1413,8^2} = 2693,4 \text{ кВА}.$$

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

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

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

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

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum P_p^H + \sum P_p^B \right) \cdot K_{p.m} + P_{расч.о} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{л} =$$

$$= (1840,9 + 2240,0) \cdot 0,95 + 451,7 + 53,9 + 80,8 = 4463,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum Q_p^H + \sum Q_p^B \right) \cdot K_{p.m} + \Delta Q_{тр} = (1413,8 + 0,0) \cdot 0,95 + 269,3 = 1612,4 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{4463,2^2 + 1612,4^2} = 4745,5 \text{ кВА}.$$

где $K_{p.m} = 0,9 - 0,95$ – коэффициент разновременности максимумов нагрузки [3, стр. 35].

Приблизительные потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 4745,5 = 94,9 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{тр.ГПП} = 0,10 \cdot S_{p\Sigma} = 0,10 \cdot 4745,5 = 474,6 \text{ кВАр},$$

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

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

Определяем полную расчетную мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП:

$$S_p = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{тр.ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{тр.ГПП})^2} =$$

$$= \sqrt{(4463,2 + 94,9)^2 + (1612,4 + 474,6)^2} =$$

$$= \sqrt{4558,1^2 + 2087,0^2} = 5013,2 \text{ кВА}.$$

Т.е., произведен расчет нагрузки предприятия без учета компенсации реактивной мощности.

Чтоб учесть компенсацию реактивной мощности необходимо определиться с уровнем напряжения питающих линий.

При выборе напряжения питающей линии ГПП используются следующие рекомендации [5, стр.46]:

– напряжение 35 кВ имеет экономические преимущества при передаваемой

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

мощности не более 10МВА;

– напряжение 110 кВ целесообразно применять при потребляемой предприятием мощности 10 – 120МВА;

– при мощностях, превышающих 120 – 150 МВА, для электроснабжения предприятия возможно применение напряжения 220 кВ.

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

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{3,2} + \frac{2500}{4,558}}} = 37,7 \text{ кВ},$$

Где $L = 3,2 \text{ км}$ – длина питающей линии;

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

С учетом рекомендаций принимаем к рассмотрению напряжение питающих линий:

$$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}.$$

Реактивная мощность, передаваемая в сеть предприятия от системы:

$$Q_z = \alpha \cdot P_p = 0,24 \cdot 4558,1 = 1093,9 \text{ кВАр},$$

где α – расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы [3, стр.35].

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_z = 2087,0 - 1093,9 = 993,0 \text{ кВАр}.$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП с учетом компенсации реактивной мощности:

$$\begin{aligned} S_{\text{р.гпп}} &= \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{ку}})^2} = \sqrt{4558,1^2 + (2087,0 - 993,0)^2} = \\ &= \sqrt{4558,1^2 + 1093,9^2} = 4687,6 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

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

3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

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

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В.

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

Пример расчета (Механический цех).

$$S_p = 394,0 \text{ кВА}, \quad P_{p.o} = 66,9 \text{ кВт}, \quad x = 64,4 \text{ мм}, \quad y = 170,5 \text{ мм}.$$

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса:

$$r = \sqrt{\frac{S_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{394,0}{3,14 \cdot 0,450}} = 16,7 \text{ мм},$$

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

$m = 0,450 \text{ кВА/мм}^2$ – масштаб для определения площади круга нагрузки до 1000 В;

$m = 1,500 \text{ кВА/мм}^2$ – масштаб для определения площади круга нагрузки выше 1000 В.

Угол сектора нагрузки освещения корпуса тогда:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o}}{S_p} = \frac{360 \cdot 66,9}{394,0} = 61,1 \text{ град.}$$

$$S_p \cdot x = 394,0 \cdot 64,4 = 25375,2 \text{ кВА} \cdot \text{мм},$$

$$S_p \cdot y = 394,0 \cdot 170,5 = 67181,1 \text{ кВА} \cdot \text{мм}.$$

Координаты центра электрических нагрузок предприятия:

$$x_0 = \frac{\sum(S_{p,i} \cdot x_i)}{\sum S_{p,i}} = \frac{280523,7}{4934,7} = 56,8 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{\sum(S_{p,i} \cdot y_i)}{\sum S_{p,i}} = \frac{583557,5}{4934,7} = 118,3 \text{ мм}.$$

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

$$x_0 = 80,6 \text{ мм}, \quad y_0 = 117,5 \text{ мм}.$$

Картограмма нагрузок приведена в приложении 11.

3.3 Силовой трансформатор

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки [2, стр. 82, табл. 5.1].

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{ц}} = \frac{2693,4}{28355,0} = 0,095 \text{ кВА/м}^2; \quad \text{принимаем } S_{\text{ном.тр}} = 630 \text{ кВА}.$$

Таблица 3.1 – Данные по трансформаторам [1, стр. 157, табл. 7.3].

<i>Тип</i>	<i>S_{ном}, МВА</i>	<i>U_{вн}, кВ</i>	<i>U_{нн}, кВ</i>	<i>P_{хх}, кВт</i>	<i>Q_{хх}, кВАр</i>	<i>P_{кз}, кВт</i>	<i>Q_{кз}, кВАр</i>	<i>U_к, %</i>	<i>I_{хх}, %</i>
ТМ-630/10	0,63	10,0	0,4	1,56	12,6	8,5	34,7	5,5	2,00

Минимальное число цеховых трансформаторов:

$$n_{\text{тр.0}} = \frac{\Sigma(P_{\text{p}}^{\text{н}} + P_{\text{p.о}})}{\beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{2292,6}{0,7 \cdot 630} = 5,20 \text{ шт.}, \quad \text{принимаем } n_{\text{тр}} = 6 \text{ шт.}$$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\Sigma(P_{\text{p}}^{\text{н}} + P_{\text{p.о}})}{n_{\text{тр}}} = \frac{2292,6}{6} = 382,1 \text{ кВт.}$$

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

$$n_{\text{тр.1}} = \frac{\Sigma(P_{\text{p}}^{\text{н}} + P_{\text{p.о}})}{P_1} = \frac{346,4}{382,1} = 0,907 \text{ шт.}$$

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

Результаты расчетов располагаются в приложении 4.

На основании расчетов и группирований нагрузок на генплане предприятия производим расстановку цеховых трансформаторных подстанций, приложение 10.

3.4 Компенсация реактивной мощности

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

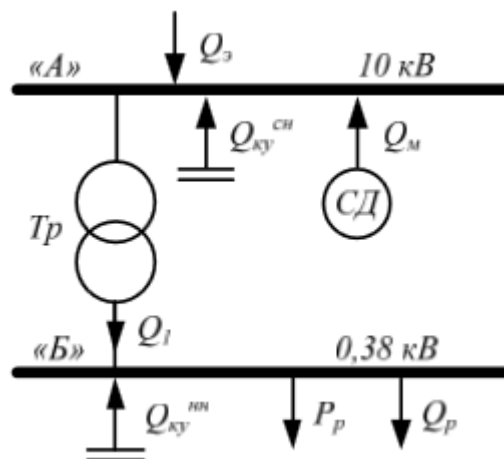


Рисунок 3.1 – Схема распределения реактивной мощности.

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

- номинальная напряжение двигателя $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$;
- номинальная активная мощность $P_{\text{сд}} = 800 \text{ кВт}$;
- номинальная реактивная мощность $Q_{\text{сд}} = 408 \text{ кВар}$;
- $\text{КПД}\eta = 95,58\%$;
- коэффициент $D_1 = 2,79 \text{ кВт}$;
- коэффициент $D_2 = 4,06 \text{ кВт}$;
- число двигателей $n_{\text{сд}} = 4$.

Коэффициент загрузки синхронных двигателей по активной мощности:

$$\beta_{\text{сд}} = \frac{P_{\text{синх}}}{P_{\text{сд}} \cdot n_{\text{сд}}} = \frac{3200,0}{800 \cdot 4} = 1,00 ,$$

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

Напряжение на зажимах синхронного двигателя:

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

Наибольшая допустимая перегрузка двигателя по реактивной мощно-

сти [5, стр. 173, табл. П7.5.].

$$\alpha_m = 1,23$$

Суммарная располагаемая реактивная мощность двигателей:

$$Q_m = \frac{n_{сд} \cdot \alpha_m \cdot Q_{сд}}{\eta} = \frac{4 \cdot 1,23 \cdot 408 \cdot 100}{95,58} = 2100,2 \text{ кВАр.}$$

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тр} \cdot \beta \cdot S_{ном.тр})^2 - (P_p^H + P_{p.o})^2} = \\ = \sqrt{(6 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 2292,6^2} = 1321,1 \text{ кВАр.}$$

Баланс реактивной мощности в узле «А»

$$Q_A = Q_3 + Q_m - Q_1 = 1093,9 + 2100,2 - 1321,1 = 1873,0 \text{ кВАр.}$$

Компенсация со стороны среднего напряжения не требуется. Баланс реактивной мощности в узле «Б»

$$Q_B = Q_1 - Q_{p.н} = 1321,1 - 1413,8 = -92,6 \text{ кВАр.}$$

Мощность конденсаторных установок на напряжении 0,4 кВ:

$$Q_{ку.расч}^{нн} = Q_{p.н} - Q_1 = 1413,8 - 1321,1 = 92,6 \text{ кВАр.}$$

Намечаем установку комплектных конденсаторных установок типа УКБ-0,38-75-У3 с параметрами [5, стр. 167, табл.П6.2]:

номинальное напряжение $U_{ном.ку} = 0,38 \text{ кВ}$;

номинальная мощность $Q_{ном.ку} = 75 \text{ кВАр.}$

Полная реактивная мощность, генерируемая одной комплектной конденсаторной установкой:

$$Q_{ку} = \left(\frac{U_{ном}^{нн}}{U_{ном.ку}} \right)^2 \cdot Q_{ном.ку} = \left(\frac{0,38}{0,38} \right)^2 \cdot 75 = 75 \text{ кВАр.}$$

Необходимое количество комплектных конденсаторных установок для установки на стороне НН:

$$n_{ку.расч} = \frac{Q_{ку.расч}^{нн}}{Q_{ку}} = \frac{92,6}{75,0} = 1,2 \text{ шт принимаем } n_{ку} = 1 \text{ шт.}$$

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конден-

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

саторными установками:

$$Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} = Q_{\text{ку}} \cdot n_{\text{ку}} = 75 \cdot 1 = 75,0 \text{ кВАр.}$$

Мощность, генерируемая синхронными двигателями:

$$Q = Q_1 - Q_3 = 1321,1 - 1093,9 = 227,2 \text{ кВАр.}$$

Суммарная генерируемая мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} + Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} + Q = 0,0 + 75,0 + 227,2 = 302,2 \text{ кВАр.}$$

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

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} + Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} + Q = 0,0 + 75,0 + 227,2 = 302,2 \text{ кВАр.}$$

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

$$\begin{aligned} S_{\text{р.ГПП}} &= \sqrt{P_{\text{р}}^2 + (Q_{\text{р}} - Q_{\text{ку}})^2} = \sqrt{4558,1^2 + (2087,0 - 302,2)^2} = \\ &= \sqrt{4558,1^2 + 1784,8^2} = 4895,1 \text{ кВА.} \end{aligned}$$

3.5 Схема внешнего электроснабжения механического цеха

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

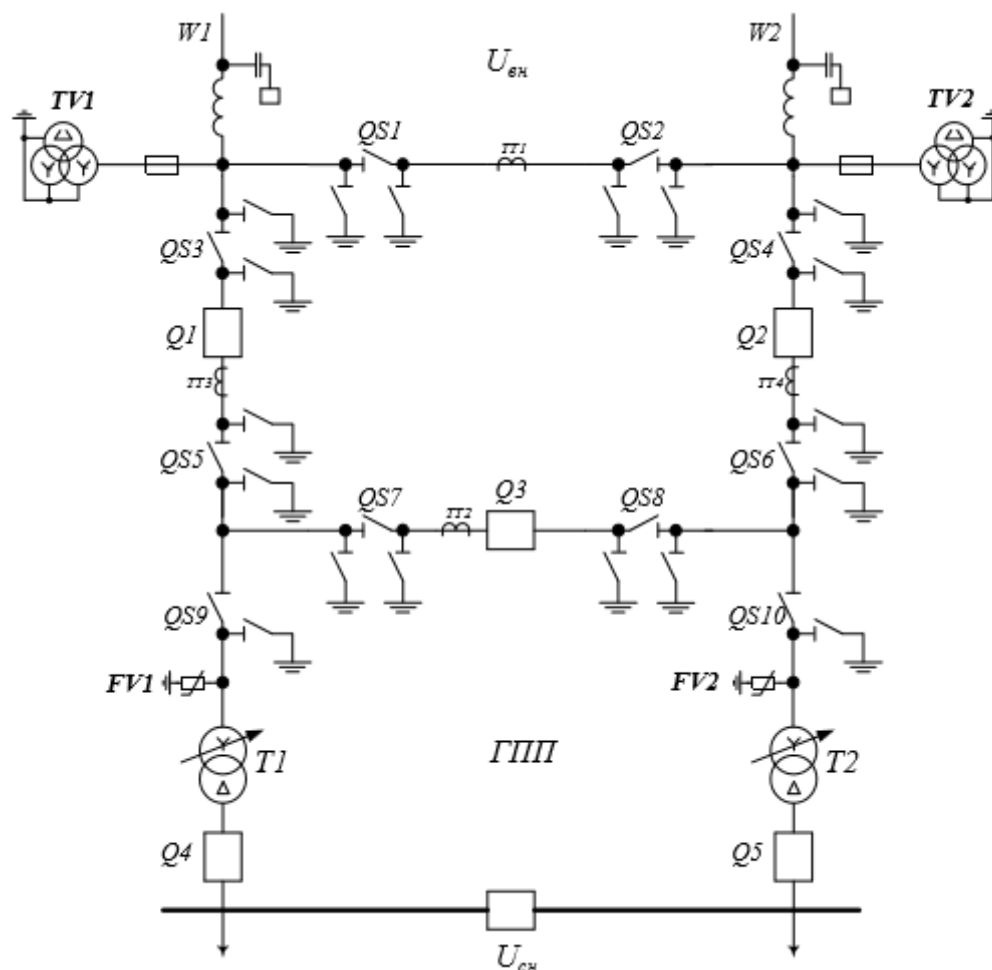


Рисунок 3.2 – Схема внешнего электроснабжения

Произведем расчет капитальных затрат на сооружение схемы внешнего электроснабжения.

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

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

$$K_{\text{сх}}^{\text{а}} = K_{\text{сх}} \cdot \gamma = 1749300,0 \cdot 1,2 = 2099160,0 \text{ руб},$$

где $K_{\text{сх}}$ – капитальные затраты на сооружение схемы [6, стр. 291, табл.

7.15.], руб.

Годовые эксплуатационные расходы:

$$И_{\text{сх}}^{\text{а}} = K_{\text{сх}}^{\text{а}} \cdot (E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) = 2099160,0 \cdot (0,067 + 0,059) = 264494,2 \text{ руб/год},$$

где $E_{\text{ам}} = 0,067$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6,стр.258, табл. 6.1.];

$E_{\text{об}} = 0,059$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6,стр.258, табл. 6.2.].

