

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
Электроснабжение ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»

УДК 621.31.031:622.012.2(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4ДЗ	Фадеев Сергей Леонидович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение электроэнергетики и электротехники, доцент	Муравлев Игорь Олегович	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение социально- гуманитарных наук, доцент	Завьялова Зинаида Сергеевна	к.ф.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение общетехнических наук, доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2019 г.

Министерство 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. В.В. Шестакова

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А4ДЗ	Фадеев Сергей Леонидович

Тема работы:

Электроснабжение ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

ИШЭ от 11.12.2018г. №10768/с

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 ООО «Шахтоуправление Карагайлинское» В качестве исходных данных представлены: - генеральный план ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»; - сведения об электрических нагрузках предприятия; - план цеха по ремонту горно-шахтного оборудования; - сведения об электрических нагрузках цеха по ремонту горно-шахтного оборудования.
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>	- введение; - постановка задачи проектирования; - проектирование системы электроснабжения ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	а) Схема расположения ТП участков на плане шахты; б) Схема электроснабжения поверхности шахты; в) Схема электроснабжения подземных потребителей шахты; г) Принципиальная схема электроснабжения ТП-1 участка центральных стволов №1; д) Схема питающей и распределительной сети цеха по ремонту горно-шахтного оборудования; е) Принципиальная однолинейная схема по ремонту горно-шахтного оборудования; ж) Карта селективности действия аппаратов защиты для участка сети 0,4 кВ. Радиальная сеть для расчета падений напряжения и эпюры отклонения

	<i>напряжения; з) Заземляющий контур цеха по ремонту горно-шахтного оборудования</i>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	к.т.н, доцент, Дашковский А.Г.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.ф.н, доцент, Завьялова З.С.

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

Задание выдал руководитель :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение электроэнергетики и электротехники, доцент	Муравлев И.О.	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4ДЗ	Фадеев Сергей Леонидович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»
 Студент:

Группа	ФИО
3-5А4ДЗ	Фадеев Сергей Леонидович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
-------	--------------------------------	-----------	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику			
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- стоимость оборудования и материалов; - должности и квалификация исполнителей; - трудозатраты
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- действующая система окладов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	- действующие в РФ ставки страховых взносов
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	- проведение сегментирования рынка; - анализ конкурентных преимуществ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	- разработка календарного плана-графика выполнения работ
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	- перечень материальных затрат; - расчет заработной платы участников проекта; - расчет отчислений во внебюджетные фонды; - расчет накладных расходов.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения НИ	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Завьялова Зинаида Сергеевна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4ДЗ	Фадеев Сергей Леонидович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А4ДЗ	Фадеев Сергей Леонидович

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и Электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, на предмет возникновения: -вредных проявлений факторов производственной среды(метеоусловия, вредные вещества)	Помещение цеха по ремонту горно-шахтного оборудования ООО «ШахтоУправление Карагайлинское» с естественной и искусственной вентиляцией воздуха расположено на 1 этаже 4 эт. производственного корпуса. В помещении размещено следующее оборудование: фрезерный станок; сварочный аппараты ; токарно-винторезный станок и т. д.; площадь помещения составляет: 720 м2, размещено 4 РМ.
2. Отбор законодательных и нормативных документов по теме.	ГОСТ Р 12.1.019 -2009 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. (с измен. 1999 г.) Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных вредных факторов: - общая система производственного освещения; шум от работы - механизмов (редукторов, двигателей, насосов). вибрации от работы - механизмов (редукторов, двигателей, насосов).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности	Анализ выявленных опасных факторов: - Электрический ток. - Вращающиеся части двигателей;
3. Охрана окружающей среды: - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);	Влияние выбросов на атмосферный воздух , нормативы ПДВ. «Санитарно-защитная зона предприятий II-III класса должна быть озеленена не менее 50% площади.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Вероятной ЧС является пожар; эвакуация, средства тушения. Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций: 1. Результат стихийных бедствий. 2. Воздействие внешних природных факторов приводящих к старению материалов.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии	правовые нормы трудового законодательства (Соц.защиты) - Единовременные и ежемесячные выплаты

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4ДЗ	Фадеев Сергей Леонидович		

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)
01.03.19	Определение расчетной нагрузки предприятия. Картограмма и определение центра электрических нагрузок	20
21.03.19	Схема внутришахтного электроснабжения. Схема внешнего электроснабжения	20
9.04.19	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В.	20
29.04.19	Расчет электроснабжения цеха по ремонту горно-шахтного оборудования	20
8.05.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
18.05.19	Социальная ответственность	10
		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение электроэнергетики и электротехники, доцент	Муравлев И.О.	к.т.н, доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и Электротехника, доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП «Электроэнергетика»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
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, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P10	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с	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

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

Содержание

Исходные данные	12
Введение	17
1. Расчет электрических нагрузок цеха ГШО	19
2. Расчет электрических нагрузок шахты.....	23
3. Построение картограммы и определение центра электрических нагрузок	35
4. Выбор места расположения и типа цеховых подстанций и предварительный выбор числа и мощности цеховых трансформаторов.	38
5. Схема внешнего электроснабжения	42
6. Выбор питающих кабелей шахтной сети 6,6/6,3 кВ	46
7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В	50
8. Выбор схемы и конструктивное выполнение внутрицехового электроснабжения до 1 В	55
8.1 Выбор трансформатора для цеха ГШО.....	56
8.2. Выбор схемы и конструктивное выполнение внутрицехового электроснабжения до 1кВ	58
8.3 Выбор автоматических выключателей.	62
8.3.1 Выбор вводного и секционного оборудования РУ 0,4 кВ КТП/Т К-К/	65
8.4 Выбор сечений проводов распределительной сети	66
8.5 Расчет питающей и распределительной сети по условию допустимой потери напряжения..	72
8.5.1 Расчет максимального режима.	73
8.5.2 Расчет минимального режима.....	76
8.5.3 Расчет послеаварийного режима	78
8.6 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В.	83
8.6.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания до 1000В	83
8.6.2 Расчет токов однофазного короткого замыкания в сети до 1000В	85
8.7 Построение карты селективности для участка сети 0,4 кВ	87
9. Защитное заземление	90
9.1 Заземление надшахтных зданий	90
9.1.1 Расчет заземляющего контура на примере цеха ГШО	91
9.2 Заземление в подземных выработках.....	96
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	98
10.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	98
10.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	98
10.1.2 Ресурсоэффективность и ресурсосбережение: анализ конкурентных технических решений.....	99
10.1.3 SWOT-анализ	100
10.2 Инициализация проекта	105

10.2.1 Цели и результат проекта	105
10.2.2 Организационная структура проекта.....	106
10.2.3 Ограничения проекта	106
10.3 Планирование научно-исследовательских работ	107
10.3.1 Структура работ в рамках научного проекта.....	107
10.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	108
10.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	108
10.4 Бюджет научно-технического исследования	112
10.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	112
10.4.2 Заработная плата исполнителей.....	112
10.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды.....	114
10.4.4 Накладные расходы.....	114
10.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	115
11 Социальная ответственность	116
11.1 Анализ опасных и вредных факторов производства.....	117
11.2 Шум и вибрация	118
11.3 Производственная санитария	118
11.4 Освещение	120
11.4.1 Расчет искусственного освещения.....	121
11.5 Электробезопасность	122
11.6 Защита от действия выявленных опасных производственных факторов	125
11.7 Экологическая безопасность	126
11.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	126
11.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	130
11.10 Социальная защита пострадавших на производстве.....	131
11.10.1 Общие принципы возмещения причиненного вреда	131
11.10.2 Социальное страхование.....	132
Заключение	135
Список литературы.....	137
Приложение А.....	140
Приложение Б	141
Приложение В.....	142
Приложение Г	143
Приложение Д.....	144
Приложение Е	145
Приложение З.....	146

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 139 с., 18 рис., 46 табл., 27 источников.

Ключевые слова: трансформатор, кабельная линия, ГПП, ПР, питающая сеть, распределительная сеть, электроснабжение предприятия, цех по ремонту горно-шахтного оборудования.

Объектом исследования являются элементы системы электроснабжения ООО «Шахтоуправление Карагайлинское» .

Цель работы – проектирование надежной системы электроснабжения шахтф, в частности цеха по ремонту горно-шахтного оборудования.

Исходными данными для дипломной работы послужили материалы преддипломной практики. В частности генеральные планы и ведомости номенклатуры используемого оборудования.

Используя исходные данные и справочную литературу спроектирована система электроснабжения предприятия с детальной проработкой питающих сетей и коммутационной аппаратуры цеха по ремонту горно-шахтного оборудования. Использованы типовые решения, что позволило максимально рационально распределить денежные ресурсы и повысить надежность.

Также в результате выполнения работы определены капитальные и прочие затраты, необходимые при инженером проектировании данного объекта. Разработаны мероприятия по охране труда для работы персонала в цехе по ремонту горно-шахтного оборудования и на шахте в целом.

Система электроснабжения включает распределительные кабельные линии напряжением 6,6/6,3 и 0,4 кВ, трансформаторные подстанции 6,6/0,4 кВ, коммутационную и защитную аппаратуру на упомянутые классы напряжений.

Значимость выполненного проекта обосновывается надежностью и экономичностью принятых решений, используемых в инженерной практике и доказавших свою состоятельность.

Исходные данные

Электроснабжение шахты ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»

Таблица 1 – Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование	Установленная мощность, кВт	
		Подземные потребители	Потребители поверхности
1	Участок центральных стволов №1	1113	485
2	Участок центральных стволов №2	2739	890
3	Участок центральных стволов №3	6468	940
4	Площадка воздухоподающего ствола	----	1550
5	Площадка очистных сооружений	----	515
6	Площадка повысительной насосной станции	----	40
7	Площадка южных стволов	5457	1433
8	Цех по ремонту горно-шахтного оборудования	----	----
9	Насосная станция противопожарно-производственного и хозяйственного водоснабжения	----	510

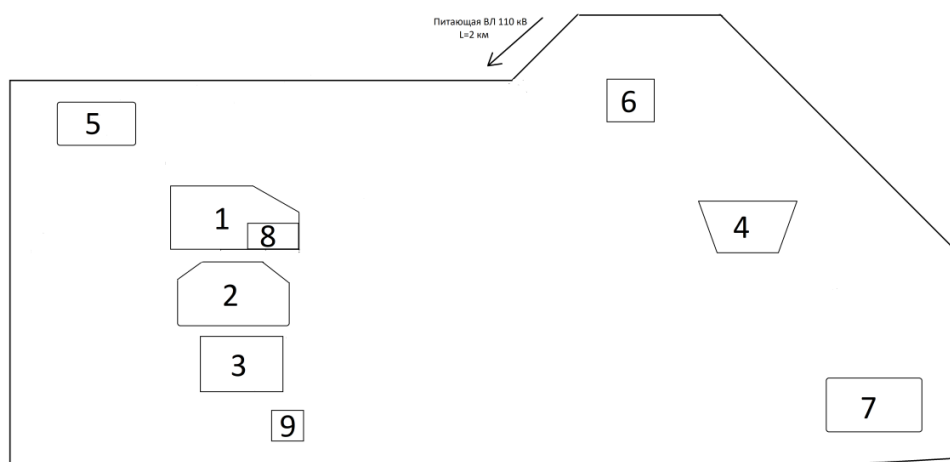


Рисунок 1- Генплан шахты ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»

Таблица 2 – Сведения об электрических нагрузках цеха

№ по плану	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт
1-2	Кран мостовой	20,2
3	Кран мостовой	16,5
4	Таль электрическая	1,6
5	Станок токарно-винторезный	6,67
6	Станок токарно-винторезный	7,77
7	Станок консольно-фрезерный	11
8	Станок поперечно-строгальный	5,5
9	Станок вертикально-сверлильный	1,5
10	Станок точильно-шлифовальный	7,5
11	Станок ножовочный отрезной	2,2
12	Станок вертикально-фрезерный	10,87
13	Ножницы	5,5
14	Пресс гидравлический	4
15-16	Станок вертикально-сверлильный	1,1
17-18	Станок точильно-шлифовальный	15
19-20	Установка маневровая	26
21	Ванна промывочная	15
22	Молот пневматический	7,5
23	Горн кузнечный	0,37
24	Установка для сушки	25
25	Стол сварщика	1,1
26	Вращатель сварочный	1
27	Колонна для сварочного полуавтомата	0,37
28	Трансформатор сварочный	26,6
29	Полуавтомат сварочный	40
30-31	Электроконвектор	3
32-34	Агрегат пылеулавливающий	3,3
35	Установка водоподготовки	0,1
36-37	Электрочотел	96
38	Вентилятор В1	1,1
39-40	Вентилятор В2, В10	0,36
41-42	Вентилятор В3, В12	0,03
43-46	Тепловая завеса У1...У4	72
47-48	Приточная установка П1, П2	281

План на отм. 0.000

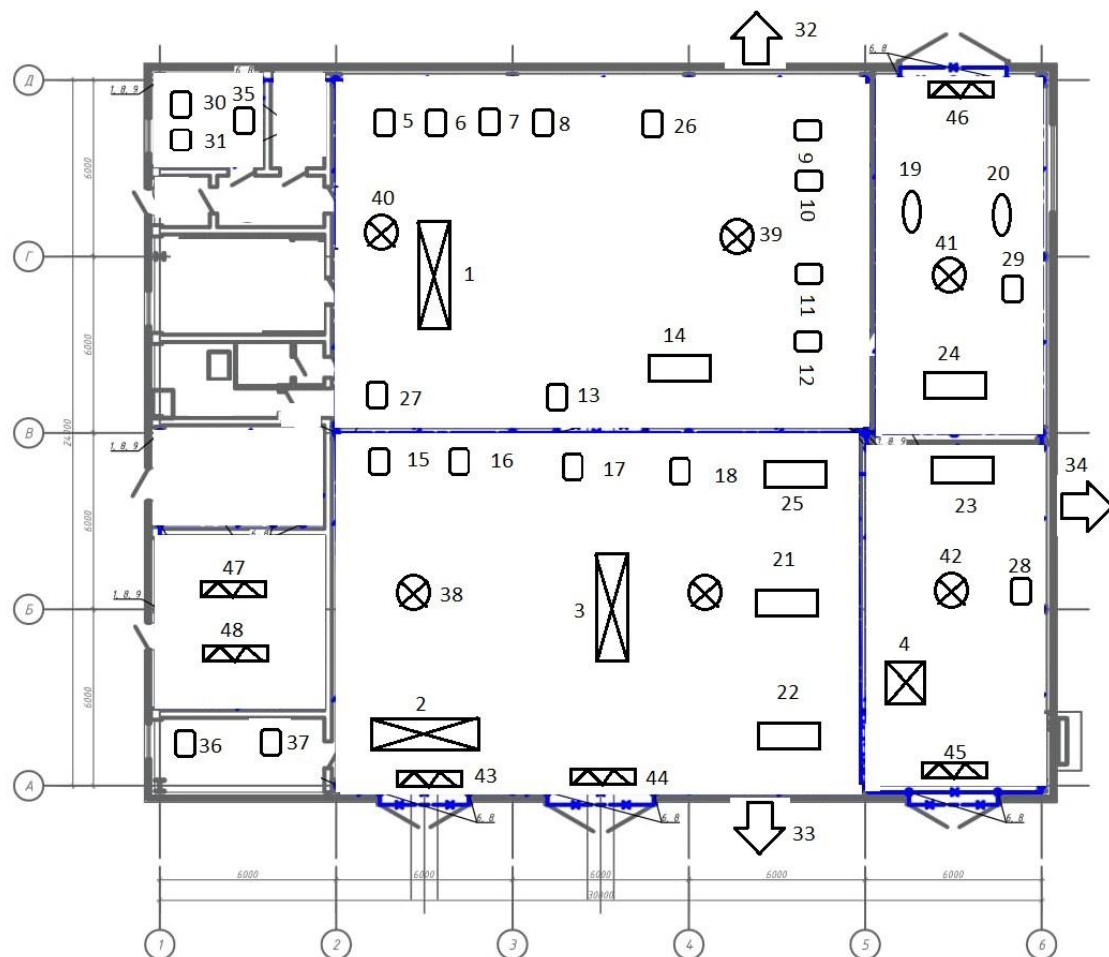


Рисунок 2- План цеха по ремонту горно-шахтного оборудования

Таблица 3- Характеристика среды производственных помещений

<i>№</i>	<i>Наименование участков, площадок</i>	<i>Характеристика среды</i>	<i>Категория электроснабжения</i>
1	Участок центральных стволов №1	Взрывопожароопасное, нормальная	I..III
2	Участок центральных стволов №2	Взрывопожароопасное, нормальная	I..III
3	Участок центральных стволов №3	Взрывопожароопасное, нормальная	I..III
4	Площадка воздухоподающего ствола	Пожароопасное, нормальная	I..III
5	Площадка очистных сооружений	нормальная	II...III
6	Площадка повысительной насосной станции	нормальная	III
7	Площадка южных стволов	Взрывопожароопасное, нормальная	I..III
8	Цех по ремонту горно-шахтного оборудования	нормальная	I и III
9	Насосная станция противопожарно-производственного и хозяйственного водоснабжения	нормальная	I...III

Введение

Задачей электроснабжения является надежная работа предприятия. Для этого необходимо спроектировать рациональную сеть, отвечающую требованиям надежности. Электроснабжение шахты можно разделить на высоковольтную и низковольтную части.

В моей работе рассматривается электроснабжение шахты ООО «Шахтоуправление Карагайлинское». Расчет выпускной квалификационной работы(ВКР) можно разделить на несколько основных частей.

Во-первых – расчет нагрузки цеха по ремонту горно-шахтного оборудования . Нагрузку рассчитываем по методу упорядоченных диаграмм.

Во-вторых - определяется расчетная нагрузка предприятия по активной и реактивной нагрузке. Также в расчете необходимо учитывать осветительную нагрузку.

В-третьих - на основании найденных электрических нагрузок строится диаграмма нагрузок. Определяется центр электрических нагрузок и определяется место расположения главной понизительной подстанции.

В-четвертых - производится выбор количества и мощности КТП необходимых для электроснабжения предприятия. Выбирается схема распределительной сети шахты.

В-пятых - рассчитывается схема внешнего электроснабжения, выбирается сечение питающих линий и мощности устанавливаемых трансформаторов ГПП. Производится выбор высоковольтной аппаратуры.

И в заключении производится детальное проектирование электроснабжения по ремонту горно-шахтного оборудования(ГШО).

Данная ВКР разрабатывается на основании следующих нормативных документов:

1. Инструкция по проектированию установок угольных шахт, разрезов, обогатительных и брикетных фабрик.
2. Правила устройства электроустановок, 6-е издание.
3. Правила устройства электроустановок, 7-е издание.

Исходными данными для выполнения ВКР послужили: данные об электрических нагрузках потребителей шахты; ситуационный план района расположения шахты; генпланы проектируемых площадок: центральной, воздухоподающего ствола, очистных сооружений шахтной воды, повысительной насосной станции, южных стволов.

1. Расчет электрических нагрузок цеха ГШО

Расчёт электрических нагрузок силовых электроприёмников выполняется как по отдельным узлам цеховых сетей (силовым шкафам), так и для всего цеха в целом, включая расчёт осветительных нагрузок.

Расчёт электрических нагрузок по цеху необходим для выбора типа и мощности трансформатора цеховой трансформаторной подстанции.

Расчёт производится «методом упорядоченных диаграмм», т.е. методом коэффициента спроса и коэффициента максимума. Для правильного расчета электроприемников будем разбивать их на группы:

- 1) Электроприемники с переменным графиком $K_{и} < 0,6$;
- 2) Электроприемники с практически постоянным графиком $K_{и} \geq 0,6$;

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

$$P_{см} = k_{и} \cdot P_{ном},$$

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

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

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

$$Q_{см} = tg\varphi \cdot P_{см},$$

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

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

Средневзвешенный коэффициент использования, о.е.,

$$K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}};$$

Эффективное число электроприёмников $n_{эф}$, шт, вычисляется по формуле:

$$n_3 = \frac{\left[\sum_1^n P_{ном} \right]^2}{\sum_1^n P_{ном}^2},$$

Расчётные активная и реактивная мощности, кВт, квар,

$$P_M = K_M \cdot P_{CM}$$

$$Q_p = (1 \div 1,1) \cdot \sum K_u \cdot P_{ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где 1- для $n_{эф} > 10$; 1,1 – для $n_{эф} \leq 10$;

Для электроприемников второй группы, нагрузки расчетная активная и реактивная мощность принимается равной средней за наиболее загруженную смену.

$$P_M = P_{CM}$$

Расчётная нагрузка осветительных приёмников цеха:

$$P_{p.o} = P_{н.o} K_{c.o},$$

где $K_{c.o}$ принимается по справочнику[2], а $P_{н.o}$ находится как:

$$P_{н.o} = P_{уд.o} \cdot F, \text{ где } P_{уд.o} - \text{удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м}^2$$

(принимаемая по СП 52.13330.2011 и справочнику[2]);

F – площадь цеха, м² (определяется по генплану). Выбор осветительного оборудования произведен с учетом характера их светораспределения, экономической эффективности, в соответствии с назначением и условиями окружающей среды.

Во всех проектируемых зданиях применены настенные/потолочные светодиодные светильники с классом защиты I и II от поражения электрическим током и со степенью защиты IP54 и IP65.

В качестве источников света используются светильники L-Industry, L-Street, L-Office, Sveteco фирмы «Ledel».

Осветительное оборудование выбрано в зависимости от условий среды. Освещенность принята в соответствии с СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» в зависимости от их назначения и разряда зрительных работ.

Полная расчётная мощность узла, кВА,

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + Q_p^2},$$

Расчётный ток узла, А,

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

Таблица 4 - Расчет электрических нагрузок цеха ГШО

	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		$m = P_{n, \max} / P_{n, \min}$	Коэффициент использования K_n	$\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$		Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число ЭП n_e	Коэффициент максимума K_M	Максимальная нагрузка			Расчетные токи
			одного ЭП (наименьшего, наибольшего) P_n , кВт	общая P_n , кВт					$P_{CM} = K_n \cdot P_n$, кВт	$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi$, кВАр			$P_M = K_M \cdot P_{CM}$, кВт	$Q_M = Q_{CM}$ при $n_3 > 10$, $Q_M = 1,1 Q_{CM}$ при $n_3 \leq 10$, кВАр	$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
	Щит 1-Щ															
1	Кран мостовой	2	10,1	20,2		0,1	0,5	1,73	2,02	3,5						
2	Кран мостовой	1	16,5	16,5		0,1	0,5	1,73	1,65	2,86						
3	Таль электрическая	1	1,68	1,68		0,1	0,5	1,71	0,17	0,29						
4	Станок токарно-винторезный	1	6,67	6,67		0,14	0,5	1,74	0,93	1,62						
5	Станок токарно-винторезный	1	7,77	7,77		0,14	0,5	1,72	1,09	1,88						
7	Станок консольно-фрезерный	1	11	11		0,14	0,5	1,73	1,54	2,67						
8	Станок поперечно-строгальный	1	5,5	5,5		0,14	0,5	1,73	0,77	1,33						
9	Станок вертикально-сверлильный	1	1,5	1,5		0,14	0,5	1,71	0,21	0,36						
10	Станок точильно-шлифовальный	1	7,5	7,5		0,14	0,5	1,73	1,05	1,82						
11	Станок ножовочный отрезной	1	2,2	2,2		0,14	0,5	1,71	0,31	0,53						
12	Станок вертикально-фрезерный	1	10,87	10,87		0,14	0,5	1,74	1,52	2,64						
13	Ножницы	1	5,5	5,5		0,14	0,5	1,73	0,77	1,33						
14	Пресс гидравлический	1	4	4		0,17	0,65	1,18	0,68	0,8						
15	Станок вертикально-сверлильный	2	0,55	1,1		0,14	0,5	1,80	0,15	0,27						
16	Станок точильно-шлифовальный	2	7,5	15		0,14	0,5	1,73	2,1	3,64						
17	Установка маневровая	2	13	26		0,55	0,75	0,88	14,3	12,61						

18	Ванна промывочная	1	15	15		0,7	0,8	0,75	10,5	7,88						
19	Молот пневматический	1	7,5	7,5		0,24	0,65	1,17	1,8	2,1						
20	Горн кузнечный	1	0,37	0,37		0,5	0,75	0,84	0,19	0,16						
21	Установка для сушки	1	25	25		0,35	0,9	0,48	8,75	4,24						
22	Стол сварщика	1	1,1	1,1		0,3	0,8	0,76	0,33	0,25						
23	Вращатель сварочный	1	1	1		0,3	0,8	0,77	0,3	0,23						
24	Колонна для сварочного полуавтомата	1	0,37	0,37		0,3	0,8	0,73	0,11	0,08						
25	Трансформатор сварочный	1	26,6	26,6		0,3	0,4	2,29	7,98	18,28						
26	Полуавтомат сварочный	1	40	40		0,35	0,5	1,73	14	24,25						
27	Электроконвектор	2	1,5	3		0,8	1	0,00	2,4	0						
28	Агрегат пылеулавливающий	3	1,1	3,3		0,14	0,8	0,76	0,46	0,35						
29	Установка водоподготовки	1	0,1	0,1		1	0,95	0,30	0,1	0,03						
30	Электрокотел	2	48	96		0,8	0,9	0,48	76,8	37,2						
31	Рабочее освещение	1	4,9	4,9		0,95	0,9	0,48	4,66	2,25						
32	Щиток ЩВ	1	356,96	356,96		0,8	0,8	0,75	285,57	214,18						
	Итого:	39		724,19		0,61	0,79	0,79	443,2	349,62	3	1	443,2	384,58	586,8	889,09
	Щит 1-ЩВ															
33	Приточная установка П1, П2	2	140,5	281		0,8	0,8	0,75	224,8	168,6						
34	Вентилятор В1	1	1,1	1,1		0,8	0,8	0,75	0,88	0,66						
35	Вентилятор В2, В10	2	0,18	0,36		0,8	0,8	0,75	0,29	0,22						
36	Вентилятор В3, В12	2	0,02	0,03		0,8	0,8	1	0,02	0,02						
37	Вентилятор В4...В9	6	0,4	2,4		0,8	0,8	0,75	1,92	1,44						
38	Вентилятор В11	1	0,07	0,07		0,8	0,8	0,75	0,06	0,04						
39	Тепловая завеса У1...У4	4	18	72		0,8	0,8	0,75	57,6	43,2						
	Итого:	18		356,96		0,8			285,57	214,18	3	1	285,57	235,59	370,21	560,92

2. Расчет электрических нагрузок шахты

Расчет электрических нагрузок предприятия производится по методу коэффициента спроса. Этот метод является приближенным и применяется только при расчете крупных узлов. Для каждого из цехов определяются активная и реактивная нагрузки. Располагая исходными данными в виде установленной мощности по цехам, расчетная активная нагрузка вычисляется по формуле, кВт:

$$P_{p.i} = K_{c.i} \cdot P_{y.i},$$

где $P_{y.i}$ - суммарная установленная мощность силовых электроприемников цеха, кВт,

$K_{c.i}$ - коэффициент спроса, определяемый по справочным данным[2].

Расчетная реактивная нагрузка определяется по формуле:

$$Q_{p.i} = P_{p.i} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i,$$

где $\operatorname{tg} \varphi_i$ - коэффициент реактивной мощности, находится соответственно величине $\cos \varphi$, определяемой из справочных данных[2].

Расчет электрических нагрузок при напряжении 6 и 0,4 кВ произведен исходя из установленной мощности одновременно работающих токоприемников с учетом коэффициентов спроса, мощности и совпадения максимумов нагрузок по участком и площадкам шахты все надшахтных зданий и подземных потребителей.

Помимо общих расчет произведем примерный расчет компенсирующих установок.

Формула расчета реактивной мощности КРМ(предпочтительный $\cos \varphi=0,98$)

$$Q = P_a \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) - \text{реактивная мощность установки КРМ (кВАр)}$$

$$Q = P_a \cdot K$$

P_a - активная мощность (кВт)

K- коэффициент из таблицы[1]

$$P_a = S \cdot \cos \varphi$$

S -полная мощность(кВА)

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности

$\operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)$ согласуются со значениями $\cos \varphi$ в таблице.

Расчет результатов сводится в таблицу 5.

Расчетная осветительная нагрузка определяется по удельной мощности на квадратный метр площади различных производственных, бытовых помещений и территории предприятия. При размещении в цехе различных технологических участков расчет ведется по основному производству. В курсовой работе предусматривается устройство наружного освещения проездов и дорог, на площадках и участках шахты.

