

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электростанция собственных нужд на установке комплексной подготовки газа Чайядинского нефтегазоконденсатного месторождения

УДК 621.311.18:622.279.8(571.56)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Логинов Иван Михайлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпунов Данил Юрьевич	к.т.н. , доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ивашутинко А.С	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП «Электроэнергетика»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-4 *(ОК-5), ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-4 *(ОК-5), УК-5 *(ОК-6)), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-5 *(ОК-6), УК-7 *(ОК-8)), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-5*(ОК-6), УК-7 *(ОК-8), УК-8 *(ОК-9), ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-6 *(ОК-7), УК-7 *(ОК-8)), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
По профилям подготовки		
P7	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем</i> .	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-1 *(ОК-1, ОК-2), УК-2 *(ОК-3, ОК-4), УК-3 *(ОК-5), УК-4 *(ОК-5), ОПК-1, ОПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P8	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2 *(ОК-3, ОК-4), ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P9	Уметь проектировать <i>электроэнергетические системы и их компоненты</i> .	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2*(ОК-3, ОК-4), ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040,</i>

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

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ «__» _____ 2019 г. А.С. Ивашутенко

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б1	Логинову Ивану Михайловичу

Тема работы:

Электростанция собственных нужд на установке комплексной подготовки газа Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i>	Объектом исследования является Тепломеханический блок электростанции собственных нужд УКПГ 3 Чаяндинского НГКМ. В качестве исходных данных представлены: – генеральный план электростанции; – план Тепломеханического блока; – сведения об электрических нагрузках электростанции; – данные об установленном оборудовании в Тепломеханическом блоке.
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Титульный лист Задание Реферат Введение Раздел 1 Объект исследования Раздел 2 Расчетная часть Раздел 3 Электроснабжение Тепломеханического блока Раздел 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Раздел 5 Социальная ответственность Заключение Список используемой литературы
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	– генеральный план электростанции с картограммой и центром электрических нагрузок; – схема питания цеховых подстанций и высоковольтных нагрузок; – схема осветительной сети Тепломеханического блока; – однолинейная схема Тепломеханического блока.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпунов Д.Ю.	к.т.н., доцент		21.02.19

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Логинов Иван Михайлович		21.02.19

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б1	Логинову Ивану Михайловичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость затрат технического проекта (ТП)	Материальные затраты определяются согласно прейскурантам. Зарботная плата определяется исходя из тарифной ставки и коэффициентов. Страховые отчисления определяются согласно Федеральному закону от 24.07.2009 №212-ФЗ.
2. Продолжительность выполнения ТП	По приблизительной оценке, продолжительность ТП составляет 99 рабочих день
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка потенциала и перспективности реализации технического проекта (ТП) с позиции ресурсоэффективности	Потенциал и перспективность реализации ТП оценивается проведением SWOT-анализа, а ресурсоэффективность ТП с помощью интегральной оценки ресурсоэффективности.
2. Планирование графика работ по реализации ТП	При составлении графика работ по реализации ТП используется оценка трудоемкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным составляется ленточная диаграмма Ганта.
3. Составление сметы ТП	При составлении сметы ТП используется следующая группировка затрат по статьям: – затраты на оборудование; – полная заработная плата исполнителей; – отчисления во внебюджетные страховые фонды; – накладные расходы.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей);	
Диаграмма Ганта	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Логинов Иван Михайлович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б1	Логинову Ивану Михайловичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является Тепломеханический блок электростанции собственных нужд УКИП Чаяндынского НГКМ.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов – повышенный уровень шума на рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень электромагнитных полей (ЭМП); – неудовлетворительный микроклимат – повышенный уровень напряженности электростатического поля – Электроопасность
2. Экологическая безопасность	– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); – решение по обеспечению экологической безопасности.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Логинов Иван Михайлович		

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: бакалавр

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Введение	10
	Объект исследования	10
	Расчетная часть	20
	Электроснабжение Тепломеханического блока	20
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	20
	Социальная ответственность	20
		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпунов Д.Ю.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 106 с., 13 рис., 32 табл., 19 источников.

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

Объектом исследования является тепломеханический блок Базовой электростанции собственных нужд (далее ЭСН) Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения (далее Чаяндинского НГКМ).

Цель работы: проектирование системы электроснабжения тепломеханического блока Чаяндинского НГКМ. Экономическое обоснование принятых решений.

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

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

СОКРАЩЕНИЯ

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ	16
2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	20
2.1. Определение расчетной электрической нагрузки блока	20
2.2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом.....	24
2.3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок	28
2.4. Выбор числа и мощности ТП зданий	31
2.5. Схема внешнего электроснабжения.....	33
2.6. Схема внутриводской сети 10 кВ	34
2.7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	38
3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО БЛОКА	40
3.1 Распределение приёмников по пунктам питания.....	44
3.2 Выбор сечений питающей сети и силовой распределительной сети, аппаратов защиты и управления блока.....	52
3.3 Построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП наиболее удалённого от ТП электроприёмника для максимального, минимального и послеаварийного режимов	56
3.4 Расчёт токов короткого замыкания для участка сети от ТП до самого мощного электроприёмника блока (сварочный трансформатор)	62
3.5 Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4 кВ от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника	65
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	68
4.1 SWOT-анализ работы Тепломеханического блока электростанции собственных нужд УКПГ Чаяндинского НГКМ.....	68
4.2 Организация работ технического проекта	71
4.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования	71
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП.....	74

4.2.3 Разработка графика проведения технического проекта.....	74
4.3. Расчёт затрат на осуществление технического проекта.....	77
4.3.1 Структура работ в рамках технического проектирования.....	71
4.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы.....	78
4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	79
4.3.4 Накладные расходы.....	80
4.4. Формирование сметы затрат технического проекта.....	80
4.5. Определение ресурсоэффективности проекта.....	81
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	84
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	84
5.1.1 Специальные (характерные для рабочих зон Тепломеханического блока ЭСН) правовые нормы трудового законодательства.....	84
5.2 Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.....	85
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	85
5.2.2 Производственная санитария.....	85
5.2.3 Микроклимат.....	86
5.2.4 Вентиляция.....	87
5.2.5. Шум.....	87
5.2.6. Освещённость рабочей зоны.....	88
5.2.7. Электромагнитное излучение.....	89
5.3 Электробезопасность.....	90
5.3.1. Поражение электрическим током.....	90
5.3.1. Движущиеся машины и механизмы;подвижные части производственного оборудования.....	94
5.4 Экологическая безопасность.....	96
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	98
5.6 Пожарная безопасность.....	100
Заключение.....	103
Список используемой литературы.....	105

ВВЕДЕНИЕ

Темой выпускной квалификационной работы является расчет тепломеханического блока Базовой электростанции собственных нужд установки комплексной переработки газа Чаяндинского НГКМ

В данной работе преследуются несколько целей:

1. Рассматривается определение расчетных нагрузок как рассматриваемого тепломеханического блока, так и ЭСН в целом.

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

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

2. Рассчитывается и чертится картограмма нагрузок электростанции и по расчетам определяется центр электрических нагрузок. Картограмма чертится на генплане Базовой ЭСН в виде окружностей с секторами и заштрихованных окружностей. Сектора отображают осветительную нагрузку, заштрихованные же окружности представляют высоковольтную нагрузку.

3. Рассчитывается схема территориального электроснабжения. Для этого выбирается число и мощности внутриплощадочных трансформаторных подстанций и проводники, для их соединения и питания. Данный расчет производится с использованием плотности нагрузки. Чертится схема питания блоков электростанции с распределенными по зданиям трансформаторами.

4. Рассчитывается схема внешнего электроснабжения. В данный расчет входит выбор напряжения сети, сечения проводов, выбор мощности трансформаторов ГПП. Все это проводится с учетом надежности электроснабжения питающегося предприятия.

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

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

1. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Газотурбинные генераторы (ГТУ-12С) установленные на электростанции собственных нужд установки комплексной переработки газа на ЧНГКМ обладают большим потенциалом отбросного тепла. Для гарантированного теплоснабжения потребителей предусмотрена параллельная работа системы утилизации тепла ЭСН и котельной, расположенной на территории площадки УКПГ.

Тепловой схемой утилизации тепла предусматривается режим работы утилизаторов с отпуском в тепловые сети по температурному графику 115/70 в соответствии с принятым режимом сети. Подпитка тепловой сети осуществляется в котельной.

Тепломеханический блок ЭСН предназначен для рециркуляции нагретой в ГТУ воды по всем блокам электростанции и отводу воды в рециркуляционную систему УКПГ. Второстепенной функцией Тепломеханического блока является обеспечение бесперебойной работы теплоснабжающей сети (срочный ремонт оборудования и остальных узлов сети).

В тепломеханическом блоке размещены насосная теплоснабжения, механическая мастерская, электромастерские, лаборатории, служебные помещения эксплуатационного персонала, бытовые помещения.

Таблица 1. Сведения об электрических нагрузках блоков ЭСН.

№ на плане	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1.1	Энергетический модуль №1	156,2
1.2	Энергетический модуль №2	156,2
1.3	Энергетический модуль №3	156,2
2	Объединенный блок управления	690
3	Тепломеханический блок	расчет
4	Здание закрытого распределительного устройства 110 кВ	450
5.1 – 5.6	Силовые трансформаторы 110/10 кВ №1-№6	-
6	Контрольно-пропускной пункт	20
7	Парк резервуарный дизельного топлива и масла	-

8	Здание насосной топлива и масла	75
9	Сливное устройство	-
10.1; 10.2	Резервные дизельные электростанции №1, №2	40
11	Ремонтно-складской блок	22,5
12.1; 12.2	Резервуар дождевых вод V=10 м3	-
13.1	Переходная галерея объединенного блока управления	-
13.2	Переходная галерея тепломеханического блока	-
13.3	Переходная галерея энергетических модулей 1.1÷1.2	-
13.4	Переходная галерея энергетических модулей 1.2÷1.3	-
14.1; 14.2	Канализационные насосные станции №1, №2	65,5
15	Пункт учета тепла	
16	Эстакада сетей внутриплощадочных	-
17.1; 17.2	Прожекторные мачты	5,3
18.1; 18.2	Маслосборники №1, №2 (V=75 м3)	-
19	Емкость промежуточная для слива топлива V=3 м3	-
20.1; 20.2	Резервуар технологический V=10 м3	-
21.1-21.6	Молниеотводы	-
22	Пункт подготовки газа	-
23	Молниеприемник	-