Суммарные приведенные затраты:

$$З_{\text{сх}}^{\text{а}} = K_{\text{сх}}^{\text{а}} \cdot (E_{\text{н}} + E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) = 2099160,0 \cdot (0,193 + 0,067 + 0,059) = 669632,0 \text{ руб/год},$$

Где $E_{\text{н}} = 0,193$ —коэффициент эффективности капиталовложений для силового оборудования[5, стр.76].

3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП

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

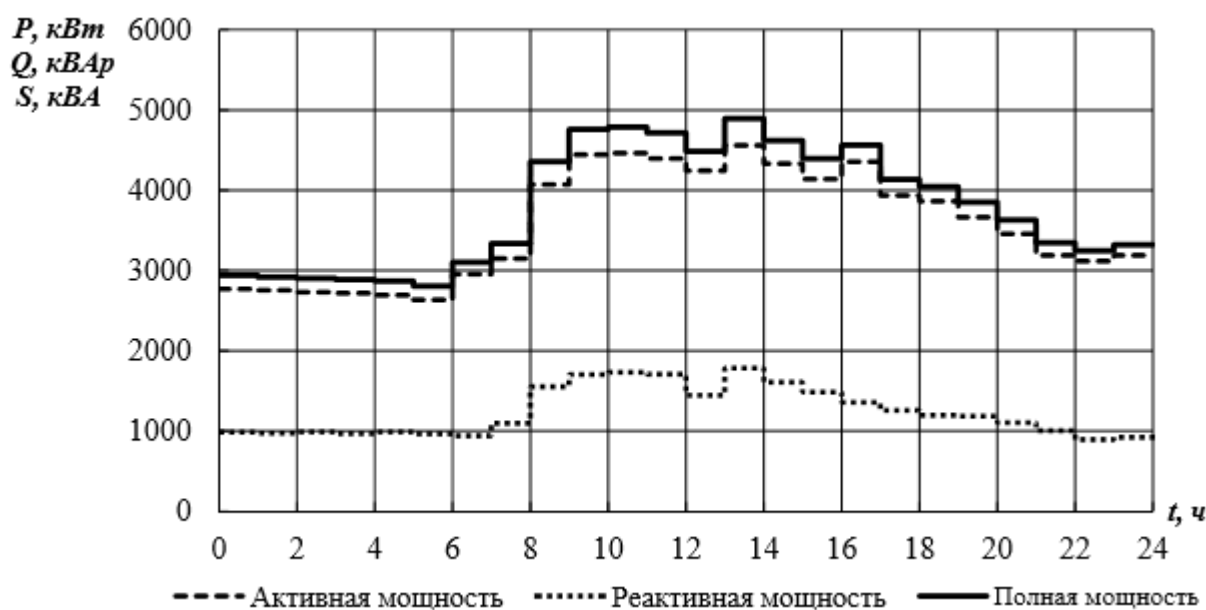


Рисунок 3.3 – Суточный график нагрузок предприятия

Из суточного графика можно определить:

$$S_{max} = 4895,1 \text{ кВА.}$$

Потребляемая за сутки активная и реактивная энергия:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 85824,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad V = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i = 29854,0 \text{ кВАр} \cdot \text{ч}.$$

Средняя за сутки нагрузка предприятия:

$$S_{cp} = \frac{\sqrt{W^2 + V^2}}{24} = \frac{\sqrt{85824,8^2 + 29854,0^2}}{24} = 3786,2 \text{ кВА.}$$

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

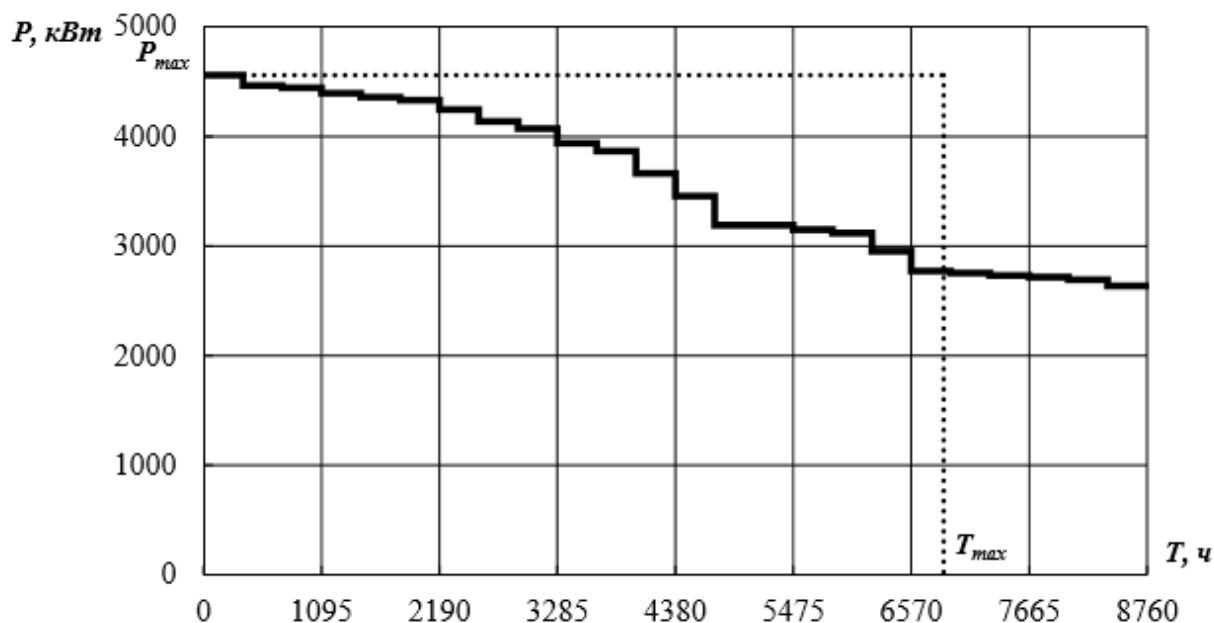


Рисунок 3.4 – Годовой график нагрузки по продолжительности Количество потребленной за год электрической энергии:

$$W_{год} = 31326042,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Число часов использования максимальной нагрузки:

$$T_{max} = \frac{W_{год}}{P_{max}} = \frac{31326042,6}{4558,1} = 6872,6 \text{ ч}.$$

Время максимальных потерь:

$$\tau_{max} = (0,124 + T_{max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 6872,6 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 5765,3 \text{ ч}.$$

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

Продолжительность максимума нагрузки из суточного графика нагрузок предприятия.

$$t_{max} = 4 \text{ ч.}$$

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

$$k_{нагр} = \frac{S_{max}}{S_{ном.тр}} = 1,13.$$

Номинальная мощность трансформаторов:

$$S_{тр.расч} = \frac{S_{max}}{k_{нагр}} = \frac{4895,1}{1,13} = 4331,9 \text{ кВА.}$$

Принимаем к установке на ГПП по два трансформатора мощностью:

$$S_{ном.тр} = 4000 \text{ кВА.} \quad S_{ном.тр} = 6300 \text{ кВА,}$$

1) Коэффициент загрузки:

$$\beta = \frac{S_{max}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{4895,1}{2 \cdot 4000} = 0,61.$$

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

$$1,4 \cdot S_{ном.тр} = 1,4 \cdot 4000 = 5600,0 \text{ кВА} >$$

$$k_{I-II} \cdot S_{max} = 0,87 \cdot 4895,1 = 4265,2 \text{ кВА.}$$

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

2) Коэффициент загрузки:

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\beta = \frac{S_{max}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{4895,1}{2 \cdot 6300} = 0,39.$$

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

$$1,4 \cdot S_{ном.тр} = 1,4 \cdot 6300 = 8820,0 \text{ кВА} >$$

$$k_{I-II} \cdot S_{max} = 0,87 \cdot 4895,1 = 4265,2 \text{ кВА}.$$

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

Таблица 3.2 – Параметры трансформаторов [II, стр. 207, табл. 5.12], [II, стр. 209, табл. 5.13], [II, стр. 212, табл. 5.17].

<i>Tun</i>	<i>S_{ном}</i> , <i>МВА</i>	<i>U_{вн}</i> , <i>кВ</i>	<i>U_{нн}</i> , <i>кВ</i>	<i>P_{xx}</i> , <i>кВт</i>	<i>Q_{xx}</i> , <i>кВАр</i>	<i>P_{кз}</i> , <i>кВт</i>	<i>Q_{кз}</i> , <i>кВАр</i>	<i>U_к</i> , <i>%</i>	<i>I_{xx}</i> , <i>%</i>	<i>Цена</i> <i>руб</i>
<i>ТМН-4000/35</i>	4,0	35,0	11,0	6,7	40,0	33,5	300,0	7,5	1,00	3391500
<i>ТМН-6300/35</i>	6,3	35,0	11,0	9,2	56,7	46,5	472,5	7,5	0,90	3570000

Трансформатор *ТМН-4000/35*

Приведенные потери мощности в трансформаторах:

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + k_{эк} \cdot \Delta Q_{xx} = 6,7 + 0,07 \cdot 40,0 = 9,5 \text{ кВт},$$

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + k_{эк} \cdot \Delta Q_{кз} = 33,5 + 0,07 \cdot 300,0 = 54,5 \text{ кВт},$$

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

Полные потери мощности в двух трансформаторах:

$$\Delta P_{тр}^a = n_{тр} \cdot (\Delta P'_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{кз}) = 2 \cdot (9,5 + 0,61^2 \cdot 54,5) = 59,8 \text{ кВт}.$$

Потери активной энергии:

$$\begin{aligned} \Delta W_{тр}^a &= n_{тр} \cdot (\Delta P'_{xx} \cdot t_{год} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{кз} \cdot t_{max}) = \\ &= 2 \cdot (9,5 \cdot 8760 + 0,61^2 \cdot 54,5 \cdot 5765,3) = 401722,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \end{aligned}$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах:

$$\Delta C_{\text{тр}}^{\text{а}} = \Delta W_{\text{тр}}^{\text{а}} \cdot \Delta C_{\text{э}} = 401722,4 \cdot 0,216 = 86727,9 \text{ руб},$$

где $\Delta C_{\text{э}}=0,216$ – стоимость одного *кВт.ч* электроэнергии, *руб/(кВт.ч)*.

Капитальные затраты на установку трансформаторов:

$$K_{\text{тр}}^{\text{а}} = K_{\text{тр}} \cdot n_{\text{тр}} \cdot \gamma = 3391500 \cdot 2 \cdot 1,2 = 8139600,0 \text{ руб},$$

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

Годовые эксплуатационные расходы:

$$И_{\text{тр}}^{\text{а}} = K_{\text{тр}}^{\text{а}} \cdot (E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) + \Delta C_{\text{тр}}^{\text{а}} =$$

$$= 8139600,0 \cdot (0,067 + 0,059) + 86727,9 = 1112317,5 \text{ руб/год},$$

где $E_{\text{ам}}=0,067$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6, стр.258, табл. 6.1.];

$E_{\text{об}}=0,059$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6, стр.258, табл. 6.2.]. Суммарные приведенные затраты:

$$З_{\text{тр}}^{\text{а}} = K_{\text{тр}}^{\text{а}} \cdot (E_{\text{н}} + E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) + \Delta C_{\text{тр}}^{\text{а}} =$$

$$= 8139600,0 \cdot (0,193 + 0,067 + 0,059) + 86727,9 = 2683260,3 \text{ руб/год},$$

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

Расчет по другим трансформаторам сведен в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования:

$U_{\text{ном}},$ <i>кВ</i>	<i>Тр-тор</i>	$\Delta P_{\text{кз}},$ <i>кВт</i>	$\Delta P_{\text{хх}},$ <i>кВт</i>	β	$K_{\text{тр}},$ <i>руб</i>	$C_{\text{пот}},$ <i>руб/год</i>	$C_{\text{ам}},$ <i>руб/год</i>	$C_{\text{об}},$ <i>руб/год</i>	$З_{\text{тр}},$ <i>руб/год</i>
35	ТМН-4000/35	54,5	9,5	0,61	8139600,0	86727,9	545353,2	480236,4	2683260,3
	ТМН-6300/35	79,6	13,2	0,39	8568000,0	79708,3	574056,0	505512,0	2812900,3

3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП

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

Выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока.

ВЛЭП35кВ, трансформаторы ТМН-4000/35

Расчетный ток на одну цепь:

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 4000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 66,0 \text{ А.}$$

Расчетный ток в послеаварийном режиме:

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 4000}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 132,0 \text{ А.}$$

Экономическое сечение:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{66,0}{1,0} = 66,0 \text{ мм}^2,$$

где $j_{\text{эк}}=1,0$ – нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки [6, стр. 78, табл. 3.12], А/мм².

Из стандартного ряда сечений принимаем сталеалюминевый провод АС 120/19с $I_{\text{доп}}=390\text{А}$ [6, стр. 82, табл.3.15.].

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

$$I_{\text{расч.п/ав}} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 390 = 507,0 \text{ А.}$$

Проверка выполняется

– Проверка по условию механической прочности: согласно ПУЭ, воздушные линии напряжением 35 кВ и выше, сооружаемые на двух цепных опорах с применением сталеалюминевых проводов, должны иметь сече-

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

ние не менее 120 мм². Таким образом, проверка выполняется.

Проверка по допустимой потере напряжения.

$$L_{\text{доп}} < L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_{\text{расч}}} = 2,05 \cdot 5 \cdot \frac{390}{66,0} = 60,6 \text{ км} > L_{\text{факт}} = 3,2 \text{ км},$$

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

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

$L_{\Delta U 1\%} = 2,05$ – длина линии при полной загрузке, на которой потеря напряжения равна 1%, [3, стр. 89, табл. П.2.7].

– Проверка на корону: при номинальном напряжении 35 кВ не производится.

Потери активной электроэнергии:

где k_3 – коэффициент загрузки линии потоку;

$\Delta p_{\text{уд}} = 140$ – удельные потери в линии при номинальной нагрузке [3, стр. 89, табл. П.2.7], кВт/км.

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии:

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{лэп}}^a &= n_{\text{ц}} \cdot \Delta p_{\text{уд}} \cdot k_3^2 \cdot L \cdot \tau_{\text{max}} = n_{\text{ц}} \cdot \Delta p_{\text{уд}} \cdot \left(\frac{I_{\text{расч}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2 \cdot L \cdot \tau_{\text{max}} = \\ &= 2 \cdot 140 \cdot \left(\frac{66,0}{390} \right)^2 \cdot 3,2 \cdot 5765,3 = 147864,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \end{aligned}$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии

$$\Delta C_{\text{лэп}}^a = \Delta W_{\text{лэп}}^a \cdot \Delta C_3 = 147864,5 \cdot 0,216 = 31922,5 \text{ руб},$$

где $\Delta C_3 = 0,216$ – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч).

Капитальные затраты на сооружение линии:

$$K_{\text{лэп}}^a = K_{\text{лэп}} \cdot L \cdot \gamma = 1999200 \cdot 3,2 \cdot 1,2 = 7676928,0 \text{ руб},$$

где $K_{\text{лэп}} = 1999200$ –

капитальные затраты на строительство одного километра ВЛЭП, для двух цепной линии на стальных опорах, для I района по гололеду [6, стр.