Освещение участков и площадок предусматривается при помощи прожекторных мачт. К установке приняты прожекторные мачты типа ПМЖ-22,8 высотой 22,8 м на базе железобетонных стоек. На мачтах устанавливаются прожекторы типа ЖО-19В-1000-11 с натриевыми лампами ДНаТ-1000 мощностью 1000 Вт. Освещение подземных выработок осуществляется от механизированных крепей и светодиодных шахтерских фонарей.

Порядок вычислений следующий:

- определяется нормативная общая освещенность цеха;
- принимается тип светильника (возможно задаться только конструктивным исполнением - незащищенное открытое, незащищенное перекрытое, частично пылезащитное и т.д.), причем предпочтение отдается светильникам с газоразрядными лампами и светодиодными;
- принимается высота подвеса светильников (принимаемая по СП 52.13330.2011);
- определяется удельная мощность $P_{уд}^o$ в Вт/м² по данным[2] ;
- вычисляется установленная мощность освещения;

$$P_{y.i}^o = P_{y\theta.i}^o \cdot F_i,$$

- определяется расчетная мощность освещения:

$$P_{p.i}^o = K_{c.o.} \cdot P_{y.i}^o,$$

где $K_{c.o.}$ - коэффициент спроса по данным[2].

Общий расчет сведём в таблицу 6.

Таблица 5 - Электрические нагрузки участков и площадок с учётом всех поверхностных и подземных потребителей.

№ по плану	Наименование потребителей	Категори я беспере- бойности электро- снабжения	Установленна я мощность, кВт		Коэффициенты			Силовая нагрузка		Коэф. попада- ния в тах	Длительный максимум нагрузки	
			одного	общая	спроса, Кс	мощно- сти, cos φ	tg φ	актив- ная, кВт	реактив- ная, кВАр		активной, кВт	реакти вной, кВАр
I. Потребители элетроэнергии 0,38 кВ												
1	Участок центральных стволов №1:											
	☐ административный корпус	I...III	75	75	0,6	0,9	0,48	45	22			
	☐ бытовой корпус	I...III	75	75	0,7	0,9	0,48	53	26			
	☐ собственные нужды вентиляционной установки	I...III	43	43	0,65	0,7	1,02	28	29			
	☐ закрытый склад оборудования и материалов	III	38	38	0,5	0,65	1,17	19	22			
	☐ открытый склад оборудования и материалов	III	27	27	0,5	0,65	1,17	14	16			
	☐ бойлерная	I	16	16	0,8	0,8	0,75	13	10			
	☐ склад пожарных материалов	III	15	15	0,65	0,8	0,75	10	8			
	☐ депо дизелевозов	III	16	16	0,65	0,9	0,48	11	5			
	☐ канализационная насосная станция	III	7	7	0,7	0,75	0,88	5	4			
	☐ склад масел тарного хранения	III	7	7	0,6	0,8	0,75	4	3			
	☐ топливораздаточный пункт	III	2	2	0,65	0,7	1,02	2	2			
	☐ гараж легковых автомобилей	III	2	2	0,6	0,9	0,48	1	1			
	☐ гараж бульдозеров	III	5	5	0,6	0,9	0,48	3	2			
	☐ наружное освещение	III	24	24	1,0	0,85	0,62	24	15			
	☐ освещение автодороги на по- родный отвал	III	6	6	1,0	0,85	0,62	6	4			
	☐ очистные сооружения бытовых стоков	III	127	127	0,6	0,73	0,92	75	69			
8	цех ГШО	III	724,19	724,19	0,61	0,79	0,79	443	384,58			

Итого:		I...III	1209,19	1209,19	0,67	0,8	0,76	810	615			
БСК 0,4 кВ									-480			
Итого по 1		I...III	1209,19	1209,19	0,67	0,98	0,175	810	135	1	810	135
2	Участок центральных стволов №2											
	☐ котельная, углеподача, шлако-золоудаление	I...III	560	560	0,7	0,85	0,62	392	243			
	☐ закрытый склад топлива	I...III	46	46	0,7	0,8	0,75	32	24			
	☐ углеподготовка	I...III	236	236	0,62	0,73	0,93	146	135			
	☐ наружное освещение	I...III	48	48	0,63	0,7	1,02	30	31			
Итого по 2		I...III	890	890	0,67	0,81	0,72	600	433	0,95	570	410
3	Участок центральных стволов №3											
	☐ дегазационная вакуум-насосная установка	I	632	632	0,85	0,75	0,88	506	446			
	☐ установки КГУ-5/8 (6 шт.)	I	260	260	0,8	0,75	0,882	208	183			
	☐ наружное освещение	III	12	12	1,0	0,85	0,62	12	7			
	☐ автовесовая	III	7	7	0,6	0,9	0,48	4	2			
	☐ наружное освещение	III	29	29	0,7	0,7	1,02	20	20			
Итого по 3		I...III	940	940	0,8	0,75	0,88	750	658	1,0	750	658
9	Насосная станция противопожарно-производственного и хозяйственного водоснабжения											
	☐ потребители 0,4 кВ насосной станции	I...III	93	93	0,75	0,75	0,88	70	62			
	☐ наружное освещение	III	17	17	0,9	0,75	0,88	15	13			
Итого по 9		I...III	110	110	0,77	0,75	0,88	85	75	1,0	85	75
4	Площадка воздухоподающего ствола											
	☐ установка нагрева шахтного воздуха, склад топлива, топливоподача, шлакозолоудаление	I...III	980	980	0,7	0,75	0,88	784	691			
	☐ депо дизельных поездов	III	242	242	0,65	0,7	1,02	158	161			

	☐ тамбур-шлюз воздухоподающего ствола, воздухозаборная шахта	I...III	127	127	0,9	0,9	0,48	114	55			
	☐ насосная станция противопожарно-производственного водоснабжения	I...III	4	4	0,75	0,75	0,88	3	3			
	☐ электростанция	I	73	73	0,9	0,9	0,48	65	31			
	☐ склад пожарных материалов	I...III	15	15	0,65	0,8	0,75	10	8			
	☐ бытовой вагончик	III	10	10	0,8	0,9	0,48	8	4			
	☐ тамбур-шлюз воздухоподающего ствола, водозаборная шахта	I...III	9	9	0,7	0,9	0,48	6	3			
	☐ проходная	III	6	6	0,6	0,9	0,48	4	2			
	☐ топливораздаточный пункт	III	2	2	0,65	0,7	1,02	2	2			
	☐ наружное освещение	III	12	12	1,0	0,85	0,62	12	7			
	☐ прочие потребители	III	26	26	0,95	0,7	1,02	25	26			
	☐ повысительная насосная станция № 1	III	44	44	0,75	0,75	0,88	34	30			
	Итого	I...III	1550	1550	0,79	0,77	0,84	1225	1023			
	БСК 0,4 кВ								-800			
	Итого по 4	I...III	1550	1550	0,79	0,98	0,182	1225	223	0,95	1165	212
5	Площадка очистных сооружений											
	☐ фильтровально-насосная станция	II	317	317	0,75	0,99	0,14	238	30			
	☐ обогрев трубопроводов	II	15	15	1,0	1,0	-	15	-			
	☐ станция обеззараживания	II	37	37	0,75	0,75	0,882	29	26			
	☐ электростанция	II	110	110	0,9	0,9	0,48	99	48			
	☐ проходная	III	6	6	0,6	0,9	0,484	4	2			
	☐ наружное освещение	III	2	2	1,0	0,85	0,62	2	1			
	☐ освещение автодорог	III	28	28	0,65	0,7	1,02	18	18			
	Итого по 5	II...III	515	515	0,79	0,95	0,31	405	125	0,95	385	118
6	Площадка повысительной насосной станции											
	☐ повысительная насосная станция	III	25	25	0,8	0,8	0,75	20	15			
	Итого по 6	III	40	25	0,8	0,8	0,75	20	15	1,0	20	15
7	Площадка южных стволов											
	☐ установка нагрева шахтного воздуха, склад топлива, конвей-											

	ер топливоподачи, конвейер шлакозолоудаления, бункер шлакозолоудаления	I...III	750	750	0,8	0,75	0,88	600	529			
	☐ насосная станция противопо- жарно-производственного и хо- зяйственно-питьевого водо- снабжения	I	140	140	0,75	0,75	0,88	23	20			
	☐ депо дизелевозов	III	173	173	0,65	0,9	0,48	112	54			
	☐ тамбур-шлюз воздухоподающего ствола, воздухозаборная шахта	I...III	128	128	0,8	0,9	0,48	102	49			
	☐ электрокотельная № 1	I	50	50	0,9	0,9	0,48	45	22			
	☐ электрокотельная № 2	I	73	73	0,9	0,9	0,48	66	32			
	☐ собственные нужды вентиляци- онной установки	I	19	19	0,5	0,7	1,02	10	10			
	☐ бытовые вагончики	III	18	18	0,8	0,9	0,48	14	7			
	☐ склад пожарных материалов	I...III	15	15	0,65	0,8	0,75	10	8			
	☐ проходная № 1 и № 2	I...III	12	12	0,6	0,9	0,48	8	4			
	☐ топливораздаточный пункт	III	2	2	0,65	0,7	1,02	2	2			
	☐ малые очистные сооружения «Топас»	III	1	1	0,9	0,9	0,48	1	1			
	☐ наружное освещение площадки и автодороги к породному отвалу	I...III	23	23	1,0	0,85	0,62	23	14			
	☐ наружное освещение	I...III	29	29	0,65	0,7	1,02	19	19			
	Итого	I...III	1433	1433	0,72	0,8	0,745	1035	771			
	БСК 0,4 кВ								-600			
	Итого по 7	I...III	1433	1433	0,72	0,99	0,166	1035	171	0,9	930	154
II. Потребители элетроэнергии 6,6/6,3 кВ												
1	Участок центральных стволов №1:											
	РПП конвейерного ствола	II, III	1113	1113	0,7	0,7	1,02	779	795	1,0	779	795
2	Участок центральных стволов №2											
	ЦПП на отм. +94,5 м	I	2739	2739	0,74	0,81	0,724	2020	1375	0,85	1717	1169
3	Участок центральных стволов №3											

	ЦПП вентиляционного штрэка 6-05Ц	I	6468	6468	0,51	0,67	1,108	3283	3623	-	2351	2573
	Итого по подземным потребителям центральной площадки	I...III	10320	10320	0,59	0,73	0,936	6082	5793	-	4847	4537
	БСК 6 кВ											-3600
	Итого по подземным потребителям центральной площадки с БСК 6 кВ	I...III	10320	10320	0,59	0,98	0,193	6082	5793	-	4847	937
7	Площадка южных стволов											
	РП 6/0,69 кВ конвейерного ствола (пласт Сулягинский)	III	177	177	0,7	0,7	1,02	124	126	1,0	124	126
	ЦПП на отм. +291,1	I...III	5280	5280	0,52	0,69	1,05	2748	2894	-	2130	2237
	Итого по подземным потребителям южных стволов	I...III	5457	5457	0,53	0,69	1,05	2872	3020	-	2254	2363
	БСК 6 кВ											-1800
	Итого по подземным установкам с БСК 6 кВ	I...III	5457	5457	0,53	0,97	0,25	2872	3020	-	2254	563

Таблица 6 - Расчет силовых и осветительных нагрузок шахты.

№ по генпла ну	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка		Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		P _р ,	Q _р ,	F,	P _{уд о} ,	P _{но} ,	K _{со}	P _{ро} ,	P _р +P _{ро} ,	Q _р ,	S _р ,
		кВт	кВАр	м ²	кВт/м	кВт		кВт	кВт	кВАр	кВА
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 кВ											
1	Участок центральных стволов №1	810	135	22573	0,0021	47,4	1	47,4	857,4	135	868,0
2	Участок центральных стволов №2	570	410	18328	0,0021	38,5	1	38,5	608,5	410	733,7
3	Участок центральных стволов №3	750	658	19250	0,0021	40,5	1	40,5	790,5	658	1028,5
4	Площадка воздухоподающего ствола	1165	212	4321	0,0025	10,9	0,7	7,6	1172,6	212	1191,6
5	Площадка очистных сооружений	385	118	1958	0,0019	3,7	0,7	2,6	387,6	118	405,2
6	Площадка повысительной насосной станции	20	15	753	0,0019	1,4	0,6	0,8	20,8	15	25,7
7	Площадка южных стволов	930	154	21589	0,0021	45,3	1	45,3	975,3	154	987,4
9	Насосная станция противопожарно- производственного и хозпитьевого водоснабжения	85	75	695	0,002	1,4	0,85	1,2	86,2	75	114,3
Итого по 0,38 кВ		----	----	89467	---	---	----	----	4585	1761	4911,6

Потребители электроэнергии 6,3/6,6 кВ											
1	Участок центральных стволов №1	779	795								
2	Участок центральных стволов №2	1717	1169								
3	Участок центральных стволов №3	2351	2573								
Итого по подземным потребителям центральной площадки		4847	4537								
БСК 6 кВ			-3600								
Итого по подземным потребителям центральной площадки с БСК 6 кВ		4847	937					4847	937	4936,7	
7	Площадка южных стволов	2254	2363								
Итого по подземным потребителям южных стволов		2254	2363								
БСК 6 кВ			-1800								
Итого по подземным установкам с БСК 6 кВ		2254	563					2254	563	2323,2	
Итого по 6,3/6,6 кВ		----	-----	---	---	----	---	---	7101	1500	7257,7

Используя таблицу 6, получаем:

Электроприемники до 1000 В

$$\sum P_p^H = 4585 \text{ кВт};$$

$$\sum Q_p^H = 1761 \text{ кВар};$$

Электроприемники выше 1000 В

$$\sum P_p^B = 7101 \text{ кВт};$$

$$\sum Q_p^B = 1500 \text{ кВар};$$

Вычисляется полная расчетная мощность потребителей до 1000В каждого из участков, а также потребителей выше 1000В каждого из участков, $\text{кВ} \cdot \text{А}$

Расчетная мощность предприятия определяется раздельным суммированием активных и реактивных нагрузок участков. Далее определяется расчетная мощность электроприемников выше 1000В. При определении расчетной нагрузки по предприятию складываются нагрузки электроприемников напряжением свыше 1000 В, осветительной нагрузкой цехов и территории предприятия. С целью более правильного выбора сечений питающих линий и мощности главных трансформаторов необходимо учесть все потери мощности в элементах схемы электроснабжения. Поскольку распределительные сети и силовые трансформаторы еще не выбраны, определять будем из следующих соотношений:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H \quad \Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H \quad \text{- для трансформаторов цеховых подстанций};$$

$$\Delta P_L = 0,03 \cdot S_p^H \quad \Delta Q_L \approx 0 \quad \text{- для передающих линий};$$

$$S_p^H = \sqrt{(\sum P_p^{H^2} + \sum Q_p^{H^2})} = \sqrt{(4585^2 + 1761^2)} = 4911,55 \text{ кВА};$$

Следовательно:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 4911,55 = 98,23 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 4911,55 = 491,15 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,03 \cdot 4911,55 = 147,34 \text{ кВт};$$

Мощность шахты на шинах 6 кВ

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_p^H + \sum P_p^B) \cdot k_{p.M} + \Delta P_T + \Delta P_{\text{л}} = (4585 + 7101) \cdot 0,95 + 98,23 + 147,34 = 11347,27 \text{ кВт},$$

где принимаем $k_{p.M} = 0,95$ – коэффициент разновременности

максимумов нагрузки (для шин 6 кВ) [6].

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_p^H + \sum Q_p^B) \cdot k_{p.M} + \Delta Q_T = (1761 + 1500) \cdot 0,95 + 491,15 = 5262,05 \text{ кВар}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{11347,27^2 + 5262,05^2} = 12508 \text{ кВА};$$

Потери в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{T.ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 12508 = 250,2 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{T.ГПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 12508 = 1250,8 \text{ кВар};$$

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

$$\begin{aligned} S_{p.ГПП} &= \sqrt{(\sum P_{p\Sigma} + \Delta P_{T.ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T.ГПП})^2} = \\ &= \sqrt{(11347,27 + 250,2)^2 + (5262,05 + 1250,8)^2} = 13301,1 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

3. Построение картограммы и определение центра электрических нагрузок

Центр электрических нагрузок предприятия необходимо знать для выбора целесообразного места расположения ГПП на территории предприятия. Центр электрических нагрузок определяют, как центр тяжести плоского тела. Сначала на генплан предприятия наносят картограмму нагрузок. С этой целью нагрузки отдельных цехов изображают на плане в виде кругов, площадь которых в выбранном масштабе соответствует полной расчетной нагрузке участка.

Радиус каждой окружности для главного корпуса, см,

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

где S_{pi} - расчетная нагрузка i -го цеха, кВ·А;

m - принятый масштаб картограммы, кВ·А/см².

Центр каждого круга, обозначающего электрическую нагрузку данного участка, совмещают с геометрическим центром участка (центром тяжести плоской фигуры, изображающей участок в плане). Полные расчетные нагрузки участка изображаются одним кругом. Осветительная и силовая напряжением выше 1000 В нагрузки участка наносятся в виде секторов круга. Углы сектора определяют из соотношений:

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

где P_{po} - расчетные нагрузки освещения или приемников напряжением до 1000 В.

Результаты расчёта радиусов окружностей и углов секторов остальных участков приведены в таблице 6.

Таблица 7 – Данные для построения картограммы

№ 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·мм	$S_{pi} \cdot y_i$, кВА·мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,38 кВ								
1	868,0	47,4	16,6	19,7	443	345	384524	299460
2	733,7	38,5	15,3	18,9	261	464	191495,7	340436,8
3	1028,5	40,5	18,1	14,2	402	568	413457	584188
4	1191,6	7,6	19,5	2,3	1024	497	1220198	592225,2
5	405,2	2,6	11,4	2,3	171	271	69289,2	109809,2
6	25,7	0,8	2,9	11,2	832	369	21382,4	9483,3
7	987,4	45,3	17,7	16,5	1180	715	1165132	705991
9	114,3	1,2	6,0	3,8	401	685	45834,3	78295,5
Потребители 6,6кВ								
1	1113,0	---	18,8	---	443	345	493059	383985
2	2077,2	---	25,7	---	261	464	542149,2	963820,8
3	3485,3	---	33,3	---	402	568	1401091	1979650
7	2323,2	---	27,2	---	1180	715	2741376	1661088
Итого	14353,1	---	---	---	---	---	8688988	7708433

Зная расчетную нагрузку каждого цеха (S_{pi}) и координаты центра круга ($x_i ; y_i$), в произвольно принятой на плане декартовой системе координат X, Y находят координаты центра электрических нагрузок предприятия по формулам:

$$X = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}}; \quad Y = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}};$$

$$X = \frac{\sum S_{pi} \cdot X_i}{\sum S_{pi}} = \frac{8688988}{14353,1} = 605,3 \text{ мм} \quad Y = \frac{\sum S_{pi} \cdot Y_i}{\sum S_{pi}} = \frac{7708433}{14353,1} = 537 \text{ мм}$$

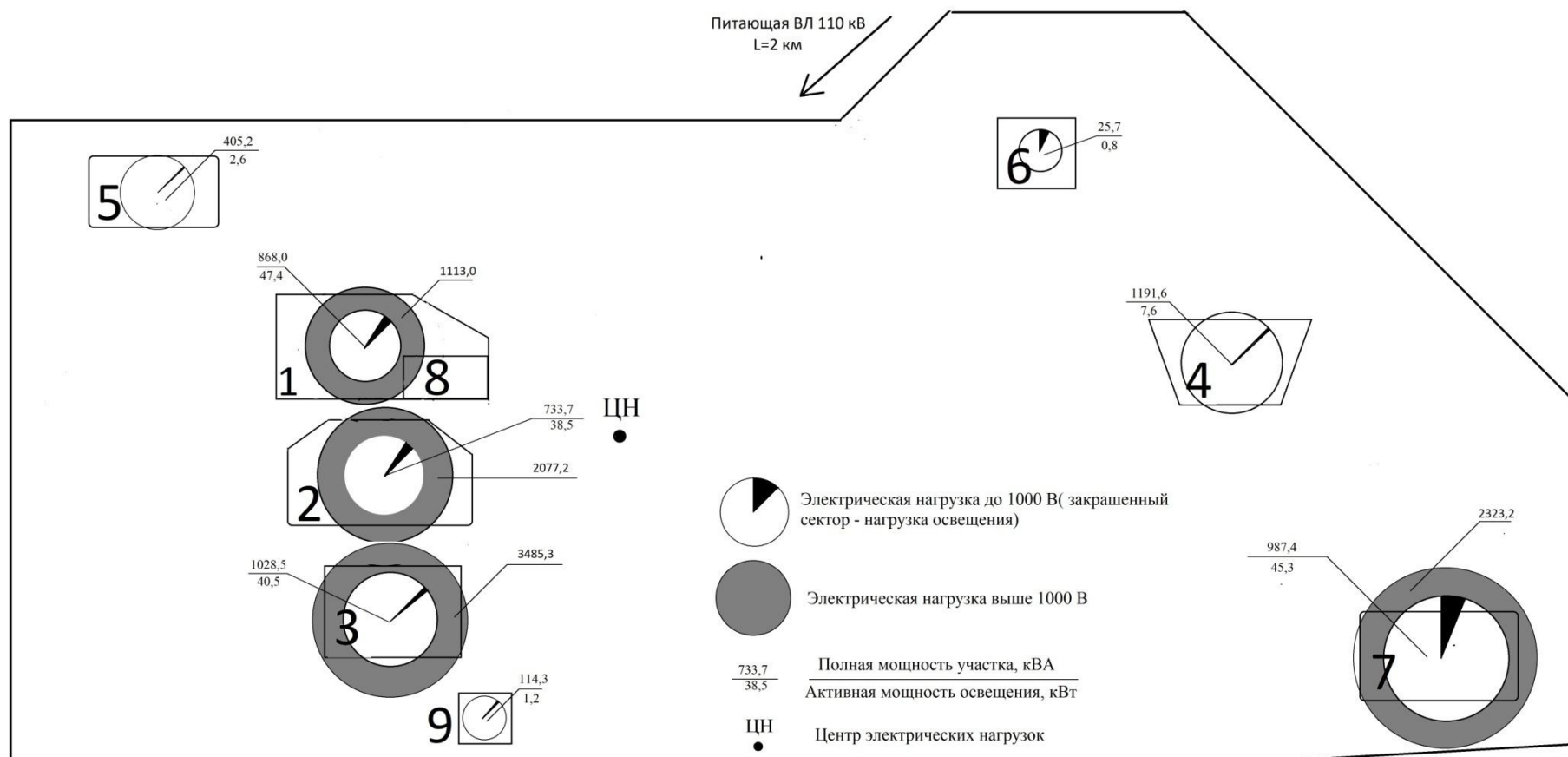


Рисунок 3 - Картограмма нагрузок

4. Выбор места расположения и типа цеховых подстанций и предварительный выбор числа и мощности цеховых трансформаторов.

Определяем удельную плотность нагрузки по формуле:

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{участков}} = \frac{4911,55}{89467} = 0,056 \text{ кВА} / \text{м}^2;$$

Принимаем среднюю мощность $S_{H.тп.} = 630 \text{ кВА}; [4]$

Минимальное число трансформаторов участковых ТП:

$$N_0 = \frac{\Sigma P_p^H}{\beta_T S_{H.тп.}} = \frac{4585}{0,7 \cdot 630} = 11;$$

Принимаем $N = 11$ шт трансформаторов

$\beta_0 = 0,7$ – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме;

Определяем активную нагрузку на один трансформатор:

$$P_1 = \frac{P_p}{N} = \frac{4585}{11} = 416,8 \text{ (кВт)};$$

Определим число трансформаторов для установки на участках предприятия:

$$N_I = \frac{P_{PI}}{P_1}$$

Таблица 8 - Число трансформаторов на участках

№ п/п	Наименование цехов	$P_p \text{ (кВт)}$	Количество трансформаторов, N
1	Участок центральных стволов №1	857,4	2,1
2	Участок центральных стволов №2	608,5	1,5
3	Участок центральных стволов №3	790,5	1,9
4	Площадка воздухоподающего ствола	1172,6	2,8
5	Площадка очистных сооружений	387,6	0,9
6	Площадка повысительной насосной станции	20,8	0,0

7	Площадка южных стволов	975,3	2,3
9	Насосная станция противопожарно-производственного и хозяйственного водоснабжения	86,2	0,2

Проверка:

$$\sum n_i = 2,1 + 1,5 + 1,9 + 2,8 + 0,9 + 2,3 + 0,2 = 11$$

Потребители шахты относятся в основном к потребителям I и II категорий надежности электроснабжения и частично к потребителям III категории.

С учетом категоричности шахтных потребителей все ПС и ТП 6/0,4 кВ на промплощадках шахты приняты двухтрансформаторные, кроме одной мачтовой ТП 6/0,4 кВ на площадке повысительной насосной станции, которая относится к III категории по надежности электроснабжения.

Режим работы всех двухтрансформаторных ТП 6/0,4 кВ на промплощадках шахты од-
новременный раздельный с АВР на стороне 0,4 кВ.

Загрузка ТП определена по формуле:

$$\beta_{ТП} = \frac{S_p}{S_{мп}} \cdot 100\%$$

Таблица 9 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

№ п/п	Наименование пункта питания/кол-во и мощность трансформаторов	Потребители энергии	Место расположения пункта питания на генплане	Загрузка ТП, %	Примечания
1	ТП – 1 2х1000кВА	Участок центральных стволов №1	Участок центральных стволов №1	43,4	I..III 0,38 кВ
2	ТП – 2 2х630кВА	Участок центральных стволов №2	Участок центральных стволов №2	58,2	I..III 0,38 кВ
3	ТП – 3 2х1000кВА	Участок центральных стволов №3	Участок центральных стволов №3	51,4	I..III 0,38 кВ
4	ТП – 4 2х1000кВА	Площадка воздухоподающего ствола	Площадка воздухоподающего ствола	59,6	I..III 0,38 кВ

5	ТП – 5 2х400кВА	Площадка очистных сооружений	Площадка очистных сооружений	50,7	II...III 0,38 кВ
6	ТП – 6 1х63кВА	Площадка повысительной насосной станции	Площадка повысительной насосной станции	40,8	III 0,38 кВ
7	ПС 6/6/0,4 2х1000кВА	Площадка южных стволов	Площадка южных стволов	49,4	I...III 0,38 кВ
9	ТП – 9 2х400кВА	Насосная станция противопожарно-производственного и хозяйственного водоснабжения	Насосная станция противопожарно-производственного и хозяйственного водоснабжения	14,3	I...III 0,38 кВ
1	РПП 6,6 кВ	Участок центральных стволов №1	Участок центральных стволов №1	---	I...III 6,6 кВ
2	ЦПП	Участок центральных стволов №2	Участок центральных стволов №2	---	I...III 6,6 кВ
3	ЦПП вентиляционного штрака 6-05Ц	Участок центральных стволов №3	Участок центральных стволов №3	---	I...III 6,6 кВ
7	ПС 6/6/0,4 2х2500 кВА	Площадка южных стволов	Площадка южных стволов	46,5	I...III 6,3 кВ

Принимаем вариант выполнения внешнего электроснабжения главной понизительной подстанции и шахтового электроснабжения, основывающиеся на надежности и экономичности. Электроснабжение удаленных участков выполняется воздушными линиями электропередач по схеме с ГПП.

Для близлежащих участков электроснабжения осуществляется кабельными линиями по эстакаде.