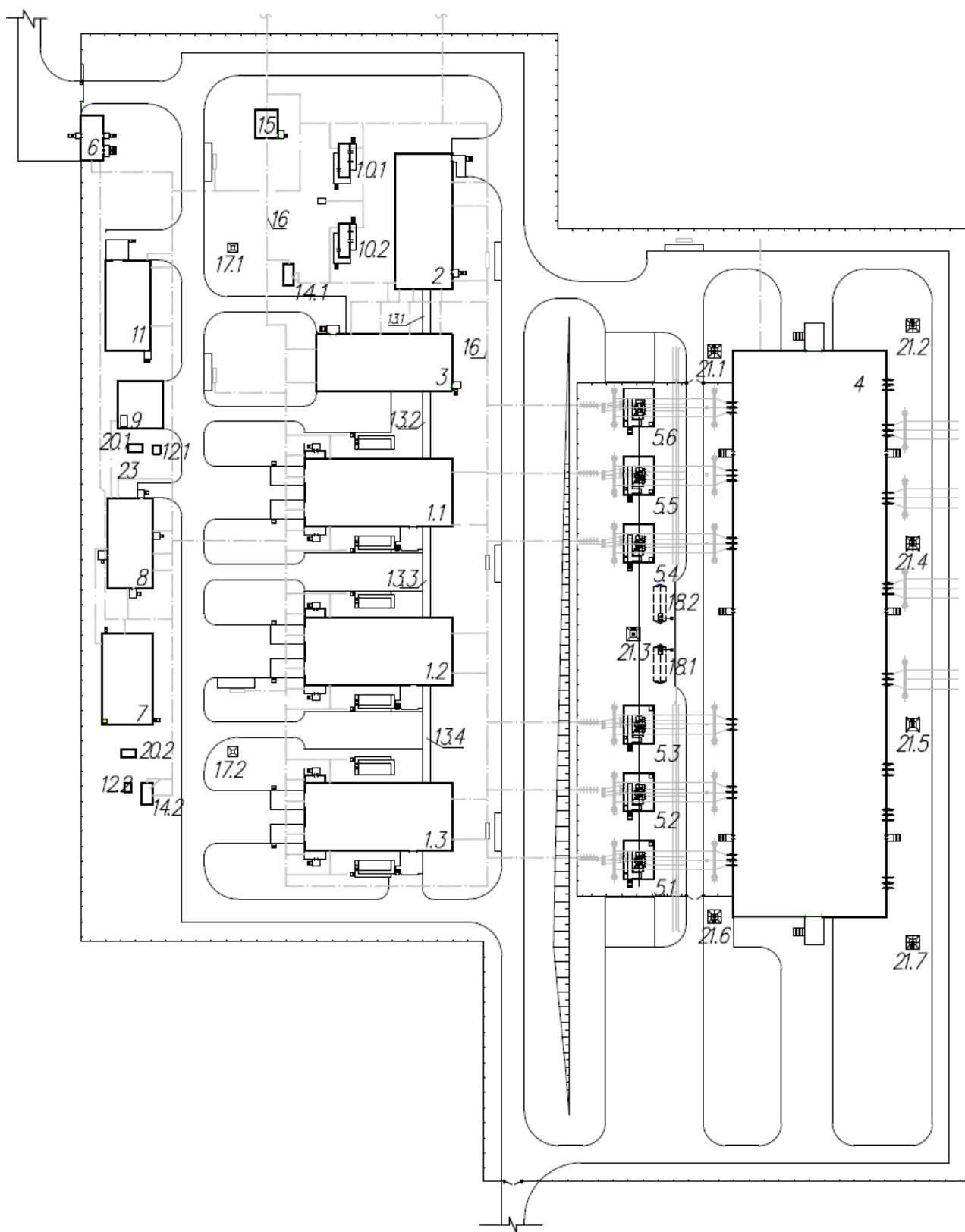


Рисунок 2. Генплан ЭСН УКПГ на Чаяндинском НГКМ

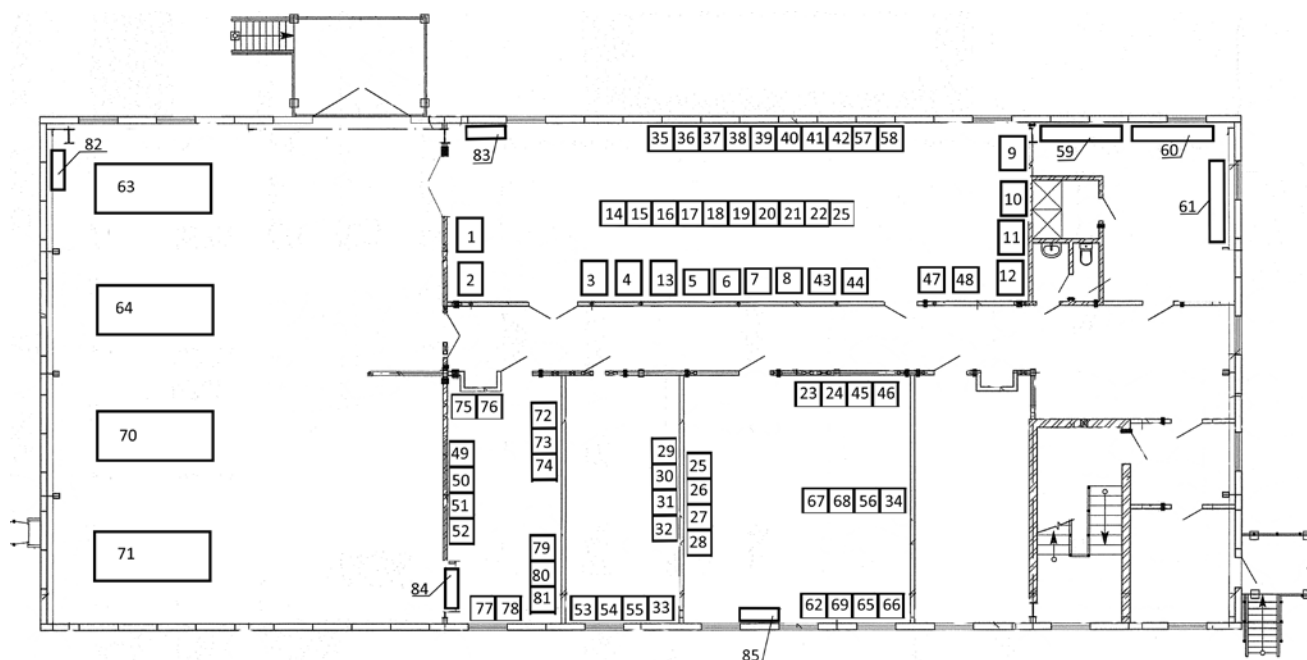


Рисунок 2. План Тепломеханического блока.

Таблица 2. Сведения об электрических нагрузках Тепломеханического блока.

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

* Данные таблицы были приняты согласно справочной литературе

[1, табл. П2.1]

2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Определение расчетной электрической нагрузки блока

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

N на плане	Наименование блока	Категория ЭП по степени бесперебойности	Среда
1.1	Энергетический модуль №1	II	нормальная
1.2	Энергетический модуль №2	II	нормальная
1.3	Энергетический модуль №3	II	нормальная
2	Объединенный блок	III	нормальная
3	Тепломеханический блок	III	нормальная
4	Здание ЗРУ 110 кВ	II	нормальная
6	КПП	III	нормальная
8	Здание насосной топлива и масла	III	нормальная
10.1; 10.2	Резервные дизельные электростанции №1, №2	II	нормальная
11	Ремонтно-складской блок	III	нормальная
14.1; 14.2	Канализационные насосные станции №1, №2	III	нормальная
17.1; 17.2	Прожекторные мачты	III	нормальная

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

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

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

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

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

При расчетах электрических нагрузок используется табл. 4.

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

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

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

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

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

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

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

K_u – коэффициент использования активной мощности;

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

Определение по группе А:

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

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

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

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

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

Расчетная активная P_m и реактивная Q_m максимальные мощности группы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 4. Определение расчетных нагрузок Тепломеханического блока

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

2.2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом

Расчет электрических нагрузок завода проводится по методу коэффициента спроса.

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

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

$$P_p = K_c \cdot P_n;$$

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

где P_n - суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

K_c - коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;

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

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

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

Определяется полную расчетную нагрузку предприятия ЭП до 1000 В:

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

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

$$\Sigma P_{po} = 178,1 \text{ кВт}$$

ЭП выше 1000 В:

$$\Sigma P_p^B = 350 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_p^B = 357 \text{ кВАр}$$

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

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

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

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

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

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

N по ГП	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		P _н , кВт	K _с	cosφ/tgφ	P _р , кВт	Q _р , кВАр	F, м ²	P _{уд о} , Вт/м	P _{но} , кВт	K _{со}	P _{ро} , кВт	P _р +P _{ро} , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 кВ														
1.1	Энергет. модуль №1	450	0,6	0,7/1,02	270	275,4	1168	15	17,52	0,85	14,9	284,9	275,4	396,25
1.2	Энергет. модуль №2	360	0,65	0,7/1,02	234	238,68	1168	15	17,52	0,85	14,9	248,9	238,68	344,85
1.3	Энергет. модуль №3	200	0,6	0,7/1,02	120	122,4	1727	15	25,91	0,85	22	142	122,4	187,47
2	Объединенный блок управления	580	0,7	0,7/1,02	406	414,12	1524	15	22,86	0,85	19,5	425,5	414,12	593,76
3	Тепломеханический блок	920	0,7	0,7/1,02	644	656,88	685	15	10,28	0,95	8,8	652,8	656,88	926,09
4	Здание ЗРУ 110 кВ	800	0,65	0,7/1,02	520	530,4	1066	15	15,99	0,95	13,6	533,6	530,4	752,37
6	КПП	390	0,6	0,7/1,02	234	238,6	1066	15	15,99	0,85	13,6	247,6	238,68	343,91
8	Здание насосной топлива и масла	200	0,6	0,7/1,02	120	122,4	522	15	7,83	0,95	6,6	126,6	122,4	176,09
10.1; 10.2	Резервные дизельные электростанции №1, №2	45	0,5	0,7/1,02	20	20,4	1168	15	17,52	0,95	14,9	34,9	20,4	40,42
11	Ремонтно-складской блок	700	0,75	0,75/0,88	525	462	391	15	5,87	0,85	5,0	530	462	703,1
14.1; 17.1; 17.2	КНС №1, №2 Прожекторные мачты	160 380,2	0,8 ---	0,8/0,75 ---	128 242,58	96 282,38	1408 942	15 15	21,12 14,13	0,85 0,85	18,0 12,01	146 254,59	96 282,38	174,73 380,20
Территория ЭСН		---	---	---	---	---	65032	0,22	14,3	1	14,3	14,3	---	---
Итого по 0,38 кВ		5185	---	---	3463,58	3459,7	12835	---	206,84	---	178,1	---	---	---
Потребители электроэнергии 10 кВ														
13	Компрессорная	700	0,5	0,7/1,02	350	357	---	---	---	---	---	350	357	499,9
Итого по 10 кВ		700	---	---	350	357	---	---	---	---	---	350	357	499,9

Активная мощность электростанции, приведенная к шинам 10 кВ:

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

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

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

Полная расчетная нагрузка, приведенная к шинам 10 кВ:

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

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

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

$$\Delta Q_T^{\text{ГПП}} = 0,02 * S_{p\Sigma} = 0,1 * 5784,62 = 578,46 \text{ кВАр}.$$

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

Величина компенсируемой реактивной мощности:

$$Q_{ky} = Q_{pc} - Q_c$$

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

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

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

энергетических системах.