табл. 7,5.], руб.

Годовые эксплуатационные расходы:

$$И_{лэп}^a = K_{лэп}^a \cdot (E_{ам} + E_{об}) + \Delta C_{лэп}^a =$$

$$= 7676928,0 \cdot (0,100 + 0,008) + 31922,5 = 861030,7 \text{ руб/год},$$

где $E_{ам}=0,100$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6,стр.258, табл.6.1.];

$E_{об}=0,008$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6,стр. 258, табл. 6.2.].

$$З_{лэп}^a = K_{лэп}^a \cdot (E_n + E_{ам} + E_{об}) + \Delta C_{лэп}^a =$$

$$= 7676928,0 \cdot (0,152 + 0,100 + 0,008) + 31922,5 = 2027923,8 \text{ руб/год},$$

Суммарные приведенные затраты

где $E_n=0,152$ –

нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для линий электропередачи[5, стр.76].

Расчет по другим ЛЭП сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Определение суммарных приведенных затрат на сооружение ЛЭП, питающих ГПП

$U_{ном},$ кВ	Тр-тор	Сечение мм ²	k_3 —	$K_{лэп},$ руб	$K_{об},$ руб	$C_{пот},$ руб/год	$C_{ам},$ руб/год	$C_{об},$ руб/год	$З_{лэп},$ руб/год
35	ТМН-4000/35	АС 120/19	0,169	7676928,0	2099160,0	31922,5	767692,8	61415,4	2027923,8
	ТМН-6300/35	АС 120/19	0,266	7676928,0		79187,7	767692,8	61415,4	2075189,0

Технико-экономическое сравнение вариантов

Для удобства сравнения сведем результаты технико-экономических расчетов в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Сравнение суммарных приведенных затрат:

$U_{\text{ном}},$ кВ	Тр-тор —	Сечение мм^2	$\Sigma,$ руб/год
35	ТМН-4000/35	АС 120/19	4711184,0
	ТМН-6300/35	АС 120/19	4888089,2

Исходя из сравнения расчетов, можно сделать вывод, что по приведенным затратам наиболее целесообразен вариант с трансформаторами мощностью 4000 кВА .

3.9 Схема внутриводской сети выше 1000В

Распределительная сеть выше 1000В по территории предприятия выполняется трёхжильными кабелями марки ВББШв (кабель с медными жилами, с оболочкой из вулканизированного полиэтилена, бронированный, с наружным покровом из поливинил хлоридного шланга) с прокладкой по эстакадам. Питание высоковольтных двигателей осуществляем кабельными линиями той же марки, с прокладкой по эстакадам.

Схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена в приложении 12.

ГПП – РУ1

Расчетный ток на одну цепь:

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}} + S_{\text{р}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 630 + 2240,0}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 101,0 \text{ А.}$$

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

$S_{\text{р}}$ – расчетная мощность высоковольтной нагрузки РУ, кВА ;

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

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме:

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}} + S_{\text{р}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 630 + 2240,0}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 202,1 \text{ А.}$$

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

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

РУ1 – ТП1

Расчетный ток на одну цепь:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{101,0}{2,0} = 50,5 \text{ мм}^2.$$

где $S_{\text{ном.тр}}$ – номинальная мощность цехового трансформатора, kVA ;
 $n_{\text{тр}}$ – количество трансформаторов, *шт*;

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме:

$$F = 70 \text{ мм}^2 \text{ с } I_{\text{доп}} = 180 \text{ А.} \quad [1, \text{стр. 66-68, табл. 3.6-3.9}].$$

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 180 = 180,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 101,0 \text{ А},$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВБбШв

$$F = 25 \text{ мм}^2 \text{ с } I = 95 \text{ А.} [1, \text{стр. 66-68, табл.3.6-3.9}].$$

доп

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

$$1,3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 180 = 234,0 \text{ А} > I_{\text{расч.п/ав}} = 202,1 \text{ А}.$$

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

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

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

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

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

РУ1-СД 800 кВт

Расчетный ток на одну цепь:

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

где $P_{\text{сд}}$ — номинальная мощность двигателя, кВт.

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

$$F = 25 \text{ мм}^2 \text{ с } I_{\text{доп}} = 95 \text{ А.} \quad [1, \text{стр. 66-68, табл. 3.6-3.9}].$$

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

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВБбШв

$$F = 25 \text{ мм}^2 \text{ с } I = 95 \text{ А.} [1, \text{стр. 66-68, табл.3.6-3.9}].$$

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

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

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{сд}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{800}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1,00} = 46,3 \text{ А}.$$

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

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

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 3.6.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Таблица 3.6 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

№ п/п	Участок	Мощность участка, кВА	$n_{ц}$	$U_{ном}$	L	Расчетная нагрузка		$F_{эк}$	Способ	$K_{пр}$	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
						$I_{расч}$ А	$I_{расч.ав}$ А					$I'_{доп}$ А	$1,3 \cdot I'_{доп}$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	РУ1 – ТП1	1260,0	2	10	0,015	36,4	72,7	18,2		1,00	ВБбШв - 2 (3 × 25)	95,0	123,5

2	ГПП – ТП2	1260,0	2	10	0,090	36,4	72,7	18,2		1,00	ВБбШв - 2 (3 × 25)	95,0	123,5
3	ГПП – ТП3	1260,0	2	10	0,113	36,4	72,7	18,2		1,00	ВБбШв - 2 (3 × 25)	95,0	123,5
4	ГПП – РУ1	3500,0	2	10	0,114	101,0	202,1	50,5		1,00	ВБбШв - 2 (3 × 70)	180,0	234,0
5	РУ1 – СД	802,0	1	10	0,070	46,3	–	23,2		1,00	ВБбШв - 1 (3 × 25)	95,0	–

Выбранная схема распределения электроэнергии по территории предприятия приведена в приложении 10. Схема электрическая принципиальная приведена в приложении 12.

3.10 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

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

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

ла КЗ до его окончания.

Расчет токов КЗ введем относительных единицах. Для этого все расчетные данные приводят к базисному напряжению базисной мощности.

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения рисунок 3.5 и на её основе схему замещения рисунок 3.6. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему,

на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток КЗ. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{46,3}{2,0} = 23,2 \text{ мм}^2.$$

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 95 = 95,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 46,3 \text{ А},$$

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

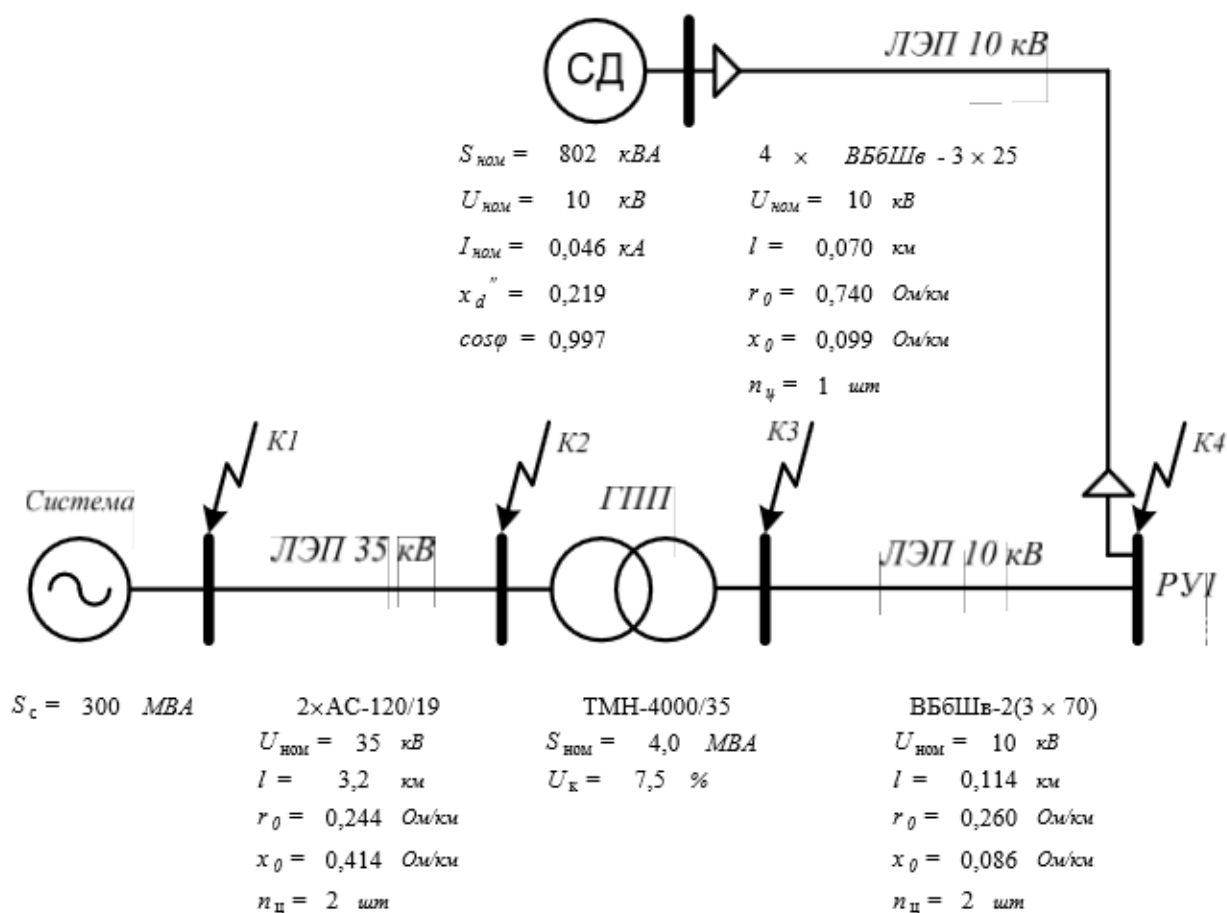


Рисунок 3.5 – Расчетная схема рассматриваемого участка

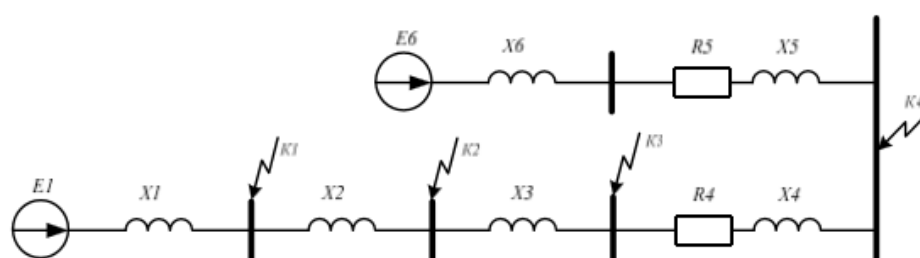


Рисунок 3.6 – Схема замещения рассматриваемого участка

По исходным данным определяем мощность системы. Приблизительно принимаем за мощность системы мощность отключения выключателя на присоединении подстанции к системе:

$$S_c = 300 \text{ МВА.}$$

Принимаем за базисные величины:

$$S_{\delta} = 100 \text{ МВА}, \quad U_{\delta 1} = 37,0 \text{ кВ}, \quad U_{\delta 2} = 10,5 \text{ кВ}.$$

$$I_{\delta 1} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37,0} = 1,560 \text{ кА}, \quad I_{\delta 2} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА}.$$

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

Сопротивления элементов

Ссистема:

$$X_c = X_1 = \frac{S_{\delta}}{S_c} = \frac{100}{300} = 0,333 \text{ .}$$

Воздушная линия:

$$X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\delta 1}^2} = 0,414 \cdot 3,2 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37,0^2} = 0,097 \text{ .}$$

Трансформаторы:

$$X_3 = \frac{U_{\text{к, \%}}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{4,0} = 1,875 \text{ .}$$

Кабельная линия:

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\delta 2}^2} = 0,260 \cdot 0,114 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,027 \text{ .}$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\delta 2}^2} = 0,086 \cdot 0,114 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,009 \text{ .}$$

Кабельная линия:

$$R'_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\delta 2}^2} = 0,740 \cdot 0,070 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,047 \text{ .}$$

$$X'_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\delta 2}^2} = 0,099 \cdot 0,070 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,006 \text{ .}$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей:

$$R_5 = \frac{R'_5}{n_{сд}} = \frac{0,047}{4} = 0,012 \text{ ,}$$

$$X_5 = \frac{X'_5}{n_{сд}} = \frac{0,006}{4} = 0,0016 \text{ .}$$

Синхронный двигатель сопротивление одного двигателя:

$$X'_6 = \frac{x''_d \cdot S_6}{S_{ном}} = \frac{0,219 \cdot 100}{0,802} = 27,306 \text{ ;}$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей:

$$X_6 = \frac{X'_6}{n_{сд}} = \frac{27,306}{4} = 6,827 \text{ ,}$$

$$U_{ном} = \frac{U_{ном}}{U_{б2}} = \frac{10,0}{10,5} = 0,952 \text{ ,} \quad I_{ном} = \frac{I_{ном}}{I_{б2}} = \frac{0,046}{5,5} = 0,008 \text{ ,}$$

$$E_6 = \sqrt{(U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном})^2 + (U_{ном} \cdot \sin \varphi_{ном} + I_{ном} \cdot X'_6)^2} =$$

$$= \sqrt{(0,952 \cdot 0,997)^2 + (0,952 \cdot 0,071 + 0,008 \cdot 27,306)^2} = 0,995 \text{ .}$$

Расчет короткого замыкания для точки К1.

Эквивалентное сопротивление цепочки СД относительно точки К1:

$$Z_{сд} = \sqrt{(R_5 + R_4)^2 + (X_6 + X_5 + X_4 + X_3 + X_2)^2} =$$

$$= \sqrt{(0,012 + 0,027)^2 + (6,827 + 0,0016 + 0,009 + 1,875 + 0,097)^2} = 8,809 \text{ .}$$

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К1:

$$Z_c = X_1 = 0,333 \text{ .}$$

Результирующее сопротивление в точке К1:

$$Z_{\Sigma 1} = \frac{Z_{сд} \cdot Z_c}{Z_{сд} + Z_c} = \frac{8,809 \cdot 0,333}{8,809 + 0,333} = 0,321 \text{ .}$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1:

$$I_{к1} = \frac{I_{б1}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{1,560}{0,321} = 4,858 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ в точке К1:

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 4,858 = 11,0 \text{ кА},$$

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

Расчеты токов КЗ для других точек сведем в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	$U_{\delta},$	$I_{\delta},$	Z_{Σ}	$k_{уд}$	$T_a,$	$I_{к},$	$i_{уд},$
	кВ	кА	—	—	сек	кА	кА
1	2	3	4	5	6	7	8
K1	37,0	1,560	0,321	1,608	0,02	4,858	11,0
K2	37,0	1,560	0,410	1,608	0,02	3,807	8,7
K3	10,5	5,499	1,724	1,869	0,01	3,190	8,4
K4	10,5	5,499	1,728	1,869	0,01	3,181	8,4

Полученное по экономической плотности тока сечение высоковольтных линий необходимо проверить

на термическую стойкость при коротком замыкании.