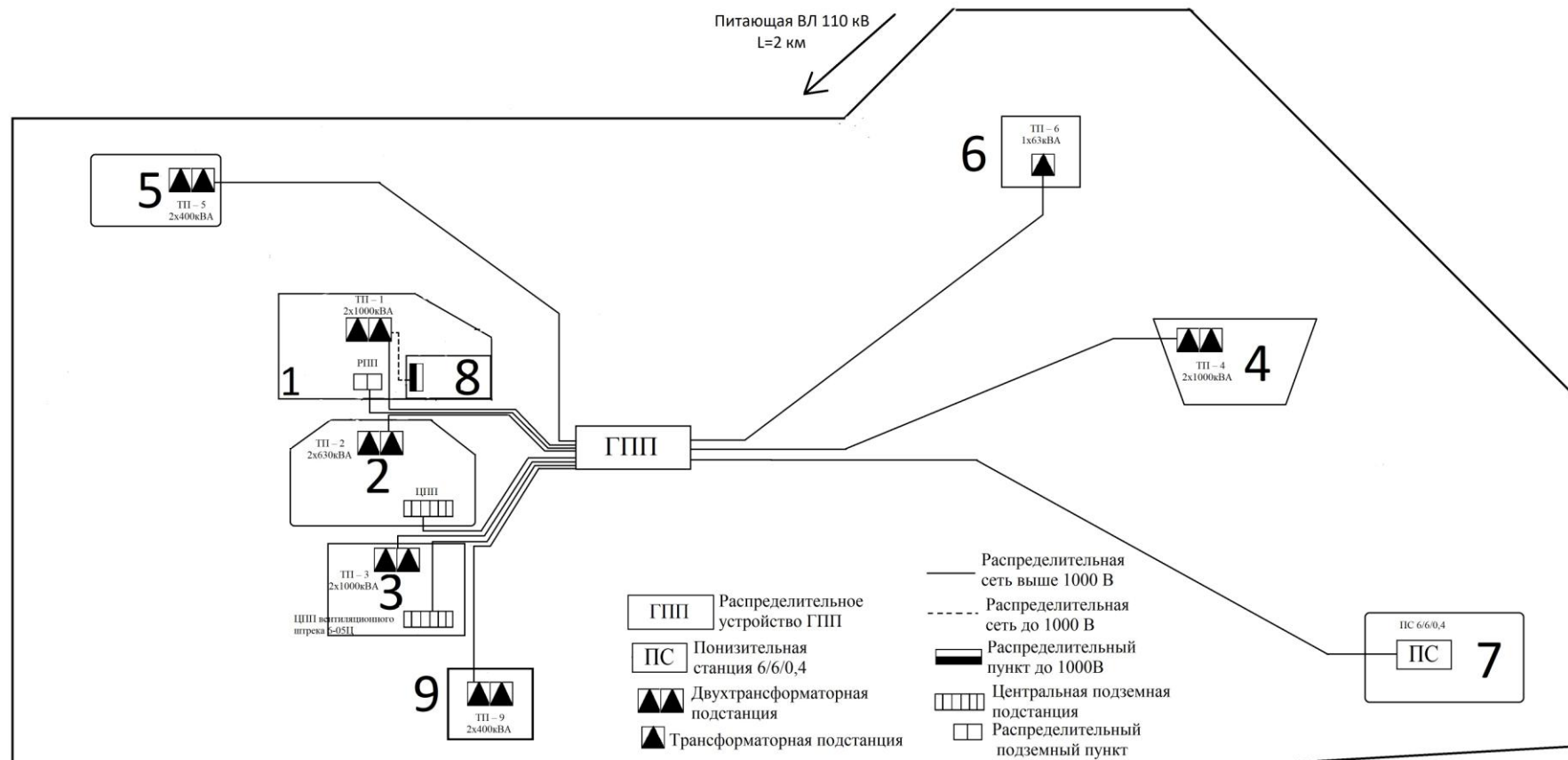


Рисунок 4 – Схема электроснабжения шахты.

5. Схема внешнего электроснабжения

Определяем мощность трансформаторов ГПП по выражению:

$$S_{н.тр} = \frac{S_{р.гпп}}{2 \cdot \beta_T} = \frac{13301,1}{2 \cdot 0,65} = 10231,5 \text{ кВА},$$

где $S_{р.гпп}$ – полная расчётная мощность шахты ;

β_T – коэффициент загрузки трансформаторов ГПП (принимается 0,65 согласно рекомендации [2]);

В качестве трансформаторов ГПП примем трансформатор силовой масляный типа ТДТНШ-16000/110 У1 с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН) в обмотке ВН предназначен для работы в системах электроснабжения угольных шахт с отдельным питанием подземных и наземных токоприемников при частоте питающей сети 50 Гц.. Основные характеристики приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Характеристики трансформатора ТДТНШ-16000/110 У1

Модель трансформатора	Мощность, кВА	Uк, %		Ро, Вт	Ркз, Вт	Iо, %
		U _{к1}	U _{к2}			
ТДТНШ-16000/110 У1	16000	10,5	17,5	12000	100000	0,8

Питание ГПП произведем кабелем АС. Выбор сечения провода:

По нагреву расчётным током:

$$I_P = \frac{S_{р.гпп}}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{13301,1}{2\sqrt{3} \cdot 110} = 34,9 \text{ А};$$

В аварийном режиме $I_{р.макс} = 2 \cdot I_P = 2 \cdot 34,9 = 69,8 \text{ А}.$

По экономической плотности тока:

Основные узлы предприятия работают в три смены, то в соответствии с [1] $T_m=4500-6000$ ч. Соответственно экономическая плотность тока будет равна $i_{э} = 1,0 \text{ А/мм}^2$, согласно [5].

Рассчитаем экономически целесообразное сечение: $S_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{34,9}{1,0} = 34,9$

мм². Полученное сечение округляем до стандартного и в соответствии с [6] принимаем для питающей ВЛ провод марки АС – 185/29 двухцепная ВЛ.

Для данного провода сделаем необходимые проверки: Для АС – 185/29 допустимый ток $I_{дон} = 510$ А.

1. по нагреву $1,3I_{дон} > I_{р.макс}$;

$$663 > 69,8 \text{ А.}$$

где 1,3 – коэффициент допустимой перегрузки линии.

2. Механическая прочность $F_{эк.влэн} > F_{\min.мех}$; $185 = 120 \text{ мм}^2$.

3. Допустимая потеря напряжения $l_{доп} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{дон\%} \cdot K_3 \geq l$;

где $l_{\Delta U 1\%}$ – длина линии при полной нагрузке на 1% потери напряжения, принимаем по справочной литературе [4], км;

$\Delta U_{дон\%} = 5\%$ – допустимая потеря напряжения;

$K_3 = \frac{I_{дон}}{I_p}$ – коэффициент загрузки линии;

$l_{дон}$ – допустимая длина линии, км;

l – фактическая длина линии, км;

$$l_{дон} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{дон\%} \cdot \frac{I_{дон}}{I_p} \geq l$$

$$7,3 \cdot 5 \cdot \frac{510}{36,2} = 514 > 15 \text{ км.}$$

Спроектированная система электроснабжения должна строиться так, чтобы она обеспечивает надежность, удобство и безопасность в обслуживании, а также позволяла поддерживать необходимое качество электроэнергии и бесперебойность энергоснабжения в режиме нормальной работы и в послеаварийном режиме. Электроснабжения шахты осуществляется по двухцепной ВЛ-110 кВ от ПС «Афонинская»

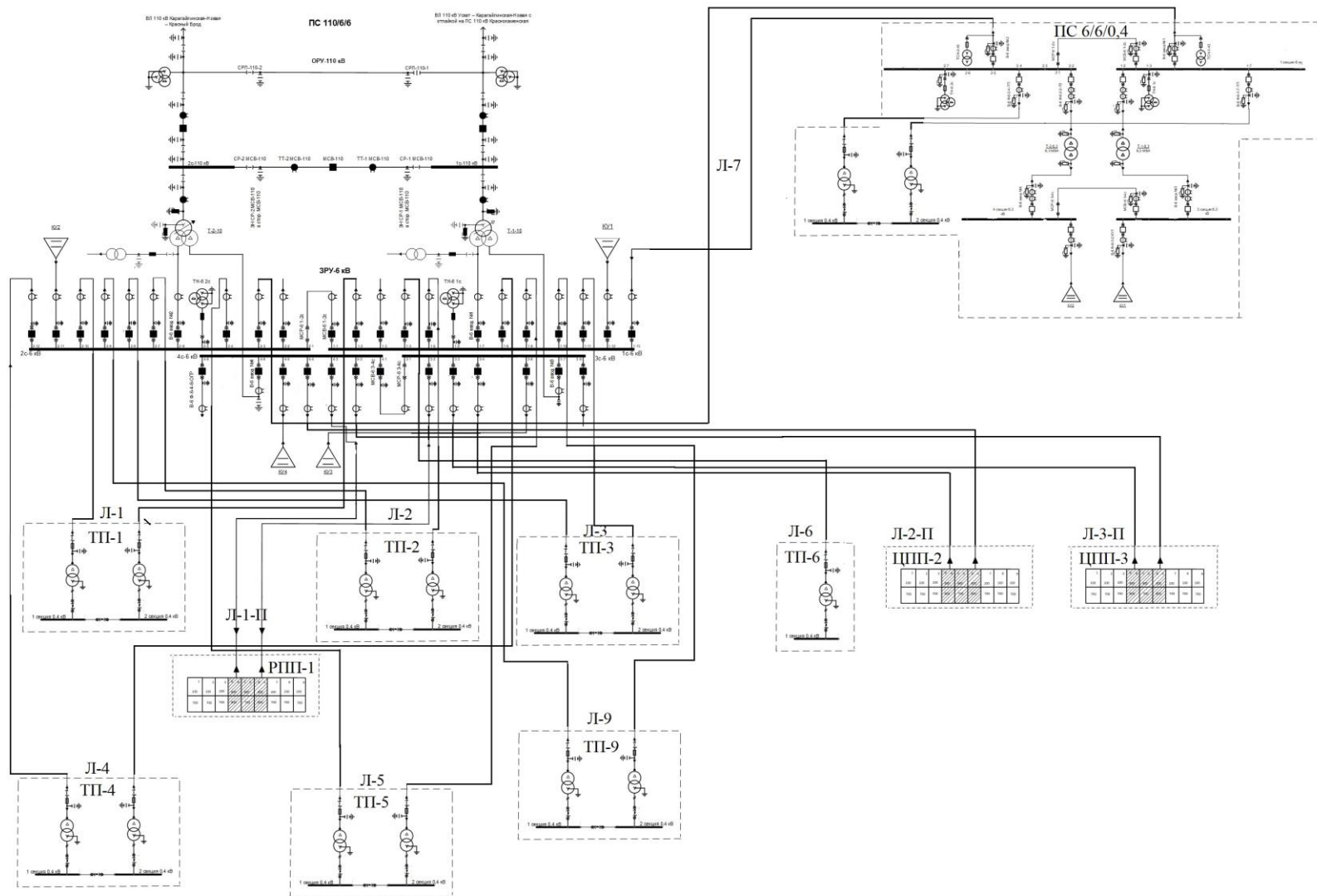


Рисунок 5 – Схема главных электрических соединений ГПП шахты

Таблица 11 - Длины питающих линий 6,3кВ

Обозначение линии на схеме	Длина, км
Л-1	0,3
Л-2	0,55
Л-3	0,6
Л-4	1,8
Л-5	1,0
Л-6	0,7
Л-7	5,7
Л-9	0,35

Таблица 12 - Длины питающих линий 6,6кВ

Обозначение линии на схеме	Длина, км
Л-1-П	0,4
Л-2-П	0,145
Л-3-П	0,275

6. Выбор питающих кабелей шахтной сети 6,6/6,3 кВ

По питающим ЛЭП 6 кВ предусматривается:

1. Сооружение двух питающих ВЛ 6 кВ от ГПП 110/6,3/6,6 кВ на центральной промплощадке шахты к ТП 6/0,4 кВ воздухоподающего ствола;
2. Сооружение двух питающих ВЛ 6 кВ от ГПП 110/6,3/6,6 кВ к ТП 6/0,4 кВ очистных сооружений шахтной воды;
3. Сооружение питающей ВЛ 6 кВ от ГПП 110/6,3/6,6 кВ к мачтовой ТП 6/0,4 кВ на площадке повысительной насосной станции;
4. Сооружение двух двухцепных питающих ВЛ 6 кВ в габаритах 110 кВ ГПП 110/6,3/6,6 кВ к ПС 6/0,4 кВ с разделительными трансформаторами на площадке южных стволов.

ВЛ 6 кВ выполняются проводами марки АС

В качестве опорных конструкций на одноцепных ВЛ 6 кВ к воздухоподающему стволу, очистным сооружениям шахтной воды, повысительной насосной станции приняты железобетонные опоры на базе стоек СВ-105.

В качестве опорных конструкций на двухцепных ВЛ 6 кВ к ПС на площадке южных стволов приняты железобетонные промежуточные и металлические анкерно-угловые опоры 110 кВ.

Для защиты оборудования ПС и ТП 6/0,4 кВ от набегающих с ВЛ 6 кВ волн перенапряжений и для защиты кабельных вставок на концевых опорах ВЛ 6 кВ устанавливаются ограничители перенапряжений ОПН-6У1.

Силовые сети 6 кВ на промплощадках шахты выполняются кабелями марки АВБбШв-ХЛ-6 и АВБбШв-ХЛ-1, прокладываемыми по кабельной эстакаде. Прокладка силовых и осветительных сетей на центральной промплощадке предусматривается в основном по кабельным эстакадам.

Для защиты кабелей от воздействия солнечного излучения эстакады предусмотрены с солнцезащитными козырьками.

Учитывая наличие опасности механических повреждений все кабели в силовых сетях приняты бронированные.

Сечение кабелей 6 кВ принимается по нагреву рабочим током и проверяется по термической устойчивости к токам короткого замыкания, а также по экономической плотности тока.

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{i_{\text{ЭК}}},$$

где I_p – расчётный ток установки, А;

$i_{\text{ЭК}}$ – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм².

Выбор кабеля для линии Л-1 (ГПП – ТП -1):

$$\text{Определяем } I_p = \frac{nS_{\text{н.тп}}}{m\sqrt{3}U_H} = \frac{2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,7 \text{ А.}$$

$$\text{Определяем } I_{\text{н/ав}} = 2I_p = 2 \cdot 91,7 = 183,4 \text{ А.}$$

Используя исходные данные и справочную $i_{\text{ЭК}} = 1,0 \text{ А/мм}^2$.

$$\text{Рассчитаем экономически целесообразное сечение } F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{i_{\text{ЭК}}} = \frac{91,7}{1,0} = 91,7 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное значения 95 мм².

Выбираем кабель марки АВБбШв-ХЛ-3х95-6, у которого $I_{\text{доп.табл}} = 190 \text{ А}$;

$$I_{\text{доп}} = k_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп.табл}} = 1 \cdot 190 = 190 \text{ А.}$$

$$\text{Сделаем необходимые проверки } I_p \leq I_{\text{доп}} \quad 91,7 < 190 \text{ А;}$$

$$I_{\text{п/ав}} \leq 1,3I_{\text{доп}} \quad 183,4 < 247 \text{ А.}$$

Кабель выбран верно.

Выбор кабеля для линии Л-1-П (ГПП – РПП 6,6 кВ):

$$\text{Определяем } I_p = \frac{S_p^B}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{1113}{2\sqrt{3} \cdot 6,6} = 48,1 \text{ А.}$$

$$\text{Определяем } I_{\text{п/ав}} = 2I_p = 2 \cdot 48,1 = 96,2 \text{ А.}$$

Используя исходные данные и справочную найдем величину $i_{\text{эк}} = 1,4 \text{ (А/мм}^2\text{)}$.

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{\text{ЭК}} = \frac{I_P}{i_{\text{ЭК}}} = \frac{48,1}{1,4} = 34,3 \text{ мм}^2$.

Ближайшее стандартное значения 35 мм^2 .

Выбираем кабель марки КШВЭБШв-6 3х35+1х10, у которого $I_{\text{ДОП.ТАБЛ}} = 135 \text{ А}$;

$$I_{\text{ДОП}} = k_{\text{ПР}} \cdot I_{\text{ДОП.ТАБЛ}} = 1 \cdot 135 = 135 \text{ А.}$$

Сделаем необходимые проверки $I_P \leq I_{\text{ДОП}} \quad 48,1 < 135 \text{ А}$;

$$I_{\text{П/АВ}} \leq 1,3 I_{\text{ДОП}} \quad 96,2 < 175,5 \text{ А.}$$

Таблица 13 - Марки и сечения питающих кабелей сети 6.6/6.3кВ

№	Назначение линии	Количество линий	Расчётная нагрузка на один кабель		Длина линии, км*	Способ прокладки	Поправочный коэффициент прокладки кабеля	Сечения, выбранные по условию допустимого нагрева $S, \text{мм}^2$	Допустимая нагрузка на один кабель	
			в нормальном режиме $I_p, \text{А}$	в аварийном режиме $I_n / I_{\Sigma}, \text{А}$					в нормальном режиме $I_{\Sigma \text{оп}}, \text{А}$	а аварийном режиме $1,3 I_{\Sigma \text{оп}}, \text{А}$
1	ГПП – ТП 1	2	91,7	183,4	0,3	По кабельной эстакаде	1	АВБ6Шв-ХЛ- 3х95-6	190	247
2	ГПП – ТП 2	2	58,8	117,6	0,55	По кабельной эстакаде	1	АВБ6Шв-ХЛ- 3х95-6	190	247
3	ГПП – ТП 3	2	91,7	183,4	0,6	По кабельной эстакаде	1	АВБ6Шв-ХЛ- 3х95-6	190	247
4	ГПП – ТП 4	2	91,7	91,7	1,8	По опорам	1	АС-120/19	390	507
5	ГПП – ТП 5	2	37,3	74,7	1,0	По опорам	1	АС-70/11	265	344,5
6	ГПП – ТП 6	1	5,9	5,9	0,7	По опорам	1	АС-70/11	265	344,5
7	ГПП – ТП 9	2	37,3	74,7	0,35	По кабельной эстакаде	1	АВБ6Шв-ХЛ- 3х95-6	190	247
8	ГПП - РПП 1	2	48,1	96,2	0,4	По кабельной эстакаде	1	КШВЭБ6Шв-6 3х35+1х10	135	175,5
9	ГПП - ЦПП 2	2	157,4	314,7	1,45	По кабельной эстакаде	1	КШВЭБ6Шв-6 3х120+1х35	300	390
10	ГПП - ЦПП 3	2	264,0	528,1	2,75	По кабельной эстакаде	1	КШВЭБ6Шв-6 3х240+1х35	460	598
11	ГПП - ПС 6/6/0,4	2	326,8	653,6	5,7	По опорам	1	АС-185/29	510	663

7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В

Выбираемые по условиям нормального режима коммутационные аппараты, токоведущие части, изоляторы для повышения надежности должны проверяться на динамическую и термическую устойчивость от действия токов короткого замыкания, которые могут возникнуть в аварийном режиме. Токи короткого замыкания рассчитываются для всех напряжений в местах, где они могут достигнуть наибольшего значения: на первичной стороне трансформаторов ГПП, на сборных шинах 6,6/6,3 кВ, на первичной и вторичной стороне наиболее мощных цеховых трансформаторов.

Расчетная схема представлена на рисунке 9.1.

Принятая базисная мощность: $S_6 = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Базисное напряжение ступени 110 кВ: $U_{6115,5} = 115,5 \text{ кВ}$.

Базисное напряжение ступени 6,6 кВ: $U_{67} = 7 \text{ кВ}$.

Базисное напряжение ступени 6,3 кВ: $U_{66,6} = 6,6 \text{ кВ}$.

Базисный ток, кА:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6},$$

$$\text{для ступени 110 кВ:} \quad I_{635} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115,5} = 5;$$

$$\text{для ступени 6,6 кВ:} \quad I_{610} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 7} = 83,3.$$

$$\text{для ступени 6,3 кВ:} \quad I_{610} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,6} = 87,7.$$

ЭДС системы, о.е.:

Принимаем, что мощность источника электроэнергии (энергосистемы)

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

где x_c^* — сопротивление системы, приведенное к мощности системы S_c .

Сопротивления воздушных и кабельных линий, о.е.:

$$r_{\delta*} = r_o \cdot l \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2};$$

$$x_{\delta*} = x_o \cdot l \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2},$$

где r_o и x_o – соответственно активное и индуктивное сопротивление линии на один км длины, Ом/км;

l – длина линии, км.

Сопротивления трансформатора, о.е.:

$$x_{\delta*} = \frac{U_K}{100} \frac{S_{\delta}}{S_{н.тр}},$$

Действующее значение установившегося тока КЗ:

$$I_K = \frac{I_{\delta}}{Z_{\delta* \Sigma}},$$

$Z_{\delta* \Sigma} = \sqrt{r_{\delta* \Sigma}^2 + x_{\delta* \Sigma}^2}$ – полное сопротивление от источника питания до точки КЗ

Ударный ток КЗ $i_y = I_K \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд}$,

где $K_{уд}$ – ударный коэффициент.

Расчет производится для участка цепи ГПП – ТП 6.

Схема замещения представлена на рисунке 6.

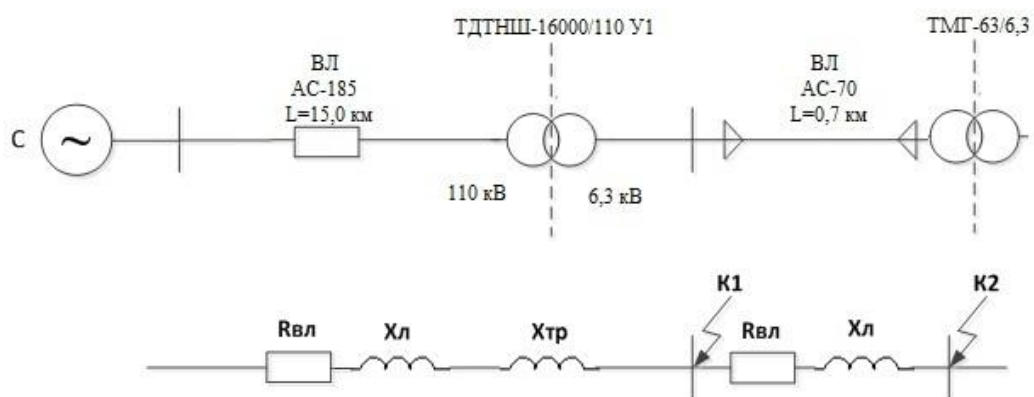


Рисунок 6 – Расчетная схема и схема замещения

Расчета тока КЗ приводится для точки К1.

Сопротивление цепи КЗ, о.е.:

Для ВЛ принимаем удельное индуктивное сопротивление при расстоянии между проводами ВЛ 3м $x_0 = 0,413 \text{ Ом} / \text{км}$, $r_0 = 0,162 \text{ Ом} / \text{км}$

$$z_{K1} = \sqrt{(x_{mp} + x_{B/L})^2 + r_{B/L}^2},$$

$$z_{K1} = \sqrt{(10,94 + 0,424)^2 + 0,182^2} = 11,36.$$

$$I_{K1} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\text{рез.}K1}} = \frac{87,7}{11,36} = 7,7 \text{ кА};$$

Для точки К1 соотношение $\frac{X}{R} = 65 \Rightarrow K_{y0} \approx 1,95$ [7.]

$$i_{y1} = I_{K1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y0} = 7,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,95 = 21,2 \text{ кА}.$$

Расчета тока КЗ приводится для точки К2.

Для ВЛ принимаем удельное индуктивное сопротивление при расстоянии между проводами ВЛ 3м $x_0 = 0,408 \text{ Ом} / \text{км}$, $r_0 = 0,428 \text{ Ом} / \text{км}$

$$x_3^* = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma 2}^2} = 0,408 \cdot 0,7 \cdot \frac{1000}{6,6^2} = 6,6;$$

$$r_2^* = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma 2}^2} = 0,428 \cdot 0,7 \cdot \frac{1000}{6,6^2} = 6,9;$$

$$Z_{\text{рез.}K2} = \sqrt{(x_1^* + x_2^* + x_3^*)^2 + (r_1^* + r_2^*)^2} = \sqrt{(0,424 + 10,94 + 6,6)^2 + (0,182 + 6,9)^2} = 19,3;$$

$$I_{K2} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\text{рез.}K2}} = \frac{87,7}{19,3} = 4,5 \text{ кА};$$

Для точки К2 соотношение $\frac{X}{R} = 2,5 \Rightarrow K_{y0} \approx 1,25$ [7]

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y0} = 4,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,25 = 7,9 \text{ кА}.$$

Определение минимального сечения кабеля по термической стойкости, мм^2 :

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C}$$

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 КЗ, c ; $t_{отк} = t_z + t_\theta$ – время отключения КЗ, c ; t_z – время действия основной защиты, c ; t_θ – полное время отключения выключателя, c ; C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника:

Определение минимального сечения кабеля по термической стойкости для
ТП – 6-Л

, mm^2 :

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}$$

где $C = 90 A \cdot c^{1/2} / mm^2$ для кабелей до 10 кВ

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} = \frac{I_{K2} \cdot \sqrt{t_z + t_\theta + T_a}}{C_T} = \frac{4,5 \cdot \sqrt{1,0 + 0,03 + 0,009}}{90} \cdot 1000 \approx 51 mm^2 < AC70$$

$$\text{где } T_a = \frac{X_{сум.К2}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{сум.К2}} = \frac{19,96}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 7} = 0,009 c. \text{ Линия выбрана верно.}$$

Таблица 14 - Марки и сечения питающих кабелей выбранные по термической стойкости к токам КЗ.

№	Назначение линии	Количество	Расчётная нагрузка на один кабель		Длина линии, км*	Способ прокладки	Поправочный коэффициент прокладки кабеля	сечения выбранные по условию допустимого нагрева $S, \text{мм}^2$	Допустимая нагрузка на один кабель	
			в нормальном режиме $I_n, \text{А}$	в аварийном режиме $I_n / \alpha \text{с}, \text{А}$					в нормальном режиме $I_{доп}, \text{А}$	в аварийном режиме $1,3 I_{доп}, \text{А}$
1	ГПП – ТП 1	2	91,7	183,4	0,3	По кабельной эстакаде	1	АВБбШв-ХЛ-3х95-6	190	247
2	ГПП – ТП 2	2	58,8	117,6	0,55	По кабельной эстакаде	1	АВБбШв-ХЛ-3х95-6	190	247
3	ГПП – ТП 3	2	91,7	183,4	0,6	По кабельной эстакаде	1	АВБбШв-ХЛ-3х95-6	190	247
4	ГПП – ТП 4	2	91,7	91,7	1,8	По опорам	1	АС-120/19	390	507
5	ГПП – ТП 5	2	37,3	74,7	1,0	По опорам	1	АС-70/11	265	344,5
6	ГПП – ТП 6	1	5,9	5,9	0,7	По опорам	1	АС-70/11	265	344,5
7	ГПП – ТП 9	2	37,3	74,7	0,35	По кабельной эстакаде	1	АВБбШв-ХЛ-3х95-6	190	247
8	ГПП - РПП 1	2	48,1	96,2	0,4	По кабельной эстакаде	1	КШВЭБбШв-6 3х35+1х10	135	175,5
9	ГПП - ЦПП 2	2	157,4	314,7	1,45	По кабельной эстакаде	1	КШВЭБбШв-6 3х120+1х35	300	390
10	ГПП - ЦПП 3	2	264,0	528,1	2,75	По кабельной эстакаде	1	КШВЭБбШв-6 3х240+1х35	460	598
11	ГПП - ПС 6/6/0,4	2	326,8	653,6	5,7	По опорам	1	АС-185/29	510	663

8. Выбор схемы и конструктивное выполнение внутрицехового электроснабжения до 1кВ

Сети на напряжение до 1 кВ подразделяются на питающие (прокладываемые от трансформаторной подстанции или вводного устройства до силовых пунктов) и распределительные, к которым присоединяются ЭП. Питающие и распределительные сети могут быть выполнены по радиальным, магистральным и смешанным схемам.

Радиальные схемы наиболее часто используются для питания отдельных относительно мощных ЭП, а также в случаях, когда мелкие по мощности ЭП распределяются по площади не равномерно и сосредоточены группами на отдельных участках. К достоинствам радиальных схем относится высокая надежность питания (выход из строя одной линии не сказывается на работе потребителей, питающихся от других линий), а также возможность автоматизации переключений и защиты.

Магистральные схемы применяются для питания ЭП, обслуживающих один агрегат и связанных единым технологическим процессом, когда прекращение питания любого из этих ЭП вызовет необходимость прекращения работы всего технологического агрегата. Магистральные схемы находят широкое применение для питания большого числа мелких ЭП, распределенных относительно равномерно по площади цеха.

Конструктивно сети цеха выполняются:

- питающие сети – кабелем, проложенным на лотках на высоте 3 м;
- распределительные сети – проводами, проложенными в полу в стальных трубах, а также на лотках.

Питание ЭП осуществляется от силовых шкафов Щ-1 снабженными автоматическими выключателями на входе и на отходящих линиях. Распределительные пункты (шкафы) устанавливаются в специально отведенном помещении РП, удобных для обслуживания, крепятся на полу.

Расположение отдельных питающих пунктов в цехе ГШО не целесообразно ввиду небольшой площади цеха.

8.1 Выбор трансформатора для цеха ГШО.

Питания цеха осуществляется от комплектной трансформаторной подстанции КТП/Т К-К 1000 кВА. Подстанции трансформаторные комплектные (далее КТП) предназначены для приема, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного тока частотой 50 Гц в системах с заземленной нейтралью трансформатора на стороне низкого напряжения и применяются для электроснабжения городских и сельскохозяйственных потребителей, отдельных населенных пунктов и промышленных объектов. Все трансформаторные подстанции вынесены за пределы воздействия взрывопожароопасной зоны.