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

$\alpha = 0,29$ при $U_n = 110$ кВ;

$\alpha = 0,40$ при $U_n = 220$ кВ.

Для определения величины напряжения питающих линий можно воспользоваться следующими рекомендациями.

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

Так как $S_p^{ГПП} = 5784,62, \text{ МВА} < 10, \text{ МВА}$, принимается $U_n = 35$ кВ,

следовательно, $\alpha = 0,24$.

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

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

Тогда:

$$S_{ГПП} = \sqrt{(\sum P_{p\Sigma} + \Delta P_{Т ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{p\Sigma} - Q_{KV})^2} =$$

$$= \sqrt{(4052,15 + 115,69)^2 + (4128,18 + 578,46 - 2798,66)^2} = 4583,81 \text{ кВА}$$

2.3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок

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

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

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

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

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

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

Для построения картограммы нагрузок используется таблица 6.

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

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

Таблица 6. Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

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

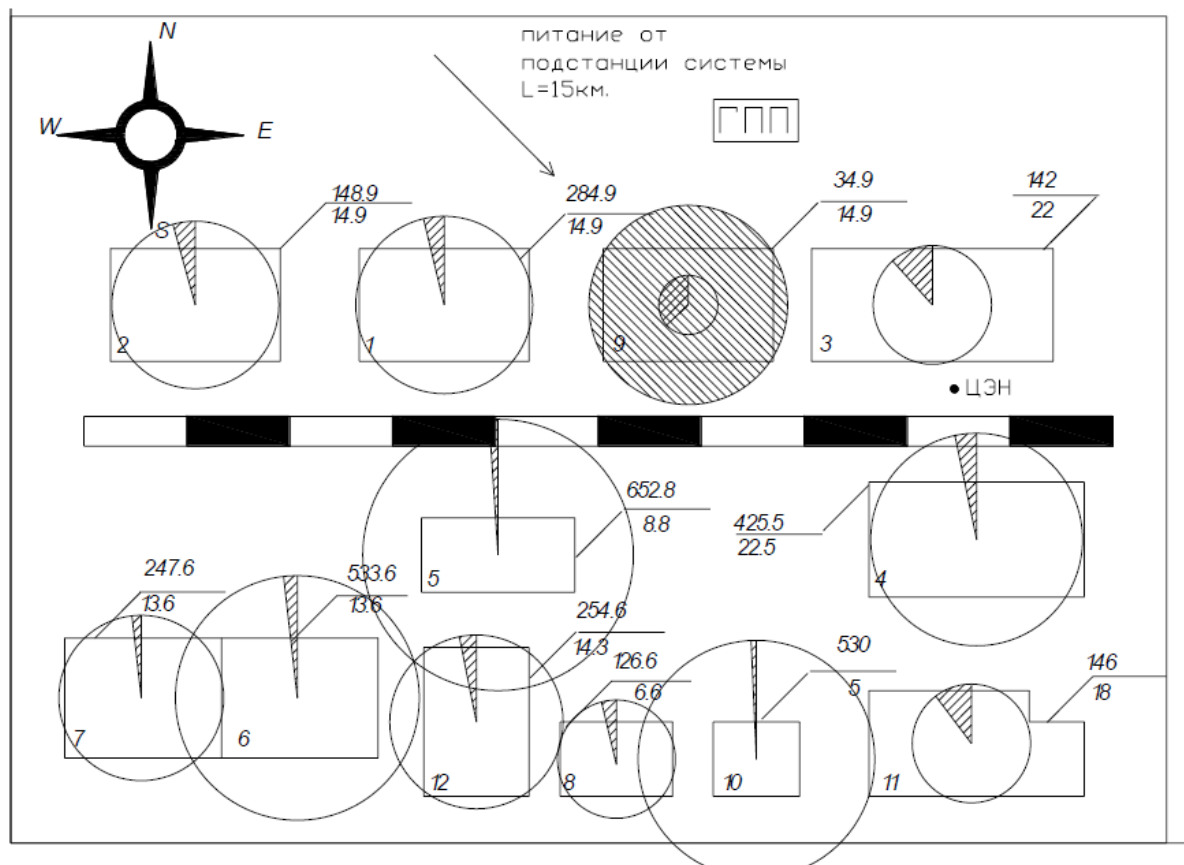
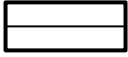
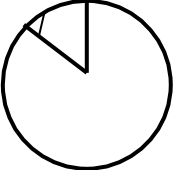


Рисунок 4. Генплан предприятия с картограммой нагрузки

Условные обозначения:

-  - Распределительное устройство ГПП
-  - Распределительное устройство выше 1000 В
-  - Цеховая двухтрансформаторная подстанция
-  - Распределительный пункт до 1000 В
-  - Распределительная сеть выше 1000 В
-  - Распределительная сеть до 1000 В (между цехами)
-  - Электрическая нагрузка до 100 В (заштрихованный сектор – нагрузка освещения)

2.4. Выбор числа и мощности ТП зданий

При установке на крупных промышленных предприятиях группы трансформаторов зданий их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по формуле [1]:

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

Примем $S_{\text{н тр}} = 1000$, кВА.

Минимальное число трансформаторов блоков ТП

$$N_0 = \frac{\Sigma(P_p^M + P_{p.o})}{\beta_T S_{\text{н тр}}} = \frac{3463,58 + 178,1}{0,7 \cdot 1000} = 5,22; N = 6 \text{ трансформаторов,}$$

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

Активная нагрузка на один трансформатор:

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

Число трансформаторов для установки в цехах предприятия:

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

Таблица 7. Число трансформаторов в блоках и зданиях.

№ п/п	Наименование цехов	$P_p + P_{p.o}$ кВт	Кол-во трансформаторов N_i , шт.
1.1	Энергет. модуль №1	284,9	0,47
1.2	Энергет. модуль №2	248,9	0,41
1.3	Энергет. модуль №3	142	0,23
2	Объединенный блок управления	425,5	0,70
3	Тепломеханический блок	652,8	1,08
4	Здание ЗРУ 110 кВ	533,6	0,88
6	КПП	247,6	0,41
8	Здание насосной топлива и масла	126,6	0,21
10.1; 10.2	Резервные дизельные	34,9	0,06
11	Ремонтно-складской блок	530	0,87
14.1; 14.2	КНС №1, №2	146	0,24
17.1; 17.2	Прожекторные мачты	254,59	0,42

Таблица 8. Распределение электрических нагрузок по пунктам питания.

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

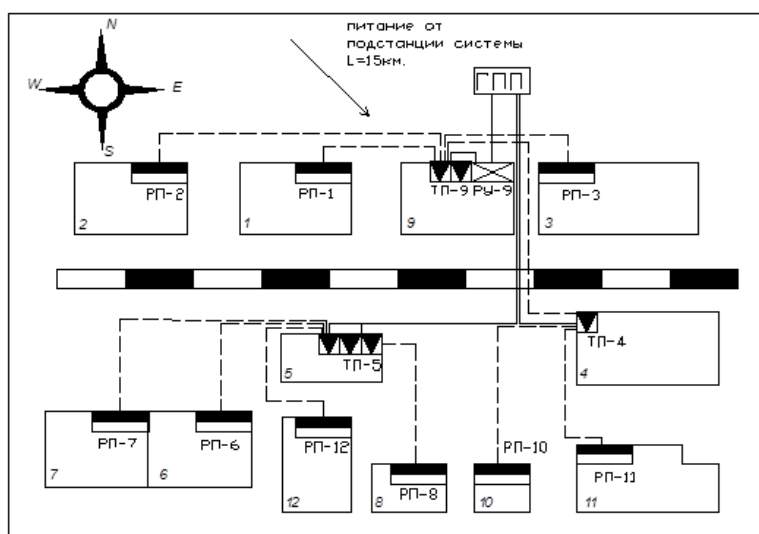


Рисунок 5. Схема питания подстанций зданий и высоковольтных электроприёмников (кабели 10 КВ прокладываются в траншеях).

2.5. Схема внешнего электроснабжения

Основные требования к схеме внешнего электроснабжения:

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

Обеспечение электроэнергией напряжением 0,4 кВ потребителей собственных нужд ЭСН, включая потребителей сопутствующих сооружений, выполняется следующим образом.

Потребители энергетических установок обеспечиваются электроэнергией от агрегатной комплектной однотрансформаторной подстанции мощностью 400 кВА, 10/0,4 кВ подключенной к шинам генераторного напряжения и устанавливаемой в здании энергетического модуля.

В состав КТП входит сухой трансформатор типа “ТСЗ” с литой изоляцией и односекционное РУ-0,4 кВ, состоящее из шкафов типа “Okken”.

Предусматривается резервирование агрегатных КТП-0,4 кВ от общестанционной КТПСН по схеме АВР, на шины которой подключены резервные дизельные электростанции 2х630 кВт.

Для обеспечения электроснабжения потребителей 0,4 кВ общемодульного назначения предусматривается двухсекционное распределительное устройство (РУСН-0,4) подключенное к агрегатным КТП по схеме АВР.

Энергоснабжение общестанционных потребителей собственных нужд 0,4 кВ предусматривается от КТПСН мощностью 2х1250 кВА напряжением 10/0,4 кВ, работающей по схеме “неявного резерва” подключенной к разным секциям 10 кВ БКТП-110/10-10 кВ «УКПГ-3».

На шины 0,4 кВ подстанции предусматривается подключение резервных

ДЭС 2х630 кВт 0,4 кВ с работой в автоматическом режиме в комплексе с КТПСН.