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

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

Тепловой импульс тока короткого замыкания:

$$B_{к} = I_{к}^2 \cdot t_{пр} = 3189,6^2 \cdot 0,3 = 3052089,8 \text{ А}^2 \cdot \text{сек.}$$

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

Термически стойкое сечение равно:

$$F_{min} = \frac{I_{к} \cdot \sqrt{t_{пр}}}{C} = \frac{\sqrt{B_{к}}}{C} = \frac{\sqrt{3052089,8}}{141} = 12,4 \text{ мм}^2 < F_{реал} = 25 \text{ мм}^2,$$

где $C = 141 - \text{А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ (для кабелей до 10 кВ с медными жилами) – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при коротком замыкании материала проводника [3, стр. 42];

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

Таким образом, предварительно выбранное сечение по термиче-

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

ской стойкости проходит. Оставляем ранее выбранное сечение.

4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

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

4.1 Выбор выключателей и разъединителей

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

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

Параметры выключателя [9, стр. 630, табл.

П4.4] номинальное напряжение $U_{\text{ном}}=35\text{кВ}$; номинальный ток $I_{\text{ном}}=2000\text{А}$; номинальный ток отключения $I_{\text{отк.ном}}=40\text{кА}$;

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

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

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

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

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

Проверка выключателя

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

					ФЮРА.140205.014 ПЗ							
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	Шахов В.Ю..									51	135	
Руковод.	Фикс Н.П.							ТПУ ИнЭО гр. 3-9201				
Реценз.												
Н.Контр												
Утвердил												

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

– по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4895,1}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 80,7 \text{ А} < I_{ном} = 2000,0 \text{ А};$$

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

$$I_{n,t} = 4,858 \text{ кА} < I_{отк.ном} = 40,0 \text{ кА};$$

– по электродинамической стойкости : $I_{n,0} \leq I_{дин}, i_{уд} \leq i_{дин}$

$$I_{n,0} = 4,858 \text{ кА} < I_{дин} = 40 \text{ кА},$$

$$i_{уд} = 11,0 \text{ кА} < i_{дин} = 100 \text{ кА};$$

– по термической стойкости: $B_k \leq I_{тер} \cdot t_{тер}$

$$B_k = I_{п,0}^2 \cdot (t_{р.з.} + t_{отк.в} + T_a) = 4,858^2 \cdot (1,2 + 0,07 + 0,020) = 30,449 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

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

$$B_k = 30,449 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 4800,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Выключатель проходит по результатам проверок. Намечаем к установке разъединитель типа *РДЗ-35/1000* Параметры разъединителя [9, стр. 630, табл. П4.4].

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

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

амплитуда предельного сквозного тока $i_{пр.с}=51\text{кА}$;

ток термической стойкости $I_{тер}=20,0\text{кА}$;

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

Проверка разъединителя

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

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

– по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = 80,7 \text{ А} < I_{ном} = 1000,0 \text{ А};$$

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

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

$$i_{уд} = 11,0 \text{ кА} < i_{пр.с} = 51 \text{ кА};$$

– по термической стойкости: $B_k \leq I_{тер} \cdot t_{тер}$

$$B_k = 30,449 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 20,0^2 \cdot 4 = 1600,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

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

Дальнейший расчет сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Выбор выключателей и разъединителей

<i>Расчетные данные</i>	<i>Выключатель</i> ВВУ-35-40/2000	<i>Разъединитель</i> РДЗ-35/1000
$I_{уст}=35\text{кВ}$	$I_{ном}=35\text{кВ}$	$I_{ном}=35\text{кВ}$
$/_{max}=80,7\text{А}$	$/_{ном}=2000\text{А}$	$/_{ном}=1000\text{А}$
$/_{n,t}=4,9\text{кА}$	$/_{отк.ном}=40\text{кА}$	—
$/_{n,0}=4,9\text{кА}$	$/_{дин}=40\text{кА}$	—
$i_{уд}=11,0\text{кА}$	$i_{дин}=100 \text{ кА}$	$i_{пр.с}=51\text{кА}$
$B_k=30,4\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$/^2 \cdot t=$	$/^2 \cdot t=1600\text{кА}^2 \cdot \text{с}$
<i>Расчетные данные</i>	<i>Выключатель</i> ВЭ-10-20/630	<i>Разъединитель</i>
$I_{уст}=10\text{кВ}$	$I_{ном}=10\text{кВ}$	Используется выкатная тележка
$/_{max}=77,8\text{А}$	$/_{ном}=630\text{А}$	
$/_{n,t}=3,2\text{кА}$	$/_{отк.ном}=20\text{кА}$	
$/_{n,0}=3,2\text{кА}$	$/_{дин}=20\text{кА}$	
$i_{уд}=8,4\text{кА}$	$i_{дин}=51 \text{ кА}$	
$B=5,7\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$/^2 \cdot t=1200\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

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

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

Таблица 4.2 – Нагрузка трансформаторов тока

Место установки	Прибор	Тип	Нагрузка, В·А		
			A	B	C
Сторона ВН трансформатора	Амперметр	Э – 350	—	0,5	—
	Ваттметр	Д – 335	0,5	—	0,5
	Варметр	Д – 335	0,5	—	0,5
	Счетчик W	ЦЭ36805	2,5	—	2,5
	Счетчик V	ЦЭ36805	2,5	—	2,5
Итого:			6,0	0,5	6,0
Сторона НН трансформатора	Амперметр	Э – 350	—	0,5	—
	Ваттметр	Д – 335	0,5	—	0,5
	Варметр	Д – 335	0,5	—	0,5
	Счетчик W	ЦЭ36805	2,5	—	2,5
	Счетчик V	ЦЭ36805	2,5	—	2,5
Итого:			6,0	0,5	6,0

Пример выбора трансформатора тока на стороне ВН трансформатора ГПП.

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

Намечаем к установке трансформатор тока типа *ТФЗМ35*

Параметры трансформатора тока [8, стр. 295, табл. 5-9] номинальное напряжение $U_{ном}=35кВ$;

номинальный ток $I_{ном}=100А$;

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

ток электродинамической стойкости $i_{дин}=21кА$;

ток термической стойкости $I_{тер}=4,7кА$;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер}=3с$; вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока $Z_{2ном}=1,2Ом$; класс точности 0,5.

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

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

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

$$I_{max} = \frac{S_{р.гпп}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4895,1}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 80,7 \text{ А} < I_{ном} = 100,0 \text{ А};$$

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

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору тока:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{6,0}{5^2} = 0,24 \text{ Ом},$$

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

Допустимое сопротивление проводников:

$$r_{пр,доп} = Z_{2ном} - r_{приб} - r_k = 1,2 - 0,24 - 0,10 = 0,86 \text{ Ом},$$

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

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

$$q_{расч} = \frac{\rho \cdot l_{пр}}{r_{пр}} = \frac{0,028 \cdot 10}{0,86} = 0,33 \text{ мм}^2,$$

где $\rho = 0,0283 \text{ Ом/мм}^2$ – удельное сопротивление алюминиевого провода [9, стр.374];

$l_{пр} = 10 \text{ м}$ – длина провода [9, стр.375].

Принимаем кабель марки АКРВГ сечением $q = 4 \text{ мм}^2$ [9, стр.375].

Тогда сопротивление кабеля:

$$r_{пр} = \frac{\rho \cdot l_{пр}}{q} = \frac{0,0283 \cdot 10}{4} = 0,071 \text{ Ом}.$$

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока:

$$Z_2 \approx r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_k = 0,24 + 0,071 + 0,10 = 0,411 \text{ Ом} < Z_{2ном} = 1,200 \text{ Ом}.$$

– проверка трансформатора тока на электродинамическую стойкость:

$$i_{уд} \leq i_{пр.с}$$

$$i_{уд} = 11,0 \text{ кА} < i_{дин} = 21 \text{ кА};$$

– проверка трансформатора тока на термическую стойкость: $B_k \leq I_{тер} \cdot t_{тер}$

$$B_k = 30,449 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 4,7^2 \cdot 3 = 66,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

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

Таблица 4.3 – Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

<i>Тип ТТ</i>	<i>Расчетные данные</i>	<i>Каталожные данные</i>
<i>ТА1</i> <i>ТШЛ</i> <i>10</i> <i>Сторона НН трансформатора</i>	$U_{уст}=10\text{кВ}$	$U_{ном}=10\text{кВ}$
	$I_{max}=77,8\text{А}$	$I_{ном}=2000\text{А}$
	$B_k=5,7\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k=14700\text{кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{уд}=8,4\text{кА}$	<i>не проверяется</i>
	$r_2=0,375\text{Ом}$	$Z_{2ном}=0,800\text{Ом}$
<i>ТА2</i> <i>ТФЗМ35</i> <i>Сторона ВН трансформатора</i>	$U_{уст}=35\text{кВ}$	$U_{ном}=35\text{кВ}$
	$I_{max}=80,7\text{А}$	$I_{ном}=100\text{А}$
	$B_k=30,4\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k=66,3\text{кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{уд}=11,0\text{кА}$	$i_{дин}=21\text{кА}$
	$r_2=0,411\text{Ом}$	$Z_{2ном}=1,200\text{Ом}$

4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения

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

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам напряжения на понизительных подстанциях являются вольтметры, ваттметры, варметры, частотомеры и счетчики активной и реактивной энергии

[9, стр.371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов напряжения представлена в таблице 4.4 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 4.4 – Нагрузка трансформаторов напряжения

Место установки	Прибор	Тип	$S_{обм}, B \cdot A$	$n_{обм}$	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$n_{приб}$	Потр. мощн.	
								$P, Вт$	$Q, ВАр$
Сторона ВН трансформатора	Вольтметр	Э— 335	2,0	1	1	0	1	2,0	0,0
	Вольтметр	Н— 393	10,0	1	1	0	1	10,0	0,0
	Частотомер	Н— 397	7,0	1	1	0	1	7,0	0,0
	Ваттметр	Д— 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Варметр	Д— 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Счетчик W	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	1	0,02	0,0
	Счетчик V	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	1	0,02	0,0
Итого:								25,0	0,0
Сторона НН трансформатора	Вольтметр	Э— 335	2,0	1	1	0	2	4,0	0,0
	Ваттметр	Д— 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Варметр	Д— 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Счетчик W	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	4	0,08	0,0
	Счетчик V	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	4	0,08	0,0
Итого:								10,2	0,0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора. Намечаем установку трансформатора напряжения типа *НТМИ-10* Параметры трансформатора напряжения номинальное напряжение $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$; номинальная мощность $S_{ном} = 120 \text{ В} \cdot \text{А}$; класс точности 0,5.

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

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

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

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

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

б) Выбор трансформаторов напряжения на стороне ВН трансформатора. Намечаем установку трансформатора напряжения типа *ЗНОМ-35* Параметры трансформатора напряжения.

– номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$; номинальная мощность $S_{\text{ном}} = 150 \text{ В} \cdot \text{А}$; класс точности 0,5.

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

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

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{25,0^2 + 0,0^2} = 25,0 \text{ В} \cdot \text{А} < S_{\text{ном}} = 150 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

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

4.4 Учет электрической энергии

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

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

АСКУЭ – иерархическая система, представляющая собой техническое устройство, функционально объединяющее совокупность измерительно-информационных комплексов точек измерений, информационно-вычислительных комплексов электроустановок, информационно-вычислительного ком-

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

плекса и системы обеспечения единого времени, выполняющее функции проведения измерений, сбора, обработки и хранения результатов измерений, информации о состоянии объектов и средств измерений, а так же передач полученной информации в интегрированную автоматизированную систему управления коммерческим учетом на оптовом рынке электроэнергии в автоматизированном режиме.

В системе общего учёта расхода электроэнергии на промышленном предприятии важное место занимает технический учёт, то есть контроль расхода электроэнергии по цехам, энергоёмким агрегатами линиям. Технический учёт позволяет осуществлять контроль за соблюдением режимов электропотребления и является основой для составления электробалансов на промышленном предприятии. Наличие такого учёта позволяет определить удельный расход электроэнергии на различные виды выпускаемой продукции.

Основными функциями АСКУЭ является:

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

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

Система является рациональным решением для:

- повышения точности учета электроэнергии;
- снижения потребляемой мощности на предприятии в часы пиковых нагрузок энергосистемы;
- перехода на расчет за электроэнергию с энергосистемой по дифференцированным тарифам;
- контроля за качеством электроэнергии.

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Электроснабжение выполняется в следующей последовательности.

Приёмники распределяются по пунктам питания, определяются расчётные электрические нагрузки, выбирается схема и способ прокладки сети.

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

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

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

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

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

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

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

Выбор сечений питающей линий производится по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева. Линии, питающие распределительные пункты, выполняются по нормам.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Шахов В.Ю..							
Руковод.		Фикс Н.П.					61	135	
Реценз.						ТПУ ИнЭО гр. 3-9201			
Н.Контр									
Утвердил									

тельные пункты, проверяются по допустимой потере напряжения. Сечения кабелей согласовываются с действием аппаратов защиты.

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

Примеры выбора аппаратуры и кабелей. а) Выбор отходящего выключателя ТП Расчетная мощность нагрузки подстанции:

$$S_{м.ПС} = 969,1 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток нагрузки подстанции:

$$I_{м.ПС} = \frac{S_{м.ПС}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{969,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1472,4 \text{ А.}$$

Номинальный ток трансформаторов подстанции:

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

Ток послеаварийного режима трансформаторов подстанции:

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

Пиковый ток подстанции:

$$I_{пик.ПС} = I_{пик}^{max.ПР} + I_{м.ПС} - I_{м}^{ПР} = 457,2 + 1472,4 - 104,2 = 1825,4 \text{ А.}$$

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

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током:

$$I_{ном.расц} = 2000 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{ном.тр} = 1,1 \cdot 1472,4 = 1619,7 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву после аварийным током:

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

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током:

$$I_{кз} = 1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 1,25 \cdot 1825,4 = 2281,8 \text{ А.}$$

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки:

$$K = \frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{ном.расц}}} = \frac{2281,8}{2000} = 1,1, \text{ принимаем } K = 2,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ:

$$I_{\text{кз}} = K \cdot I_{\text{ном.расц}} = 2,0 \cdot 2000 = 4000,0 \text{ А} > I_{\text{кз}} = 2281,8 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ВРУ

Расчетный и пиковый ток нагрузки ВРУ

$$I_{\text{м}} = 598,7 \text{ А}, \quad I_{\text{пик}} = 951,6 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА51 – 29 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 630 \text{ А}, I_{\text{ном.расц}} = 630 \text{ А} [3, \text{ стр. 87, табл. П.2.3}].$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током:

$$I_{\text{ном.расц}} = 630 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\text{м}} = 1,1 \cdot 598,7 = 628,6 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током:

$$I_{\text{кз}} = 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 951,6 = 1189,5 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки:

$$K = \frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{ном.расц}}} = \frac{1189,5}{630} = 1,9, \text{ принимаем } K = 4,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ:

$$I_{\text{кз}} = K \cdot I_{\text{ном.расц}} = 4,0 \cdot 630 = 2520,0 \text{ А} > I_{\text{кз}} = 1189,5 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ–2(4×185) $I_{\text{доп}} = 700 \text{ А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током:

$$I_{\text{доп}} = 700 \text{ А} > I_{\text{м}} = 628,6 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты:

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$I_{\text{доп}} = 700 \text{ А} > \frac{K_z \cdot I_z}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 630}{1} = 630,0 \text{ А},$$

где I_z – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

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

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

– проверка по допустимой потере напряжения:

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_0 \cdot I_{\text{м}} \cdot l = 0,029 \cdot 598,7 \cdot 0,085 = 1,47 \% < 5 \%,$$

где l – длина рассматриваемой линии, км.