В качестве силового трансформатора примем ТМГ21 1000/6

Таблица 15 - Характеристики силовых трансформаторов КТП

Модель трансформатора	Мощность, кВА	U _k , %	P _о , Вт	P _{кз} , Вт	Схема и группа соединения обмоток	I _о , %
ТМГ21 1000/6	1000	5,5	11600	7600	Д/Ун-11	2

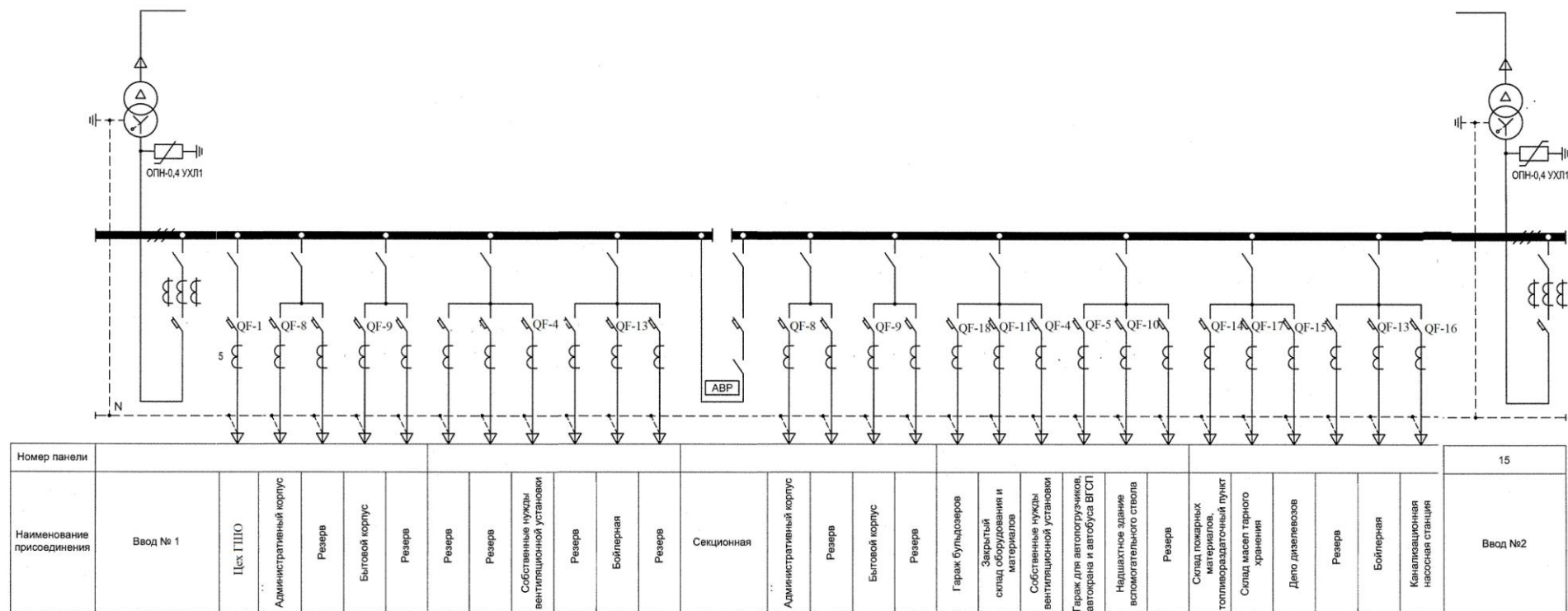


Рисунок 7 – Электрическая принципиальная схема КТП/Т К-К 1000 кВА

8.2. Выбор схемы и конструктивное выполнение внутрицехового электроснабжения до 1кВ

Сети на напряжение до 1 кВ подразделяются на питающие (прокладываемые от трансформаторной подстанции или вводного устройства до силовых пунктов) и распределительные, к которым присоединяются ЭП. Питающие и распределительные сети могут быть выполнены по радиальным, магистральным и смешанным схемам.

Радиальные схемы наиболее часто используются для питания отдельных относительно мощных ЭП, а также в случаях, когда мелкие по мощности ЭП распределяются по площади не равномерно и сосредоточены группами на отдельных участках. К достоинствам радиальных схем относится высокая надежность питания (выход из строя одной линии не сказывается на работе потребителей, питающихся от других линий), а также возможность автоматизации переключений и защиты.

Магистральные схемы применяются для питания ЭП, обслуживающих один агрегат и связанных единым технологическим процессом, когда прекращение питания любого из этих ЭП вызовет необходимость прекращения работы всего технологического агрегата. Магистральные схемы находят широкое применение для питания большого числа мелких ЭП, распределенных относительно равномерно по площади цеха.

Конструктивно сети цеха выполняются:

- питающие сети – кабелем, проложенным на лотках на высоте 3 м;
- распределительные сети – проводами, проложенными в полу в стальных трубах, а также на лотках.

Питание ЭП осуществляется от силовых шкафов Щ-1 снабженными автоматическими выключателями на входе и на отходящих линиях. Распределительные пункты (шкафы) устанавливаются в специально отведенном помещении РП, удобных для обслуживания, крепятся на полу. Расположение отдельных питающих пунктов в цехе ГШО не целесообразно ввиду небольшой площади цеха.

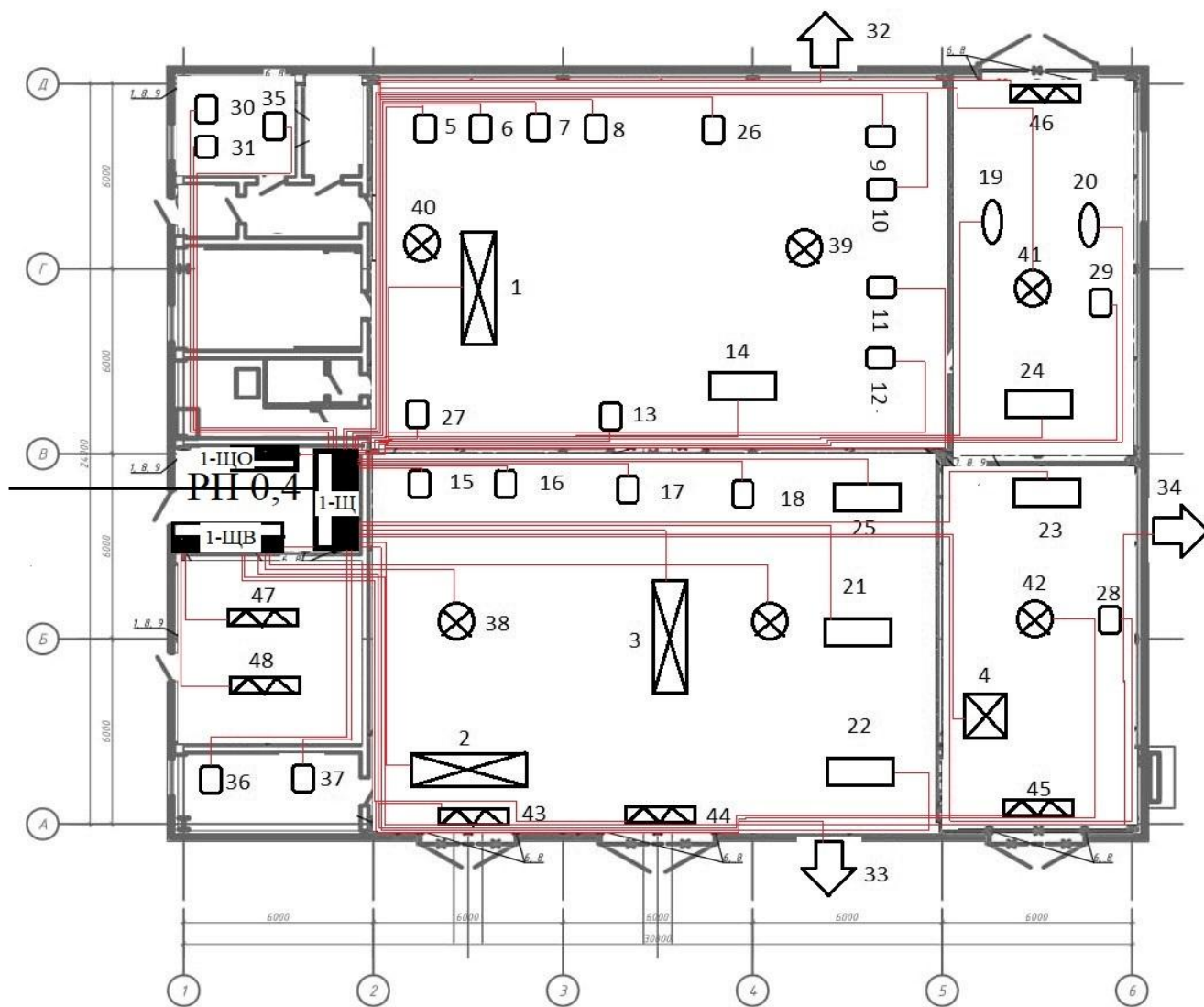


Рисунок 8 – Схема питающей и распределительной сети цеха ГШО.

Таблица 16 - Расчет нагрузок РП цеха ГШО

1	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		$t = P_{н, max} / P_{н, min}$	Коэффициент использования K_n	$\cos \varphi / \tan \varphi$		Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число ЭП n_e	Коэффициент максимума K_m	Максимальная нагрузка			Расчетные токи
			одного ЭП (наименьшего, наибольшего) P_n , кВт	общая P_n , кВт					$P_{см} = K_n \cdot P_n$, кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \tan \varphi$, кВАр			$P_M = K_M \cdot P_{см}$, кВт	$Q_M = Q_{см}$ при $n_3 > 10$, $Q_M = 1,1 Q_{см}$ при $n_3 \leq 10$, кВАр	$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
	Щит 1-Щ															
1	Кран мостовой	2	10,1	20,2		0,1	0,5	1,73	2,02	3,5						
2	Кран мостовой	1	16,5	16,5		0,1	0,5	1,73	1,65	2,86						
3	Таль электрическая	1	1,68	1,68		0,1	0,5	1,71	0,17	0,29						
4	Станок токарно-винторезный	1	6,67	6,67		0,14	0,5	1,74	0,93	1,62						
5	Станок токарно-винторезный	1	7,77	7,77		0,14	0,5	1,72	1,09	1,88						
7	Станок консольно-фрезерный	1	11	11		0,14	0,5	1,73	1,54	2,67						
8	Станок поперечно-строгальный	1	5,5	5,5		0,14	0,5	1,73	0,77	1,33						
9	Станок вертикально-сверлильный	1	1,5	1,5		0,14	0,5	1,71	0,21	0,36						
10	Станок точно-шлифовальный	1	7,5	7,5		0,14	0,5	1,73	1,05	1,82						
11	Станок ножовочный отрезной	1	2,2	2,2		0,14	0,5	1,71	0,31	0,53						
12	Станок вертикально-фрезерный	1	10,87	10,87		0,14	0,5	1,74	1,52	2,64						
13	Ножницы	1	5,5	5,5		0,14	0,5	1,73	0,77	1,33						
14	Пресс гидравлический	1	4	4		0,17	0,65	1,18	0,68	0,8						
15	Станок вертикально-сверлильный	2	0,55	1,1		0,14	0,5	1,80	0,15	0,27						
16	Станок точно-шлифовальный	2	7,5	15		0,14	0,5	1,73	2,1	3,64						
17	Установка маневровая	2	13	26		0,55	0,75	0,88	14,3	12,61						

18	Ванна промывочная	1	15	15		0,7	0,8	0,75	10,5	7,88						
19	Молот пневматический	1	7,5	7,5		0,24	0,65	1,17	1,8	2,1						
20	Горн кузнечный	1	0,37	0,37		0,5	0,75	0,84	0,19	0,16						
21	Установка для сушки	1	25	25		0,35	0,9	0,48	8,75	4,24						
22	Стол сварщика	1	1,1	1,1		0,3	0,8	0,76	0,33	0,25						
23	Вращатель сварочный	1	1	1		0,3	0,8	0,77	0,3	0,23						
24	Колонна для сварочного полуавтомата	1	0,37	0,37		0,3	0,8	0,73	0,11	0,08						
25	Трансформатор сварочный	1	26,6	26,6		0,3	0,4	2,29	7,98	18,28						
26	Полуавтомат сварочный	1	40	40		0,35	0,5	1,73	14	24,25						
27	Электроконвектор	2	1,5	3		0,8	1	0,00	2,4	0						
28	Агрегат пылеулавливающий	3	1,1	3,3		0,14	0,8	0,76	0,46	0,35						
29	Установка водоподготовки	1	0,1	0,1		1	0,95	0,30	0,1	0,03						
30	Электродотел	2	48	96		0,8	0,9	0,48	76,8	37,2						
31	Рабочее освещение ЦО	1	4,9	4,9		0,95	0,9	0,48	4,66	2,25						
32	Щиток ЩВ	1	356,96	356,96		0,8	0,8	0,75	285,57	214,18						
	Итого:	39		724,19		0,61	0,79	0,79	443,2	349,62	3	1	443,2	384,58	586,8	889,09
	Щит 1-ЩВ															
33	Приточная установка П1, П2	2	140,5	281		0,8	0,8	0,75	224,8	168,6						
34	Вентилятор В1	1	1,1	1,1		0,8	0,8	0,75	0,88	0,66						
35	Вентилятор В2, В10	2	0,18	0,36		0,8	0,8	0,75	0,29	0,22						
36	Вентилятор В3, В12	2	0,02	0,03		0,8	0,8	1	0,02	0,02						
37	Вентилятор В4...В9	6	0,4	2,4		0,8	0,8	0,75	1,92	1,44						
38	Вентилятор В11	1	0,07	0,07		0,8	0,8	0,75	0,06	0,04						
39	Тепловая завеса У1...У4	4	18	72		0,8	0,8	0,75	57,6	43,2						
	Итого:	18		356,96		0,8			285,57	214,18	3	1	285,57	235,59	370,21	560,92

8.3 Выбор автоматических выключателей.

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для автоматического отключения электрических цепей при коротких замыканиях (КЗ) или ненормальных режимах (перегрузках, снижении или исчезновении напряжения), а также для нечастого включения и отключения токов нагрузки. Отключение выключателя при КЗ и перегрузках выполняется встроенным в выключатель автоматическим устройством – расцепителем. Автомат может иметь комбинированный расцепитель (электромагнитный и тепловой), полупроводниковый максимальный расцепитель или только электромагнитный расцепитель, отключающий ток КЗ.

Предварительный выбор автоматических выключателей производится по следующим условиям:

1. $I_{ном. АВ} \geq K_{зап} I_{длит}$;
2. $I_{ном. тепл} \geq K_{зап} I_{длит}$
3. $I_{ном. э.о.} \geq 1,5 I_{пуск}$,

где $I_{ном. АВ}$ - номинальный ток автоматического выключателя;

$I_{ном. тепл}$ - номинальный ток теплового расцепителя;

$I_{ном. э.о.}$ - ток срабатывания (ток уставки) электромагнитного расцепителя;

$I_{длит}$ - длительный максимальный рабочий ток линии (расчетный – для группы ЭП и номинальный для отдельного ЭП);

$I_{пуск}$ - пусковой ток ЭП;

$K_{зап}$ - коэффициент запаса, при защите одиночного ЭП $K_{зап} = 1,15$;

Таблица 17 - Защитные аппараты для электроприёмников цеха

№ на плане	Наименование электроприёмника	P_n	$I_{длит}$	$I_{пуск}$	$1,15 \cdot I_{длит}$	$1,5 \cdot I_{пуск}$	Тип авт. выкл.	$\frac{I_{н. АВ}}{TBX}$
		кВт	А	А	А	А		
1	Кран мостовой	10,1	31,3	172,0	36,0	258,0	IC60N 3P	40/C
2	Кран мостовой	16,5	51,1	281,0	58,7	421,4	IC60N 3P	63/C
3	Таль электрическая	1,68	5,2	28,6	6,0	42,9	IC60N 3P	8/C
4	Станок токарно-винторезный	6,67	20,7	113,6	23,7	170,4	IC60N 3P	25/C
5	Станок токарно-винторезный	7,77	24,1	132,3	27,7	198,5	IC60N 3P	32/C

7	Станок консольно-фрезерный	11	34,1	187,3	39,2	281,0	IC60N 3P	40/C
8	Станок поперечно-строгальный	5,5	17,0	93,7	19,6	140,5	IC60N 3P	20/C
9	Станок вертикально-сверлильный	1,5	4,6	25,5	5,3	38,3	IC60N 3P	6/C
10	Станок точильно-шлифовальный	7,5	23,2	127,7	26,7	191,6	IC60N 3P	32/C
11	Станок ножовочный отрезной	2,2	6,8	37,5	7,8	56,2	IC60N 3P	8/C
12	Станок вертикально-фрезерный	10,87	33,7	185,1	38,7	277,6	IC60N 3P	40/C
13	Ножницы	5,5	17,0	93,7	19,6	140,5	IC60N 3P	20/C
14	Пресс гидравлический	4	9,5	52,4	11,0	78,6	IC60N 3P	13/C
15	Станок вертикально-сверлильный	0,55	1,7	9,4	2,0	14,0	IC60N 3P	3/C
16	Станок точильно-шлифовальный	7,5	23,2	127,7	26,7	191,6	IC60N 3P	32/C
17	Установка маневровая	13	26,8	147,6	30,9	221,4	IC60N 3P	32/C
18	Ванна промывочная	15	29,0	159,6	33,4	239,5	IC60N 3P	40/C
19	Молот пневматический	7,5	17,9	98,2	20,5	147,4	IC60N 3P	25/C
20	Горн кузнечный	0,37	0,8	4,2	0,9	6,3	IC60N 3P	2/C
21	Установка для сушки	25	43,0	236,5	49,4	354,7	IC60N 3P	50/C
22	Стол сварщика	1,1	2,1	11,7	2,4	17,6	IC60N 3P	3/C
23	Вращатель сварочный	1	1,9	10,6	2,2	16,0	IC60N 3P	3/C
24	Колонна для сварочного полуавтомата	0,37	0,7	3,9	0,8	5,9	IC60N 3P	2/C
25	Трансформатор сварочный	26,6	102,9	566,2	118,4	849,3	C120N 3P	120/C
26	Полуавтомат сварочный	40	123,8	681,1	142,4	1021,7	C120N 3P	145/C
27	Электроконвектор	1,5	2,3	12,8	2,7	19,2	OPN n Vigi 30 mA	3
28	Агрегат пылеулавливающий	1,1	2,1	11,7	2,4	17,6	IC60N 3P	3/C
29	Установка водоподготовки	0,1	0,2	0,9	0,2	1,3	IC60N 3P	3/C
30	Электрокотел	48	82,6	454,1	94,9	681,1	NSX100B Micrologic 2	100
31	Рабочее освещение ЦО	4,9	8,4	46,4	9,7	69,5	IC60N 3P	10/C
32	Щиток ЩВ	-----	560.92	-----	560.92	-----	NSX630B Micrologic 2	630
33	Приточная установка П1, П2	140,5	271,9	1495,3	312,6	2242,9	NSX350B Micrologic 2	360
34	Вентилятор В1	1,1	2,1	11,7	2,4	17,6	GV2ME08	6
35	Вентилятор В2, В10	0,18	0,3	1,9	0,4	2,9	GV2ME08	0.63
36	Вентилятор В3, В12	0,02	0,0	0,2	0,0	0,3	GV2ME08	1.6
37	Вентилятор В4...В9	0,4	0,8	4,3	0,9	6,4	GV2ME08	1.6
38	Вентилятор В11	0,07	0,1	0,7	0,2	1,1	GV2ME08	1.6
39	Тепловая завеса У1...У4	18	34,8	191,6	40,1	287,3	IC60N 3P	40/C

Аппараты защиты для РУ 0,4 кВ по условию:

$$I_{ном. АВ} \geq K_{зап} I_{длит}$$

$$I_{ном. тепл} \geq K_{зап} I_{длит}$$

$$I_{ном. э.о} \geq 1,25 I_{пик},$$

$$\text{где } I_{пик} = I_{п max} + (I_p - K_n \cdot I_{н max})$$

Таблица 18- Аппараты защиты РУ-0,4кВ

Наименование присоединения	Место установки защитного аппарата	Обозначение на схеме (рисунок 8)	$I_{длит}=I_{расч}$	$I_{1,1} \cdot I_{длит}$	$I_{1,25} \cdot I_{ник}$	Тип авт.выкл.	$\frac{I_n \cdot AB}{TBX}$
			A	A	A		
собственные нужды вентиляционной установки	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-4	21,4	23,6	54,2	IC60N 3P	32/B
гараж автопогрузчиков, автокрана и автобуса ВГСП	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-5	5,5	6,0	13,8	IC60N 3P	32/B
административный корпус	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-8	75,9	83,5	192,0	EasyPact EZC 3P	100/N
бытовой корпус	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-9	89,4	98,4	226,3	EasyPact EZC 3P	100/N
надшахтное здание вспомогательного ствола	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-10	61,1	67,2	154,5	EasyPact EZC 3P	100/N
закрытый склад оборудования и материалов	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-11	44,0	48,4	111,4	IC60N 3P	63/B
открытый склад оборудования и материалов	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-12	32,2	35,4	81,5	IC60N 3P	40/B
бойлерная	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-13	24,9	27,3	62,9	IC60N 3P	32/B
склад пожарных материалов	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-14	19,4	21,3	49,1	IC60N 3P	32/B
депо дизелевозов	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-15	18,3	20,1	46,3	IC60N 3P	32/B
канализационная насосная станция	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-16	9,7	10,7	24,5	IC60N 3P	32/B
склад масел тарного хранения	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-17	7,6	8,3	19,2	IC60N 3P	32/B
гараж бульдозеров	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-18	5,5	6,0	13,8	IC60N 3P	32/B
Цех ГШО	РУ-0,4кВ КТП/Т К-К	QF-1	890	979	2450	Masterpact MTZ 3P	1000/2530

В качестве распределительного пункта в цеху ГШО примем шкаф фирмы «Коралайн Инжиниринг»

Основные характеристики:

1. Щит 1-Щ защищенный, степень защиты оболочки IP54.
2. Исполнение напольное.
3. Подвод кабелей снизу.
4. Номинальный ток сборных шин 1000 А.
5. Ток электродинамической стойкости 25 кА.
7. Крепление щита к полу болтовое.

8.3.1 Выбор вводного и секционного оборудования РУ 0,4 кВ КТП/Т К-К/

Таблица 19 – Выбор вводной защитной аппаратуры

Расчетные данные	Каталожные данные
	MVS32H3MF2L
U = 0,4 кВ	U _{НОМ} = 0,4 кВ
$I_{H.PACЦ} \geq I_{ДЛ} = I_{НОМ.ТП} = \frac{2S_{H.ТП}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = 3030 A$	I _{НОМ} = 3200 А
$I_{КЗ} \geq 1,25I_{KP} =$ $= 1,25(I_{ПУСК.НАИБ} + (\sum I_P - k_H \cdot I_{НОМ.НАИБ})) = 4810 A$	I _{КЗ} = 4820 А

Таблица 20 – Выбор секционной защитной аппаратуры

Расчетные данные	Каталожные данные
	MVS20H3MF2L
U = 0,4 кВ	U _{НОМ} = 0,4 кВ
$I_{H.PACЦ} \geq I_{ДЛ} = I_{НОМ.ТП} = \frac{S_{H.ТП}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = 1545 A;$	I _{НОМ} = 2000 А
$I_{КЗ} \geq 1,25I_{KP} =$ $= 1,25(I_{ПУСК.НАИБ} + (\sum I_P - k_H \cdot I_{НОМ.НАИБ})) = 2753 A$	I _{КЗ} = 3000 А

8.4 Выбор сечений проводов распределительной сети

Выбор сечений проводников питающей сети цеха будем производить из условий допустимой нагрузки и допустимой потери напряжения.

Выбор сечения проводника по условию допустимого нагрева при длительном протекании расчетного тока нагрузки I_m определяется из условия

$$I_{доп} \geq \frac{I_m}{k_{прокл}}.$$

Кроме того, сечение проводника должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию

$$I_{доп} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}},$$

где $k_{прокл}$ - поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей;

k_z - коэффициент защиты или кратность защиты; I_z - номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата, А.

Проверка выбранного сечения проводника по допустимой потере напряжения выполняется из условия

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l \leq \Delta U_{доп\%} = 5\%,$$

где $\Delta U_{p\%}$ - расчетные потери напряжения;

ΔU_o - потери напряжения на 1 А·км, %;

l – длина линии;

$\Delta U_{доп\%}$ - допустимая потеря напряжения.

В качестве силового кабеля примем кабель ВВГ-нг-LS - кабель с медными жилами, в изоляции и оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной пожарной опасности, с пониженным дымовыделением.

Условие выбора проводников:

$$I_p = I_{\text{дл.}} \leq I_{\text{доп}};$$

для линии РП 0,4 – 1-Щ:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_M}{k_{\text{прокл}}} = \frac{890}{1} = 890 \text{ A},$$

где $k_{\text{прокл}} = 1$ при способе прокладки кабеля в кабельном канале.

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 1000}{1} = 1000 \text{ A},$$

где, $I_3 = I_{\text{ном.расц}} = 1000 \text{ A}$ $k_3 = 1$ [5].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям.

Принимаем кабель марки ВВГнг(А)-LS 3(4х185) $I_{\text{доп}} = 1191 \text{ A}$.

Проверка выбранного сечение на допустимую потерю напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l = 0,0578 \cdot 0,068 \cdot 100 = 0,6\% < \Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%,$$

где $\Delta U_o = 0,0578 \frac{\%}{\text{A} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,79$ [4].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.

Окончательно принимаем сечение и марку кабеля ВВГнг(А)-LS 3(4х185) .

для линии 1-Щ- 1-ЩО:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_M}{k_{\text{прокл}}} = \frac{8,4}{1} = 8,4 \text{ A},$$

где $k_{\text{прокл}} = 1$ при способе прокладки кабеля в кабельном канале.

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 10}{1} = 10 \text{ A},$$

где, $I_3 = I_{\text{ном.расц}} = 10 \text{ A}$ $k_3 = 1$ [5].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям.

Принимаем кабель марки ВВГнг(А)-LS 5х4 $I_{\text{доп}} = 36 \text{ A}$.

Проверка выбранного сечение на допустимую потерю напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l = 1,92 \cdot 0,013 \cdot 100 = 2,5\% < \Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%,$$

где $\Delta U_o = 1,92 \frac{\%}{\text{A} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,9$ [4].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.

Окончательно принимаем сечение и марку кабеля ВВГнг(А)-LS 5х4 .

для линии 1-Щ- 1-ЩВ:

$$I_{доп} \geq \frac{I_M}{k_{прокл}} = \frac{560.92}{1} = 560.92 A ,$$

где $k_{прокл} = 1$ при способе прокладки кабеля в кабельном канале.

$$I_{доп} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}} = \frac{1 \cdot 630}{1} = 630 A ,$$

где, $I_3 = I_{ном.расц} = 630 A$ $k_3 = 1$ [5].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям.

Принимаем кабель марки ВВГнг(А)-LS 2(5х150) $I_{доп} = 692 A$.

Проверка выбранного сечение на допустимую потерю напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l = 0,0664 \cdot 0,014 \cdot 100 = 0,1\% < \Delta U_{доп\%} = 5\% ,$$

где $\Delta U_o = 0,0664 \frac{\%}{A \cdot км}$ при $\cos \varphi = 0,8$ [4].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.

Окончательно принимаем сечение и марку кабеля ВВГнг(А)-LS 2(5х150) .