Резервные дизельные электростанции обеспечивают энергоснабжение потребителей 0,4 кВ в случае полного обесточивания ЭСН или пуска с «нуля». К установке приняты ДЭС типа «БКАЭ-0,4-630-К-ХЛ1» мощностью 630 кВт, напряжением 0,4 кВ.

Для энергоснабжения потребителей, относящихся к системе теплоснабжения, предусматривается КТПСН мощностью 2х800 кВА напряжением 10/0,4 кВ, работающая по схеме “неявного резерва” и подключенная к разным секциям 10кВ БКТП-110/10-10кВ «УКПГ-3».

КТПСН 2х1250 кВА в здании ОБУ и КТПСН 2х800 кВА в здании ТМБ приняты внутренней установки с сухими трансформаторами типа “ТСЗЛ” с литой изоляцией.

В качестве первичных сборок приняты щитовые устройства с выключателями выдвижного исполнения.

2.6. Схема сети 10 кВ

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

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

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}},$$

где I_p – расчетный ток установки, А;

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

Расчетный ток определяем на одну линию:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_H}$$

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

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

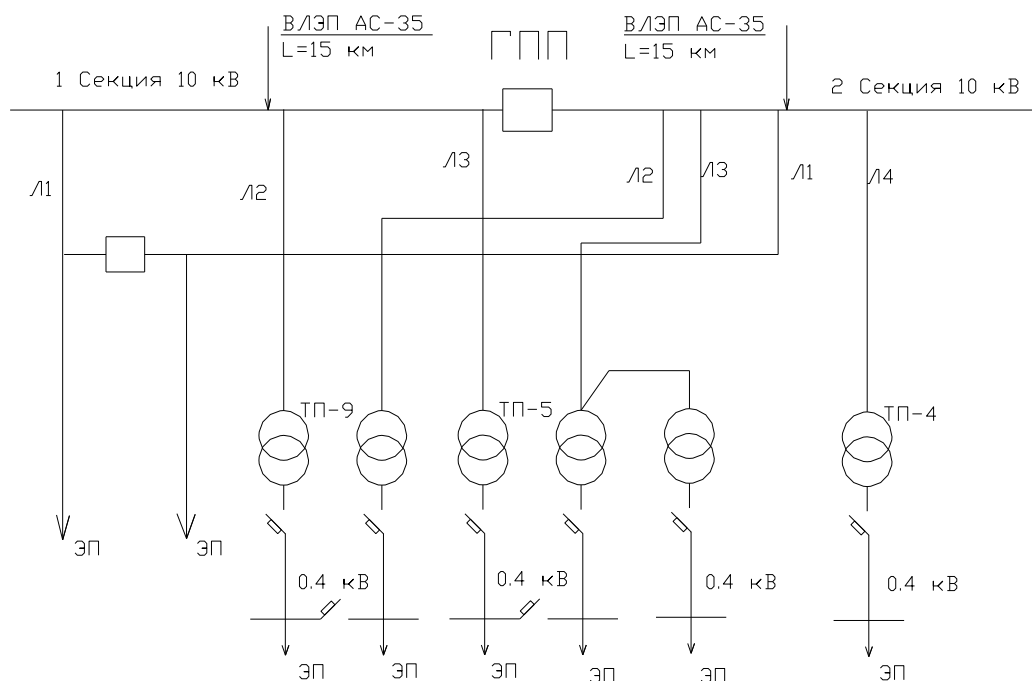


Рисунок 7. Схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников.

Кабели 10 КВ прокладываются в траншеях

ГПП – РУ-9 (Л1)

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

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

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

Принимаем $S = 70, \text{мм}^2$

$$I_{\text{дон}} = 165, A$$

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

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

$$I_p < I'_{\text{дон}}$$

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

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

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

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

$$144,34 < 193,05, A$$

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

РУ-1– ТП-9 (Л - 2)

$$S_p = 1000, \text{кВА}$$

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

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

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

Принимаем $S = 35, \text{мм}^2$

$$I_{\text{дон}} = 115, A$$

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

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

$$I_p < I'_{\text{дон}}$$

$$57,74 < 103,5$$

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

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

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

ГПП – ТП5 (Л - 3)

$$S_p = 1000, \text{кВА}$$

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

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

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

$$\text{Принимаем } S = 35, \text{мм}^2$$

$$I_{\text{дон}} = 115, \text{А}$$

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

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

$$I_p < I'_{\text{дон}}$$

$$57,74 < 103,5$$

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

$$115,48 < 134,55, \text{А}$$

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

ГПП – ТП-4 (Л - 4)

$$S_p = 1000, \text{кВА}$$

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

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

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

$$\text{Принимаем } S = 35, \text{мм}^2$$

$$I_{\text{дон}} = 115, \text{А}$$

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

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

$$I_p < I'_{\text{дон}}$$

$$57,74 < 103,5$$

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

$$115,48 < 134,55, \text{А}$$

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

Таблица 9. Выбор сечений кабельных линий распределительной сети 10кВ

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

2.7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

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

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

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

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

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

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

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

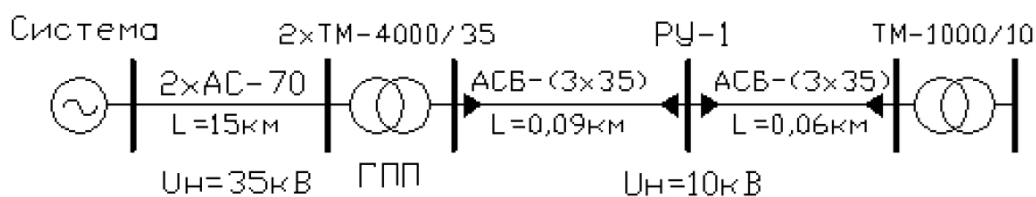


Рисунок 8. Схема для расчета токов К.З.

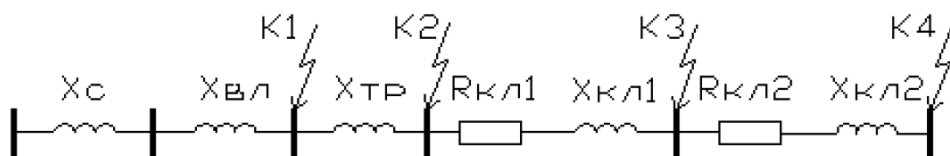


Рисунок 9. Упрощенная однолинейная схема замещения.

Принимаем за базисные единицы:

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

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

$$U_{\delta II} = 10,5 \text{ кВ}$$

Расчёт токов для точки К1:

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

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

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

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

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

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

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

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

Расчёт токов для точки К2:

Для трансформатора:

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

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

Действующее значение установившегося тока:

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

Согласно [3, стр.45] принимаем $K_{y\partial 2} = 1,8$;

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\partial 2} = 0,66 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 2,07 \text{ КА}.$$

Расчёт токов для точки К3:

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

$$x_{KT1} = x_o \cdot l \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,08 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0007 \text{ о.е};$$

$$r_{KT1} = r_o \cdot l \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,032 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0002 \text{ о.е};$$

$$Z_{K3} = Z_{K2} + X_{KT1} = 2,32 + 0,0007 = 2,321$$

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

$$I_{K2} = \frac{I_{\delta}}{x \cdot \Sigma_{K2}} = \frac{5,5}{2,321} = 2,37 \text{ КА};$$

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\vartheta 2} = 2,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 6,03 \text{ КА}.$$

Расчёт токов для точки К4:

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

$$x_{K\pi 2} = x_o \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 2}^2} = 0,08 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0007 \text{ о.е};$$

$$r_{K\pi 2} = r_o \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 2}^2} = 0,032 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0002 \text{ о.е};$$

$$Z_{K4} = Z_{K3} + X_{K\pi 2} = 2,321 + 0,0007 = 2,322$$

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

$$I_{K2} = \frac{I_{\delta}}{x \cdot \Sigma_{K2}} = \frac{5,5}{2,322} = 2,37 \text{ КА};$$

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\vartheta 2} = 2,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 6,03 \text{ КА}.$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Линия ГПП – РУ–1:

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

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

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

Линия РУ–1 – ТП1:

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

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

3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО БЛОКА

Электроснабжение блока выполняется в следующей последовательности [4].

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

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

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

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

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

6. Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимых потерь напряжения и построение эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удалённого от блочной ТП или наиболее мощного электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного режима (рисунок 6).

7. Производится расчёт токов короткого замыкания для участка сети

от ТП до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.

3.1 Распределение приёмников по пунктам питания.

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

Условия выбора плавких предохранителей:

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

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

ЭП, А;

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

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

А;

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

Условия выбора автоматических выключателей:

1. $I_{н.расч} \geq I_{эл} = \Sigma I_{ном}$;
2. $I_{кз} \geq 1,25 I_{кр} = 1,25(I_{пуск.наиб.} + \Sigma I_{ном})$ – для группы ЭД в количестве до 5 шт (вкл).;

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

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

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

Пример выбора плавкого предохранителя для токарно-винторезного станка:

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

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

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

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

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

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

Пример выбора автоматического выключателя для ШР11–73705:

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

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

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

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

Выбор вводного автоматического выключателя для КТП:

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

$$I_{\kappa 3} \geq 1,25 I_{\kappa p} = 1,25 I_{\text{тик.п}} / \text{ст.} = 1,25 [I_{\text{пуск.наиб.}} + (I_{\text{ном.тр}} - K_u \cdot I_{\text{ном.наиб.}})] = \\ = 1,25 [184,1 + (1521,1 - 0,65 \cdot 33,47)] = 2104,3 \text{ A};$$

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

Таблица 12. Определение расчётных нагрузок по пунктам питания тепломеханического блока

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

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

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

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

	Итого по ШР–11	5	2,8-9,6	36,7				22,46	17,26			17,97	6,74	19,19	29,19
Шкаф распределительный ШР–12 (ШР11–73505)															
	Группа А Преобразователь сварочный №75,76														
		2	16	32	<3	0,3	0,55/1,52	9,6	14,59						
	Трансформатор сварочный №72-74	3	24,7	74,1		0,3	0,8/0,75	22,23	16,67						
	Итого по ШР–12	5	16-24,7	106,1				31,83	31,26	5	1,86	59,2	34,4	68,4	92,5
Шкаф распределительный ШР–13 (ШР11–73506)															
	Группа А Преобразователь сварочный №77,78	2	16	32	<3	0,3	0,55/1,52	9,6	14,59						
	Трансформатор сварочный №79-81	3	24,7	74,1		0,3	0,8/0,75	22,23	16,67						
	Итого по гр. А	5	16-24,7	106,1		0,36		31,83	31,26	5	1,86	59,2	34,4		
	Группа Б Вентилятор 84	1	22	22		0,65	0,8/0,75	14,3	10,73			14,3	10,73		
	Итого по ШР–13	6	16-24,7	128,1				46,13	41,99			73,5	45,13	86,25	126,3