5% – допустимое значение потерь напряжения.

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

Принятый кабель проходит по результатам проверок. в) Участок ВРУ – ПР1

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1:

$$I_{\text{м}} = 66,5 \text{ А}, \quad I_{\text{пик}} = 308,4 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат. марки: ВА 57 – 35 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 250 \text{ А}, \quad I_{\text{ном.расц}} = 80 \text{ А} \quad [3, \text{стр. 87, табл. П.2.3}].$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчётным током

$$I_{\text{ном.расц}} = 80 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\text{м}} = 1,1 \cdot 66,5 = 73,1 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током:

$$I_{\text{кз}} = 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 308,4 = 385,6 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки:

$$K = \frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{ном.расц}}} = \frac{385,6}{80} = 4,8, \text{ принимаем } K = 8,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ:

$$I_{\text{кз}} = K \cdot I_{\text{ном.расц}} = 8,0 \cdot 80 = 640,0 \text{ А} > I_{\text{кз}} = 385,6 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ–1(4×25) $I_{\text{доп}}=95\text{А}$

[1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током:

$$I_{\text{доп}} = 95 \text{ А} > I_{\text{м}} = 73,1 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты:

$$I_{\text{доп}} = 95 \text{ А} > \frac{K_{\text{з}} \cdot I_{\text{з}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 80}{1} = 80,0 \text{ А}.$$

– проверка по допустимой потере напряжения:

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_0 \cdot I_{\text{м}} \cdot l = 0,266 \cdot 66,5 \cdot 0,044 = 0,78 \% < 5 \ \%.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

г) Участок ПР5 – Кран-балка

Номинальный и пусковой ток нагрузки:

$$I_{\text{ном}} = 68,3 \text{ А}, \quad I_{\text{пуск}} = 341,4 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА 57 – 35 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 250 \text{ А}, \quad I_{\text{ном.расц}} = 80 \text{ А} \quad [3, \text{ стр. 87, табл. П.2.3}].$$

– проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током:

$$I_{\text{ном.расц}} = 80 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\text{ном}} = 1,1 \cdot 68,3 = 75,1 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пусковым током:

$$I_{\text{кз}} = 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,5 \cdot 341,4 = 512,1 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки:

$$K = \frac{I_{кз}}{I_{ном.расц}} = \frac{512,1}{80} = 6,4 \text{ , принимаем } K = 8,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ:

$$I_{кз} = K \cdot I_{ном.расц} = 8,0 \cdot 80 = 640,0 \text{ А} > I_{кз} = 512,1 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ–1(4×25) $I_{доп}=95\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током:

$$I_{доп} = 95 \text{ А} > I_{ном} = 75,1 \text{ А.}$$

– согласование с действием аппарата защиты:

$$I_{доп} = 95 \text{ А} > \frac{K_z \cdot I_z}{K_{прокл}} = \frac{1 \cdot 80}{1} = 80,0 \text{ А.}$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок. д) Участок ПР4

– печь закалочная

Номинальный и пусковой ток нагрузки:

$$I_{ном} = 35,9 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА 57 – 35 с параметрами:

$$I_{ном.ав} = 250 \text{ А, } I_{ном.расц} = 40 \text{ А} \text{ [3, стр. 87, табл. П.2.3].}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током:

$$I_{ном.расц} = 40 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{ном} = 1,1 \cdot 35,9 = 39,5 \text{ А.}$$

Так как у данного электроприемника нет пускового тока, то проверку по условию перегрузки пусковым током делать не надо. Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ–1(4×6) $I_{доп}=42\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током:

$$I_{доп} = 42 \text{ А} > I_{ном} = 39,5 \text{ А.}$$

– согласование с действием аппарата защиты:

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$I_{\text{доп}} = 42 \text{ А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 40}{1} = 40,0 \text{ А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Выбор аппаратов защиты и кабельных линий приведен в приложении

5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

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

Рассмотрим цепочку ГПП – ТП1 – ВРУ – ПР4 – ЭП №46. Расчётные данные приёмника №46

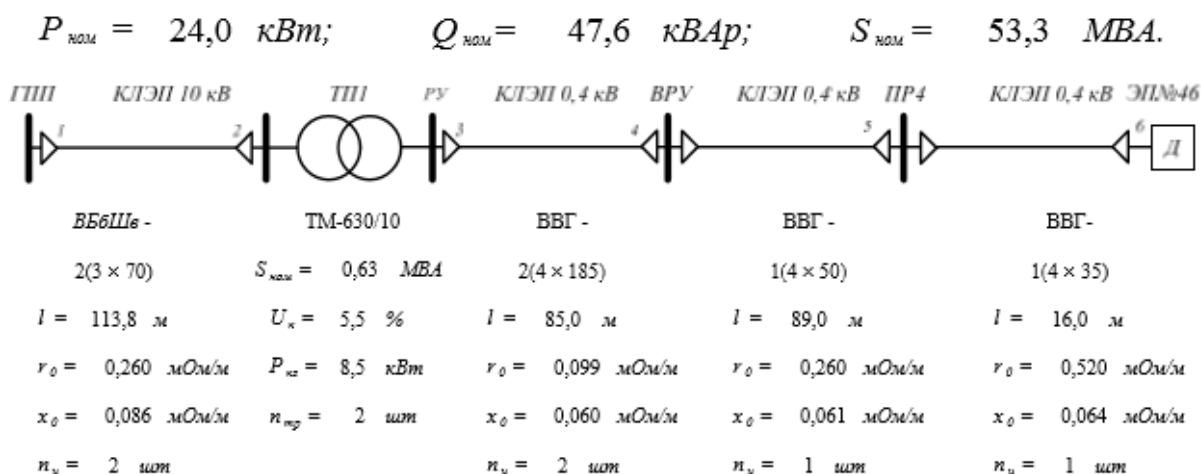


Рисунок 5.1 – Расчётная схема

Расчёт максимального режима нагрузки участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2:

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,260 \cdot 113,8}{2} \cdot 10^{-3} = 0,015 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,086 \cdot 113,8}{2} \cdot 10^{-3} = 0,005 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2:

$$P_{12} = \sum P_{\text{ц,тп}} = 3019,8 \text{ кВт}, \quad Q_{12} = \sum Q_{\text{ц,тп}} = 722,0 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2:

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{3019,8 \cdot 0,015 + 722,0 \cdot 0,005}{10 \cdot 10,5^2} = 0,044 \text{ \%}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах:

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12,\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,044 \cdot \frac{10500}{100} = 4,6 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 4,6 = 10495,4 \text{ В}.$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора:

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

$$U_{\text{р}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 + U_{\text{а}}^2} = \sqrt{5,5^2 + 1,349^2} = 5,332 \text{ .}$$

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{P_{12}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{779,8}{2 \cdot 630} = 0,619 \text{ .}$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,02 \cdot P_{12} = 0,02 \cdot 779,8 = 15,6 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,10 \cdot P_{12} = 0,10 \cdot 779,8 = 78,0 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_{23} = P_{12} - \Delta P_{\text{тр}} = 779,8 - 15,6 = 764,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{\text{тр}} = 563,0 - 78,0 = 485,0 \text{ кВАр.}$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{764,2^2 + 485,0^2} = 905,1 \text{ кВА.}$$

Коэффициент мощности на участке 2-3:

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{764,2}{905,1} = 0,844, \quad \sin \varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{485,0}{905,1} = 0,536,$$

Потеря напряжения на участке 2-3:

$$\begin{aligned} \Delta U_{23, \%} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) = & 0,619 \cdot (1,349 \cdot 0,844 + \\ & + 5,332 \cdot 0,536) + \frac{0,619^2}{200} \cdot (1,349 \cdot 0,536 - 5,332 \cdot 0,844) = 2,466 \%. \end{aligned}$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах:

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23, \%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 2,466 \cdot \frac{10495,4}{100} = 258,8 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 10495,4 - 258,8 = 10236,6 \text{ В.}$$

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

$$U_3^{\text{фн}} = U_3 = 400 \cdot \frac{10236,6}{10500} = 390,0 \text{ В.}$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4:

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,099 \cdot 85,0}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0042 \text{ Ом},$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 85,0}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0025 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4:

$$P_{34} = P_{\text{ВРУ}} = 346,4 \text{ кВт}, \quad Q_{34} = Q_{\text{ВРУ}} = 187,7 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 3-4:

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{346,4 \cdot 0,0042 + 187,7 \cdot 0,0025}{10 \cdot 0,390^2} = 1,271 \%$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах:

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 1,271 \cdot \frac{390,0}{100} = 5,0 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 390,0 - 5,0 = 385,0 \text{ В.}$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5:

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,260 \cdot 89,0}{1} \cdot 10^{-3} = 0,023 \text{ Ом,}$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 89,0}{1} \cdot 10^{-3} = 0,005 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5:

$$P_{45} = P_{\text{ПР}} = 49,6 \text{ кВт,} \quad Q_{45} = Q_{\text{ПР}} = 33,3 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 4-5:

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{49,6 \cdot 0,023 + 33,3 \cdot 0,005}{10 \cdot 0,385^2} = 0,897 \%$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах:

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0,897 \cdot \frac{385,0}{100} = 3,5 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 385,0 - 3,5 = 381,6 \text{ В.}$$

Участок 5-6

Активное и реактивное сопротивление участка 5-6:

$$R_{56} = \frac{r_{56} \cdot l_{56}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,520 \cdot 16,0}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0083 \text{ Ом,}$$

$$X_{56} = \frac{x_{56} \cdot l_{56}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,064 \cdot 16,0}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0010 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 5-6:

$$P_{56} = P_{\text{ном}} = 24,0 \text{ кВт}, \quad Q_{56} = Q_{\text{ном}} = 47,6 \text{ кВар}.$$

Потеря напряжения на участке 5-6:

$$\Delta U_{56, \%} = \frac{P_{56} \cdot R_{56} + Q_{56} \cdot X_{56}}{10 \cdot U_5^2} = \frac{24,0 \cdot 0,0083 + 47,6 \cdot 0,0010}{10 \cdot 0,382^2} = 0,171 \text{ \%}.$$

Потеря напряжения на участке 5-6 в именованных единицах:

$$\Delta U_{56} = \Delta U_{56, \%} \cdot \frac{U_5}{100\%} = 0,171 \cdot \frac{381,6}{100} = 0,7 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 5-6:

$$U_6 = U_5 - \Delta U_{56} = 381,6 - 0,7 = 380,9 \text{ В}.$$

Результаты расчётов приведены в приложении 15.

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

5.3 Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчёт в сравнении с расчётом токов КЗ в сетях напряжением выше 1000 В обладает следующими особенностями:

- напряжение на шинах ЦТП считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- при расчете токов КЗ учитываем активные и индуктивные сопротивления,
- расчет ведем в именованных единицах;
- напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети. Расчет токов КЗ ведем для участка ТП1 – ВРУ – ПР4 – ЭП №46.

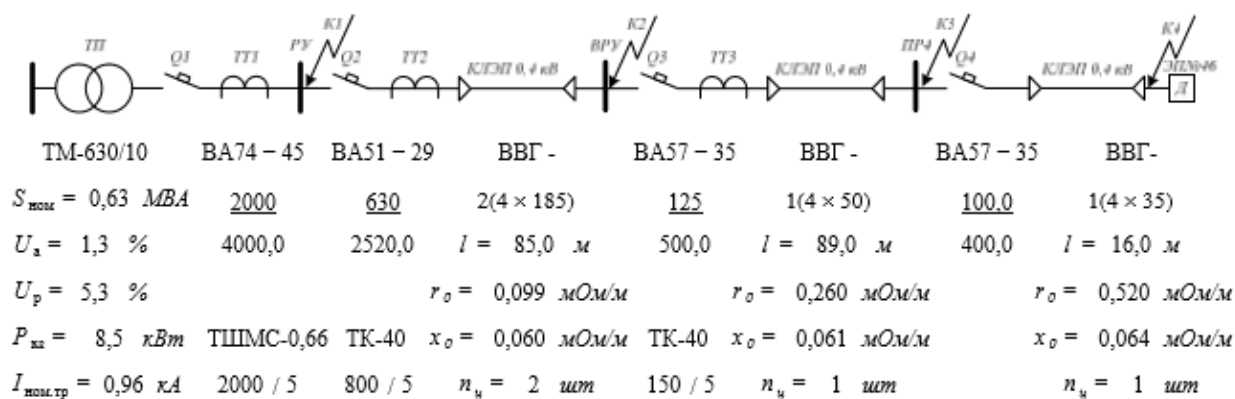


Рисунок 5.2 – Расчетная схема.



Рисунок 5.3 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы:

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

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

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

Автоматы Q2, Q3, Q4:

$$R_{Q2} = 0,12 \text{ мОм}, \quad X_{Q2} = 0,09 \text{ мОм},$$

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

$$R_{Q4} = 1,30 \text{ мОм}, \quad X_{Q4} = 0,86 \text{ мОм}.$$

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

Трансформаторы тока ТТ2, ТТ3:

$$R_{\text{ТТ2}} = 0,05 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{ТТ2}} = 0,07 \text{ мОм},$$

$$R_{\text{ТТ3}} = 0,75 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{ТТ3}} = 1,20 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ1:

$$R_{\text{кл1}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,099 \cdot 85,0}{2} = 4,2 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кл1}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 85,0}{2} = 2,5 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2:

$$R_{\text{кл2}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,260 \cdot 89,0}{1} = 23,1 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кл2}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 89,0}{1} = 5,4 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ3:

$$R_{\text{кл3}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,520 \cdot 16,0}{1} = 8,3 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кл3}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,064 \cdot 16,0}{1} = 1,0 \text{ мОм}.$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1:

$$Z_{\text{К1}} = Z_{\text{тр}} = \sqrt{R_{\text{тр}}^2 + X_{\text{тр}}^2} = \sqrt{3,4^2 + 13,5^2} = 14,0 \text{ мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1:

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

Постоянная времени:

$$T_{\text{а1}} = \frac{X_{\text{рез1}}}{\omega \cdot R_{\text{рез1}}} = \frac{13,5}{314 \cdot 3,4} = 0,0126 \text{ с}.$$

Ударный коэффициент:

$$k_{\text{уд1}} = 1 + e^{-0,01/T_{\text{а1}}} = 1 + e^{-0,01 / 0,0126} = 1,452 .$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1:

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$$i_{уд,к1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1,452 \cdot 16,5 = 33,9 \text{ кА.}$$

Дальнейшие расчёты сведём в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

<i>То</i>	<i>Z_Σ</i>	<i>k_{уд}</i>	<i>T_а</i>	<i>I_к</i>	<i>i_{уд}</i>
чка КЗ	МО	—	сек	кА	кА
K1	14,0	1,452	0,012	16,5	1,5
K2	18,0	1,221	0,006	12,8	22,1
K3	40,0	1,013	0,002	5,8	8,3
K4	49,1	1,005	0,001	4,7	6,7

5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

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

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

Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности, а так же сама карта селективности приведены в приложении 15.