Таблица 21 - Сечения линий питающей сети цеха ГШО

№ п/п	Назначение участка (линии) питающей сети	Расчетный ток I_p , А	Длина линии L , км*	Способ прокладки	Коэффициент прокладки, K	Марка кабеля	Сечение, выбранное из условия допустимого напряжения $S_{\text{доп}}$, мм ²	Допустимый ток $I_{\text{доп}}$, А	Сечение, выбранное по условиям допустимой потери напряжения S_{AU} , мм ²	cosφ	Потери напряжения на 1 А·км, ΔU ₀ , %	Расчетные потери напряжения Δup, %	Принятое сечение и марка участка питающей сети
1	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	РП 0,4 – 1-Щ	890	0,068	По кабельной эстакаде	1	ВВГнг(А)-LS	3(4х185)	1000	3(4х185)	0,79	0,0578	0,6	ВВГнг(А)-LS 3(4х185)
2	1-Щ – 1-ЩО	8,4	0,013	По кабельному каналу	1	ВВГнг(А)-LS	(5х4)	10	(5х4)	0,9	1,92	2,5	ВВГнг(А)-LS (5х4)
3	1-Щ – 1-ЩВ	560,92	0,014	По кабельному каналу	1	ВВГнг(А)-LS	2(5х150)	630	2(5х150)	0,8	0,0664	0,1	ВВГнг(А)-LS 2(5х150)

Таблица 22 - Выбор распределительной сети цеха

Приёмник				Ответвление к ЭП			Предохранитель	
№ на плане цеха	Наименование электроприёмника	P _н , кВт	I _p , А	Сечение жил кабеля ВВГнг(А)-LS, мм ²	Сп прокл.	Длина, м	Тип авт.выкл.	Ин.АВ/Ином. ЭО, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Кран мостовой	10,1	31,3	(4x10)	Кабельный канал	23,0	IC60N 3P	40/C
2	Кран мостовой	10,1	31,3	(4x10)		27,3	IC60N 3P	40/C
3	Кран мостовой	16,5	51,1	(4x16)		32,9	IC60N 3P	63/C
4	Таль электрическая	1,68	5,2	(5x1,5)		87,7	IC60N 3P	8/C
5	Станок токарно-винторезный	6,67	20,7	(5x4)		87,7	IC60N 3P	25/C
6	Станок токарно-винторезный	7,77	24,1	(5x6)		48,4	IC60N 3P	32/C
7	Станок консольно-фрезерный	11	34,1	(5x10)		92,1	IC60N 3P	40/C
8	Станок поперечно-строгальный	5,5	17,0	(5x2,5)		81,3	IC60N 3P	20/C
9	Станок вертикально-сверлильный	1,5	4,6	(5x1,5)		66,3	IC60N 3P	6/C
10	Станок точно-шлифовальный	7,5	23,2	(5x6)		54,1	IC60N 3P	32/C
11	Станок ножовочный отрезной	2,2	6,8	(5x1,5)		47,9	IC60N 3P	8/C
12	Станок вертикально-фрезерный	10,9	33,7	(5x10)		12,2	IC60N 3P	40/C
13	Ножницы	5,5	17,0	(5x2,5)		31,0	IC60N 3P	20/C
14	Пресс гидравлический	4	9,5	(5x21,5)		25,4	IC60N 3P	13/C
15	Станок вертикально-сверлильный	0,55	1,7	(5x1,5)		25,4	IC60N 3P	3/C
16	Станок вертикально-сверлильный	0,55	1,7	(5x1,5)		34,3	IC60N 3P	3/C
17	Станок точно-шлифовальный	7,5	23,2	(5x6)		34,3	IC60N 3P	32/C
18	Станок точно-шлифовальный	7,5	23,2	(5x6)		51,2	IC60N 3P	32/C
19	Установка маневровая	13	26,8	(5x6)	Кабельный канал	51,2	IC60N 3P	32/C
20	Установка маневровая	13	26,8	(5x6)		66,3	IC60N 3P	32/C
21	Ванна промывочная	15	29,0	(5x10)		66,3	IC60N 3P	40/C
22	Молот пневматический	7,5	17,9	(5x4)		26,8	IC60N 3P	25/C
23	Горн кузнечный	0,37	0,8	(5x1,5)		46,1	IC60N 3P	2/C
24	Установка для сушки	25	43,0	(5x16)		66,3	IC60N 3P	50/C
25	Стол сварщика	1,1	2,1	(5x1,5)		26,8	IC60N 3P	3/C
26	Вращатель сварочный	1	1,9	(5x1,5)		46,1	IC60N 3P	3/C
27	Колонна для сварочного полуавтомата	0,37	0,7	(5x16)		65,3	IC60N 3P	63/378
28	Трансформатор сварочный	26,6	102,9	(5x50)		85,5	C120N 3P	120/C
29	Полуавтомат сварочный	40	123,8	(5x50)		43,2	C120N 3P	145/C
30	Электроконвектор	1,5	2,3	(3x1,5)		32,0	OPN n Vigi 30 mA	3
31	Электроконвектор	1,5	2,3	(3x1,5)		83,2	OPN n Vigi 30 mA	3
32	Агрегат пылеулавливающий	1,1	2,1	(5x1,5)		17,9	IC60N 3P	3/C
33	Агрегат пылеулавливающий	1,1	2,1	(5x1,5)		24,0	IC60N 3P	3/C
34	Агрегат пылеулавливающий	1,1	2,1	(5x1,5)		33,4	IC60N 3P	3/C
35	Установка водоподготовки	0,1	0,2	(5x1,5)		18,8	IC60N 3P	3/C
36	Электрочотел	48	82,6	(5x35)		16,5	NSX100B Micrologic 2	100
37	Электрочотел	48	82,6	(5x35)		73,8	NSX100B Micrologic 2	100

38	Рабочее освещение ЩО	4,9	8,4	(5x1,5)		58,3	IC60N 3P	10/C
39	Приточная установка П1	140,5	271,9	(5x150)		48,4	NSX300B Micrologic 2	300
40	Приточная установка П2	140,5	271,9	(5x150)		37,1	NSX300B Micrologic 2	300
41	Вентилятор В1	1,1	2,1	(4x1,5)		23,0	GV2ME08	6
42	Вентилятор В2	0,18	0,3	(4x1,5)		20,7	GV2ME08	0.63
43	Вентилятор В10	0,18	0,3	(4x1,5)		50,8	GV2ME08	0.63
44	Вентилятор В3	0,02	0,019	(4x1,5)		77,1	GV2ME08	1.6
45	Вентилятор В12	0,02	0,001	(4x1,5)		98,2	GV2ME08	1.6
46	Вентилятор В4	0,4	0,8	(4x1,5)		72,9	GV2ME08	1.6
47	Вентилятор В5	0,4	0,8	(4x1,5)		52,6	GV2ME08	1.6
48	Вентилятор В6	0,4	0,8	(4x1,5)		21,6	GV2ME08	1.6
49	Вентилятор В7	0,4	0,8	(4x1,5)		43,2	GV2ME08	1.6
50	Вентилятор В8	0,4	0,8	(4x1,5)		21,6	GV2ME08	1.6
51	Вентилятор В9	0,4	0,8	(4x1,5)		23,0	GV2ME08	1.6
46	Вентилятор В11	0,07	0,1	(4x1,5)		72,9	GV2ME08	1.6
47	Тепловая завеса У1	18	34,8	(5x35)		52,6	IC60N 3P	80/C
48	Тепловая завеса У2	18	34,8	(5x35)		21,6	IC60N 3P	80/C
49	Тепловая завеса У3	18	34,8	(5x35)		43,2	IC60N 3P	80/C
50	Тепловая завеса У4	18	34,8	(5x35)		21,6	IC60N 3P	80/C

8.5 Расчет питающей и распределительной сети по условию допустимой потери напряжения.

Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонений напряжения выполняем для цепочки линий от шин ГПП до зажимов наиболее мощного электроприемника.

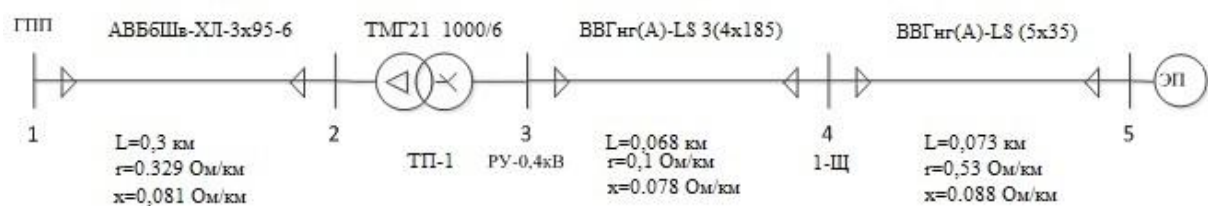


Рисунок 9- Участок сети для расчета потерь напряжения и построения эпюры отклонений напряжения

Расчет потерь напряжений в различных элементах выбранной цепочки производим по нижеприведенным формулам.

Для трансформатора

$$\Delta U_m \% = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2),$$

где $\beta_m = \frac{S_{\text{фактич}}}{S_{\text{н.тр.}}}$ – фактический коэффициент загрузки цехового

трансформатора; $S_{\text{фактич}}$ – фактическая нагрузка одного трансформатора, кВА;

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

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

цехового трансформатора, %; $\Delta P_{\text{кз}}$ – потери активной мощности при КЗ, кВт;

$U_p = \sqrt{(U_k)^2 - (U_a)^2}$ – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %; U_k – напряжение короткого замыкания, %;

$\cos \varphi_2$ и $\sin \varphi_2$ – коэффициент мощности вторичной нагрузки трансформатора и соответствующий ему $\sin \varphi_2$.

Для линии

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_i^2},$$

где P и Q – соответственно величины активной и реактивной мощностей, передаваемых по расчетному участку в рассматриваемом режиме, кВт и кВар; R и X – активное и индуктивное сопротивления данного участка сети, Ом; U_i – напряжение на данном участке сети (в начале участка), кВ. При расчете максимального и минимального режимов учитываем мощность двух трансформаторов КТП.

8.5.1 Расчет максимального режима

Участок 1-2:

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

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,329 \cdot 0,3 = 0,0987 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,081 \cdot 0,3 = 0,0243 \text{ Ом};$$

$$P_1 = 810 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 135 \text{ кВар};$$

С учетом компенсации реактивной мощности.

$$\Delta U_{12} = \frac{810 \cdot 0,0987 + 125 \cdot 0,0243}{10 \cdot 6,6^2} = 0,19\%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{12} = 0,19 \cdot \frac{6,6}{100} = 0,013 \text{ кВ};$$

$$U_2 = 6,6 - 0,013 = 6,587 \text{ кВ};$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_m = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa}}{2S_{н.тр.}} \cdot 100\% = \frac{7,6}{2000} \cdot 100\% = 0,38\%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 0,38^2} = 5,4\%$$

$$\beta_m = \frac{S_{фактич}}{2S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{2S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{810^2 + 135^2}}{2 \cdot 1000} = \frac{868}{2000} = 0,434;$$

Потери мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_{факт} = 0,02 \cdot 868 = 17,36 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot S_{факт} = 0,1 \cdot 868 = 86,8 \text{ кВар}$$

Вторичная нагрузка трансформатора:

$$P_{вторич} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 810 - 17,36 = 792,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{вторич} = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 135 - 86,8 = 48,2 \text{ кВар};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{P_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = \frac{792,6}{\sqrt{792,6^2 + 48,2^2}} = 0,998$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{Q_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = \frac{48,2}{\sqrt{792,6^2 + 48,2^2}} = 0,06; .$$

Тогда

$$\begin{aligned} \Delta U_m \% &= \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2) = \\ &= 0,434 (0,38 \cdot 0,998 + 5,4 \cdot 0,06) + \frac{0,434^2}{200} (0,38 \cdot 0,06 - 5,4 \cdot 0,998) = 0,29\%; \end{aligned}$$

$$\Delta U_m = 0,29 \cdot \frac{6,568}{6,6} = 0,019 \text{ кВ};$$

$$U_3' = 6,587 - 0,019 = 6,568 \text{ кВ};$$

$$U_3 = 0,4 \cdot \frac{6,568}{6,6} = 0,398 \text{ кВ};$$

Участок 3-4:

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

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,1 \cdot 0,068 = 0,0068 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,078 \cdot 0,068 = 0,005 \text{ Ом}$$

$$P_{34} = 443,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{34} = 384,5 - 240 = 144,5 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{34} = \frac{443,2 \cdot 0,0068 + 144,5 \cdot 0,005}{10 \cdot (0,398)^2} = 2,36\%;$$

$$\text{Или : } \Delta U_{34} = 2,36 \cdot \frac{0,398}{100} = 0,009 \text{ кВ};$$

$$U_4 = 0,398 - 0,009 = 0,389 \text{ кВ};$$

Участок 4-5:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45}R_{45} + Q_{45}X_{45}}{10U_4^2};$$

$$R_{45} = r_{045} \cdot L_{45} = 0,53 \cdot 0,073 = 0,039 \text{ Ом};$$

$$X_{45} = x_{045} \cdot L_{45} = 0,088 \cdot 0,073 = 0,006 \text{ Ом};$$

$$P_{45} = P_{\text{наст.ЭП}} = 48 \text{ кВт};$$

$$Q_{45} = P_{\text{наст.ЭП}} \cdot \tan \varphi = 48 \cdot 0,48 = 23,04 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{45} = 1,33\%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{45} = 0,003 \text{ кВ};$$

$$U_5 = 0,389 - 0,003 = 0,386 \text{ кВ};$$

Отклонения напряжения:

$$\delta U_1 = 5\%;$$

$$\delta U_2 = \delta U_1 - \Delta U_{12} \% = 5 - 0,19 = 4,81\%;$$

$$\delta U_3 = \delta U_2 - \Delta U_m \% = 4,81 - 0,29 = 4,52\%;$$

$$\delta U_4 = \delta U_3 - \Delta U_{34} \% = 4,52 - 2,36 = 2,16\%;$$

$$\delta U_5 = \delta U_4 - \Delta U_{45} \% = 2,16 - 1,33 = 0,82\%;$$

Для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 10\%$. В данном случае условие выполняется.

8.5.2 Расчет минимального режима

Для определения потоков мощностей для минимального режима воспользуемся характерным суточным графиком электрических нагрузок для предприятий угольной промышленности:

$$P_{\min 12} = 0,71 \cdot P_{\max 12} = 0,71 \cdot 810 = 575,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min 12} = 0,85 \cdot Q_{\max 12} = 0,85 \cdot 135 = 114,7 \text{ кВар}$$

Далее:

Участок 1-2:

$$R_{12} = 0,0987 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = 0,0243 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{12} = 0,14\%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{12} = 0,14 \cdot \frac{6,6}{100} = 0,0092 \text{ кВ};$$

$$U_2 = 6,6 - 0,0092 = 6,5908 \text{ кВ};$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_m = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$U_a \% = 0,38\%$$

$$U_p \% = 5,4\%$$

$$\beta_m = \frac{S_{\text{фактич}}}{2S_{\text{н.тр.}}} = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{2S_{\text{н.тр.}}} = \frac{\sqrt{575,1^2 + 114,7^2}}{2 \cdot 1000} = 0,29;$$

Потери мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,02 \cdot S_{\text{факт}} = 0,02 \cdot 586 = 11,72 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,1 \cdot S_{\text{факт}} = 0,1 \cdot 586 = 58,6 \text{ кВар}$$

Вторичная нагрузка трансформатора:

$$P_{\text{вторич}} = P_{\min 12} - \Delta P_{\text{тр}} = 563,38 \text{ кВт};$$

$$Q_{вторич} = Q_{\min 12} - \Delta Q_{np} = 56,1 \text{ кВар};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{P_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = 0,995;$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{Q_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = 0,09; .$$

Тогда

$$\Delta U_m \% = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2) =$$

$$= 0,24\%;$$

$$\Delta U_m = 0,24 \cdot \frac{6,508}{100} = 0,016 \text{ кВ};$$

$$U_3' = 6,492 \text{ кВ};$$

$$U_3 = 0,4 \cdot \frac{6,492}{6,6} = 0,393 \text{ кВ};$$

Участок 3-4:

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

$$R_{34} = 0,0068 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = 0,005 \text{ Ом}$$

$$P_{34} = 443,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{34} = 144,5 \text{ кВар};$$

$$P_{\min 34} = 0,71 \cdot P_{\max 34} = 314,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 34} = 0,85 \cdot Q_{\max 34} = 122,8 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{34} = 1,78\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{34} = 1,78 \cdot \frac{0,393}{100} = 0,007 \text{ кВ};$$

$$U_4 = 0,386 \text{ кВ};$$

Участок 4-5:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} R_{45} + Q_{45} X_{45}}{10 U_4^2};$$

$$R_{45} = 0,039 \text{ Ом};$$

$$X_{45} = 0,006 \text{ Ом};$$

$$P_{45} = 48 \text{ кВт};$$

$$Q_{45} = 23,04 \text{ кВар};$$

$$P_{\min 45} = 0,71 \cdot P_{\max 45} = 34,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 45} = 0,85 \cdot Q_{\max 45} = 19,58 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{45} = 0,97\%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{45} = 0,97 \cdot \frac{0,386}{100} = 0,004 \text{ кВ};$$

$$U_5 = 0,382 \text{ кВ};$$

Отклонения напряжения:

$$\delta U_1 = 5\%;$$

$$\delta U_2 = \delta U_1 - \Delta U_{12} \% = 0 - 0,14 = -0,14\%;$$

$$\delta U_3 = \delta U_2 - \Delta U_m \% = -0,14 - 0,24 = -0,38\%;$$

$$\delta U_4 = \delta U_3 - \Delta U_{34} \% = -0,38 - 1,78 = -2,16\%;$$

$$\delta U_5 = \delta U_4 - \Delta U_{45} \% = -2,16 - 0,97 = -3,16\%;$$

Для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 10\%$. В данном случае условие выполняется.

8.5.3 Расчет послеаварийного режима

В качестве аварийного режима рассматривается выход из строя одного из трансформаторов подстанции ТП-1.

Так как допустимая перегрузка трансформатора – 40%, то:

$$P_{n/ав} = 1,4 \cdot P_{\max}, \text{ где}$$

$$Q_{n/ав} = 1,4 \cdot Q_{\max}$$

$$P_{\max} = 810 \text{ кВт};$$

$$Q_{\max} = 135 \text{ кВар};$$

$$P_{n/ав} = 1,4 \cdot 810 = 1134 \text{ кВт}$$

$$Q_{n/ав} = 1,4 \cdot 135 = 189 \text{ кВар}$$

Участок 1-2:

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

$$R_{12} = 0,0987 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = 0,0243 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{12} = 0,27\%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{12} = 0,27 \cdot \frac{6,6}{100} = 0,018 \text{ кВ};$$

$$U_2 = 6,582 \text{ кВ};$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_m = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{н.тр}} \cdot 100\% = \frac{7,6}{1000} \cdot 100\% = 0,76\%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 0,76^2} = 5,45\%$$

$$\beta_m = \frac{S_{фактич}}{S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{S_{н.тр.}} = 1,15;$$

Потери мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_{факт} = 0,02 \cdot 1149,6 = 23 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot S_{факт} = 0,1 \cdot 1149,6 = 114,96 \text{ кВар}$$

Вторичная нагрузка трансформатора:

$$P_{вторич} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 1111 \text{ кВт};$$

$$Q_{вторич} = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 74,04 \text{ кВар};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{P_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = 0,997$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{Q_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = 0,07; .$$

Тогда

$$\Delta U_m \% = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2) =$$

$$= 1,28\%;$$

$$\Delta U_m = 1,28 \cdot \frac{6,582}{100} = 0,084 \text{ кВ};$$

$$U_3' = 6,498 \text{ кВ};$$

$$U_3 = 0,4 \cdot \frac{6,498}{6,6} = 0,393 \text{ кВ};$$

Участок 3-4:

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

$$R_{34} = 0,0068 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = 0,005 \text{ Ом}$$

$$P_{34} = 443,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{34} = 144,5 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{34} = 3,08\%;$$

$$\text{Или : } \Delta U_{34} = 3,08 \cdot \frac{0,393}{100} = 0,012 \text{ кВ};$$

$$U_4 = 0,381 \text{ кВ};$$

Участок 4-5:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} R_{45} + Q_{45} X_{45}}{10 U_4^2};$$

$$R_{45} = 0,039 \text{ Ом};$$

$$X_{45} = 0,006 \text{ Ом};$$

$$P_{45} = 48 \text{ кВт};$$

$$Q_{45} = 23,04 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{45} = 1,76\%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{45} = 1,76 \cdot \frac{0,381}{100} = 0,006 \text{ кВ};$$

$$U_5 = 0,375 \text{ кВ};$$

Отклонения напряжения:

$$\delta U_1 = 5\%;$$

$$\delta U_2 = \delta U_1 - \Delta U_{12} \% = 5 - 0,27 = 4,73\%;$$

$$\delta U_3 = \delta U_2 - \Delta U_m \% = 4,73 - 1,28 = 3,45\%;$$

$$\delta U_4 = \delta U_3 - \Delta U_{34} \% = 3,45 - 3,08 = 0,37\%;$$

$$\delta U_5 = \delta U_4 - \Delta U_{45} \% = 0,37 - 1,76 = -1,32\%;$$

Для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 10\%$. В данном случае условие выполняется.

Результаты расчетов и данные для построения эпюры отклонений напряжения представлены в таблице 23.

Таблица 23 - Расчетные данные для построения эпюры отклонений напряжения

Участок	1-2	2-3	3-4	4-5
Потери напряжения, %:				
максимальный	0,19	0,29	2,36	1,33
минимальный	0,14	0,24	1,78	0,97
послеаварийный режимы	0,27	1,28	3,08	1,76
Отклонения напряжения $\delta U\%$:				
максимальный	4,81	4,52	2,16	0,82
минимальный	-0,14	-0,38	-2,16	-3,16
послеаварийный режимы	4,73	3,45	-0,37	-1,32

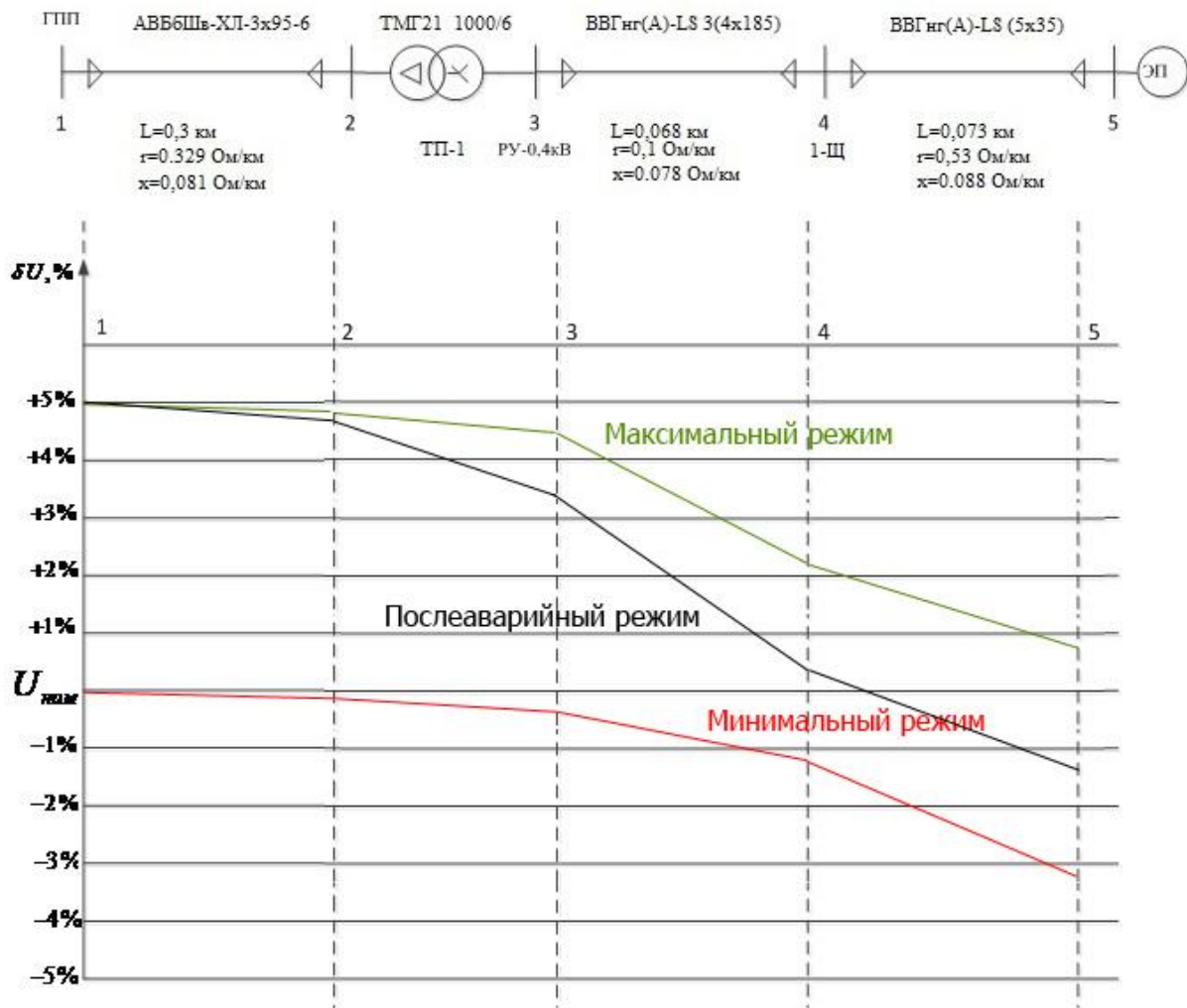


Рисунок 10 – Эпюра отклонений напряжения.

8.6 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В

Расчет токов КЗ проводим для участка цеховой сети от ТП-1 до наиболее мощного электроприемника цеха (Электркотел). Полученные данные наносим на карту селективности действия аппаратов защиты.

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В имеет следующие особенности:

- принимаем мощность системы $S_c = \infty$;
- при расчете токов КЗ в электроустановках до 1000 В в общем случае необходимо учитывать активные и индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, в том числе проводников, кабелей, шин, токовых катушек расцепителей автоматических выключателей, первичных обмоток трансформаторов тока и др.
- расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение принимается на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем $U_c = 400В$;
- расчёт ведется при раздельной работе трансформаторов - секционный выключатель отключен;

8.6.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания до 1000В

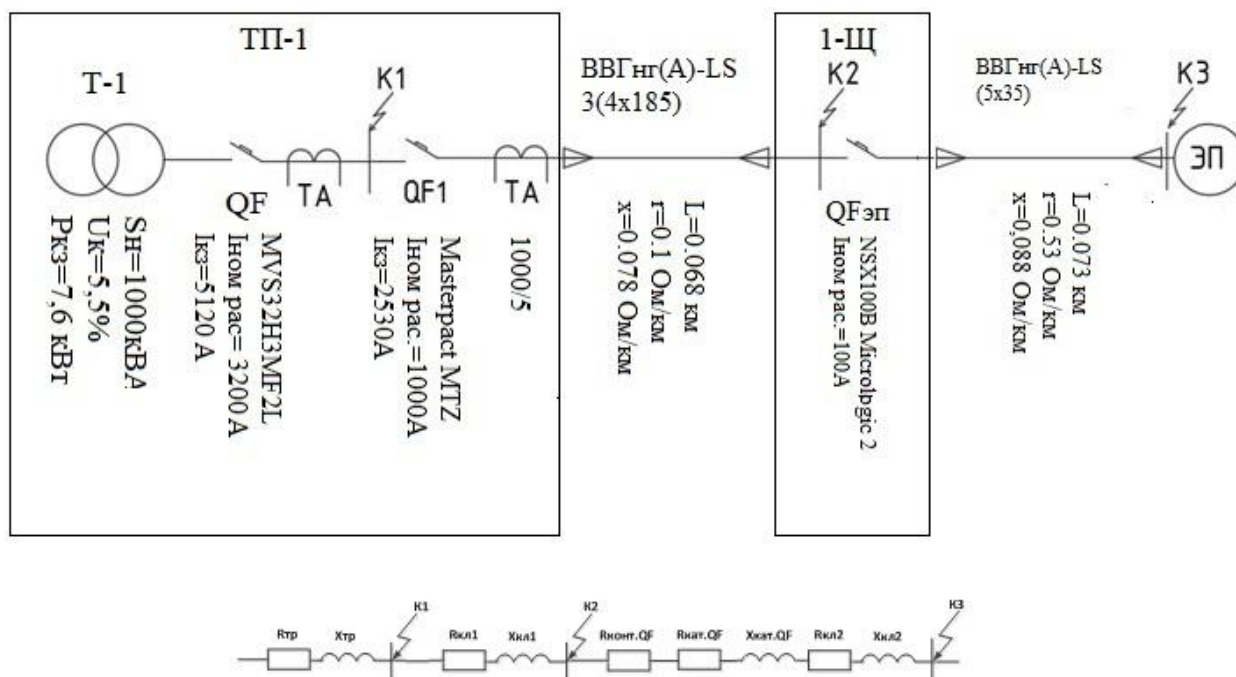


Рисунок 11- Схема для расчета токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчёт токов КЗ для точки К1:

Расчёт токов КЗ для точки К1:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_c^2}{S_{н.тр.}^2} = \frac{7,6 \cdot 400^2}{1000^2} = 1,216 \text{ мОм};$$

Реактивное сопротивление трансформатора:

$$X_{тр} = \sqrt{\left(\frac{u_{кз}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_{ном}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,6}{1000}\right)^2} \cdot \frac{400^2}{1000} = 47,5 \text{ мОм}$$

Сопротивление катушек максимального тока автомата QF не учитывается, так как $I_{н.ан.} = 3200 \text{ А} \geq 1000 \text{ А}$ [9].

Так как коэффициент трансформации трансформатора тока $K_{т.т} > \frac{1000}{5}$, то сопротивление первичных обмоток трансформатора тока не учитывается [9].