Таблица 13. Защитные аппараты для электроприёмников

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

Таблица 14. Защитные аппараты для силовых распределительных шкафов

№ п/п	Тип ШР и число 3-х фазных секций	И _{дл} А	И _{кр} А	Тип авт.выкл.	И _{н.расц.} / И _{кз}
1	ШР11-73505 (8х100)	48,61	267,355	ВА57–35	50/300
2	ШР11-73505 (8х100)	21,45	117,975	ВА57–35	25/125
3	ШР11-73504 (8х60)	19,65	108,075	ВА57–35	25/125
4	ШР11-73504 (8х60)	13,35	73,425	ВА57–35	16/80
5	ШР11-73504 (8х60)	16,37	90,035	ВА57–35	20/100
6	ШР11-73504 (8х60)	28,23	155,265	ВА57–35	31,5/157,5
7	ШР11-73504 (8х60)	43,82	241,01	ВА57–35	50/250
8	ШР11-73504 (8х60)	58,84	323,62	ВА57–35	63/378
9	ШР11-73504 (8х60)	28,23	155,265	ВА57–35	31,5/157,5
10	ШР11-73504 (8х60)	29,19	160,545	ВА57–35	31,5/189
11	ШР11-73506 (8х60)	29,19	160,545	ВА57–35	31,5/189
12	ШР11-73505 (8х100)	92,5	508,75	ВА57–35	100/600
13	ШР11-73506 (8х250)	126,3	694,65	ВА57–35	160/800

Для ШР-2:

Для $n > 5$

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

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

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

$$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{дл}} = 33,47 \text{ А};$$

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

$$I_{\text{вс}} = 200 \text{ А};$$

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

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

Пример расчёта для линии РП – ШР1:

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

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

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

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

I_p – расчётный ток;

l – длина проводника.

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

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

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

Пример согласования ответвления и защитного аппарата к токарно-винторезному станку

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

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

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

I_z – номинальный ток плавкой вставки предохранителя, А;

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

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

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

Остальные расчеты выполняются аналогично.

Таблица 15. Выбор сечений линий питающей Тепломеханического блока

№ п/п	Номер линии на плане цеха	Назначение участка линии питающей сети	Расчетная нагрузка Sp, кВА	Расчетный ток Ip, А	Длина линии l, км	Способ прокладки	Коэффициент прокладки, К	Марка кабеля	Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева Sn, мм²	Допустимый дли- тельный ток Idоп, А	cosφ	Расчетные потери напряжения ΔUp, %	Потери напряжения на 1 А·км, ΔU₀, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Л-1	РП – ШР1	31,96	48,59	0,003	На стене, на скобах	1	АНРГ	(3×16)	60	0,82	0,56	1,17
2	Л-2	РП – ШР2	14,12	21,47	0,02		1	АНРГ	(3×4)	28	0,85	1,23	2,87
3	Л-3	РП – ШР3	12,93	19,66	0,022		1	АНРГ	(3×4)	28	0,77	1,24	2,87
4	Л-4	РП – ШР4	8,79	13,36	0,025		1	АНРГ	(3×2,5)	19	0,81	1,53	4,58
5	Л-5	РП – ШР5	10,78	16,39	0,036		1	АНРГ	(3×2,5)	19	0,77	2,70	4,58
6	Л-6	РП – ШР6	18,58	28,25	0,038		1	АНРГ	(3×6)	32	0,7	1,81	1,69
7	Л-7	РП – ШР7	28,81	43,80	0,05		1	АНРГ	(3×10)	47	0,8	2,56	1,17
8	Л-8	РП – ШР8	36,68	55,76	0,009		1	АНРГ	(3×16)	60	0,7	0,32	0,642
9	Л-9	РП – ШР9	18,58	28,25	0,02		1	АНРГ	(3×6)	32	0,7	0,95	1,69
10	Л-10	РП – ШР10	19,19	29,17	0,025		1	АНРГ	(3×6)	32	0,94	1,64	2,25
11	Л-11	РП – ШР11	19,19	29,17	0,038		1	АНРГ	(3×6)	32	0,94	2,49	2,25
12	Л-12	РП – ШР12	68,4	103,99	0,04		1	АНРГ	(3×50)	130	0,87	1,14	0,273
13	Л-13	РП – ШР13	86,25	126,30	0,05		1	АНРГ	(3×50)	130	0,85	1,72	0,273

Таблица 16. Аппараты защиты и марки питающих проводов для электроприемников

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

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

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

78	Преобразователь сварочный	16	24,34	АПВ-3(1×4)		2	ПН2–100	100/60
79	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)		3	ПН2–100	100/60
80	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)		2	ПН2–100	100/60
81	Трансформатор сварочный	24,7	37,57	АПВ-3(1×8)		3	ПН2–100	100/60
82	Вентиляторы	22	33,47	АПВ-3(1×6)		2	ПН2–100	100/60
83	Вентиляторы	22	33,47	АПВ-3(1×6)		2	ПН2–100	100/60
84	Вентиляторы	22	33,47	АПВ-3(1×6)		2	ПН2–100	100/60
85	Вентиляторы	22	33,47	АПВ-3(1×6)		3	ПН2–100	100/60

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

Отклонение напряжения:

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

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

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

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

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

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

U_i – напряжение в начале соответствующего участка сети, кВ;

Отклонение напряжения на цеховом трансформаторе, %:

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

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

трансформатора ,

здесь трансформатор,

блока кВа, S_{ij} – поток мощности, передаваемый через цеховой

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

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

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

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

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

вторичной нагрузки трансформатора, здесь P – поток активной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВт, Q – поток реактивной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВар,

$\Delta P_m = 0,02S$ – потери активной мощности в цеховом трансформаторе, кВт,

$\Delta Q_m = 0,1S$ – потери реактивной мощности в цеховом трансформаторе, кВар;

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

Расчет максимального режима:

Участок 1-2:

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

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

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

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

$$Q_{12} = 979,11,9 \text{ кВАр};$$

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

Остальные расчеты выполняются аналогично.

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

Таблица 17. Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

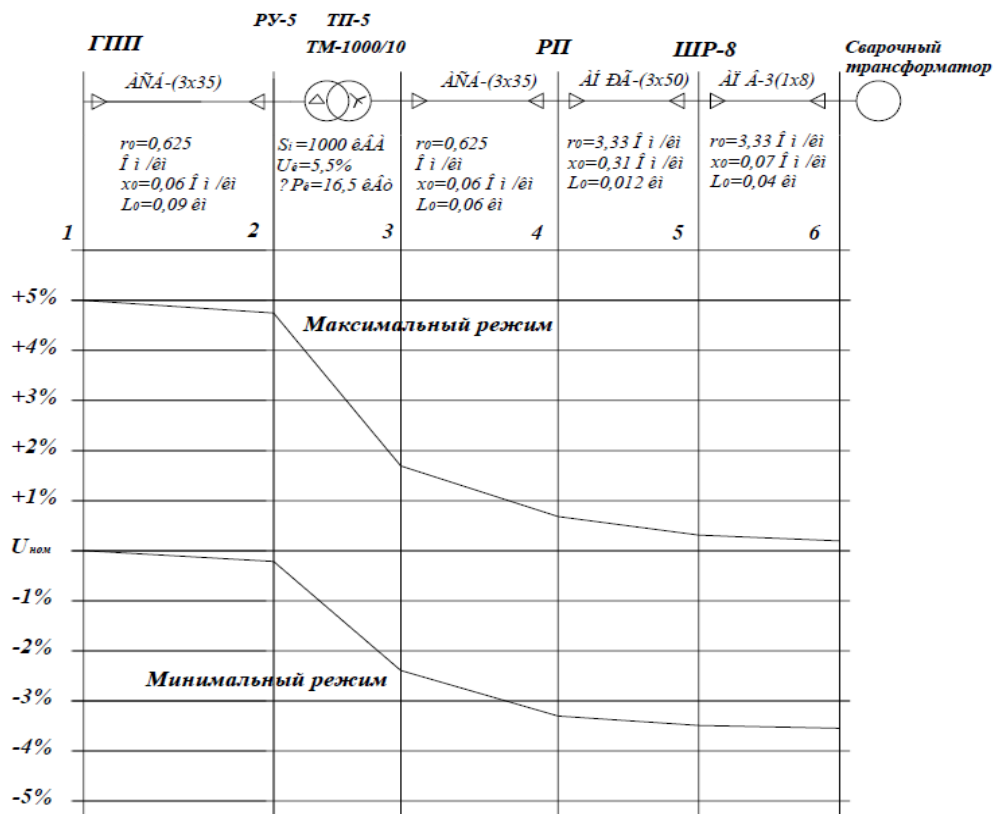


Рисунок 11. Эпюры отклонений напряжения

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

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

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

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

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

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

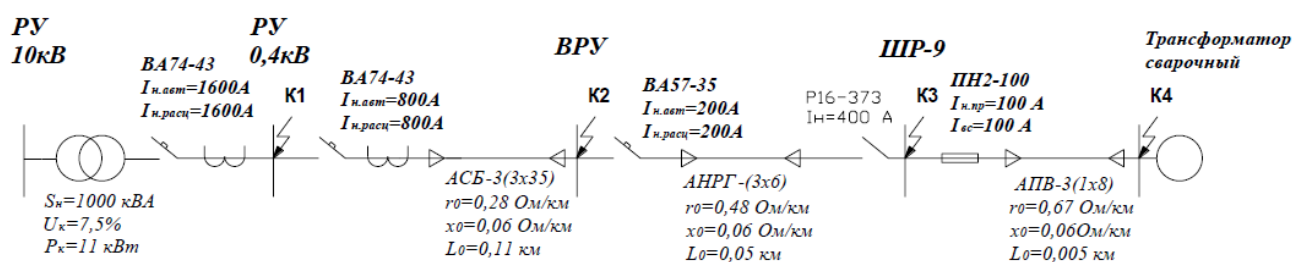


Рис. 12. Схема расчета токов короткого замыкания для сети ниже 1000 В

Расчёт токов К.З. для точки К1:

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

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

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

К.З.;

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

трансформатора;

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_m^2 + X_m^2} = \sqrt{1,76^2 + 8,64^2} = 8,8 \text{ МОм}$$

$$I_{K1} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,8} = 26,27 \text{ кА};$$

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

$$i_{y1} = I_{K1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y01} = 26,27 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,55 = 57,4 \text{ кА}$$

Расчёт токов К.З. для точки К2:

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

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

$X_k = 0,094 \text{ МОм}$ – реактивное сопротивление токовой катушки

автоматического выключателя;

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

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

$R_{mm} = 0,05 \text{ МОм}$ – активное сопротивление первичной обмотки

трансформатора тока;

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

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

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

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

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{(R_m + R_K + R_{пер} + R_{mm} + R_{каб})^2 + (X_m + X_K + X_{mm} + X_{каб})^2} =$$

$$= \sqrt{(1,76 + 0,12 + 0,25 + 0,05 + 20,2)^2 + (8,64 + 0,094 + 0,07 + 2,4)^2} = 25,03 \text{ мОм}$$

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

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

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

Расчёт токов К.З. для точки КЗ:

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

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

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

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

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

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

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

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{(R_{\Sigma 2} + R_K + R_{пер} + R_{каб})^2 + (X_{\Sigma 2} + X_K + X_{каб})^2} =$$

$$= \sqrt{(22,38 + 1,3 + 0,75 + 54,4)^2 + (11,2 + 0,86 + 5,2)^2} = 80,7 \text{ мОм}$$

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

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y\varnothing 3}=1$;

$$i_{y3} = I_{\kappa 3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\varnothing 3} = 2,87 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 4,04 \text{ кА (кА)}.$$

Расчёт токов К.З. для точки К4:

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

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

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

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

$$I_{\kappa 4} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\Sigma \kappa 4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 92,04} = 2,37 \text{ кА}$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y\varnothing 4}=1$;

$$i_{y4} = I_{\kappa 4} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\varnothing 4} = 2,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 3,34 \text{ кА}$$

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

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

- номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- расчётный и пиковый ток подстанции;
- защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей и предохранителя);

– значения токов КЗ. в сети 0,4 кВ.

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

Таблица 19. Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

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

Таблица 20. Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А	Номинальный ток плавкой вставки, А
ВА74-43	1600	3200	
ВА74-43	625	1250	
ВА57-35	160	800	
ПН2-100			60

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

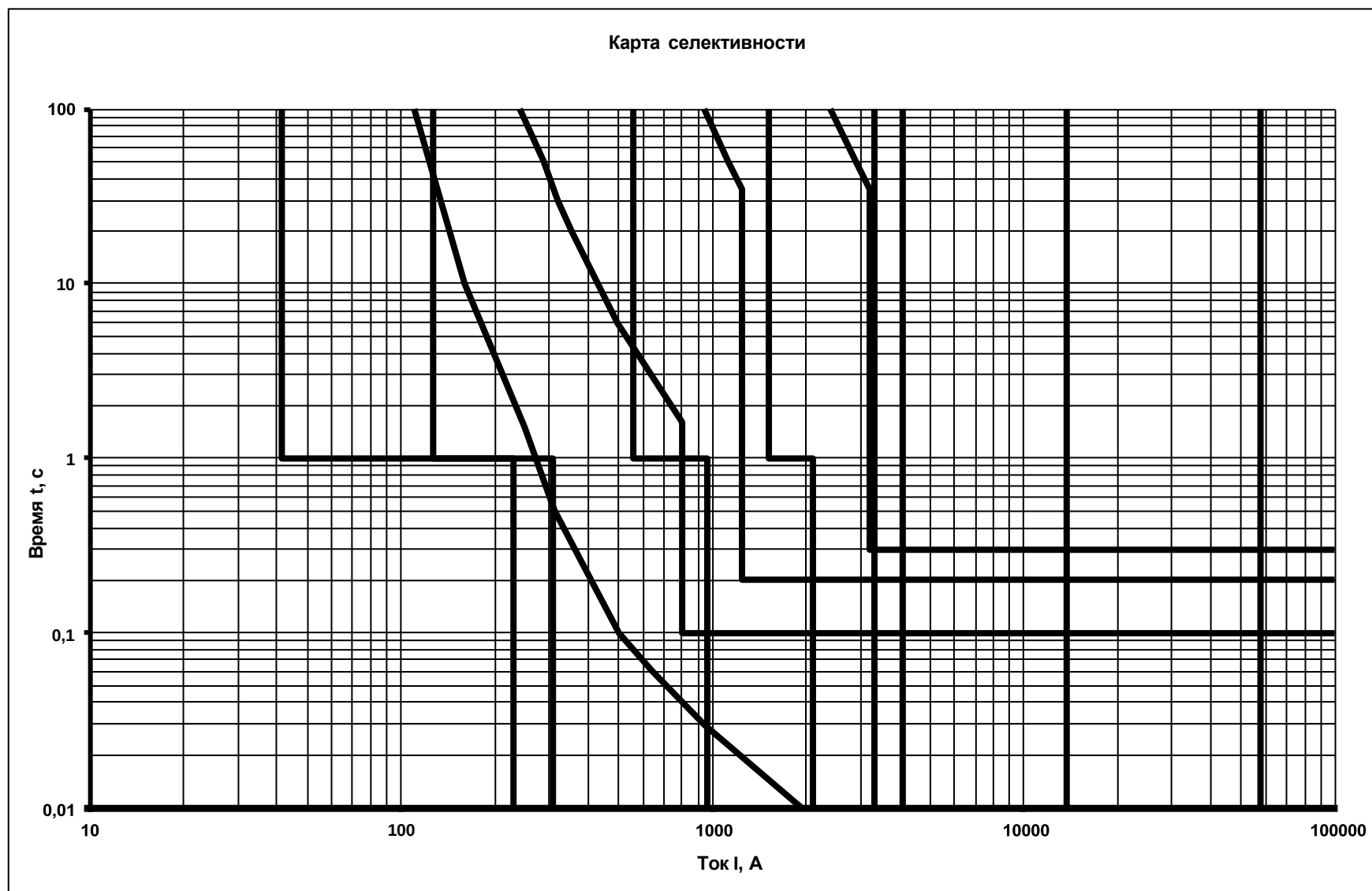


Рисунок 13. Карта селективности

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является подтверждение целесообразности разработки технического проекта, отвечающего всем нынешним требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- составление SWOT-анализа работы Тепломеханического блока электростанции собственных нужд УКПГ Чаяндинского НГКМ;
- планирование технико-конструкторских работ;
- определение ресурсной эффективности проекта.

4.1. SWOT-анализ работы Тепломеханического блока электростанции собственных нужд УКПГ Чаяндинского НГКМ

SWOT – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, которые помогают оценить возможности, угрозы сильных и слабых сторон.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны проведем SWOT– анализ. Он проводится в несколько этапов. [17].

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 21

Таблица 21 – Составление предварительной матрицы SWOT

	Сильные стороны проекта С1: Низкая цена элементов схемы С2: Высокая надёжность электроснабжения потребителей С3: Высокая эргономичность С4: Низкая материалоемкость С5: Высокая ремонтпригодность	Слабые стороны проекта Сл1. Надежность электроснабжения Сл2. Доступность токоведущих частей Сл3: Низкая безопасность Сл4: Низкая энергоэффективность
Возможности В1: Прокладка кабелей в эстакадах В2: Снижение расходов на используемое оборудование В3: Повышение стоимости конкурентных разработок В4: Растущая заинтересованность инвесторов	 В1С1; С3; С5; В2С1; В3С1; В4С1;	 В1Сл1; Сл2; Сл3; В4Сл3; Сл4;
Угрозы У1: Значительное увеличение стоимости схемы У2: Повышение цен на компоненты системы У3: Усовершенствования конкурентных технических решений У4: Снижение спрос	 У1С1 У2С1; С4; У4С1;	 У3Сл3; Сл4; У4Сл2; Сл3; Сл4;

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

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для

подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 21 и 22, показывает, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

Таблица 22 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
B1	+	-	+	-	+
B2	+	-	-	-	-
B3	+	-	-	-	-
B4	+	-	-	-	-
Угрозы	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
У1	+	-	-	-	-
У2	+	-	-	+	-
У3	-	-	-	-	-
У4	-	-	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
У1	-	-	-	-	
У2	-	-	-	-	
У3	-	-	+	+	
У4	-	+	+	+	

В результате проведения SWOT – анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны технического проекта:

- риск снижения спроса – одна из основных угроз проекта, которая коррелирует со всеми его слабыми сторонами;
- слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции схемы;
- для минимизации угроз необходимо обратить внимание на недостатки данной конфигурации сети электроснабжения, а именно доступность токоведущих частей, низкая энергоэффективность и ремонтпригодность;

- кроме того, необходимо акцентировать внимание на сильные стороны проекта, такие как экономичность, надёжность и эргономика;
- прокладка кабелей в эстакадах – одно из наиболее весомых технических решений, относящихся к возможностям проекта, т.к. оно взаимосвязано с большинством сильных сторон;
- за счёт модификации схемы, а именно использования такого способа прокладки кабелей, как прокладка в эстакадах, можно скомпенсировать такие слабости, как доступность токоведущих частей и низкая безопасность.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что прокладка в эстакадах позволит получить наибольшую отдачу от данного проекта. Благодаря прогрессирующим разработкам в области электроэнергетики и электротехники, совершенствованию конструкций аппаратуры и энергоэффективности материалов негативные факторы могут быть минимизированы.

4.2. Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования системы электроснабжения Тепломеханического блока электростанции собственных нужд УКПГ Чаяндинского НГКМ.

4.2.1. Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 23:

№ 1 – Ознакомление с производственной документацией – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к проекту, составление задания и плана;

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

№ 3 – Проведение расчетов электрических нагрузок ЭСН – расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№ 4 – Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН – выбор конфигурации схемы электроснабжения, расчет суммарных электрических нагрузок;

№ 5 – Выбор трансформаторов подстанций – выбор защитной аппаратуры, подбор трансформаторов согласно картограмме нагрузок;

№ 6 – Расчет внутриплощадочной сети ЭСН – построение схемы внутриплощадочного электроснабжения с расчетом и нанесением картограммы нагрузок по ЭСН, построение схемы электроснабжения Тепломеханического блока;

№ 7 – Моделирование электроснабжения Тепломеханического блока электростанции собственных нужд УКПГ Чаяндинского НГКМ с использованием профильных САПР;

№ 8 – Оценка эффективности полученных результатов – проверка соответствия выполненного проекта исходным требованиям с учетом ресурсо- и энергоэффективности;

№ 9 – Составление пояснительной записки – оформление результатов проектной деятельности;

№ 10 – Проверка выпускной квалификационной работы руководителем - в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником;

№ 11 – Подготовка к защите ВКР – подготовка презентации, согласование с преподавателем для защиты перед аттестационной государственной комиссией.