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

Обеспечение отключения аппаратами защиты токов трехфазного КЗ не является гарантией отключения однофазного КЗ, по той причине, что токи

однофазного короткого замыкания в несколько раз меньше токов трехфазного КЗ. В сети напряжения 0,4 кВ необходимо быстрое отключение повреждения. Это достигается высокой проводимостью петли фаза–ноль.

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП1 – ВРУ – ПР4 – ЭП №46.

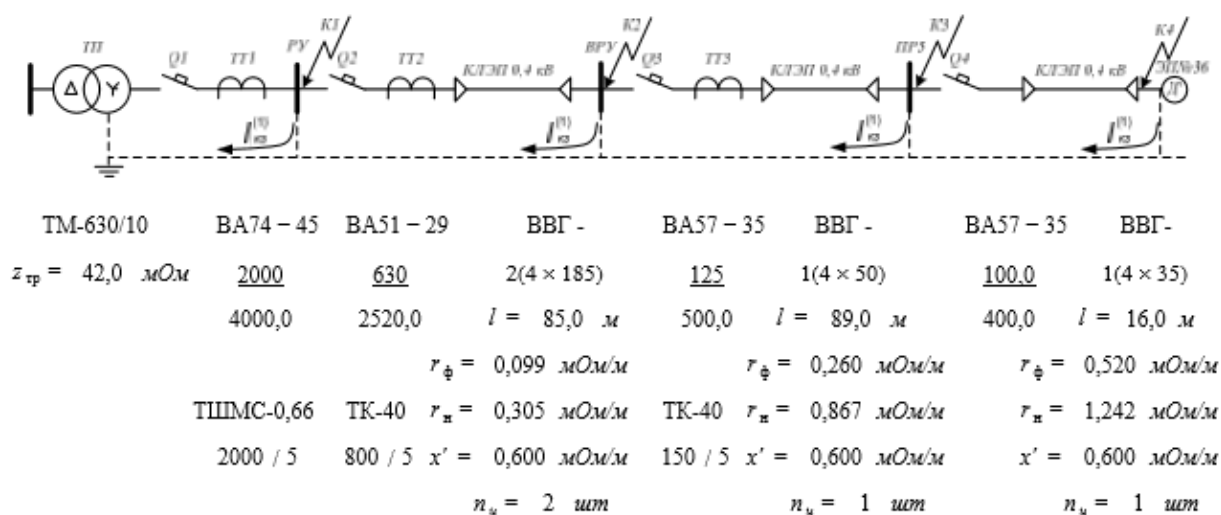


Рисунок 5.4 – Расчётная схема сопротивления элементов.

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

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

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

Автоматы Q2, Q3, Q4:

$$R_{Q2} = 0,12 \text{ мОм,}$$

$$X_{Q2} = 0,09 \text{ мОм,}$$

$$R_{Q3} = 0,74 \text{ мОм,}$$

$$X_{Q3} = 0,55 \text{ мОм,}$$

$$R_{Q4} = 1,30 \text{ мОм,}$$

$$X_{Q4} = 0,86 \text{ мОм.}$$

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

Трансформаторы тока ТТ2, ТТ3:

$$R_{\text{ТТ2}} = 0,05 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{ТТ2}} = 0,07 \text{ мОм},$$

$$R_{\text{ТТ3}} = 0,75 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{ТТ3}} = 1,20 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ1

активное сопротивление основных проводников:

$$R_{\phi 1} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,099 \cdot 85,0}{2} = 4,2 \text{ мОм},$$

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

$$R_{\text{н1}} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,305 \cdot 85,0}{2} = 13,0 \text{ мОм},$$

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

$$X'_1 = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,600 \cdot 85,0}{2} = 25,5 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

активное сопротивление основных проводников:

$$R_{\phi 2} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,260 \cdot 89,0}{1} = 23,1 \text{ мОм},$$

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

$$R_{\text{н2}} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,867 \cdot 89,0}{1} = 77,2 \text{ мОм},$$

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

$$X'_2 = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,600 \cdot 89,0}{1} = 53,4 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ3

активное сопротивление основных проводников:

$$R_{\phi 3} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,520 \cdot 16,0}{1} = 8,3 \text{ мОм},$$

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

$$R_{\text{н3}} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{1,242 \cdot 16,0}{1} = 19,9 \text{ мОм},$$

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

$$X'_3 = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,600 \cdot 16,0}{1} = 9,6 \text{ мОм.}$$

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

$$R_{\text{д}} = 0,03 \text{ мОм.}$$

Сопротивление питающей системы [2, стр. 61].

$$X_{\text{с}} = 3,2 \text{ мОм.}$$

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

Для расчета тока однофазного КЗ рекомендуется упрощенная формула:

$$I_{\text{К}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}}{3} + Z_{\text{н}}},$$

где U_{ϕ} — фазное напряжение сети, В.

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Сопротивление петли фаза ноль до точки К1:

$$Z_{\text{н1}} = \sqrt{R_{\text{д}}^2 + X_{\text{с}}^2} = \sqrt{0,03^2 + 3,2^2} = 3,2 \text{ мОм.}$$

Ток короткого замыкания в точке К1:

$$I_{\text{К1}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}}{3} + Z_{\text{н1}}} = \frac{220}{14,0 + 3,2} = 12,8 \text{ кА.}$$

Проверка условия:

$$I_{\text{К1}}^{(1)} = 12,8 \text{ кА} > 3 \cdot I_{\text{ном.расц}} = 3 \cdot 2,000 = 6,0 \text{ кА,}$$

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

Дальнейшие расчёты сведём в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

<i>Точка КЗ</i>	Z_{Σ} <i>мОм</i>	I_{Σ} <i>кА</i>	$3 \cdot I_{\text{ном.расц}}$ <i>кА</i>
K1	3,2	12,8	6,0
K2	33,7	4,61	1,89
K3	145,	1,38	0,38
K4	176,	1,16	0,30

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

6.1 Назначение релейной защиты и автоматики

Для защиты синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ предусматривается защита от межфазных замыканий на выводах и в обмотке статора, защита от замыканий статорной обмотки на землю, защита при перегрузках, защита от асинхронного режима, защита при потере питания и длительном снижении напряжения.

Номинальный ток синхронного двигателя:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi} = \frac{800,0}{\sqrt{3} \cdot 10,0 \cdot 1,00} = 46,3 \text{ А.}$$

Пусковой ток синхронного двигателя:

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}} = 5 \cdot 46,3 = 231,5 \text{ А,}$$

где $K_{\text{пуск}}$ — кратность пускового тока.

6.2 Расчет токов короткого замыкания

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

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения (рисунок 6.1) и на её основе схему замещения (рисунок 6.2). Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Шахов В.Ю..				Релейная защита		
Руковод.	Фикс Н.П.						
Реценз.							
Н.Контр							
Утвердил							
						Лит.	Лист
							79
							135
						ТПУ ИнЭО гр. 3-9201	

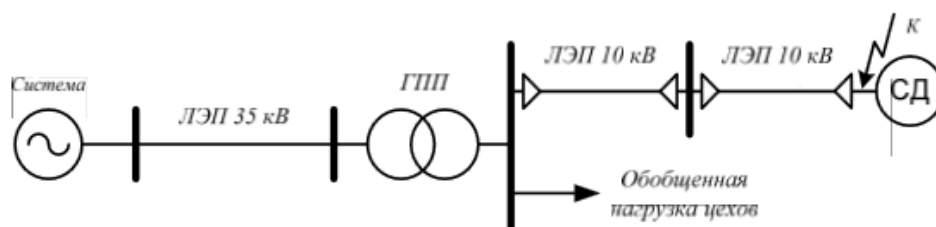


Рисунок 6.1 – Расчетная схема

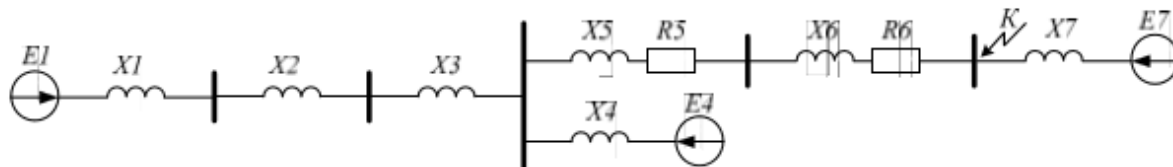


Рисунок 6.2 – Схема замещения Расчет ведем на основе данных пункта 3.10.

Мощность системы:

$$S_c = 300 \text{ МВА.}$$

Базисные величины:

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

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

Параметры схемы замещения.

Система:

$$Z_1 = X_1 = \frac{S_6}{S_c} = \frac{100}{300} = 0,333 \text{ ,} \quad E_c = E_1 = \frac{U_c}{U_{61}} = \frac{35,0}{37,0} = 0,946 \text{ .}$$

Воздушная линия:

$$Z_2 = X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{61}^2} = 0,414 \cdot 3,2 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37,0^2} = 0,097 \text{ .}$$

$$Z_3 = X_3 = \frac{U_{\text{к, \%}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{4,0} = 1,875 \text{ .}$$

Кабель, питающий РУ:

$$R_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,260 \cdot 0,114 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,027 ,$$

$$X_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,086 \cdot 0,114 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,009 .$$

$$Z_5 = \sqrt{(R_5)^2 + (X_5)^2} = \sqrt{0,027^2 + 0,009^2} = 0,028 .$$

Кабельная линия, питающая синхронный двигатель:

$$R_6 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,740 \cdot 0,070 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,047 ,$$

$$X_6 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,099 \cdot 0,070 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,006 .$$

$$Z_6 = \sqrt{(R_6)^2 + (X_6)^2} = \sqrt{0,047^2 + 0,006^2} = 0,047 .$$

Синхронный двигатель:

$$Z_7 = X_7 = \frac{x_d'' \cdot S_6}{S_{\text{ном}}} = \frac{0,219 \cdot 100}{0,802} = 27,306 ,$$

$$U_{\text{ном}} = \frac{U_{\text{ном}}}{U_{62}} = \frac{10,0}{10,5} = 0,952 , \quad I_{\text{ном}} = \frac{I_{\text{ном}}}{I_{62}} = \frac{0,046}{5,499} = 0,008 ,$$

$$E_7 = \sqrt{(U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}})^2 + (U_{\text{ном}} \cdot \sin \varphi_{\text{ном}} + I_{\text{ном}} \cdot X_7)^2} = \\ = \sqrt{(0,952 \cdot 0,997)^2 + (0,952 \cdot 0,071 + 0,008 \cdot 27,306)^2} = 0,995 .$$

Обобщенная нагрузка предприятия:

$$Z_4 = X_4 = \frac{x_n'' \cdot S_6}{S_p^{\text{н}} + S_p^{\text{в}}} = \frac{0,350 \cdot 100}{2693 + 1680} = 0,0080 , \quad E_4 = E_n'' = 0,950 ,$$

где $X''; E''$ средние значения сопротивления и ЭДС для обобщенной нагрузки [11, стр. 7, табл. 1.1], *о.е.*

Значение полной расчетной мощности для высоковольтной нагрузки используется без учета расчетной мощности рассматриваемого двигателя.

Эквивалентные параметры системы и обобщенной нагрузки относительно точки КЗ:

$$Z_8 = (Z_1 + Z_2 + Z_3) // Z_4 + Z_5 + Z_6 =$$

$$= \frac{(0,333 + 0,097 + 1,875) \cdot 0,0080}{(0,333 + 0,097 + 1,875) + 0,0080} + 0,028 + 0,047 = 0,084 \text{ ,}$$

$$E_7 = \frac{E_1 \cdot Z_4 + E_4 \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_3)}{(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_4} = \frac{0,946 \cdot 0,008 + 0,950 \cdot (0,333 + 0,097 + 1,875)}{(0,333 + 0,097 + 1,875) + 0,0080} = 0,950 \text{ .}$$

Результирующие параметры схемы замещения:

$$Z_{\text{рез}} = Z_7 // Z_8 = \frac{27,306 \cdot 0,084}{27,306 + 0,084} = 0,083 \text{ ,}$$

$$E_{\text{рез}} = \frac{E_7 \cdot Z_8 + E_8 \cdot Z_7}{Z_7 + Z_8} = \frac{0,995 \cdot 0,084 + 0,950 \cdot 27,306}{27,306 + 0,084} = 0,950 \text{ .}$$

Действующее значение трехфазного тока КЗ:

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{E_{\text{рез}}}{X_{\text{рез}}} \cdot I_{62} = \frac{0,950}{0,083} \cdot 5,499 = 62,6 \text{ кА.}$$

Действующее значение двухфазного тока КЗ:

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к}}^{(3)}}{2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 62,6}{2} = 54,3 \text{ кА.}$$

6.3 Защита от межфазных коротких замыканий

Для защиты от междуфазных КЗ применяют токовую отсечку и дифференциальную защиту. В соответствии с ПУЭ токовая отсечка рекомендуется для защиты электродвигателей мощностью до 5000 кВт, если она обладает требуемой чувствительностью к повреждениям на выводах. При недостаточной чувствительности токовой отсечки необходимо применять дифференциальную защиту. Применение дифференциальной защиты целесообразно начиная с мощности 3500кВт.

Коэффициент трансформации трансформатора тока:

$$K_A = \frac{I_{1н}}{I_{2н}} = \frac{50}{5} = 10,0 \text{ ,}$$

где $I_{1н}$, $I_{2н}$ – номинальные значения токов первичной и вторичной обмоток трансформатора тока.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Первичный ток срабатывания токовой отсечки отстраивается от пускового тока электродвигателя:

$$I_{сз} = k_{отс} \cdot I_{пуск} = 1,4 \cdot 231,5 = 324,1 \text{ А},$$

где $k_{отс}=1,4$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности релей расчета (для реле типа РТ – 40) [11, стр.121].

Первичный ток срабатывания токовой отсечки отстраивается от сверхпереходного тока электродвигателя (для синхронных двигателей):

$$I_{сз} = k_{отс} \cdot I'' = k_{отс} \cdot \frac{E_d''}{x_d''} \cdot I_{ном} = 1,4 \cdot \frac{1,1}{0,219} \cdot 46,3 = 325,6 \text{ А},$$

где $E''=1,1$ – сверхпереходное ЭДС двигателя.

Ток срабатывания реле:

$$I_{ср} = \frac{k_{отс} \cdot k_{сх} \cdot I_{пуск}}{K_A} = \frac{1,4 \cdot 1,0 \cdot 325,6}{10} = 45,6 \text{ А},$$

где $k_{сх}=1$ – коэффициент схемы [11, стр. 8, табл..1].

Чувствительность токовой отсечки проверяется при двухфазном коротком замыкании на выводах электродвигателя:

$$k_{ч} = \frac{I_{к}^{(2)}}{I_{сз}} = \frac{54254,6}{325,6} = 166,6 > 2 .$$

6.4 Защита от перегрузок

Защита от перегрузки устанавливается на электродвигателях, которые могут подвергаться перегрузке по технологическим причинам и для электродвигателей с особо тяжелыми условиями пуска и само запуска с длительностью прямого пуска от 20 секунд и более.