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{к1} = \sqrt{R_{mp}^2 + X_{mp}^2} = \sqrt{1,216^2 + 47,5^2} = 47,52 \text{ мОм};$$

Действующее значение тока КЗ :

$$I_{к1} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 47,52} = 4,86 \text{ кА};$$

Для точки К1 соотношение $\frac{X}{R} = 40 \Rightarrow K_{y\partial} \approx 1,92$ [7]

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{к1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} = 1,92 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,86 = 13,2 \text{ кА},$$

Расчёт токов КЗ для точки К2:

$$R_{к1} = r_0 \cdot L = 0,1 \cdot 0,068 = 6,8 \text{ мОм};$$

$$X_{к1} = x_0 \cdot L = 0,078 \cdot 0,068 = 5 \text{ мОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{к2} = R_{mp} + R_{к1} = 1,215 + 6,8 = 8 \text{ мОм};$$

$$X_{к2} = X_{mp} + X_{к1} = 47,5 + 5 = 52,5 \text{ мОм};$$

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{R_{\kappa 2}^2 + X_{\kappa 2}^2} = \sqrt{8^2 + 52,5^2} = 53,1 \text{ МОм};$$

$$I_{\kappa 2} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 53,1} = 4,34 \text{ кА};$$

Для точки К1 соотношение $\frac{X}{R} = 6,5 \Rightarrow K_{y0} \approx 1,62$

$$i_y^{\kappa 2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 2} = 1,62 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,34 = 9,9 \text{ кА}.$$

Расчёт токов КЗ для точки К3:

$$R_{\text{конт.}QF} = 0,75 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{кат.}QF} = 1,3 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{кат.}QF} = 0,86 \text{ МОм};$$

$$R_{\kappa \text{Л}2} = r_0 \cdot L = 0,53 \cdot 0,073 = 39 \text{ МОм};$$

$$X_{\kappa \text{Л}2} = x_0 \cdot L = 0,088 \cdot 0,073 = 6,4 \text{ МОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки К3:

$$R_{\kappa 3} = R_{\kappa 2} + R_{\kappa \text{Л}2} + R_{\text{кат.}QF} + R_{\text{конт.}QF} = 8 + 39 + 0,75 + 1,3 = 49,05 \text{ МОм};$$

$$X_{\kappa 3} = X_{\kappa 2} + X_{\kappa \text{Л}2} + X_{\text{кат.}QF} = 52,5 + 6,4 + 0,86 = 59,76 \text{ МОм};$$

$$Z_{\kappa 3} = \sqrt{R_{\kappa 3}^2 + X_{\kappa 3}^2} = \sqrt{49,05^2 + 59,76^2} = 77,3 \text{ МОм};$$

$$I_{\kappa 3} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 77,3} = 2,98 \text{ кА};$$

Для точки К1 соотношение $\frac{X}{R} = 1,2 \Rightarrow K_{y0} \approx 1$

$$i_y^{\kappa 3} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,98 = 4,2 \text{ кА}.$$

8.6.2 Расчет токов однофазного короткого замыкания в сети до 1000В

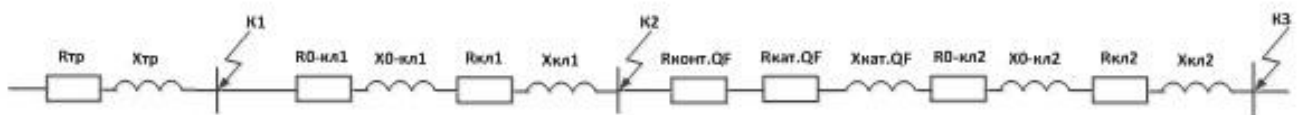


Рисунок 12- Схема для расчета токов однофазного короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчёт токов КЗ для точки К1:

Для схем соединений обмоток трансформатора Δ / Y_n , при питании от системы бесконечной мощности ток однофазного КЗ на выводах трансформатора равен току трехфазного КЗ:

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_\phi}{Z_{np} / 3 + Z_n} = \frac{220}{39} = 5,6 \text{ кА}$$

Расчёт токов КЗ для точки К2:

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{K2} = R_{0-K1} + R_{K1} + R_\phi = 6,8 + 6,8 + 30 = 43,6 \text{ мОм};$$

$$X_{K2} = X_{0-K1} + X_{K1} = 5 + 5 = 10 \text{ мОм};$$

$$Z_{\phi-0K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{43,6^2 + 10^2} = 44,73 \text{ мОм}$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{mp}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} = \frac{220}{9 + 44,73} = 4 \text{ кА}$$

Расчёт токов КЗ для точки К3:

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{0-K2} + R_{K2} + R_{кат.QF} + R_{конт.QF} = 43,6 + 39 + 39 + 0,75 + 1,3 = 123,65 \text{ мОм};$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{0-K2} + X_{K2} + X_{кат.QF} = 10 + 6,4 + 6,4 + 0,86 = 23,66 \text{ мОм};$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{123,65^2 + 23,66^2} = 125,9 \text{ мОм};$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{mp}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} = \frac{220}{9 + 125,9} = 1,6 \text{ кА}$$

Рассчитанные значения токов однофазного КЗ используем для построения карты селективности.

8.7 Построение карты селективности для участка сети 0,4 кВ

Карта селективности действия аппаратов защиты строится в логарифмической системе координат и служит для проверки правильности выбора аппаратов защиты, на участке от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприемника. 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 24 - Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

	Нагрузка, А			Действующее значение тока КЗ, кА		
	Электродвигатель	1-Щ	ТП-1	К1	К2	К3
Расчетный ток, А	-----	890	3030	4,86	4,34	2,98
Пиковый ток, А	-----	2450	4110			
Номинальный ток, А	82,6	-----	-----			
Пусковой ток, А	454,1	-----	-----			

Таблица 25 - Данные аппаратов защиты для построения карты селективности.

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
MVS32H3MF2L (ТП-1, ввод 0,4кВ)	3200	4800
Masterpact MTZ 3P (1-Щ)	1000	3000
NSX100B Micrologic 2(ЭП)	100	700

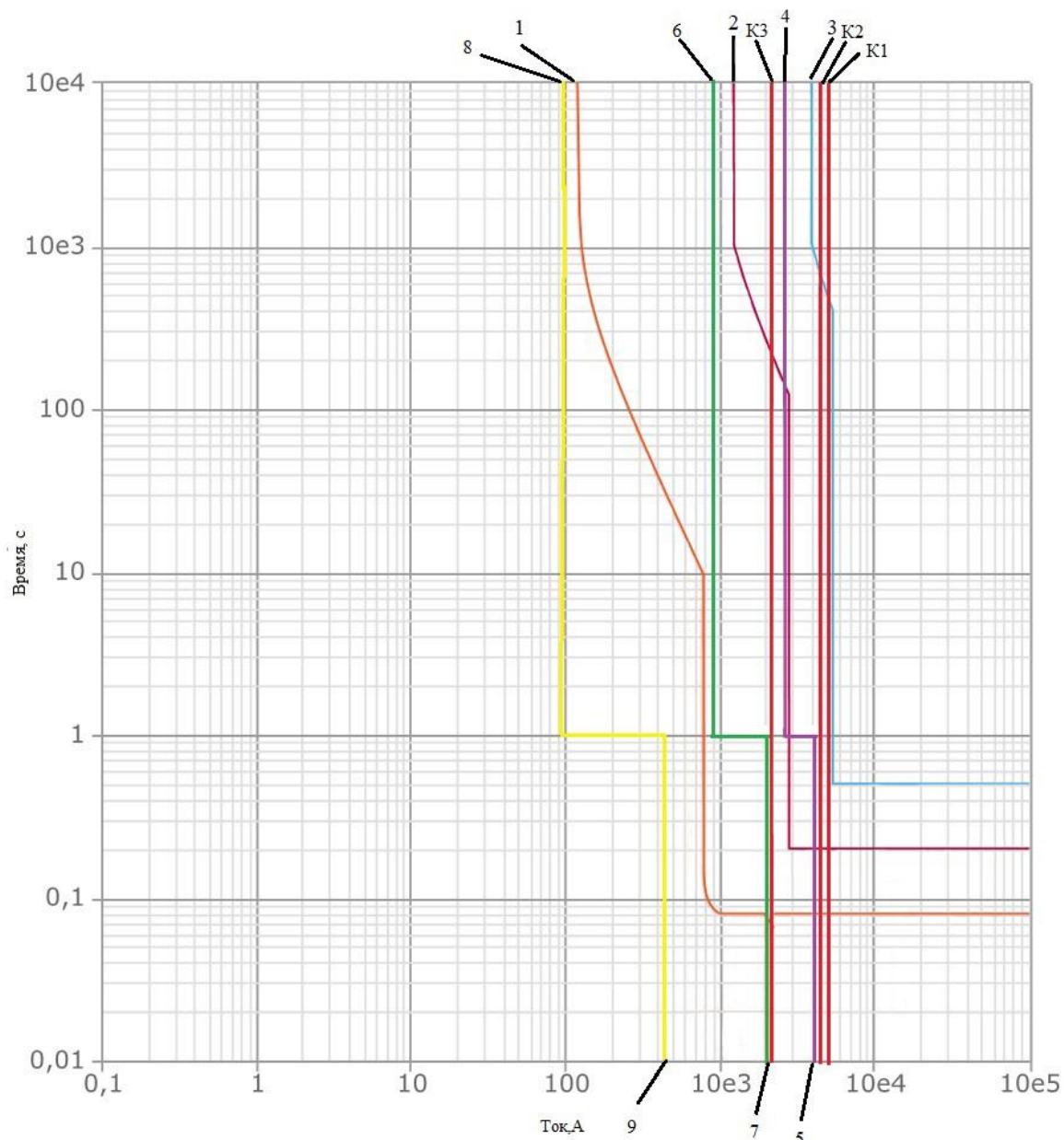


Рисунок 13 - Карта селективности действия аппаратов защиты

Обозначения на рисунке 13:

- 1- защитная характеристика автоматического выключателя для защиты ЭП;
- 2- защитная характеристика автоматического выключателя для защиты 1-Щ;
- 3- защитная характеристика вводного автомата КТП;
- 4- расчетный ток трансформаторной подстанции;
- 5- пиковый ток трансформаторной подстанции;
- 6- расчетный ток 1-Щ;

- 7- пиковый ток 1-Щ;
- 8- номинальный ток ЭП;
- 9- пиковый ток ЭП;
- КЗ- действующее значение тока однофазного КЗ в точке КЗ;
- К2- действующее значение тока однофазного КЗ в точке К2;
- К1- действующее значение тока однофазного КЗ в точке К1.

9. Защитное заземление.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.).

Эквивалентом земли может быть вода реки или моря, каменный уголь в карьерном залегании и т. п.

Защитное заземление предназначено для устранения опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Защитное заземление следует отличать от других видов заземления, например, рабочего заземления и заземления молниезащиты.

Преднамеренное соединение с землей отдельных точек электрической цепи представляет собой рабочее заземление. Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях и осуществляется непосредственно (т. е. путем соединения проводником заземляемых частей с заземлителем) или через специальные аппараты — пробивные предохранители, разрядники, резисторы и т. п.

Заземление молниезащиты — преднамеренное соединение с землей молниеприемников и разрядников в целях отвода от них токов молнии в землю.

9.1 Заземление надшахтных зданий.

В данной выпускной квалификационной работе предусматривается заземление и молниезащита зданий поверхностного комплекса. Для защиты персонала от поражения электрическим током все металлические

нетоковедущие части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут, в случае повреждения изоляции, оказаться под напряжением, заземлены путем металлического соединения с заземляющим устройством.

Молниезащита выполнена согласно «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений»[10].

В соответствии с [10] здания поверхностного комплекса относятся к III категории. Молниеприемником проектируемых зданий является молниеприемная сетка (стальной оцинкованный прутки диаметром 8 мм) шагом не более 6х6 м, уложенная на кровельные держатели. Комбинированный искусственный заземлитель состоит из вертикальных электродов, выполненных из оцинкованной угловой стали 50х50х5 длиной 3 м, соединенных оцинкованной полосой 4х40, уложенной в земле на глубине 0,7 м.

В электрощитовых, венткамерах, цехе ГШО дополнительно предусмотрены внутренние контуры заземления. Внутри помещений прокладывается замкнутый контур заземления – стальная полоса 4х40. Внутренний контур заземления соединен с металлическими конструкциями зданий. Предполагается заземление подкрановых путей путем соединения их с колоннами зданий при помощи заземляющих перемычек.

Заземление выполняется согласно ПУЭ-7 (глава 1.7) и в соответствии со СНиП 3.05.06-85. Для дополнительной защиты от прямого и косвенного прикосновения в сетях штепсельных розеток зданий устанавливаются устройства защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА.

9.1.1 Расчет заземляющего контура на примере цеха ГШО.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПЭУ) на электрических установках напряжением до 1000В допустимое сопротивление заземляющего устройства равно не более 4 Ом.

Примем в качестве заземлителя оцинкованные уголки стали 50х50х5 длиной 3 м, соединенных оцинкованной полосой 4х40, уложенной в земле на глубине 0,7 м.

Сопротивление растеканию тока, через одиночный заземлитель рассчитаем по формуле

$$R_{mp} = 0,9 \left(\frac{\rho}{l_{mp}} \right)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта(; грунт-суглинок; $\rho_{y\phi} = 80$ Ом/м.

при средней влажности грунта $Y_2 = 1,5$), l_{mp} – длина уголка, отсюда:

$$R_{mp} = 24 \text{ Ом}$$

Определяем примерное число заземлителей без учёта коэффициента экранирования по формуле:

$$n = \frac{R_{mp}}{r}$$

где r – допустимое сопротивление заземляющего устройства, 4 Ом.
 $n=6$ шт.

Для определения длины соединительной шины воспользуемся формулой

$$l_n = n_1 \cdot a$$

где a – расстояние между заземлителями;

$$l_n = 144 \text{ м.}$$

Периметр цеха ГШО составляет 108 метров, расчетная длина полосы не меньше периметра цеха.

Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу будет равна

$$R_n = 2,1 \left(\frac{\rho}{I_n} \right) = 2,1 \cdot 0,6 = 1,17 \text{ Ом}$$

Определим результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства

$$R_z = \frac{R_{тр} \cdot R_n}{\mu_n \cdot R_{тр} + \mu_{тр} \cdot R_n \cdot n} = \frac{24 \cdot 1,17}{0,21 \cdot 24 + 0,38 \cdot 1,17 \cdot 6} = 3,6 \text{ Ом}$$

где μ коэффициент экранирования соединительной полосы и заземлителя.

Допустимое сопротивление заземляющего устройства на электрических установках напряжением до 1000 В равно 3,6 Ом, что не более 4 Ом. Следовательно, полученное результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства соответствует норме и заземлители выбраны правильно.

На рисунке 14 представлена установка горизонтальных и вертикальных заземлителей.

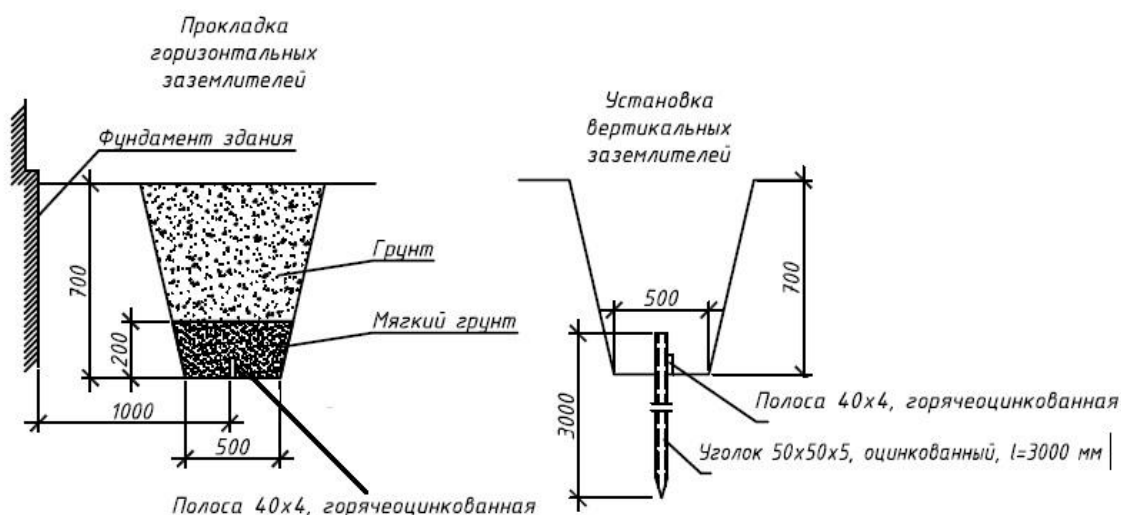


Рисунок 14 – Установка вертикальных и горизонтальных заземлителей.

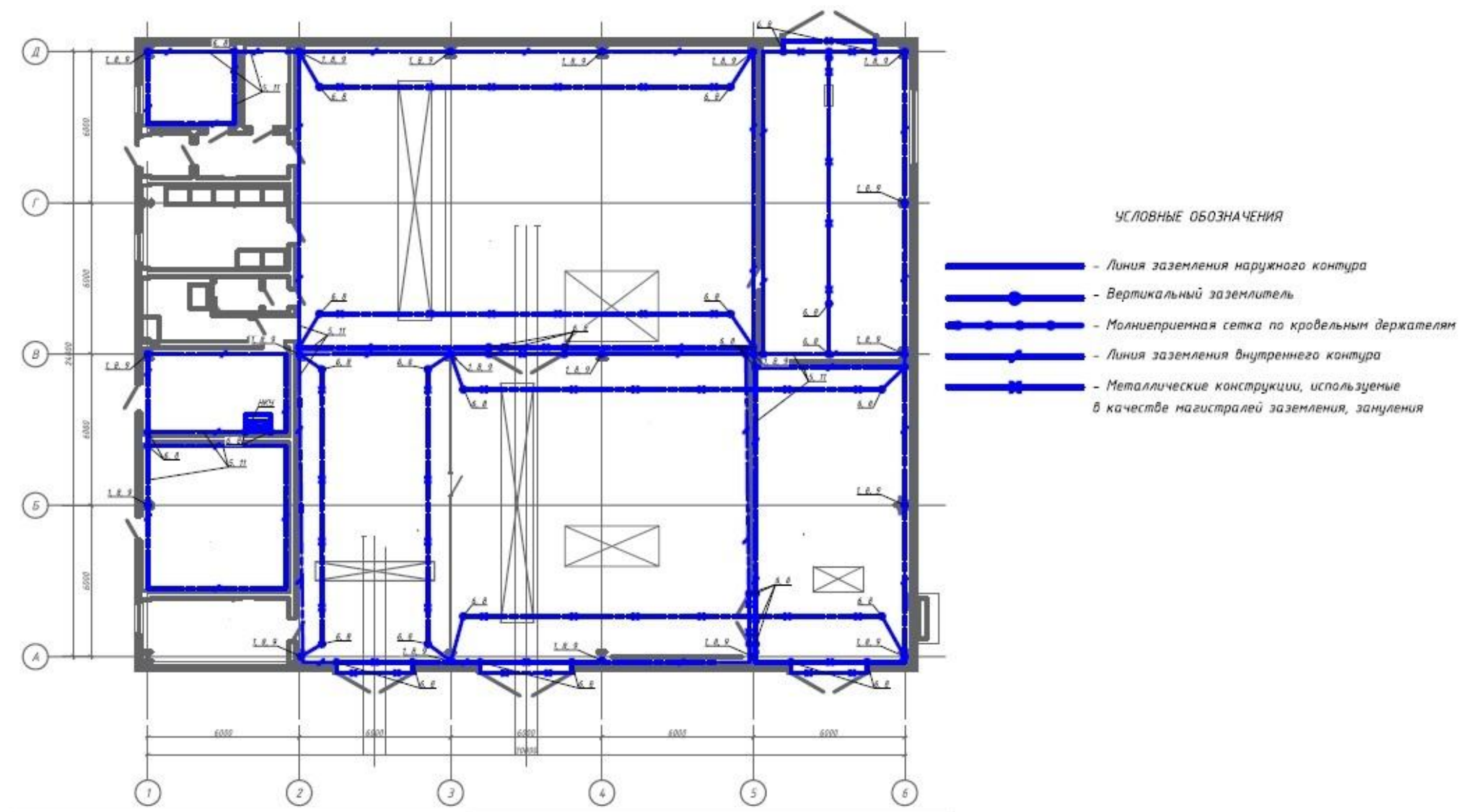


Рисунок 15 – План заземления цеха ГШО.

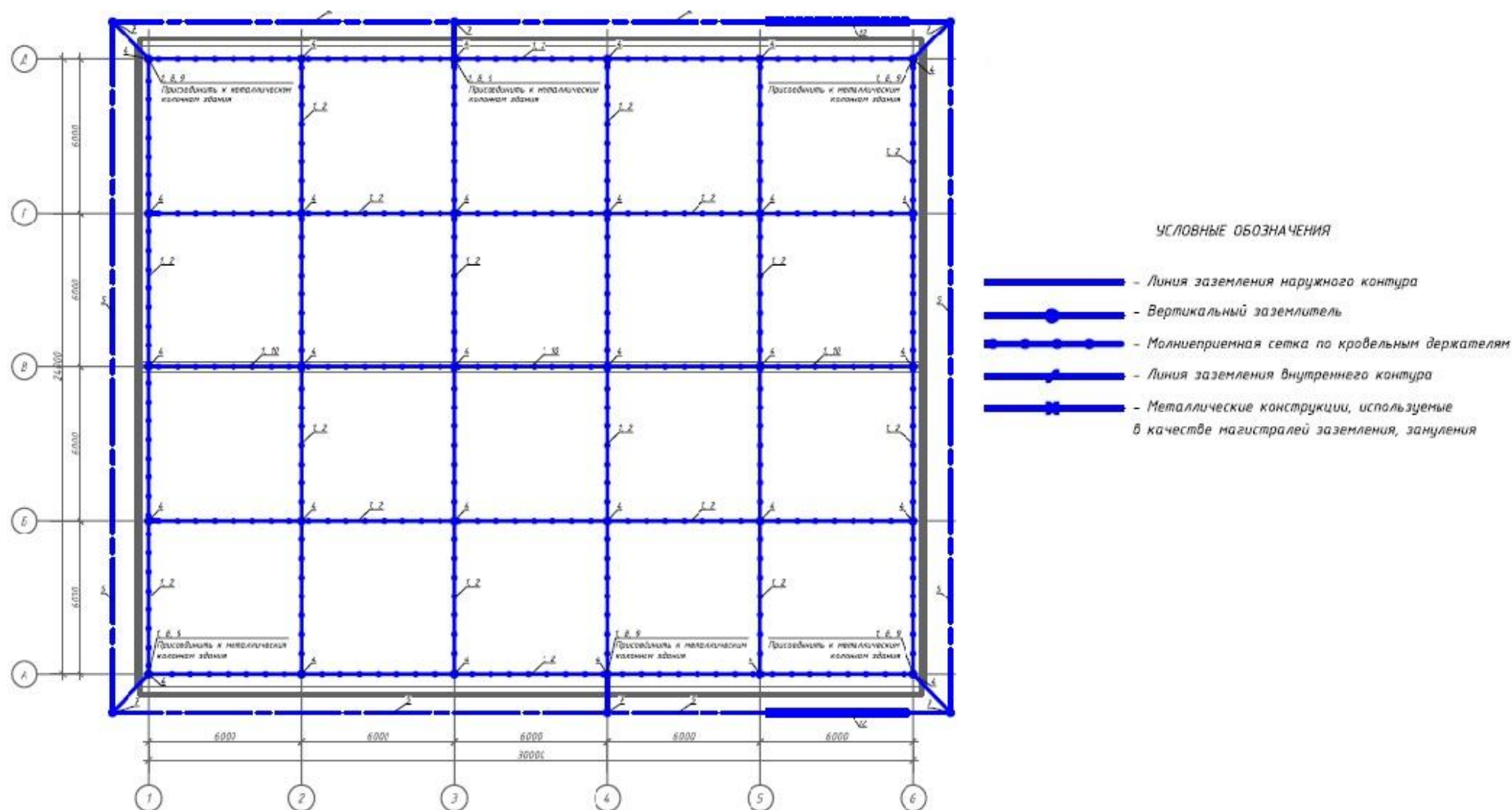


Рисунок 16 – План молнезащиты цеха ГШО. План кровли.

9.2 Заземление в подземных выработках.

Заземлению подлежат металлические части электротехнических устройств, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции, трубопроводы, металлический воздухопровод.

Для выполнения заземления электротехнических устройств, предусматривается устройство главного и местных заземлителей.

Установка и устройство заземлителей выполняется в соответствии с "Инструкцией по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлителей".

В качестве главных заземлителей будут применяться заземляющие устройства, установленные в водосборниках общешахтного водоотлива.

Главные заземлители предусмотренные в водосборниках, будут располагаться в различных местах, резервирующих друг друга на время осмотра, чистки или ремонта одного из них. Заземление предусмотрено с помощью специальных заземляющих устройств, состоящих из заземлителя и заземляющих проводников. Главные заземлители с помощью стальной полосы (троса) сечением 100 мм² соединяются с заземляющим контуром (сборными заземляющими шинами) околоствольных электромашинных камер и центральной подземной подстанции. Колодцы для размещения главных заземлителей будут располагаться на глубине 3,5 м.

Устройство местных заземлителей предусмотрено в следующих пунктах:

- у каждой трансформаторной подстанции;
- у каждого передвижного или стационарного распределительного пункта;
- у каждого отдельно установленного выключателя или распределительного устройства;
- у каждой кабельной муфты;
- у отдельно установленных машин;
- у отдельно установленных телефонных аппаратов.

Для создания общей сети заземления шахты предусматриваем непрерывное электрическое соединение между собой всех металлических оболочек и заземляющих жил кабелей, металлических корпусов электродвигателей и электроаппаратов с присоединением их к главным и местным заземлителям.

Заземление корпусов передвижных машин, забойных конвейеров, аппаратов, установленных в призабойном пространстве, и светильников, подсоединенных к сети передвижным гибким кабелем, а также электрооборудования, установленного на платформах, перемещающихся по рельсам (за исключением передвижных подстанций), осуществляется посредством соединения их с общей сетью заземления при помощи заземляющих жил питающих кабелей.

Заземляющая жила с обеих сторон будет присоединяться к внутренним заземляющим зажимам в кабельных муфтах и вводных устройствах.

Для передвижных машин и забойных конвейеров предусматривается непрерывный контроль заземления.

В шахте, которая относится к опасной по газу и пыли, обеспечивается искробезопасность схем непрерывного контроля заземления. При использовании для управления машинами заземляющей жилы силового питающего кабеля допускается обеспечивать искробезопасность только перед подачей напряжения на машины.

Максимальное расчетное сопротивление общешахтной сети заземления 1,93 Ом. Электрическое сопротивление заземляющей сети между передвижной машиной и дополнительным общешахтным заземляющим контуром 0,95 Ом.

10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

10.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

10.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной выпускной квалификационной работе рассчитывается сеть электроснабжения ООО “ШахтоУправление Карагайлинское” с детальной проработкой цеха по ремонту горно-шахтного оборудования. Соответственно, целевым рынком проектируемой системы электроснабжения являются предприятия по добыче угля, ведущие разработку месторождений подземным способом.

Рынок услуг по проектированию систем электроснабжения сегментируем по типу оказываемой услуги и размеру компании-заказчика. Карта сегментирования рынка услуг по проектированию систем электроснабжения представлена на рисунке 17.



Рисунок 17 – Карта сегментирования рынка услуг по проектированию систем электроснабжения.

Карта сегментирования наглядно демонстрирует низкий уровень конкуренции в таких нишах как: проектирование трансформаторных подстанций

и распределительных пунктов, проектирование систем наружного и уличного освещения и проектирование щитового оборудования. Для охвата большей части рынка и увеличения прибыли следует принять во внимание незанятые категории. Из-за низкой конкуренции они также позволят занять лидирующие позиции.

10.1.2 Ресурсоэффективность и ресурсосбережение: анализ конкурентных технических решений.

Анализ конкурентных технических решений помогает вовремя внести необходимые коррективы в научное исследование, что приводит к поддержанию стабильного уровня конкурентоспособности. Из-за постоянной динамики и нестабильности рынка необходимо проводить детальный анализ конкурирующих разработок регулярно.

Для оценки сравнительной эффективности научно-технической разработки и поиска путей её дальнейшего повышения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения анализ конкурентных технических решений производится при помощи оценочной карты.