Таблица 23 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Ознакомление с производственной документацией	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Расчеты и проектирование системы электроснабжения Тепломеханического блока	3	Проведение расчетов электрических нагрузок электростанции	Дипломник, научный руководитель
	4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Дипломник, научный руководитель
	5	Выбор трансформаторов подстанций	Дипломник, научный руководитель
	6	Расчет внутриплощадочной сети предприятия	
	7	Моделирование электроснабжения Тепломеханического блока	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник, Научный руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	9	Составление пояснительной записки	Дипломник
	10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	11	Подготовка к защите ВКР	Дипломник, Научный руководитель

В результате определения структуры работ в рамках технического проекта было выявлено шесть основных этапов (разработка технического задания, выбор направления технического проектирование завода, расчеты и проектирование системы электроснабжения Тепломеханического блока электростанции собственных нужд УКПГ Чаяндинского НГКМ, обобщение и оценка результатов, оформление отчета по техническому проектированию, сдача выпускной квалификационной работы) и 11 работ.

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения ТП

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

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [17]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

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

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

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн (таблица 24).

4.2.3. Разработка графика проведения технического проекта

В рамках планирования технического проекта необходимо построить ленточный график проекта.

Диаграмма Ганта – представляет собой ленточную диаграмму, которая имеет две шкалы: шкала выполняемых задач и временная шкала. В соответствии со сроком, отведенным по проекту каждой задаче, он откладывается на временной шкале.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 24 строим план-график проведения работа (таблица 25). Продолжительность выполнения технического проекта заняла 12 декад, начиная со второй декады февраля и

заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта в рабочих днях заняла 100 дней. Из них:

- 100 дней – продолжительность выполнения работ дипломника;
- 10 дней – продолжительность выполнения работ научный руководителя.

Таблица 24 – Расчёт продолжительность работ чел.-дн.

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел-дни					
		Минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i-ой работы		Максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i-ой работы		Ожидаемая трудоёмкость выполнения i-ой работы	
		Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	7		5
3	Проведение расчетов электрических нагрузок электростанции	1	19	1	23	1	21
4	Построение картограммы нагрузок и определения ЦЭН	1	17	1	25	1	20
5	Выбор трансформаторов подстанций	1	14	1	21	1	17
6	Расчет внутриплощадочной сети предприятия	1	3	1	6	1	4
7	Моделирование электроснабжения Тепломеханического блока	1	14	1	18	1	16
8	Оценка эффективности полученных результатов	1	6	1	8	1	7
9	Составление пояснительной записки	-	3	-	12	-	7
10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	1	-	1	-	1	-
11	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	2	3	4	2	3

Таблица 25 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнители	T_{pi} , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Ознакомление с производственной документацией	Руководитель	1	-												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	5	-												
3	Проведение расчетов электрических нагрузок электростанции	Руководитель	1			-										
		Дипломник	21	-	-	-										
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Руководитель	1					-								
		Дипломник	20			-	-	-								
5	Выбор трансформаторов подстанций	Руководитель	1							-						
		Дипломник	17					-	-	-						
6	Расчёт внутрплощадочной сети предприятия	Руководитель	1								-					
		Дипломник	4							-						
7	Моделирование эл. снабжения Тепломеханического блока	Руководитель	1										-			
		Дипломник	16								-	-				
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1											-		
		Дипломник	7									-	-			
9	Составление пояснительной записки	Дипломник	7											-	-	
10	Проверка ВКР руководителем	Руководитель	1												-	
11	Подготовка к защите ВКР	Руководитель	2												-	
		Дипломник	3												-	-

4.3. Расчёт затрат на осуществление технического проекта

Целью планирования себестоимости проведения технического проекта является экономически обоснованное определение величины затрат на его выполнение. Исходными данными для расчета затрат является план работ и перечень требуемой аппаратуры, оборудования, сырья и материалов.

Затраты на осуществление технического проекта рассчитываются по следующим статьям расходов с последующим суммированием:

- расходы на оплату труда;
- отчисления во внебюджетные страховые фонды;
- расходы на материалы и комплектующие изделия;
- расходы на спецоборудование;
- накладные расходы.

4.3.1. Расчет материальных затрат технического проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении технического проекта;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.);

К материальным затратам можно отнести: бумага, ручка, корректор, USB-накопитель, блокнот, линейка, мульти фора .

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 26.

Таблица 26 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Зм), руб.
Бумага	Лист	150	2,5	375
Ручка	Шт.	1	60	60
USB накопитель	Шт.	1	305	305
Линейка	Шт.	1	85	85
Мульти фора	Шт.	10	2	20
Блокнот	Шт.	1	100	100
Корректор	Шт.	1	55	55
Итого:				1000

4.3.2. Полная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается полная заработная плата научного руководителя и студента, которая рассчитывается по формуле:

$$З_{п} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = Т_{р} \cdot З_{дн} ,$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$Т_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м}}{Д_{мес}} ,$$

где: $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$Д_{мес}$ – количество рабочих дней, раб. дн.

Таблица 27 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	Месячный основной оклад работника руб.	Среднедневная зароботная плата работника руб.	Продолжительность работ, выполняемых работником раб. дн.	Основная зароботная плата одного работника руб.
Руководитель	33664	43763	1683	10	16830
Бакалавр	12300	15990	615	100	61500
Итого Зосн:					78300

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают оплату при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

где: $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Таблица 28 – Расчет полной заработной платы

Исполнители	коэффициент дополнительной зароботной платы. $k_{\text{доп}}$, руб	Основная зароботная плата одного работника $З_{\text{осн}}$, руб.	Дополнительная зароботная плата $З_{\text{доп}}$, руб.	Полная зароботная плата $З_{\text{п}}$, руб.
Руководитель	15%	16830	2470	19300
Бакалавр	12%	61500	7400	68900
Итого:				88200

4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{\text{внеб}} = 0,302 \times 88,2 = 26,6 \text{ тыс. руб}$$

4.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: амортизация активам, расходы, связанные с рекламой и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат на проектирование.

4.4. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение сметы затрат на технический проект приведен в таблице 29.

Таблица 29 – Смета затрат технического проекта

Наименование разделы	Сумма, тыс. руб	Структура затрат, %
1. Материальные расходы	1,0	0,7
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей ТП	88,2	64,3
3. Отчисления во внебюджетные фонды	26,6	19,0
4. Накладные расходы	22,2	16,0
5. Итого	138,0	100,0

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 138 тыс.руб, из которых более половины (64 %) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

4.5. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности [17].:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

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

1. Эргономичность: оптимальная условия труда с целью увеличения производительности и сохранения сил, времени, энергии, работоспособность и здоровья человека;
2. Ремонтопригодность: долговечности и увеличения срок эксплуатации электроустановки;
3. Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии: качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97;
5. Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды;
6. Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электрооборудования на предприятии;

7. Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 30.

Таблица 30 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Эргономичность	0,13	5
2. Ремонтопригодность	0,16	5
3. Безопасность	0,14	4
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	4
5. Надежность	0,15	5
6. Простота и удобство в эксплуатации	0,09	4
7. Энергоэффективность	0,15	5
Итого:	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$I_p = 5 \times 0,13 + 5 \times 0,16 + 4 \times 0,14 + 4 \times 0,18 + 5 \times 0,15 + 4 \times 0,09 + 5 \times 0,15 = 4,6$$

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

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства;

- при планировании технических работ был разработан график занятости для трех исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,6 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства Тепломеханического блока путем улучшения энергоэффективности, энергосбережения при внедрении более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации.

Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Научно-исследовательская работа направлена на разработку системы энергоснабжения Тепломеханического блока электростанции собственных нужд (ЭСН) Установки комплексной переработки газа (УКПГ) Чаяндынского НГКМ (ЧНГКМ).

Целью данного раздела является анализ вредных и опасных факторов, воздействующих на работника, оценка условий труда, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов пожарной профилактики, техники безопасности и охраны окружающей среды при работе в Тепломеханическом блоке ЭСН ЧНГКМ.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Специальные (характерные для рабочих зон Тепломеханического блока ЭСН) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник Тепломеханического блока ЭСН ЧНГКМ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

5.2. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [2]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы:

Таблица 31. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) иды работ: 1.1. Техническое обслуживание; 1.2. Осмотры электрооборудования и электроаппаратуры; 1.3. Испытания; 1.4. Текущий ремонт и капитальный ремонт электрооборудования и электроаппаратуры. 2) Источники факторов: 2.1. Электрооборудование и электроаппаратура; 2.2. Станки различного назначения	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Повышенный уровень электромагнитных излучений; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенный уровень вибрации; 5. Отклонение показателей микроклимата.	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; 3. Поражение электрическим током; 4. Пожаровзрывоопасность.	1. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ [8] 2. СанПиН 2.2.4.548 – 96 [9] 3. ГОСТ 12.1.003-83 [10] 4. СНиП 23-03-2003 [11] 5. СП 52.13330.2011 [12] 6. ГОСТ 12.1.002-75 [13] 7. ГОСТ 12.1.009-76 [14] 8. ГОСТ 12.1.004–91 [15] 9. СНиП 21-01-97 [16] 10. ПУЭ (7 издание) [18]

5.2.2 Производственная санитария

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 производственной санитарией называется система организационных мероприятий и технических

средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

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

В цехах должны быть предусмотрены гардеробные, душевые, помещения для отдыха, оздоровительные кабинеты для рабочих Тепломеханического блока ЭСН УКПГ ЧНГКМ.

5.2.3 Микроклимат

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

Для обеспечения нормальных метеоусловий и снижения концентрации вредных веществ предусмотрены естественная и искусственная вентиляция. Естественная вентиляция осуществляется через вентиляционные короба, искусственная вентиляция – общая приточно–вытяжная. Кратность воздуха $K = 3 \text{ ч}^{-1}$. Предусмотрено включение снаружи автомеханической вентиляции.

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

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

Таблица 32. Нормируемое качество воздуха

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

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она

обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха.

Условия труда на территории Тепломеханического блока ЭСН соответствуют допустимым (СОУТ 2015).

5.2.4 Вентиляция

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

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

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

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

5.2.5 Шум

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

физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

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

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

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

Условия труда по шумовому фактору соответствуют допустимым нормам [10].

5.2.6 Освещённость рабочей зоны

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

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

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Освещение.

В случае отключения рабочего освещения предусмотрено аварийное

освещение $E = 10$ лк.

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

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

Освещенность рабочей зоны Тепломеханического блока ЭСН соответствуют допустимым нормам (СОУТ 2015).