Установка защиты предусматривается водной фазе. Защита от перегрузки выполняется с действием на отключение при возможности неуспешного пуска, невозможности разгрузки без останова двигателя, отсутствии постоянного дежурного персонала. При возможности автоматиче-

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

ской разгрузки защиты выполняются с двумя выдержками времени, с меньшей – на разгрузку механизма, с большей – на отключение. В остальных случаях предусматривается действие на сигнал.

Ток срабатывания защиты выбирается по условию отстройки от номинального тока электродвигателя:

$$I_{сз} = \frac{k_{отс}}{k_{в}} \cdot I_{ном} = \frac{1,2}{0,8} \cdot 46,3 = 69,5 \text{ А},$$

где $k_{отс}=1,2$ – коэффициент отстройки [10, стр.126];

$k_{в}=0,8$ – коэффициент возврата [10, стр.126].

Ток срабатывания реле:

$$I_{ср} = \frac{k_{отс} \cdot k_{сх}}{k_{в} \cdot K_A} \cdot I_{ном} = \frac{1,2 \cdot 1,0}{0,8 \cdot 10} \cdot 46,3 = 6,9 \text{ А},$$

где $k_{сх}=1$ –коэффициент схемы при включении реле на фазные токи [11,стр.126].

Чувствительность защиты от перегрузки не проверяется, поскольку она не предназначена для действия при коротком замыкании.

Выдержка времени выбирается из условия надежного несрабатывания при пуске или само запуске двигателей:

$$t_{сз} \geq k_{отс} \cdot t_{пуск} = 1,2 \cdot 5,0 = 6,0 \text{ сек},$$

где $k_{отс}=1,2$ – коэффициент отстройки [11,стр.114];

$t_{пуск}=5,0$ – время пуска двигателя, сек.

6.5 Защита от замыканий на землю в обмотке статора

В соответствии с ПУЭ защита от однофазных замыканий в обмотке статора предусматривается для электродвигателей мощностью менее 2000кВт, если ток замыкания на землю превышает 10 А, а для электродвигателей мощностью более 2000 кВт – при токе замыкания на землю равно или более 5А.

Защита выполняется на основе токового реле типа РТЗ–51, подключен-

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

ного к фильтру токов нулевой последовательности. В качестве фильтра нулевой последовательности используются кабельные трансформаторы тока типа ТЗЛ.

Собственный емкостный ток присоединения:

$$I_C = \frac{U \cdot L}{n} \cdot k_{\text{нагр}} = \frac{10,0 \cdot 0,07}{10} \cdot 1,3 = 0,091 \text{ А},$$

где $U = 10 \text{ кВ}$ – линейное напряжение;

$L = 0,07 \text{ км}$ – длина кабеля;

$n = 10$ – при сечении кабеля до 50 мм^2 ;

$n = 6 \dots 8$ – при сечении кабеля больше 50 мм^2 ;

$k_{\text{нагр}} = 1,15 \dots 1,30$ – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки. Первичный ток срабатывания защиты, выполняемой на трансформаторах нулевой последовательности без подмагничивания, выбирается из условия отстройки защиты от броска емкостного тока при внешнем замыкании на землю:

$$I_{\text{сз}} \geq k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{бр}} \cdot I_C = 1,3 \cdot 3,0 \cdot 0,091 = 0,355 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}} = 1,3$ – коэффициент отстройки [11, стр.125];

$k_{\text{бр}} = 2,5 \dots 3,0$ – коэффициент, учитывающий бросок собственного емкостного тока [11, стр.125].

6.6 Защита от потери питания

Защита от потери питания устанавливается для предотвращения повреждения электродвигателей, затормозившихся в результате кратковременного или длительного снижения напряжения, при восстановлении питания, а также для обеспечения требований техники безопасности и условий технологического процесса. Защита выполняется групповой для каждой секции шин.

В зависимости от требований по быстродействию и от соотношения числа синхронных и асинхронных электродвигателей, присоединенных к одной секции шин, защиты подразделяются на две группы:

– защита минимального напряжения;

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

– защита минимального напряжения и минимальной частоты с блокировкой по направлению мощности.

В данном случае достаточно применить только защиту минимального напряжения, так как к сокращению времени перерыва питания не предъявляются высокие требования.

Защита минимального напряжения, как правило, выполняется двухступенчатой. Первая ступень предназначена для ускорения и повышения эффективности само запуска ответственных электродвигателей, а также предупреждения несинхронного включения синхронных двигателей в сеть.

Обычно напряжение и время срабатывания первой ступени принимаются равными:

$$U_{\text{сз}}^1 \approx 0,7 \cdot U_{\text{ном}}$$

$$t_{\text{сз}}^1 = 0,7 \text{ сек.}$$

Напряжение и время срабатывания второй ступени принимаются равными:

$$U_{\text{сз}}^2 \approx 0,5 \cdot U_{\text{ном}}$$

$$t_{\text{сз}}^2 = 5 \div 10 \text{ сек.}$$

6.7 Защита от асинхронного режима

Защита выполняется одним из следующих способов: с помощью реле, реагирующего на увеличение тока в обмотке статора; с помощью устройства, реагирующего на появление переменного тока в обмотке ротора; с помощью устройства, действующего на принципе отсчета числа электрических проворотов ротора при асинхронном режиме.

Распространение получила защита, реагирующая на увеличение тока в обмотке статора. Для защиты от асинхронного режима работы применяется защита в однофазном исполнении. Для обеспечения непрерывной подачи напряжения на обмотку реле времени в схему защиты вводят промежуточное реле с замедлением при возврате.

Ток срабатывания защиты:

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						86
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{сз} \approx (1,3 \div 1,4) \cdot I_{ном} = (1,3 \div 1,4) \cdot 46,304 = 60,196 \div 64,826 \text{ А},$$

Время возврата реле:

$$t_{в.р} = 1,2 \div 1,5 \text{сек.}$$

6.8 Схема защиты синхронного двигателя

Схема защиты асинхронного двигателя и селективность срабатывания защит изображены в приложении 6.

При коротком замыкании вне двигателя срабатывает токовая отсечка без выдержки времени, построенная на реле тока КА1 и КА2. Как только ток короткого замыкания I_k превышает ток срабатывания защиты $I_{сз}$, замыкаются контакты реле КА1 и КА2. При этом, через промежуточное реле КЛ1 протекает ток и замыкаются контакты КЛ1. Подается сигнал на отключение выключателя

Q. Одновременно с этим ток протекает и через указательное реле КН1 и замыкаются контакты КН1. На пульте диспетчера загорается лампочка, указывающая на проблемы в работе двигателя. При этом другие защиты не срабатывают, так как защита от замыканий в обмотке статора не срабатывает при КЗ вне двигателя, а защита от перегрузки отстраивается по времени.

При КЗ в обмотке статора токовая отсечка не срабатывает, так как в этом случае токи в обмотке гораздо меньше, чем ток срабатывания отсечки. Реле тока КА5 подключается к фильтру тока нулевой последовательности – кабельный трансформатор тока типа ТЗЛ. Так как ток КЗ в обмотке статора как правило однофазный, то при КЗ появляется ток нулевой последовательности. Как только ток нулевой последовательности превышает значение тока срабатывания защиты, отстроенного от собственного емкостного тока присоединения, замыкаются контакты реле КА5. При этом, через промежуточное реле КЛ1 протекает ток и замыкаются контакты КЛ1. Подается сигнал на отключение выключателя Q. Одновременно с этим ток протекает и через указатель-

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

но реле КН2 замыкаются контакты КН2. На пульте диспетчера загорается лампочка, указывающая на КЗ на проблемы в работе двигателя. Защита от перегрузок устанавливается в водной фазе, так как перегрузка имеет симметричный характер. При возможности автоматической

разгрузки, защиты выполняются с двумя выдержками времени, с меньшей (токовое реле КА3) – на разгрузку механизма, с большей (токовое реле КА4) – на отключение. Перегрузка как правило возникает при запуске двигателя. После запуска двигателя через обмотки реле КА3 и КА4 протекает пусковой ток двигателя. Контакты КА3 и КА4 замыкаются. Если через первый промежуток времени пусковой ток превышает ток срабатывания защиты, срабатывает реле времени КТ1 и замыкаются контакты КТ1. При этом подается сигнал на разгрузку механизма, а через указательное реле КН4 начинает протекать ток. Замыкаются контакты КН4 и на пульте диспетчера загорается лампочка, указывающая на проблемы в работе двигателя. Если разгрузка механизма не помогает, через второй промежуток времени срабатывает реле времени КТ2, замыкаются контакты КТ2. При этом, через промежуточное реле КЛ1 потечет ток и замкнутся контакты КЛ1. Подается сигнал на отключение выключателя Q. Одновременно с этим ток протекает и через указательное реле КН3 и замыкаются контакты КН3. На пульте диспетчера загорается лампочка, указывающая на проблемы в работе двигателя.

При перегрузке токовая отсечка не срабатывает, так как пусковой ток двигателя меньше чем ток внешнего КЗ. Защита от замыканий на землю в обмотке статора так же не срабатывает, так как она реагирует только на ток

Защита минимального напряжения выполняется двухступенчатой.

Первая ступень срабатывает через 0,7 секунд при понижении напряжения на 30 процентов от номинального. При этом срабатывает промежуточное реле КЛ2 и замыкаются контакты КЛ2. Для ускорения и повышения эффективности само запуска электродвигателя происходит разгрузка механизма. При снижении напряжения на 50 процентов через 5 секунд срабатывает вторая ступень защиты – промежуточное реле КЛ1, при этом замыкаются

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

контакты KL1 и подается сигнал на отключение выключателя.

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1 Общие сведения

Целью данной работы является составление сметы на проектирование электрической части ООО "Сибэлектромонтаж" и расчет сметы затрат на электрооборудование механического цеха предприятия.

Капитальные вложения в электрооборудование – это в первую очередь, стоимость электрооборудования и стоимость строительно-монтажных работ.

Исходными материалами для определения сметной стоимости строительства объекта служат данные проекта по составу оборудования, объему строительных и монтажных работ; прейскуранты цен на оборудование и строительные материалы; нормы и расценки на строительные и монтажные работы; тарифы на перевозку грузов; нормы накладных расходов и другие нормативные документы.

Решение о проектировании электроснабжения принимается на основе технико-экономического обоснования.

На основе утвержденного ТЭО заказчик заключает договор с проектной организацией на проектирование и выдает ей задание, которое содержит:
Ген план предприятия;

Расположение источника питания;

Сведения об электрических нагрузках;

План размещения электроприемников на корпусах;

Площадь корпусов и всей территории завода. Различают две стадии проектирования: а) Технический проект; б) Рабочий чертеж

					ФЮРА.140205.014 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Шахов В.Ю.							
Руковод.	Фикс Н.П.						90	135
Реценз.						ТПУ ИнЭО гр. 3-9201		
Н.Контр								
Утвердил								

Если проектируемый объект в техническом отношении не сложный, то обе стадии объединяются в одну – техно рабочий проект.

7.2 Смета на проектирование

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на проектирование электро-снабжения объекта в срок при наименьших затратах средств, составляется план-график, в котором рассчитывается поэтапная трудоемкость всех работ. После определения трудоемкости всех этапов темы, назначается число участников работы по этапам (таблица 7.1).

Таблица 7 – План разработки выполнения этапов проекта

<i>n/n</i>	<i>Перечень выполненных работ</i>	<i>Ис- полни-</i>	<i>П род-сть,</i>	<i>ЗП,</i>	<i>П,</i>
	Ознакомление с производственной докумен- тацией.	Руко	3		
		Инж	1		
	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инж	3		
	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инж	4		
	Построение картограммы нагрузок и определе-	Инж	1		
	Выбор трансформаторов цеховых подстанций.	Инж	1		
	Технико- экономический расчет компенсирующих	Инж	1		
	Выбор трансформаторов ГПП. Технико- экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Инж	1		
	Расчет внутризаводской сети предприятия	Инж	5		
	Расчет токов короткого замыкания в сети выше	Инж	3		
	Выбор электрооборудования в сети выше 1000	Инж	3		
	Расчет схемы электроснабжения цеха	Инж	1		
	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже	Инж	2		

Продолжение таблицы 7

	Расчет молниезащиты	Инж	4		
	Расчет релейной защиты и автоматики	Инж	3		
	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инж	2		
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Инж	2		
	Социальная ответственность	Инж	3		
	Составление расчетно-пояснительной записки	Руко	3		
		Инж	1		
	Чертежные работы	Руко	1		
		Инж	2		
Итого по каждой должности		Руко	7		
		Инж	9		
Итого ФЭП сотрудников					

Затраты на разработку проекта

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

материальные затраты;

$I_{\text{зп}}$ – заработная плата;

$I_{\text{со}}$ – отчисления в социальные фонды;

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

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

1) Расчет зарплаты

а) Месячная зарплата руководителя проекта

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (ЗП_0 \cdot K_1 + Д) \cdot K_2 = (23300,0 \cdot 1,16 + 2200,0) \cdot 1,3 = 36179,0 \text{ руб.}$$

где $ЗП_0$ – месячный оклад;

Д – доплата за интенсивность труда;

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск;

K_2 – районный коэффициент (1,3 для Томской области).

Зарплата руководителя с учетом фактически отработанных дней

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

$$И_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{И_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n \cdot \frac{36179,0}{21} \cdot 7,0 = 12059,7 \text{ руб.}$$

где n – количество отработанных дней по факту. б) Месячная зарплата инженера

$$И_{\text{зп}}^{\text{мес}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = 14500,0 \cdot 1,10 \cdot 1,3 = 20735,0 \text{ руб.}$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$И_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{И_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n \cdot \frac{20735,0}{21} \cdot 94,0 = 92813,8 \text{ руб.}$$

в) Итого ФЗП сотрудников

$$\Phi ЗП = 12059,7 + 92813,8 = 104873,5 \text{ руб.}$$

Расчет ФЗП приведен в таблице 7.2. Календарный план проекта и график занятости представлены в приложении 7.

Таблица 7.2 – Расчет ФЗП

Должность	З П ₀ , руб	Д , руб	1	2	И мес, руб	Средняя зарплата за один	ФЗ П, руб
Руководитель	2	2			3	1722,	120
Инженер	1	–			2	987,4	928
Итого	3	–			5	–	104

2) Материальные затраты

Таблица 7.3 – Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб	И _м , руб
Флеш память	1	500,	500,
Упаковка бумаги А4 500	1	165,	165,
Канцтовары	–	425,	425,
Картридж для принтера	1	145	145
Итого И_{мат}, руб	–	–	254

Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах.

$$И_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.КТ}}}{T_{\text{кал}}} \cdot Ц_{\text{КТ}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{90}{365} \cdot 22000,0 \cdot \frac{1}{5} = 1084,9 \text{ руб.}$$

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

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

$\Pi_{\text{КТ}}$ – первоначальная стоимость оборудования, руб;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники (время окупаемости 5 лет). Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 7.4.