Для вышеуказанного проекта целесообразно разработать оценочную карту для сравнения конкурентных технических решений для альтернативных типов трансформаторов: 1 – ТМ, 2 – ТМГ, 3 – ТМЗ (таблица 26).

Таблица 26 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б1	Б2	Б3	К1	К2	К3
1	2	3	4	5	7	8	9
Технические критерии оценки эффективности							
Безопасность	0.2	5	4	5	1	0,8	1
Надежность	0.2	5	4	5	1	0,8	1
Простота обслуживания	0.10	3	5	4	0,3	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0.2	3	5	3	0,6	1	0,6
Предполагаемый срок	0.15	5	5	5	0,75	0,75	0,75

эксплуатации							
Стоимость обслуживания	0.10	3	5	3	0,3	0,5	0,3
Конкурентоспособность	0.05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
Итого:	1	29	34	29	4,15	4,6	4,2

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки;

B_i – вес показателя, в долях единицы;

B_i – балл i -го показателя.

По результатам проведенного анализа наиболее конкурентноспособным вариантом трансформатора стал ТМГ.

10.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ является одним из методов оценки коммерческого потенциала и перспективности проекта. Суть данного анализа заключается в выявлении сильных и слабых сторон проекта, а также возможностей и угроз для его реализации, оказывающие влияние из вне.

SWOT-анализ состоит из трёх этапов. На первом этапе систематизируются его сильные и слабые стороны, возможности и угрозы.

Результат первого этапа анализа представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Первый этап SWOT-анализа

	<u>Сильные стороны</u>	<u>Слабые стороны</u>
	С1. Низкая стоимость оборудования С2. Долгий срок эксплуатации оборудования С3. Высокая надежность С4. Широкий целевой рынок С5. Недорогое обслуживание	Сл1. Невысокое энергосбережение Сл2. Оборудование не инновационное Сл3. Нет дополнительных механизмов защиты оборудования Сл4. Недостаток финансирования на усовершенствование проекта Сл5. Высокий уровень конкуренции

<u>Возможности</u> В1. Увеличение энергоэффективности В2. Использование более эффективного (инновационного) оборудования В3. Появление инвестора, способного усовершенствовать проект В4. Установка системы автоматического контроля В5. Расширение предприятия		
<u>Угрозы</u> У1. Появление более экономичных разработок конкурентов У2. Возможные аварийные ситуации (ЧС) У3. Отсутствие спроса на не инновационные разработки У4. Повышение закупочных цен У5. Неточность проведения анализа		

На втором этапе анализа необходимо соотнести установленные сильные и слабые стороны исследования условиям внешней среды. Данные соотношения позволяют определить направление стратегических решений. Для большей наглядности задачи этот этап оформляется в виде интерактивных матриц, всего матриц четыре – на каждое соотношение.

Первое соотношение – сильные стороны и возможности проекта (таблица 28). В матрице необходимо обозначить знаками +, - или 0 коррелирующие между собой факторы в зависимости от степени корреляции.

Таблица 28 – Интерактивная матрица по выявлению сильных сторон и возможностей

		Сильные стороны:				
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности:	В1	-	0	-	0	-
	В2	-	-	+	+	+
	В3	0	-	0	0	0
	В4	-	+	+	0	+
	В5	+	0	0	-	-

Анализ интерактивной матрицы показал следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В2С3С4С5, В4С2С3С5, В5С1.

Второе соотношение – слабые стороны и возможности проекта (таблица 29).

Таблица 29 – Интерактивная матрица по выявлению слабых сторон и возможностей

		Слабые стороны:				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности:	В1	+	-	-	-	0
	В2	+	+	0	+	0
	В3	+	+	+	+	0
	В4	-	-	+	0	+
	В5	-	-	-	-	+

Анализ показывает корреляции слабых сторон и возможностей: В1Сл1, В2Сл1Сл2Сл4, В3Сл1Сл2Сл3Сл4, В4Сл3Сл5, В5Сл5.

Третье соотношение – сильные стороны и угрозы (таблица 30).

Таблица 30 – Интерактивная матрица по выявлению сильных сторон и угроз

		Сильные стороны:				
		С1	С2	С3	С4	С5
Угрозы:	У1	+	0	+	0	0
	У2	+	0	+	-	-
	У3	0	0	0	+	-
	У4	+	-	-	+	-

	У5	0	0	0	+	-
--	----	---	---	---	---	---

Корреляции у сильных сторон проекта и угроз следующие: У1С1С3, У2С1С3, У3У5С4, У4С1С4.

Четвертое соотношение – слабые стороны и угроз проекта (таблица 31).

Таблица 31 – Интерактивная матрица по выявлению слабых сторон и угроз

		Слабые стороны:				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы:	У1	-	0	-	0	+
	У2	-	0	+	-	-
	У3	0	+	0	+	+
	У4	-	-	-	0	0
	У5	-	-	-	0	+

Анализ интерактивной матрицы слабых сторон и угроз выявил следующие корреляции: У1У5Сл5, У2Сл3, У3Сл2Сл4Сл5.

Третий этап анализа - итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 32).

Таблица 32 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Низкая стоимость оборудования С2. Долгий срок эксплуатации оборудования С3. Высокая надежность С4. Широкий целевой рынок С5. Недорогое обслуживание	Сл1. Невысокое энергосбережение Сл2. Оборудование не инновационное Сл3. Нет дополнительных механизмов защиты оборудования Сл4. Недостаток финансирования на усовершенствование проекта Сл5. Высокий уровень конкуренции

<u>Возможности</u> В1. Увеличение энергоэффективности В2. Использование более эффективного (инновационного) оборудования В3. Появление инвестора, способного усовершенствовать проект В4. Установка системы автоматического контроля В5. Расширение предприятия	Использование более эффективного оборудования позволит повысить надёжность проекта, а также дополнительно расширит рынок сбыта. При расширении предприятия низкая стоимость оборудования будет являться весомым стимулом использовать именно этот проект.	При спонсировании усовершенствования проекта можно будет решить проблему с низкой энергоэффективностью, дополнительной защитой оборудования от ЧС, добавить больше инновационных разработок, что в свою очередь позволит захватить новую часть рынка сбыта. Установка системы автоматического контроля позволит оперативно реагировать на аварийные ситуации.
<u>Угрозы</u> У1. Появление более экономичных разработок конкурентов У2. Возможные аварийные ситуации (ЧС) У3. Отсутствие спроса на не инновационные разработки У4. Повышение закупочных цен У5. Неточность проведения анализа	Невысокая стоимость оборудования в совокупности с высокой надёжностью и долгим сроком службы оборудования позволит снизить риск угрозы появления более экономичных разработок конкурентов. У мелких организаций нет высокого спроса на инновационные разработки, мы предлагаем им наш недорогой рабочий проект.	Повышение закупочных цен скажется также и на конкурентах, поэтому мы всегда останемся на своих позициях на рынке. В случае возникновения аварийной ситуации у нашего оборудования не предусмотрены дополнительные механизмы защиты.

Исходя из анализа выявлены наиболее сильные и конкурентоспособные стороны проекта, а именно: высокий уровень надёжности в совокупности с низкой стоимостью оборудования и недорогим обслуживанием. Однако существует угроза возникновения чрезвычайных ситуаций, которые представляют опасность при отсутствии дополнительных механизмов защиты, но при возможности усовершенствования проекта все эти угрозы будут устранены, что дополнительно позволит выйти на новый уровень рынка.

10.2 Инициализация проекта

10.2.1 Цели и результат проекта

Данный раздел предназначен для определения заинтересованных сторон проекта, а также первоначальных целей проекта и критерии результатов. Сведения о заинтересованных сторонах проекта представлены в таблице 33:

Таблица 33 – Заинтересованные стороны

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ООО “ШахтоУправление Карагайлинское”	Низкая стоимость проекта в совокупности с гарантированной надежностью и низкими затратами на обслуживание.

Сведения об иерархии целей проекта и критериях достижения целей приводятся в таблице 34:

Таблица 34 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Рассчитать сеть электроснабжения ремонтно-механического завода
Ожидаемые результаты проекта	Разработать экономичную, но надежную рабочую схему электроснабжения ООО “ШахтоУправление Карагайлинское”, гарантирующую надежность и длительный срок эксплуатации
Критерии приемки результатов проекта	Разработка в рамках обусловленного бюджета, соблюдение условия недорогого обслуживания, большой спрос на проект.
Требования к результату проекта	Выполнение проекта в срок
	Стабильная работа технологического оборудования
	Спрос на проект
	Эффективность разработки

10.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 35:

Таблица 35 – Рабочая группа проекта

№	Ф.И.О.	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1	Фадеев Сергей Леонидович	Исполнитель проекта	Работа над реализацией проекта	816
2	Муравлев Игорь Олегович	Руководитель проекта	Координация деятельности и оказание помощи в реализации проекта	82
3	Завьялова Зинаида Сергеевна	Руководитель проекта	Координация деятельности и оказание помощи в реализации проекта	35
4	Дашковский Анатолий Григорьевич	Руководитель проекта	Координация деятельности и оказание помощи в реализации проекта	35
Итого:				968

10.2.3 Ограничения проекта

Факторы, ограничения и допущения представлены в Таблице 36:

Таблица 36 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	Отсутствует
Источник финансирования	Не нуждается в финансировании
Сроки проекта	04.02.2019-05.06.2019
Дата утверждения плана управления проектом	11.02.2019г.
Дата завершения проекта	20.05.2019г.
Прочие ограничения и допущения	Ограничения по времени работы участников проекта

10.3 Планирование научно-исследовательских работ.

10.3.1 Структура работ в рамках научного проекта

Данный раздел представляет собой определение рабочей группы проекта, распределение должностей участников. В проекте два исполнителя – руководитель и инженер. В таблице 37 представлены этапы и работы с распределением по участникам.

Таблица 37 - Перечень основных этапов и работ, распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	2	Выдача задания на тему	Руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Инженер, руководитель
Теоретические исследования	5	Подбор и изучение литературы	Инженер
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
Проектирование	7	Расчет схемы внутризаводской сети	Инженер
	8	Разработка схемы электроснабжения инструментального цеха	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности проекта	Инженер
	10	Контроль качества проекта	Руководитель
Оформление отчета	11	Составление пояснительной	Инженер

по проектированию		записки	
Защита НИ	12	Презентация проекта	Инженер

10.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость это относительная величина, оценивать её необходимо экспертным методом. Единица измерения трудоемкости – человеко-дни.

Для поиска ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

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

t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения i - работы, чел.-дн.

Произведем расчет ожидаемой трудоемкости для работы № 6:

$$t_{ож6} = \frac{3 \times 4 + 2 \times 7}{5} = 5 \text{ чел-дней,}$$

Ожидаемые трудозатраты для проведение теоретических расчетов и обоснований составляет 5 чел-дней.

На основании рассчитанного ожидаемого значения трудоемкости необходимо перевести эти значения в рабочие дни T_p .

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

$Ч_i$ – число исполнителей, выполняющих одновременно одну работу на данном этапе, чел.

Продолжительность работы № 6 составит:

$$T_{p6} = \frac{5}{1} = 5 \text{ раб.дн.}$$

10.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Преобразуем рабочие дни в календарные по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в кал. днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в раб. днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности вычисляется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество кал. дней в текущем году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в текущем году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в текущем году.

Данный проект выполнялся в течение 2019 года. Отсюда следует, что коэффициент календарности высчитывается для 2019 года. Данные для расчета нужно брать из производственного календаря.

$$k_{\text{кал}2019} = \frac{365}{365 - 118} = 1,5$$

$$T_{k6} = 5 \times 1,5 = 8 \text{ кал.дн.}$$

Исходя из коэффициента календарности.

Общие результаты сведем в таблицу 39.

Таблица 38 - Временные показатели проведения научного исследования

№ п.п	Перечень работ	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работ в раб.дн.	Длительность работ в кал.дн.
			t_{min} , чел- дни	t_{max} чел- дни	$t_{ож}$ чел- дни		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	4	2,8	2,8	4
2	Выдача задания на тему	Руководитель	2	4	2,8	2,8	4
3	Постановка задачи	Руководитель	2	4	2,8	2,8	4
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель Инженер	2	4	2,8	1,4 1,4	2 2

5	Подбор и изучение литературы	Инженер	3	6	4,2	4,2	6
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	4	7	5,2	5,2	8
7	Расчет схемы электроснабжения шахты	Инженер	10	20	14	14	21
8	Разработка схемы электроснабжения цеха по ремонту горно-шахтного оборудования	Инженер	10	20	14	14	21
9	Оценка эффективности проекта	Инженер	6	9	7,2	7,2	11
10	Контроль качества проекта	Руководитель	2	5	3,2	3,2	5
11	Составление пояснительной записки	Инженер	10	20	14	14	21
12	Презентация проекта	Инженер	4	14	8	8	12
Итого:		Руководитель	9	19	13	13	19
		Инженер	48	98	68	68	102

На основе вышеприведенных данных построим календарный план-график – диаграмму Ганта. (таблица 39).

Таблица 39 – Календарный план-график проведения НИОКР. ■ – руководитель ■ - инженер

№ раб оты	Название работы	Исполнители	Т _к , кал. дн.	продолжительность выполнения работ												
				февраль			март			апрель			май			июнь
				1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4													
2	Выдача задания на тему	Руководитель	4													
3	Постановка задачи	Руководитель	4													
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	РуководительИ нженер	4													
5	Подбор и изучение литературы	Инженер	6													
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	8													
7	Расчет схемы электроснабжения шахты	Инженер	21													
8	Разработка схемы электроснабжения цеха по ремонту горно- шахтного оборудования	Инженер	21													
9	Оценка эффективности проекта	Инженер	11													
10	Контроль качества проекта	Руководитель	5													
11	Составление пояснительной записки	Инженер	21													
12	Презентация проекта	Инженер	12													

10.4 Бюджет научно-технического исследования.

10.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

К материальным затратам для проведения научно-технического исследования относят всё сырье и материалы, приобретаемые со стороны, не включаемые в состав накладных расходов.

Для студенческой выпускной квалификационной работы затраты состоят из канцелярских принадлежностей. (таблица 40):

Таблица 40 -Материальные затраты

Наименование материала	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага для черчения	Шт.	2	80	160
Чертежный набор	Шт.	2	450	900
Карандаш	Уп.	1	135	135
Бумага	Уп.	1	278	278
Тетрадь	Шт.	1	45	45
Ручка	Шт.	2	29	58
Итого:				1576

10.4.2 Заработная плата исполнителей

Для расчета бюджета НТИ необходимо посчитать заработную плату всех участников проекта. Заработная плата будет складываться из действующего оклада, ежемесячной премии (30%), коэффициента доплат и надбавок, а также районного коэффициента (для Кемеровской области равен 1,3).

Оклад студента примем равным приблизительно 15000,00 рублей, оклад руководителя (доцента-кандидата наук) равен 26300 согласно отраслевой оплате труда ТПУ.

Заработная плата состоит из основной заработной платы и дополнительной, дополнительная составляет 12-20% от основной.

Основная заработная плата будем рассчитывать по формуле свою очередь является произведением среднедневной заработной платы $Z_{\text{дн}}$ (руб) на продолжительность работ, выполняемых участником (раб.дн):

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \times T_p$$

где $З_{\text{дн}}$ (руб) - среднедневная заработная плата

T_p - продолжительность работ

Среднедневной заработок рассчитаем по следующей формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}}$$

где M – количество месяцев работы без отпуска в течение периода (при 6-дневной рабочей неделе сотрудников университета продолжительность отпуска составит 48 дней, следовательно, $M=10,4$ мес.),

$F_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

На основании известного нам оклада сотрудников рассчитаем месячный оклад студента по формуле:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_p = 15000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 29250 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{тс}}$ – зарплата по тарифной ставке, руб.,

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент премии (30% от оклада),

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (примем равным 0,2),

k_p – районный коэффициент.

На основании месячного оклада вычислим среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн}} = \frac{29250 \times 10,4}{365 - 66 - 48} = 1211,95 \text{ руб.}$$

Исходя из данных среднедневной заработной платы становится возможным найти основную заработную плату студента:

$$З_{\text{осн}} = 1211,95 \times 68 = 82412,6 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата студента за весь период проектирования составит:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 82412,6 = 12361,89 \text{ руб}$$

Сведем общие расчеты в таблицу 41

Таблица 41 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб.	Среднедневная зп, руб.	Трудоемкость, раб.дн.	Основная зарплата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Итого:
Руководитель	26300	2124,96	13	27624,48	4143,67	31768,15
Инженер	10000	781,04	68	82412,6	12361,89	94774,49
Итого:				110037,08	16505,56	126542,64

10.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Помимо заработной платы необходимо учесть отчисления во внебюджетные фонды, предусмотренные законодательством РФ. К таковым относятся взносы в органы государственного фонда социального страхования (ФСС), пенсионный фонд (ПФ), органы медицинского страхования (ФФОМС). Утвержденный размер взносов в РФ по состоянию на 2019г. составляет 30% от заработной платы сотрудника и рассчитывается по формуле:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (30%).

Для студента страховые взносы составят:

$$З_{внеб} = 0,3 \times (82412,6 + 12361,89) = 28432,35 \text{ руб}$$

Для руководителя:

$$З_{внеб} = 0,3 \times (27624,48 + 4143,67) = 9530,45 \text{ руб}$$

10.4.4 Накладные расходы

Накладные расходы для данного проекта включают в себя услуги по распечатке и брошюрованию документов, потраченная при работе на ноутбуке электроэнергия, услуги телефонной связи и интернет и пр.

Рассчитываются накладные расходы по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей}) \times k_{нр} = (1576 + 94774,49 + 28432,35 + 31768,15 + 9530,45) \times 0,16 = 26573,03 \text{ руб.},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов, согласно методическим указаниям принимаем 16%.

10.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

В бюджет проекта входят все вышеупомянутые статьи затрат: заработная плата, отчисления, материальные затраты, накладные расходы. При защите проекта величина этих затрат устанавливается как минимально допустимая величина. Итоговый бюджет с разбивкой по статьям представлен в таблице 42:

Таблица 42 – Итоговый бюджет проекта

Статья затрат	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НТИ	1576	Пункт 12.4.1
Основная заработная плата исполнителей	110037,08	Пункт 12.4.2
Дополнительная заработная плата исполнителей	16505,56	Пункт 12.4.2
Отчисления во внебюджетные фонды	37962,8	Пункт 12.4.3
Накладные расходы	26573,03	Пункт 12.4.4
Итого бюджет:	335298,66	Пункт 12.4.5

11 Социальная ответственность

Целью данного раздела является анализ вредных , опасных факторов, влияющих на работника, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов экологической безопасности, выявление наиболее вероятных ЧС. Выше указанные цели рассмотри для цеха по ремонту горно-шахтного оборудования ООО "Шахтоуправление Карагайлинское" .

Цех по ремонту горно-шахтного оборудования шахты выполняет следующие функции:

- обеспечение безаварийной работы оборудования;
- выпуск запасных частей для ремонта оборудования;
- ремонт оборудования предприятия согласно графика;
- проведением капитальных и частичных ремонтных работ оборудования с соблюдением требований заводов изготовителей;
- проведением частичных и полных технических освидетельствований технических устройств, оборудования и отдельных узлов;

11.1 Анализ опасных и вредных факторов производства.

Цех по ремонту горно-шахтного оборудования является производственным помещением, которое предназначено для выполнения различных ремонтных работ и оснащен металлорежущими станками и вспомогательным оборудованием. Работа на металлорежущих станках не всегда безопасна и имеет ряд вредных факторов, оказывающих на рабочего неблагоприятное воздействие.

Таблица 43 - Классификация производственных факторов

Группы	Факторы	Виды опасных и вредных факторов
Физические	Механические	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования
		повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны
	Шум, вибрация	повышенный уровень шума на рабочем месте
		повышенный уровень вибрации
		повышенный уровень инфразвуковых колебаний

	Электробезопасность	повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
		повышенный уровень электромагнитных излучений
		повышенная напряженность электрического поля
		повышенная напряженность магнитного поля
		недостаточная освещенность рабочей зоны
Психо-физиологические	физические перегрузки	статические
		динамические

11.2 Шум и вибрация.

Источниками шума и вибрации в цехе по ремонту горно-шахтного оборудования являются различные станки.

Шум наносит большой ущерб, вредно действует на организм человека и снижает производительность труда. Утомление рабочих из-за сильного шума увеличивает число ошибок при работе, способствует возникновению травм.

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука в дБ. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ ISO 9612-2016 «Шум».

Согласно [11] для рабочих мест данного цеха допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБА, а допустимый уровень звука 85 дБА. При данном производственном процессе уровень шумов от предусмотренного оборудования лежит в допустимых границах.

Одним из основных методов уменьшения шума на производственных объектах является снижение шума в основных его источниках - в электрических машинах, вентиляторах и т. д.

Для снижения уровня шума предусматриваются следующие меры[12],[13]:

- установка в помещениях звукопоглощающих конструкций и экранов;
- звукоизоляция ограждающих конструкций;
- уплотнение по периметру притворов окон, дверей, ворот;
- звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными конструкциями;
- устройство звукоизолированных кабин наблюдения и дистанционного управления технологическим процессом;
- укрытия в кожухи источников шума.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Мероприятия по борьбе с вибрацией [14]:

1. Правильная организация труда и отдыха:
 - кратковременные перерывы в работе (по 10...15 мин через каждые 1...1,5 часа работы);
 - активная гимнастика рук, тёплые водяные ванны для конечностей и др.
2. Виброизоляция – применение пружинных, резиновых и других амортизаторов или упругих прокладок.
3. Применение средств индивидуальной защиты. В качестве средств индивидуальной защиты применяются рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве.

11.3 Производственная санитария

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

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда [15] и [16].

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- Температура воздуха t ,
- Относительной влажностью Y , %
- Скоростью движения ветра U , м/с.
- Предельно допустимая концентрация веществ ПДК;
- Интенсивность теплового излучения I , Вт/м².

Под оптимальными микроклиматическими параметрами следует понимать такие, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционирования и теплового состояния организма, создают ощущение теплового комфорта и являются предпосылкой высокого уровня работоспособности. Для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Таблица 44 - Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с для диапазона температур воздуха	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин		ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более
Холодный	Пб	22-24	25-21	15 – 75	0,1	0,1
Теплый	Пб	28	22	15 - 75	0,1	0,1

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 100 Вт/м² при облучении не более 25% поверхности тела.

Нормы производственной вентиляции установлены системой стандартов безопасности труда [17].

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м³/ч.

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается, а в летнее время охлаждается, кроме того, поступающий воздух при необходимости может быть увлажнен или осушен.

Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды, окружающей предприятие.

11.4 Освещение

Оценка освещенности рабочего места необходима для обеспечения оптимальных условий работы в цехах, поскольку грамотно спроектированное и выполненное освещение на рабочем месте обеспечивает комфортную рабочую деятельность.

Электроосвещение, помещений объектов поверхности шахтоуправления предусматривается в соответствии с [17].

Предусматривается система общего освещения, включающая в себя рабочее и аварийное (эвакуационное и резервное) освещение. Предусматриваются следующие виды эвакуационного освещения:

- ☐ освещение путей эвакуации;
- ☐ эвакуационное освещение зон повышенной опасности;

эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое освещение).

Рабочее освещение предусматривается питать по самостоятельным линиям от распределительных щитов, шкафов и распределительных пунктов.

Питание светильников аварийного освещения предусматривается независимым от питания светильников рабочего освещения и выполняется при двух вводах в здание или сооружение от разных вводов, а при одном

вводе - самостоятельными линиями, начиная от вводного распределительного устройства.

Освещение путей эвакуации выполняется светильниками OWP/R, ЛСП-44, ЛСП-46, EFS 380, BS-7113, ДБО 76 со встроенными блоками аварийного питания. Продолжительность работы светильников в аварийном режиме 3 ч.

Установка аварийных светильников обеспечивает горизонтальную освещенность на полу вдоль центральной линии прохода путей эвакуации равную 1 лк. При этом равномерность освещенности $E_{мин}/E_{макс}$ – не менее 1:40.

Основным источником света для общего освещения, являются люминесцентные лампы: LDTS, LD, LHB, LB, LTB.

Значение яркости, полученное [18], регулируется с учетом коэффициента безопасности. Значения коэффициента безопасности приведены в таблице 45.

Таблица 45 – Значение коэффициента запаса

Характеристика объекта	Люминесцентные лампы	Лампы накаливания
Помещения с большим выделением пыли	2,0	1,7
Помещения со средним выделением пыли	1,8	1,5
Помещения с малым выделением пыли	1,5	1,3

11.4.1 Расчет искусственного освещения

Произведем примерный расчет и подбор светильников для цеха ГШО.

Размеры производственного помещения: - Высота 6 м;

- Длина 30 м;

- Ширина 10 м;

Площадь помещения: $S=AB=30\cdot10=300\text{м}^2$

Находим величину минимально допустимой табличной освещенности: $E_n = 100 \text{ лк}$.

По условию слепящего действия высота подвеса светильника над полом: 5м.

Свес светильника:

Высота подвеса светильника над рабочей поверхностью: ,

где 0.7 - высота рабочей поверхности.

Произведем предварительную разметку светильников. Расстояние между светильниками L определяется из выражения : $L = 1.1 \cdot 4.2 = 4.64 \text{ м}$.

Устанавливаем светильники по длине (отступив от стен 2м) на расстоянии 4.5м.

Устанавливаем светильники по ширине (отступив от стен 2м) на расстоянии 5м.

В результате разметки принимаем 17 светильников.

Для определения коэффициента использования находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{300}{5 \cdot (30 + 10)} = 1,5$$

Коэффициент использования:

$$\text{Расчетный световой поток: } F = \frac{E_n k S Z}{n \mu} = \frac{100 \cdot 1.3 \cdot 300 \cdot 1.1}{17 \cdot 0.43} = 5868 \text{ лм}$$

где k - коэффициент запаса;

Z - коэффициент, учитывающий отклонение от средней величины.

По полученному значению потока F , лм выбирается источник света, но при этом должно соблюдаться следующее соотношение

$$-10\% < F < +20\%$$

Выбран светильник SN1 LED (5900 лм)

11.5 Электробезопасность

Поражение электрическим током является главным опасным фактором на рабочем месте вследствие того, что часть электроустановок находится под напряжением.

Перед началом работы обслуживающий персонал должен убедиться в целостности всех электрических проводов, входящих в систему электроснабжения, всех имеющихся выключателей и розеток, отсутствии в непосредственной близости от оборудования посторонних предметов.

Напряжения прикосновения и токи, проходящие через тело человека в нормальном (не аварийном) режиме согласно [11] не должны превышать значений, указанных в таблице 46.

Таблица 46 – Напряжения и токи при нормальном режиме работы

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

Эксплуатация электрохозяйства поверхностного комплекса шахтоуправления должна вестись в строгом соответствии с правилами и нормативными документами.

Класс помещений по электроопасности, где проводятся работы – особо опасные помещения (цеха), характеризуются наличием химически активной среды, т. е. в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования, а также токопроводящей пыли, токопроводящих полов (железобетонных). К особо опасным помещениям относятся и ЗРУ 6 кВ. Токарно-слесарные мастерские относятся к помещению с повышенной опасностью т. к. это пыльные помещения с токопроводящей пылью.

Для электробезопасности работающего требуется применять специальные защитные средства.

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок согласно [20] относятся:

- электрическая изоляция токоведущих частей;
- ограждение;
- зануление;
- применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты, предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

Исправность средств защиты должна проверяться осмотром перед каждым применением, а также периодически через 6-12 месяцев.

Изолирование - способны длительное время выдерживать рабочее напряжение.

В электроустановках до 1000 В – диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолируемыми рукоятками и указатели напряжения. В электроустановках напряжением выше 1000 В – изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, а также указатели напряжения свыше 1000 В.

Ограждение - подразумевает обеспечение недоступности токоведущих частей оборудования с помощью ограждений, блокировок или расположения на недоступной высоте. В зависимости от напряжения, используются либо сетчатые ограждения, либо сплошные, либо закрытые металлические двери или ящики, находиться на недосягаемой высоте.

Защитное заземление представляет собой специальный электрический контакт с землей или ее эквивалентом металлических нетокведущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Основная функция защитного заземления – оградить человека от возможного поражения электричеством.

Защитное снаряжение и одежда должны соответствовать требованиям стандартов и технических условий на их изготовление:

1. куртка и брюки хлопчатобумажные [21];
2. костюм хлопковый [22];
3. защитные очки по [22];
4. сапоги резиновые [22];
5. перчатки диэлектрические деж. [21];
6. галоши диэлектрические деж. [22].

11.6 Защита от действия выявленных опасных производственных факторов

Организационно-технические средства обеспечения безопасности защищают человека от производственных травм и профессиональных заболеваний.