5.2.7. Электромагнитное излучение

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

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

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

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

– от 20 кВ/м до 25кВ/м – 5 мин.

Защита от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты осуществляется экранированием источников.

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

Электромагнитное излучение Тепломеханического блока ЭСН соответствуют допустимым нормам.

5.3. Электробезопасность

В тепломеханическом блоке электростанции собственных нужд помещения по степени опасности поражения электрическим током относятся к I категории (Помещения без повышенной опасности).

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

Основными мерами защиты от поражения электрическим током является: обеспечения недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением; устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах и других частях электрооборудования, что достигается использованием двойной изоляции, защитным заземлением, занулением, защитным отключением; применение средств индивидуальной защиты – изолирующие штанги, указатели напряжения, измерительные клещи, диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, и т.п.

5.3.1 Поражение электрическим током

Настоящий стандарт ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [14]

устанавливает предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, предназначенные для проектирования способов и средств защиты людей, при взаимодействии их с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, ПУЭ [15], Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328 н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» [16].

По опасности поражения электрическим током ремонтно-механический цех птицефабрики Томская относится к помещению с повышенной опасностью. 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 [15].

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо использовать следующие способы и средства [16]:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);
- изоляцию рабочего места;
- малое напряжение;
- защитное отключение;
- предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетокведущим частям, которые могут

оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы [16]:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциала;
- систему защитных проводов;
- защитное отключение;
- изоляцию токоведущих частей;
- электрическое разделение сети;
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- компенсация токов замыкания на землю;
- средства индивидуальной защиты.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Трансформаторную подстанцию, питающую цех, необходимо обеспечить защитными средствами.

1. Для работы с электроустановками выше 1000 В применяются [16].

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.).

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 [16]:

Основные защитные средства:

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

Дополнительные защитные средства:

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

Каждая подстанция должна иметь комплект предупредительных плакатов.

На рабочем месте дежурного персонала находится полный комплект рабочих инструкций и инструкций по технике безопасности [16]:

1. Должностная инструкция дежурного данного района обслуживания.
2. Инструкция по производству оперативных переключений на подстанции данного района.
3. Инструкция действий оперативного персонала в случае аварии.
4. Инструкция по отысканию однофазных замыканий на землю в данном районе подстанций.

5. Инструкция дежурного персонала по технике безопасности.
6. Оперативный журнал.
7. Журнал производства работ.
8. Журнал телефонограмм.
9. Журнал закороток.

На подстанции имеется список лиц административно – технического персонала утвержденный главным энергетиком предприятия, имеющих право единоличного осмотра подстанций [16].

5.3.2 Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются ПОТ Р М-016- 2001 [18]; РД 153-34.0-03.150-00 «Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» .

Правила распространяются на работников организаций независимо от форм собственности и организационно-правовых форм и других физических лиц, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения.

В рассматриваемом блоке 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.

Настоящий стандарт ГОСТ 12.2.003-91 распространяется на производственное оборудование, применяемое во всех отраслях народного хозяйства, и устанавливает общие требования безопасности, являющиеся

основой для установления требований безопасности в стандартах, технических условиях, эксплуатационных и других конструкторских документах на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).

Каждый технологический комплекс и автономно используемое производственное оборудование должны укомплектовываться эксплуатационной документацией, содержащей требования (правила), предотвращающие возникновение опасных ситуаций при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации.

Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также создавать пожаровзрывоопасные ситуации.

Части производственного оборудования (в том числе трубопроводы гидро-, паро-, пневмосистем, предохранительные клапаны, кабели и др.), механическое повреждение которых может вызвать возникновение опасности, должны быть защищены ограждениями или расположены так, чтобы предотвратить их случайное повреждение работающими или средствами технического обслуживания.

Полное или частичное прекращение энергоснабжения и последующее его восстановление, а также повреждение цепи управления энергоснабжением не должны приводить к возникновению опасных ситуаций, в том числе:

- самопроизвольному пуску при восстановлении энергоснабжения;
- невыполнению уже выданной команды на останов;
- падению и выбрасыванию подвижных частей производственного оборудования и закрепленных на нем предметов (например, заготовок, инструмента и т.д.);
- снижению эффективности защитных устройств.

Требования к средствам защиты, входящим в конструкцию, и сигнальным устройствам.

Конструкция средств защиты должна обеспечивать возможность контроля выполнения ими своего назначения до начала и (или) в процессе функционирования производственного оборудования.

Средства защиты должны выполнять свое назначение непрерывно в процессе функционирования производственного оборудования или при возникновении опасной ситуации.

Действие средств защиты не должно прекращаться раньше, чем закончится действие соответствующего опасного или вредного производственного фактора.

Отказ одного из средств защиты или его элемента не должен приводить к прекращению нормального функционирования других средств защиты.

Производственное оборудование, в состав которого входят средства защиты, требующие их включения до начала функционирования производственного оборудования и (или) выключения после окончания его функционирования, должно иметь устройства, обеспечивающие такую последовательность.

Конструкция и расположение средств защиты не должны ограничивать технологические возможности производственного оборудования и должны обеспечивать удобство эксплуатации и технического обслуживания.

Сигнальные устройства, предупреждающие об опасности, должны быть выполнены и расположены так, чтобы их сигналы были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым угрожает опасность.

Части производственного оборудования, представляющие опасность, должны быть окрашены в сигнальные цвета и обозначены соответствующим знаком безопасности в соответствии с действующими стандартами.

5.4 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 маслонаполненным оборудованием, на подстанциях предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники.

Мероприятия по экологической безопасности регламентируются ГОСТ 17.1.3.13-86. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений», СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

«Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», ГН 2.2.5.2308-07. «Ориентировочна безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

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

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

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

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

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

отправляются на переработку. Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию, выносятся на свалки. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, может сортироваться и отправляться на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

Сохранение природы является для предприятия одной из приоритетных задач. Регулярно разрабатываются и внедряются новые проекты, позволяющие сберечь окружающую среду. В структуру компании входит отдел экологии с собственными аккредитованными лабораториями, отслеживающими состояние воды и воздуха, как на территории предприятия, так и за его пределами.

В целях общего улучшения состояния окружающей среды мероприятиями по обеспечению благоприятных условий жизни населения предусматривается:

1. Озеленение и благоустройство территории предприятия;
2. Содержание дорог, тротуаров и прилегающих озелененных территорий в соответствии с санитарными требованиями;
3. Ликвидация несанкционированных свалок отходов;
4. Создание и обустройство санитарно-защитной зоны предприятия.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Мероприятия по безопасности и защите населения и территорий регламентируются ГОСТ Р 22.0.07-95 «Безопасность в ЧС. Источники техногенных ЧС. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров» [32], ФЗ от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» [33], ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения».

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. К стихийным бедствиям обычно относят землетрясения, наводнения, селовые потоки, оползни и др.

Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:

- результат стихийных бедствий;
- воздействие внешних природных факторов, приводящих 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.

К чрезвычайным ситуациям в рассматриваемом цехе можно отнести нарушения бесперебойности электроснабжения. В случае возникновения выхода из строя одной из двух кабельных линий, электроснабжение цеха будет обеспечивать вторая кабельная линия.

Для повышения устойчивости к ЧС 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 конструкции и оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к

замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

1. В качестве профилактики от сезонных вспышек вируса гриппа регулярно проводится вакцинация работающих.
2. 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 тренинги.

5.6 Пожарная безопасность

Основы противопожарной защиты определяются Федеральным законом от 22.07.2013 г. №213-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием горючих изоляционных материалов.

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

противопожарные инструкции. Ответственность за соблюдения необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на начальника цеха.

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории НПБ 105-03 «Определение категорий, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»:

1. повышенная взрывопожароопасность (А);
2. взрывопожароопасность (Б);
3. пожароопасность (В1 - В4);
4. умеренная пожароопасность (Г);
5. пониженная пожароопасность (Д).

Рассматриваемый цех относится к категории В по пожарной опасности помещения производственного и складского назначения.

Пожарная техника в зависимости от назначения и области применения подразделяется на следующие типы [35]:

1. первичные средства пожаротушения;
2. мобильные средства пожаротушения;
3. установки пожаротушения;
4. средства пожарной автоматики;
5. пожарное оборудование;
6. средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре;
7. пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный);
8. пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Для локализации небольших загораний обслуживающий персонал до прибытия передвижных средств пожаротушения должен использовать первичные средства пожаротушения, находящиеся на пожарных щитах. Первичные средства размещаются вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, в безопасности при пожаре месте, с обеспечением к

ним свободного доступа.

В помещении цеха устанавливается пожарный инвентарь, согласно РД 153- 34.0-03.301-00 такие первичные средства пожаротушения, как:

- углекислотные огнетушители ОУ-2 и ОУ-5 (2шт);
- порошковые огнетушители ОП-5 (1шт);
- пожарный щит;
- пожароводное оборудование (ПК).

На предприятии используется система автоматической пожарной безопасности, основанная на датчиках различных видов (дымовые, тепловые, датчики пламени). В случае возникновения пожара, срабатывает система оповещения, подается световой и звуковой сигнал об опасности.

На площадках предприятия устанавливаются пожарные щиты, оснащенные первичными средствами пожаротушения.

Запрещение курения в неустановленных местах и производства огневых работ в пожароопасных помещениях.

Заключение

Целью данной выпускной работы является расчет и проектирование схемы электроснабжения тепломеханического блока.

Электростанция собственных нужд на установке комплексной подготовки газа Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения и более подробно – проектирование схемы электроснабжения Тепломеханического блока.

По результатам расчетов были определены:

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

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

Определено число ($N=6$) и мощности ($S=1000$ кВА) распределительных трансформаторов, по удельной плотности нагрузки и произведено их распределение по блокам и зданиям ЭСН..

Потребители энергетических установок обеспечиваются электроэнергией от агрегатной комплектной однотрансформаторной подстанции мощностью 400 кВА, 10/0,4 кВ... Питание трансформаторов осуществляется по кабельным линиям, напряжением 10 кВ, проложенным в траншеях, марки АСБ. Выбор сечений кабельных линий уточнен после расчета токов КЗ в сети выше 1000 В и проверки их на термическую стойкость.

Произведен выбор вводного автоматического выключателя ТП со стороны 0,4 кВ серии ВА74–43 и выключателей силовых распределительных

шкафов. Также произведен выбор предохранителей для защиты электроприемников. Выбраны кабели, питающие распределительные шкафы (0,4кВ), типа АНРГ и провода ответвлений к электроприемникам, типа АПВ.

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

Список используемой литературы

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

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

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

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

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

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

17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

18. ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Седьмое издание, 2002

19. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2018.