Таблица 7.4 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Сто имость, руб	Кол ичество	Т , дней	И ам, руб
Компьютер	2200	1	90	10
Принтер	4500	1	9	22,2
Итого $\Pi_{\text{ам}}$, руб	–	–	–	11

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

$$I_{\text{со}} = 0,3 \cdot 104873,5 = 31462,0 \text{ руб.}$$

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

$$I_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (\text{ФЗП} + I_{\text{м}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{со}}) =$$

$$= 0,1 \cdot (104873,5 + 2540,0 + 1107,1 + 31462,0) = 14464,3 \text{ руб.}$$

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

$$I_{\text{накл}} = 2,0 \cdot \text{ФЗП} = 2,0 \cdot 104873,5 = 209747,0 \text{ руб.}$$

Затраты на разработку проекта

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

$$= 104873,5 + 2540,0 + 1107,1 + 31462,0 + 14464,3 + 209747,0 = 364193,9 \text{ руб.}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 7.5

Таблица 7.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб.
	ФЗП	104873
	Материалы И _{мат}	254
	Амортизация основных	1107,1
	Социальные отчисления И _{со}	31462,
	Прочие расходы И _{пр}	14464,
	Накладные расходы И _н	209747
Затраты на разработку проекта К_{пр}, руб		364193

7.3 Смета затрат на электрооборудование

Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха приведена в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

Наименование оборудования	Един ицы	Количес тво	Сметная стоимость, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
			Обору дование	М онтаж	Обору дование	М онтаж
2			5	6	7	8
КТП 630/10 □ 2			130,00	2	260,00	5
ПР11-7123-21УЗ			15,04	3,	105,28	2
ВРУ1-11-10УХЛ4			21,00	4,	21,00	4,
ЯОУ 85-01			3,70	0,	11,10	2,
Автомат ВА74 –45			6,50	1,	19,50	3,
Автомат ВА57 –35			1,55	0,	48,05	9,
Автомат ВА13 –29			1,30	0,	32,50	6,
2			5	6	7	8
Кабель ВВГ-4 □ 4			17,50	3,	2,35	0,
Кабель ВВГ-4 □ 6			21,50	4,	1,01	0,
Кабель ВВГ-4 □			30,10	6,	3,01	0,
Кабель ВВГ-4 □			41,40	8,	0,99	0,
Кабель ВВГ-4 □			60,10	1	4,45	0,

Продолжения таблицы 7.6

Кабель ВВГ-4 □			77,20	1	0,77	0,
Кабель ВВГ-4 □			104,40	2	3,45	0,
Кабель ВВГ-4 □			158,70	3	12,22	2,
Кабель ВВГ-4 □			203,40	4	3,05	0,
Кабель ВВГ-4 □			246,00	4	24,60	4,
Кабель ВВГ-4 □			302,90	6	14,24	2,
Кабель ВВГ-4 □			365,00	7	33,58	6,
Провод АПВ-2 □			1,10	0,	0,96	0,
609,10						

Итого общие затраты:

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{мон}} = 364,19 + 609,1 + 128,42 = 1102,71 \text{ т.руб.}$$

$K_{\text{пр}}$ – затраты на разработку проекта;

$K_{\text{об}}$ – затраты на оборудование;

$K_{\text{мон}}$ – затраты на монтаж

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

8.1 Введение

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

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

В данной работе рассмотрен механический цех ООО "Сибэлектромонтаж". В данном цехе оборудование, которое создает множество опасных и вредных факторов. Необходимо строго соблюдать технику безопасности и применять различные меры для обеспечения безопасности рабочего персонала.

8.2 Анализ опасных и вредных факторов

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

					ФЮРА.140205.014 ПЗ							
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕН- НОСТЬ			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	Шахов В.Ю..									97	135	
Руковод.	Фикс Н.П.							ТПУ ИнЭО гр. 3-9201				
Реценз.												
Н.Контр												
Утвердил												

Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или) отрицательному влиянию на здоровье потомства. В зависимости от количественной характеристики (уровня, концентрации и др.) и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

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

Опасные факторы:

Механические травмы;
поражения электрическим током;
пожар;
взрыв.

Вредные факторы:

Низкая освещенность;
шум;
вибрации;
климатическое состояние воздушной среды;
вредные вещества пыли;
ЭМИ.

Электробезопасность:

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [14] устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, Правила устройства электроустановок [15] и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от

24 июля 2013 г. № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» (вступил в силу 4 августа 2014 года) [16].

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

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

1. Для работы с электроустановками выше 1000 В применяются:

а) Основные защитные средства:

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

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

б) Дополнительные защитные средства:

диэлектрические перчатки;

диэлектрические боты;

диэлектрические ковры;

индивидуальные экранирующие комплекты;

изолирующие подставки и накладки;

диэлектрические колпаки;

переносные заземления;

оградительные устройства;

плакаты и знаки безопасности.

2. Для работы с электроустановками ниже 1000 В применяются

а) Основные защитные средства:

изолирующие и электроизмерительные клещи;

указатели напряжения;

диэлектрические перчатки;

слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

б) Дополнительные защитные средства:

диэлектрические боты;

диэлектрические ковры;

переносные заземления;

изолирующие подставки и накладки;

оградительные устройства;

плакаты и знаки безопасности.

На подстанции имеется комплект предупредительных плакатов.

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

Должностная инструкция дежурного данного района обслуживания.

Инструкция по производству оперативных переключений на подстанции данного района.

Инструкция действий оперативного персонала в случае аварии.

Инструкция по отысканию однофазных замыканий на землю в данном районе подстанций.

Инструкция дежурного персонала по технике безопасности.

Оперативный журнал.

Журнал производства работ.

Журнал телефонограмм.

Журнал закороток.

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

Основными мерами защиты на объекте от поражения током являются

– обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения;

электрическое разделение сети;

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						100
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и др.;

применение специальных защитных средств переносных приборов и приспособлений;

организация безопасной эксплуатации электроустановок;

применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

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

отключение электроустановки и электрическая изоляция токоведущих

ограждение и вывешивание запрещающих, указательных, предупреждающих и предписывающих плакатов;

сигнализация и блокировка;

использование малых напряжений;

электрическое разделение сети;

зануление;

выравнивание потенциалов;

защитное отключение;

средства индивидуальной защиты и защитные средства: штанги изолирующие, диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие подставки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками, переносные заземления, предупредительные плакаты, предохранительные пояса.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						101
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

допуск к работе;

надзор во время работы;

оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончание работы.

Механические травмы:

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются

«Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00[16].

В рассматриваемом цехе большая доля вероятности получить механическую травму, так как используется большое количество оборудования.

При необходимости принимаются меры для уменьшения вероятности травмирования персонала-предупредительные плакаты, ограждения, сигнализация.

Микроклимат:

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

Нормы производственного микро климата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ12.1.005–88«Общесанитарно- гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [17] и СанПиН

2.2.4.548–96«Гигиеническиетребованиякмикроклимату производственных помещений»[18].

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

Таблица 8.1 – Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения	
		Диапазон оптимальных	ниже			если	если
X	IIa	17	2	16,0	– 15 – 75		
Te	IIa	18	2	17,0	– 15 – 75		

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

Таблица 8.2 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

				Отно	
П	К	Темпера	Темпера	сительная	Скорость
X	II	19,0	– 18,0	– 60	– 0,2
T	II	20,0	– 19,0	– 60	– 0,2

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

Вредные вещества:

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [17] вредные вещества разделяют на 4 класса опасности.

В рассматриваемом цехе используются малоопасные вредные вещества (керосин) и умеренно опасные вещества (бензин, азотная кислота). Основной мерой борьбы с вредными веществами является применение системы вентиляции.

Производственная вентиляция:

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СНиП 2.04.05-91[19].

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

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

Виброакустические вредные факторы:

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [20], Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 –

96«Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [21].

Таблица 8.3 – Гигиенические нормы вибрации

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

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

Шум:

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

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» [22]. Поэтому для рабочих мест цеха допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБ, а допустимый эквивалентный уровень звука 85 дБА. При данном производственном процессе уровень шумов не выходит за нормативы.

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

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

Защита от электромагнитных полей:

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						105
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

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

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

Освещение:

Искусственное освещение в производственных помещениях должно удовлетворять нормам, предусмотренным СП.52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [24]. Для безопасного продолжения работы, или выхода людей из помещений при внезапном отключении должно быть предусмотрено аварийное освещение. Длительное снижение напряжения у наиболее удаленной лампы не должно быть более 5%. Питание аварийного освещения должно быть надежным и от независимого источника. Для аварийного освещения должны применяться светильники, отличающиеся от светильников рабочего освещения типом или размером, или на них должны быть нанесены специальные знаки.

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

Вдоль всех главных коридоров, лестничным клеткам и над пожарным краном, предусмотрены эвакуационные светильники показывающие выход. Данные светильники оборудованы аккумуляторными батареями и приборами

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						106
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

автоматики, так что при исчезновении напряжения в сети, автоматически включаются с помощью собственного источника питания.

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

Расчет системы искусственного освещения: Воспользуемся методом коэффициента светового потока:

Размещение светильников в плане и разрезе помещения определяется следующими размерами:

$A =$	80,0	– длина цеха, м;
$B =$	55,0	– ширина цеха, м;
$H =$	6,5	– высота цеха, м;
$h_c =$	0,2	– расстояние от перекрытия до светильником (свес), м ;
$h_p =$	0,8	– высота от пола до рабочей поверхности, м ;
$\rho_n =$	50	– коэффициент отражения потолка для бетонного потолка [25, стр. 9, табл.7];
$\rho_{cm} =$	30	– коэффициентотражениядля бетонныхстенс окнами[25, стр. 9, табл.7].

8.3 Экологическая безопасность.

Влияние электрических сетей на окружающую среду определяется воздействием электрического поля, использованием земельных ресурсов, нарушением природных ландшафтов.

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

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-

86 (Основные положения) [28], ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) [29] и ГОСТ 17.11.02-86 (Гидросфера) [30].

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

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

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

Твердые отходы, к которым относятся первичная упаковка сырья, отработавшие фильтры, и т.д. сжигаются в собственных устройствах. Если правила допускают, эти отходы выносятся на свалки. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, можно сортировать и отправлять на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

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

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

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

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства.

Согласно НПБ 105-03[31], помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности классифицируются на категории А, Б, В, Г и Д. Рассматриваемый цех относится пожароопасной категории В (в цехе применяются горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть).

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

В помещении цеха устанавливается пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00 [27]) такие первичные средства пожаротушения, как (из расчета на 800 м^2 защищаемой площади):

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

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

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

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

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

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

План эвакуации приведен в приложении 9.

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

Большинство из перечисленных чрезвычайных ситуаций могут случиться на рассматриваемом предприятии. Для повышения устойчивости к ним предусмотрены различные меры:

1. Для обеспечения бесперебойной работы в случае ЧС предусмотрено питание от двух источников электроэнергии, удаленных на такое расстояние, чтобы исключить возможность разрушения их в военное время одним ядерным ударом, а в мирное время – стихийным бедствием или аварией, а также имеются резервные источники питания.

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

3. От прямых ударов молнии установлена молниезащита. Молниеприемниками служат неизолированные стержневые молниеотводы. В качестве токоотводов используют наружные вертикальные стальные конструкции (пожарные лестницы). По каждому этажу проложены стальные пояса из полосовой стали, к которым присоединяются токоотводы, все металлические кон-

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						110
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

струкции оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

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

5. Для снижения вероятности пожара предусмотрена автоматическая пожарная сигнализация. На случай возникновения пожара предусмотрены первичные средства пожаротушения.

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

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

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

8.5 Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, является:

- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
						111
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- оформление перерыва в работе, перевод на другое рабочее место, окончания работы.

8.6 Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;

- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

- установлено заземление (включены заземляющие ножи, а там где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

По расчетным нагрузкам цехов была построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия. Со смещением от центра электрических нагрузок в сторону ЛЭП, питающей предприятие, была установлена главная понизительная подстанция предприятия. На ГПП установлены два двух обмоточных трансформатора марки ТМН-4000/35. Марка трансформаторов ГПП и напряжение питающих линий было выбрано на основании технико-экономического расчета. На стороне 35кВ принята схема в виде мостика с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий. На стороне 10 кВ принята одинарная секционированная система шин, с устройством АВР, оборудование установлено в закрытом помещении. Электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП 35 Кв.

Далее было определено число и мощность цеховых трансформаторов. Номинальная мощность цеховых трансформаторов принята равной 630 кВА ,

					ФЮРА.140205.014 ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЗАКЛЮЧЕНИЕ			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Шахов В.Ю..									113	135
Руковод.	Фикс Н.П.										
Реценз.											
Н.Контр											
Утвердил											
								ТПУ ИнЭО гр. 3-9201			

минимальное расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно шести. С учетом выбранного числа цеховых трансформаторов был произведен расчет и выбор компенсирующих устройств.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполнена трёхжильными кабелями с медными жилами, с оболочкой из вулканизированного полиэтилена, бронированного, с наружным покровом из поливинилхлоридного шланга марки ВБбШв, с прокладкой по эстакадам.

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

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

Кроме того была рассмотрена релейная защита синхронного двигателя.

Рассчитанная защита достаточно чувствительна и может быть рекомендована к установке.

Так же была рассчитана молниезащита главной понизительной подстанции. Это позволяет снизить вероятность попадания молнии в территорию ГПП до минимума. Произведен расчет заземления молниеотводов.

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

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

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

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

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабышев А.В, Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
2. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра, Томск, ТПУ, 2001.
4. Барченко Т.Н, Закиров Р.И, Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту, Томск, ТПИ, 1988.
5. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
6. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
7. Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособ. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978.
8. Коновалова Л.Л, Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособ. – ФОРУМ:ИНФРА-М, 2006.
10. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие /А.В. Кабышев. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006

					ФЮРА.140205.014 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Шахов В.Ю..						
Руковод.		Фикс Н.П.					116	135
Реценз.						ТПУ ИнЭО гр. 3-9201		
Н.Контр								
Утвердил								

11. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электро-снабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 178 с
12. Копьев В.Н. Релейная защита основного элек-рооборудовании электро-станций подстанций. Вопросы проектирования: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп.– Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. - 107с.
13. Борисова Л.М., Гершанович Е.А. Экономика энергетики: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006.
14. ГОСТ12.1.038-82(2001)ССБТ. Электробезопасность. Предельно допусти-мые значения напряжений прикосновения и токов.
15. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 7-е изд., пере-раб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
16. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-016-2001; РД 153-34.0-03.150-00 – М.: Омега - Л, 2007. – 152 с.
17. ГОСТ12.1.005-88(2001)ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требова-ния к воздуху рабочей зоны.
18. СанПиН2.2.4.548-96Гигиеническиетребованиякмикроклимату производ-ственных помещений.
19. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция, кондиционирование.
20. ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Об-щие требования.
21. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
22. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
23. ГОСТ 12.1.002-84 (1999) ССБТ. Электрические поля промышленной ча-стоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению кон-троля на рабочих местах.
24. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд.

ТПУ, 2001. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности

25. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153-34.0-03.301-00. ВППБ01-02-95.

26. ГОСТ 17.0.001-86 Охране окружающей среды. Основные положения.

27. ГОСТ 17.2.1.01-86 Атмосфера.

30. ГОСТ 17.11.02-86 Гидросфера

					ФЮРА.140205.014 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		118