Все средства защиты от воздействия вредных и опасных факторов производственной среды подразделяются на два больших класса: средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты.

Все СИЗ подразделяются на 12 классов, например средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), специальная одежда, средства защиты рук и ног, средства защиты глаз, лица и головы, средства защиты органов слуха, средства защиты от вибрации. Для защиты от поражения электрическим током применяются диэлектрические средства защиты. При работе на высоте применяются страховочные системы. Для защиты от вредных и ионизирующих излучений служат специальные индивидуальные средства защиты.

К коллективным средствам защиты относятся, например, знаки безопасности, предупредительные плакаты для электроустановок, предупреждающая окраска, знаки опасности для грузов и т.д.

Станочное оборудование обязательно должно иметь защитное ограждение и предохранительные устройства.

11.7 Экологическая безопасность.

Меры по охране окружающей среды регулируются [23],[24] и [25]. Охрана окружающей среды на предприятии включает меры по предотвращению загрязнения воздуха. Для этого загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, проходит через специальные очистительные фильтрующие и нейтрализующие устройства, а затем после очистки рассеивается в атмосфере. На предприятии твердые отходы сначала хранятся, а затем вывозятся на свалку или передаются в пункты приема цветных металлов. Воздействие электрического поля на окружающую среду на территории ООО «ШахтоУправление Карагайлинское» практически нет.

Устранить воздействие на окружающую среду возможных сбросов трансформаторное масло в случае аварий с заправленным маслом оборудованием, на подстанциях предусмотрены маслоприемники, аварийные сливы масла и закрытые маслосборники, которые также могут получать воду из маслоприемников, содержащих следы масла. В то же время следует отметить, что из-за их конструкции и режимов работы воздушные линии и подстанции с напряжением 110 кВ и выше не могут привести к катастрофическим авариям, связанным с массовым уничтожением людей. Повреждения и аварии на подстанции $U \geq 110$ кВ, как правило, не выходят за пределы их внешнего ограждения. Определенную опасность могут представлять только пожары на подстанциях, связанные с авариями мощных трансформаторов.

11.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможными чрезвычайными ситуациями при обслуживании энергоустановок могут быть: пожар, поражение электрическим током, взрыв, паводки и обрушение помещения. Наибольшей вероятностью возникновения является пожар.

Наличие противопожарной защиты обусловлено необходимостью создания эффективных методов предупреждения пожаров и их ликвидации с

минимальным ущербом. Согласно техническому регламенту эффективная система обеспечения пожаробезопасности должна включать в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Система противопожарной защиты подразумевает такие меры как: использование не горючих и трудногорючих веществ и материалов в производстве, ограничение количества горючих веществ и их надлежащее размещение; изоляция горючей среды; использование средств коллективной и индивидуальной защиты от огня и средств пожарной сигнализации.

Все производственные помещения оснащены автоматической пожарной сигнализацией, проводящей круглосуточный пожарный мониторинг и служащей для быстрого извещения службы пожарной безопасности о возгорании.

Также в помещениях, в местах установленных пожарной охраной, должны быть размещены пожарные щиты со следующим набором пожарного оборудования: топоров – 2; ломов и лопат – 2; багров железных – 2; ведер, окрашенных в красный цвет – 2; огнетушителей – 2.

Прежде чем тушить пожар, нужно обесточить помещение. Максимальная возможность электрического поражения наступает в случае, когда струя огнетушащего состава достигает частей электрооборудования, которое находится под напряжением. Одним из решений является использование токонепроводящих огнетушащих составов.

На предприятии должен быть разработан оперативный план пожаротушения.. Оперативный план должен разрабатываться квалифицированными специалистами и утверждаться в территориальных Управлениях МЧС и ВГСЧ РФ.

При обнаружении пожара или признаков горения в зданиях, технологических модулях, помещении (задымление, запах гари, повышение температуры воздуха и пр.) оперативный персонал должен:

1. Вызвать пожарную команду, единый телефон пожарных и спасателей – 101 или по средство радиосвязи взвод ВГСЧ;
2. Обесточить электрооборудование, электрические сети;
3. Поставить в известность вышестоящее руководство;
4. Принять меры по эвакуации людей и тушению пожара первичными средствами пожаротушения;
5. Организовать встречу подразделения пожарной охраны.

В каждом цеху должна находиться инструкция о конкретных мерах пожарной безопасности, противопожарном режиме и план эвакуации рабочих из цеха.

Пути эвакуации рабочих запрещено загромождать оборудованием. На путях эвакуации устанавливаются указатели и световые табло.

Каждый случай пожара (возгорания) должен быть расследован согласно «Инструкцией по расследованию и учету пожаров, происшедших на объектах энергетики» специально назначенной комиссией для установления причин, убытков, виновников возникновения пожара (возгорания).

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОЖАРА ИЗ ЦЕХА ПО РЕМОНТУ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ООО "ШАХТОУПРАВЛЕНИЕ КАРАГАЙЛИНСКОЕ"

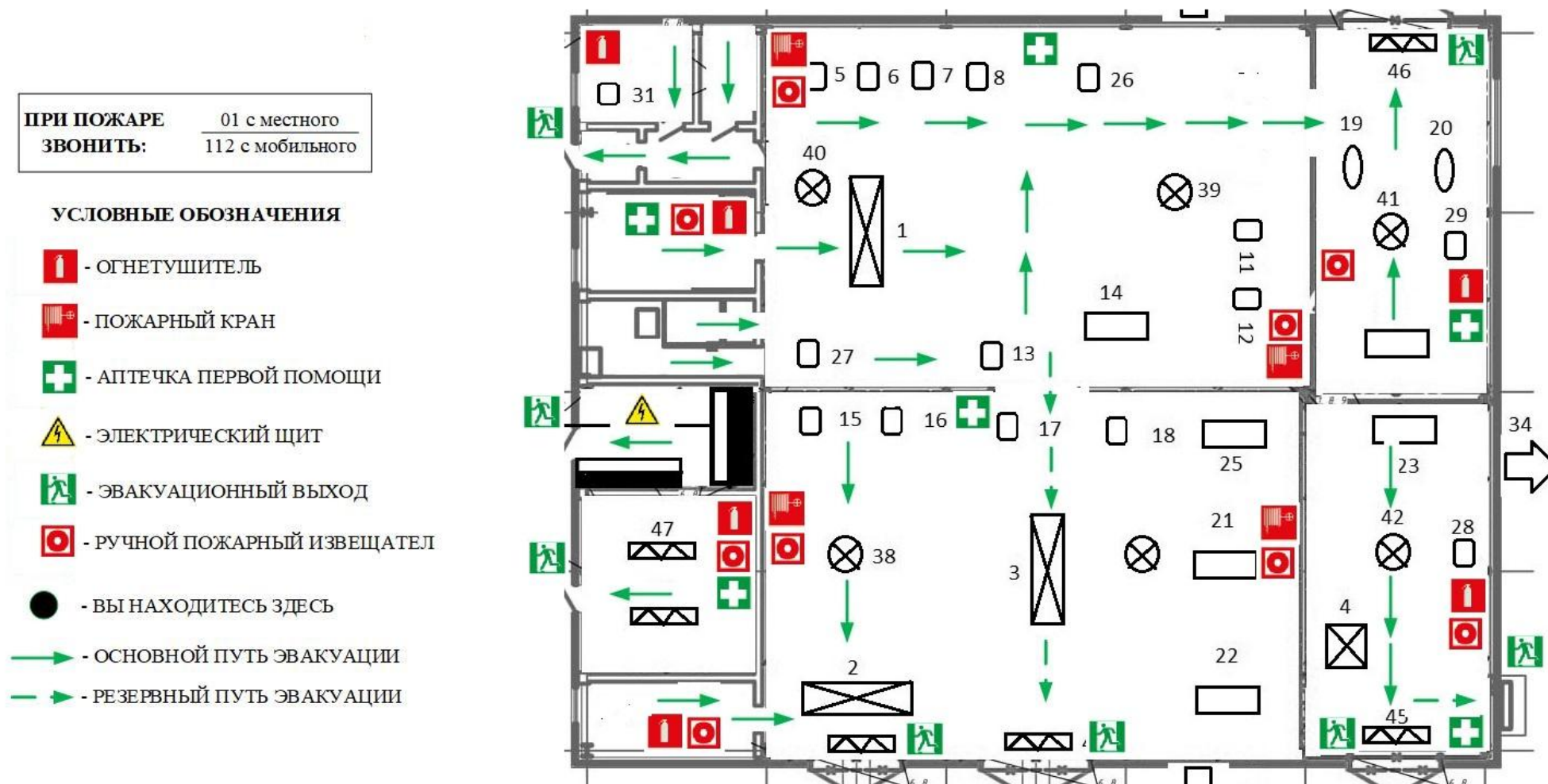


Рисунок 18 - План эвакуации из цеха ГШО при пожаре и чрезвычайной ситуации.

11.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основными документами, регулирующими правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности касательно специфики данного проекта – это Трудовой кодекс РФ и ПОТЭУ (Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок). Трудовой кодекс устанавливает права и обязанности работника и работодателя, регулирует вопросы охраны труда, переподготовки и повышения квалификации, трудоустройства. В нем закрепляются правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров. Требования ПОТЭУ распространяются на работодателей и работников, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения.

Согласно Трудовому кодексу РФ для контроля за соблюдением условий охраны труда, в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью сотрудников более 50 человек, необходима служба по охране труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в данной области.

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагается на работодателя. Работодатель в зависимости от специфики деятельности может устанавливать дополнительные правила безопасности, не противоречащие правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок. Требования охраны труда должны содержаться в соответствующих инструкциях и доводиться до персонала путем инструктажа, распоряжений и указаний.

Организационные мероприятия, которые обеспечивают безопасность работ в электроустановках:

- оформление наряда, распоряжения или перечня работ, которые выполняются в порядке текущей эксплуатации;
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе;
- допуск к работе;
- надзор во время работы.

При оформлении работ определяется круг лиц, ответственных за безопасное проведение работ; технические и специальные мероприятия, обеспечивающие безопасность во время работ.

Вид оперативного обслуживания электроустановок, а также число работников из числа оперативного персонала в смене устанавливается организационно-распорядительной документацией организации. При напряжении в электроустановках выше 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки, и старшие по смене должны иметь группу по электробезопасности IV, остальные работники в смене - группу III. В электроустановках напряжением до 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки, должны иметь группу III.

11.10 Социальная защита пострадавших на производстве

11.10.1 Общие принципы возмещения причиненного вреда

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

Если вред причинен не источником повышенной опасности, работодатель несет ответственность лишь при наличии своей вины и освобождается от ответственности, если докажет, что вред причинен не по его вине. Понятие вины работодателя понимается в широком смысле, как не обеспечение работодателем здоровых и безопасных условий труда.

Полагающиеся пострадавшему денежные суммы в возмещение вреда, компенсации дополнительных расходов и единовременное пособие могут быть увеличены по согласованию сторон или на основании коллективного договора.

Заявление о возмещении вреда подается работодателю (администрации предприятия). Работодатель рассматривает заявление о возмещении вреда и принимает соответствующее решение в десятидневный срок. Решение оформляется приказом (распоряжением, постановлением) администрации предприятия.

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

11.10.2 Социальное страхование

В роли страховщика выступает Фонд социального страхования РФ. В роли страхователя – юридические лица любой организационно-правовой формы (в том числе иностранные организации, осуществляющие свою деятельность на территории РФ и нанимающие граждан РФ) либо физические лица, нанимающие лиц, подлежащих обязательному социальному страхованию.

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

Сам пострадавший или лица, имеющие право на получение возмещения, должны предъявлять соответствующие требования не к работодателю, а к органам Фонда социального страхования РФ. Если гражданин выполняет работу по гражданско-правовому договору, условия которого не предусматривают обязанность уплаты работодателем страховых

взносов, то возмещение работнику утраченного заработка, в части оплаты труда, осуществляется причинителем вреда.

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

Виды обеспечения по страхованию:

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

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

Размер единовременной страховой выплаты определяется в соответствии со степенью утраты застрахованным профессиональной

трудоспособности исходя из максимальной суммы, установленной федеральным законом о бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на очередной финансовый год.

Ежемесячные страховые выплаты подлежат выплате застрахованному работнику на протяжении всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности. Если при расследовании страхового случая комиссией по расследованию страхового случая установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, размер ежемесячных страховых выплат уменьшается соответственно степени вины застрахованного, но не более чем на 25 процентов. Степень вины застрахованного устанавливается комиссией по расследованию страхового случая в процентах и указывается в акте о несчастном случае на производстве или в акте о профессиональном заболевании. При определении степени вины застрахованного рассматривается заключение профсоюзного комитета.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был произведен расчет системы электроснабжения ООО “ШахтоУправление Карагайлинское”.

Электроснабжение подземных потребителей по объекту "Карагайлинская", является составной частью электроснабжения шахты и выполнено в соответствии с: ПУЭ, Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах", ПТЭ в угольных и сланцевых шахтах; "Инструкцией по проектированию электроустановок угольных шахт, разрезов, обогатительных и брикетных фабрик" и содержит в себе данные по электрическим нагрузкам, подземных токоприёмников, выбору вводных и линейных высоковольтных кабелей, коммутационной аппаратуры напряжением 6000 В, определение токов короткого замыкания в высоковольтной сети, выбор уставок максимально – токовой защиты коммутационной аппаратуры напряжением 6000 В. Был выполнен расчет методом упорядочных диаграмм цеха ГШО, внеплощадочное и внутриплощадочное электроснабжение при напряжении 6 и 0,4 кВ центральной промплощадки шахты, площадок воздухоподающего ствола, очистных сооружений шахтной воды, повысительной насосной станции, очистных сооружений бытовых стоков, южных стволов. Расчет электрических нагрузок при напряжении 6 и 0,4 кВ произведен исходя из установленной мощности одновременно работающих токоприемников с учетом коэффициентов спроса, мощности и совпадения максимумов нагрузок по подстанциям шахты.

Расчет электроснабжения для поверхностного комплекса зданий и сооружений шахтоуправления производился с учетом максимального использования электрооборудования, приборной и кабельной продукции российского производства.

Для электроснабжения низковольтных электроприемников объектов поверхности шахтоуправления принимается трехфазная четырехпроводная сеть переменного тока напряжением 380/220 В с частотой 50 Гц с системой заземления TN-C-S. Исходя из условия оперативного управления технологическими процессами, принята радиальная схема питания.

Исполнение электрооборудования по уровню взрывозащиты и степени защиты оболочек принято в соответствии с категорией помещений и классом зон по взрывопожароопасности.

Силовая кабельная сеть выполняется кабелями с медными жилами. Выбор марок и сечений кабелей произведен с учетом их функционального назначения, необходимой надежности по допустимой нагрузке и потере напряжения.

Список литературы

1. Мельников М.А. Внутривзаводское электроснабжение: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 159 с.
2. Комитет угольной промышленности. Инструкция по проектированию электроустановок угольных шахт, разрезов, обогатительных и брикетных фабрик – Москва 1993. – 142 с.
3. Кабышев А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учеб. пособие / А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248с.
4. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 100400 «Электроснабжение» (по отраслям) ИДО / Сост. А. И. Гаврилин, С. Г. Обухов, А. И. Озга; Том. политехн. ун-т.-Томск, 2004.-112 с.
5. Барченко Т. Н., Закиров Р. И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С. М. Кирова, 1988.- 96 с.
6. Правила устройства электроустановок (издание 7)/ Колл.авт.: - М.: Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-технический центр по безопасности в промышленности", 2005. - 584с.
7. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб.пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
8. <https://e-kc.ru/cena/cable-avbshv-4-95>
9. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие / Л.П. Сумарокова; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 288 с.
10. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений Главтехуправлением Минэнерго СССР, 1987. - 56 с.
11. Коростелева н. в. оценка влияния шума на человека - 2010. - п 7 .- с.

62.

12. ГОСТ 12.1.029-80 ссбт. средства и методы защиты от шума. классификация.

13. СП 51.13330.2011. защита от шума. актуализированная редакция снп 23-03-2003

14. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

15. ГОСТ 12.1.005 – 88 «общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

16. Санпин 2.2.4.548 – 96 «гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

17. Пособие 1.91 к снп 2.04.05.91. расчет и распределение приточного воздуха. промстройпроект, м. 1993 г.

18. СП 52.13330.2011 «естественное и искусственное освещение» снп 23-05–95*

19. Г. П. саверский; н. л. неведомский; и. н. дорожкин. система стандартов безопасности труда. электробезопасность. стр.35.

20. В. Г. версан; н. т. тимофеева; в. б. охлянд. система стандартов безопасности труда. оборудование производственное. общие требования безопасности. стр.22-25

21. Давыдов, борис ильич. биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений / б. и. давыдов, в. с. тихончук, в. в. антипов. — москва: энергоатомиздат, 1984. — 177 с.: ил.: 21 см.

22. Фаустов с.а. правила обеспечения работников средствами индивидуальной защиты: рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. - 2000. - №2. - с.26-27.

23. ГН 2.2.5.3532–18. предельно допустимые концентрации (пдк) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

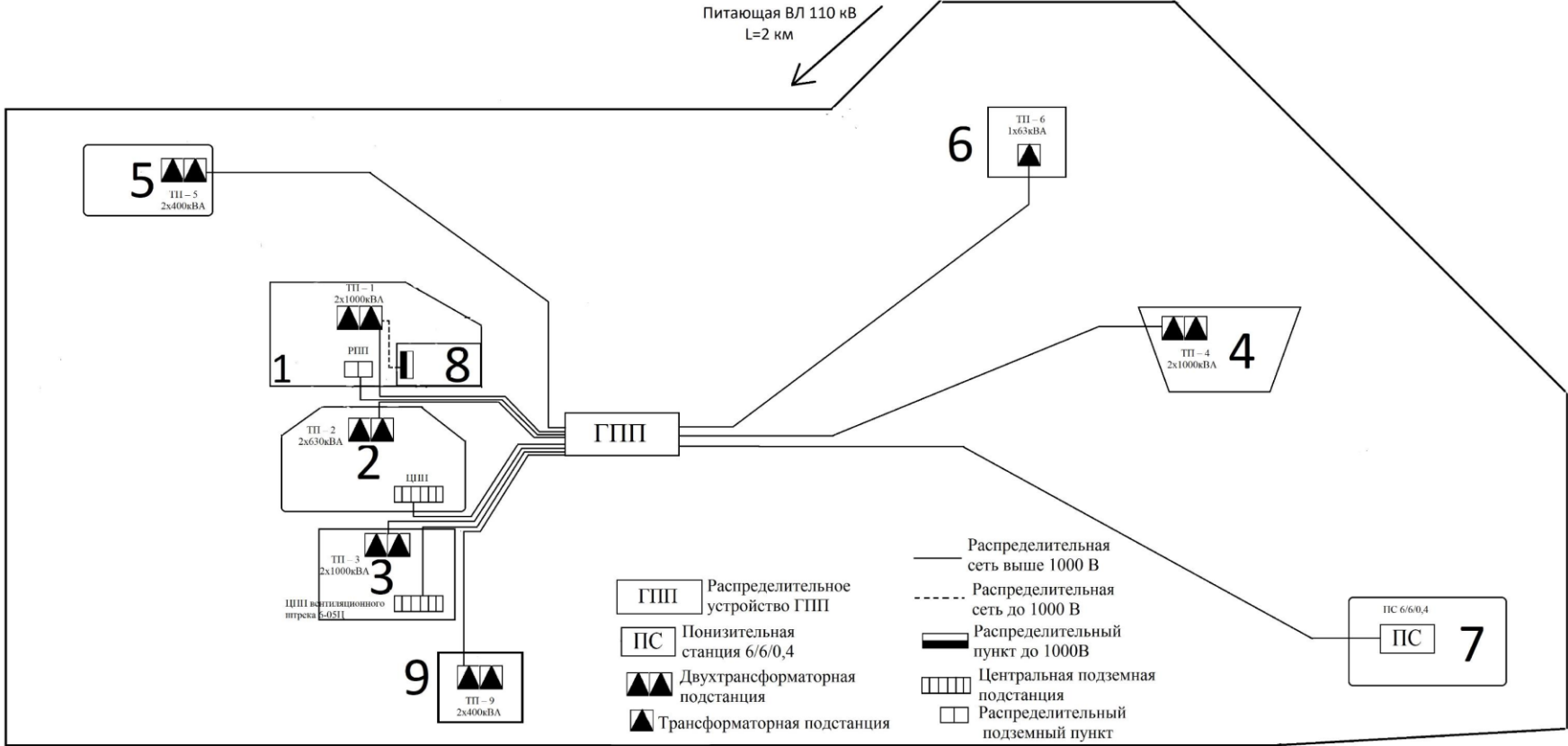
24. ГОСТ 17.1.3.13-86. охрана природы. гидросфера. общие требования

к охране поверхностных вод от загрязнений.

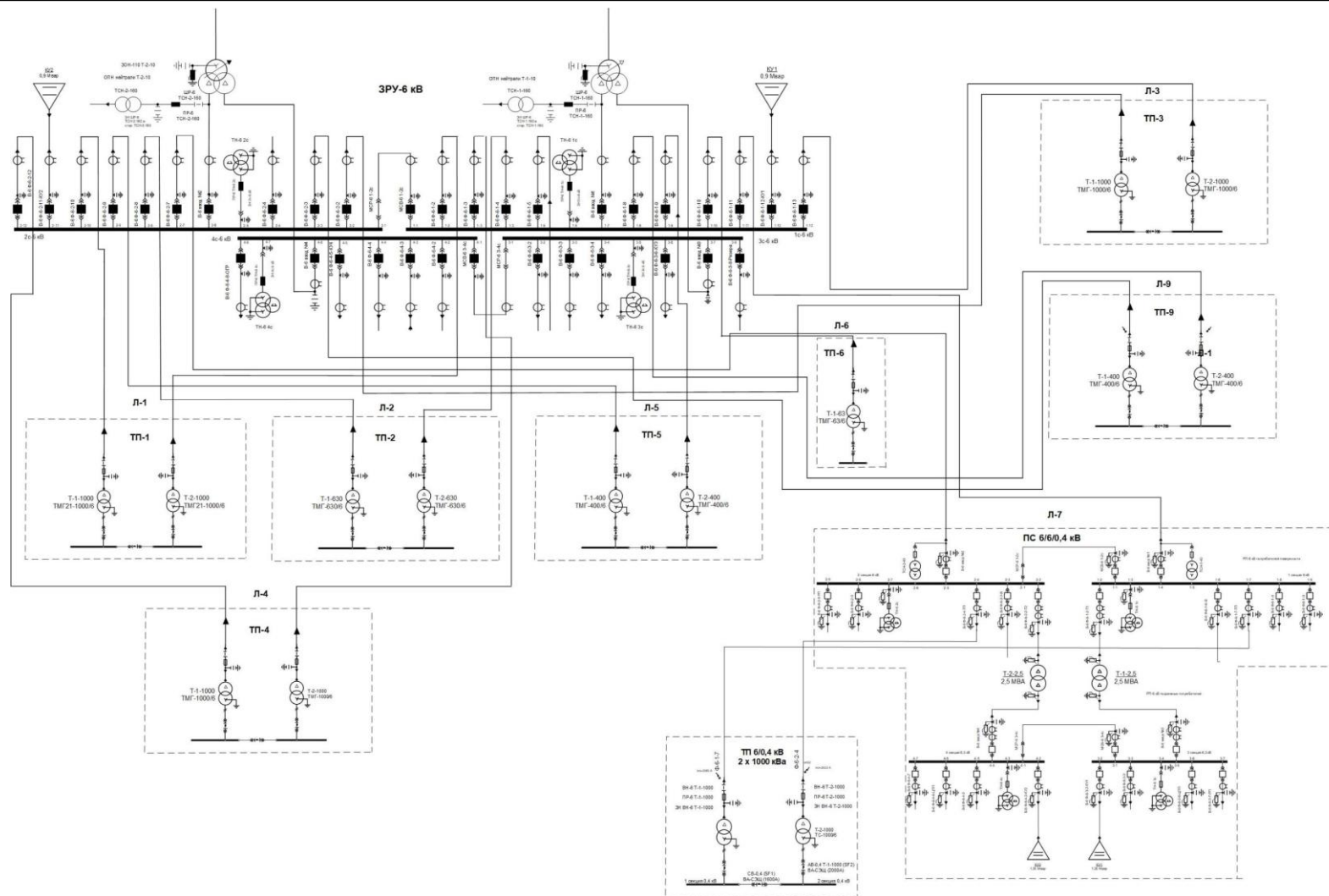
25. Санпин 2.2.1/2.1.1.1200–03. санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

26. <http://base.garant.ru/186570/> постановление правительства рф от 13 мая 1992 г. n 309 "о повышении районных коэффициентов в отдельных районах и городах томской области"

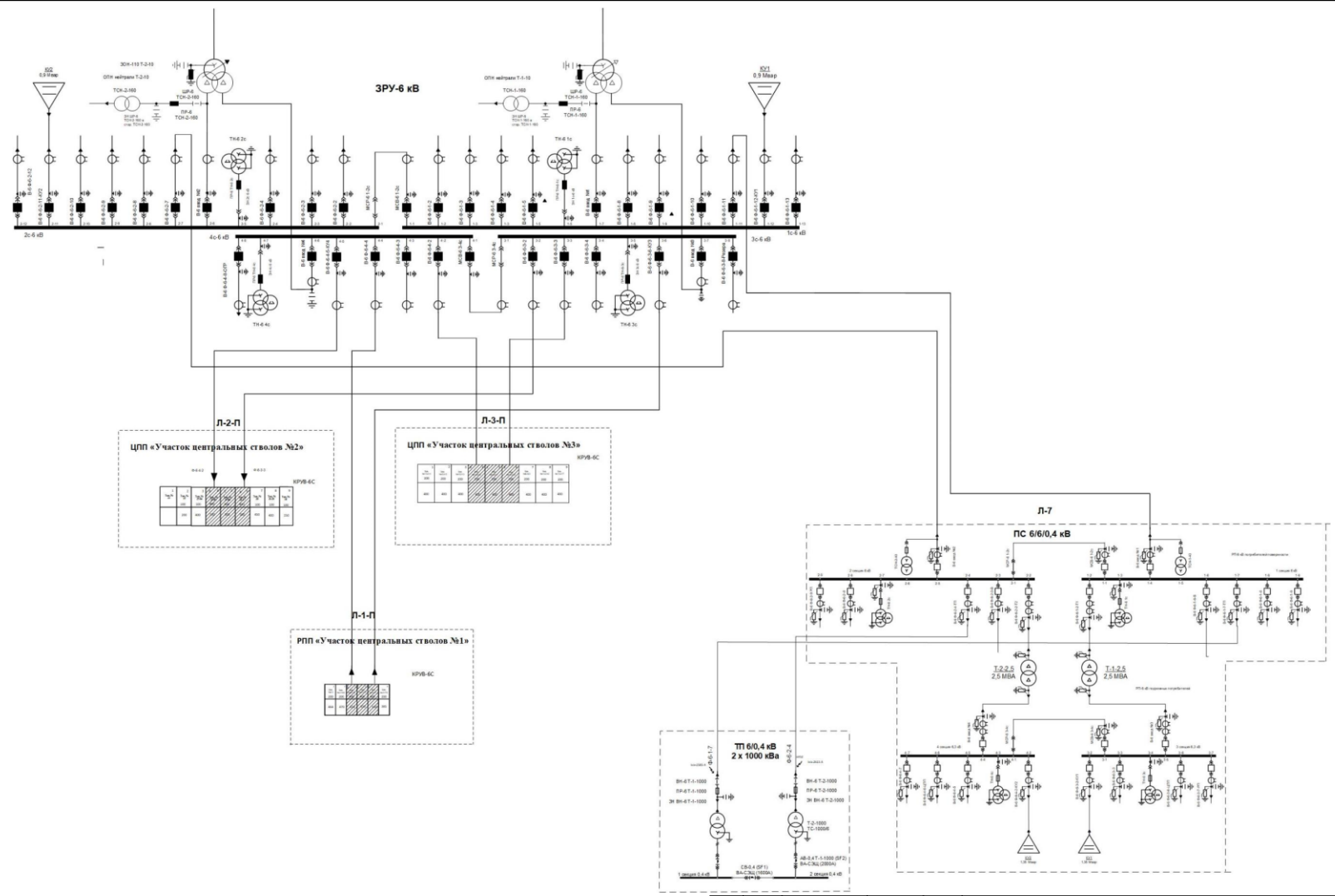
27. <http://portal.tpu.ru:7777/departments/otdel/peo/documents/tab1/oklad.pdf> приказ № 5994 от 25.05.2016 «об утверждении должностных окладов»



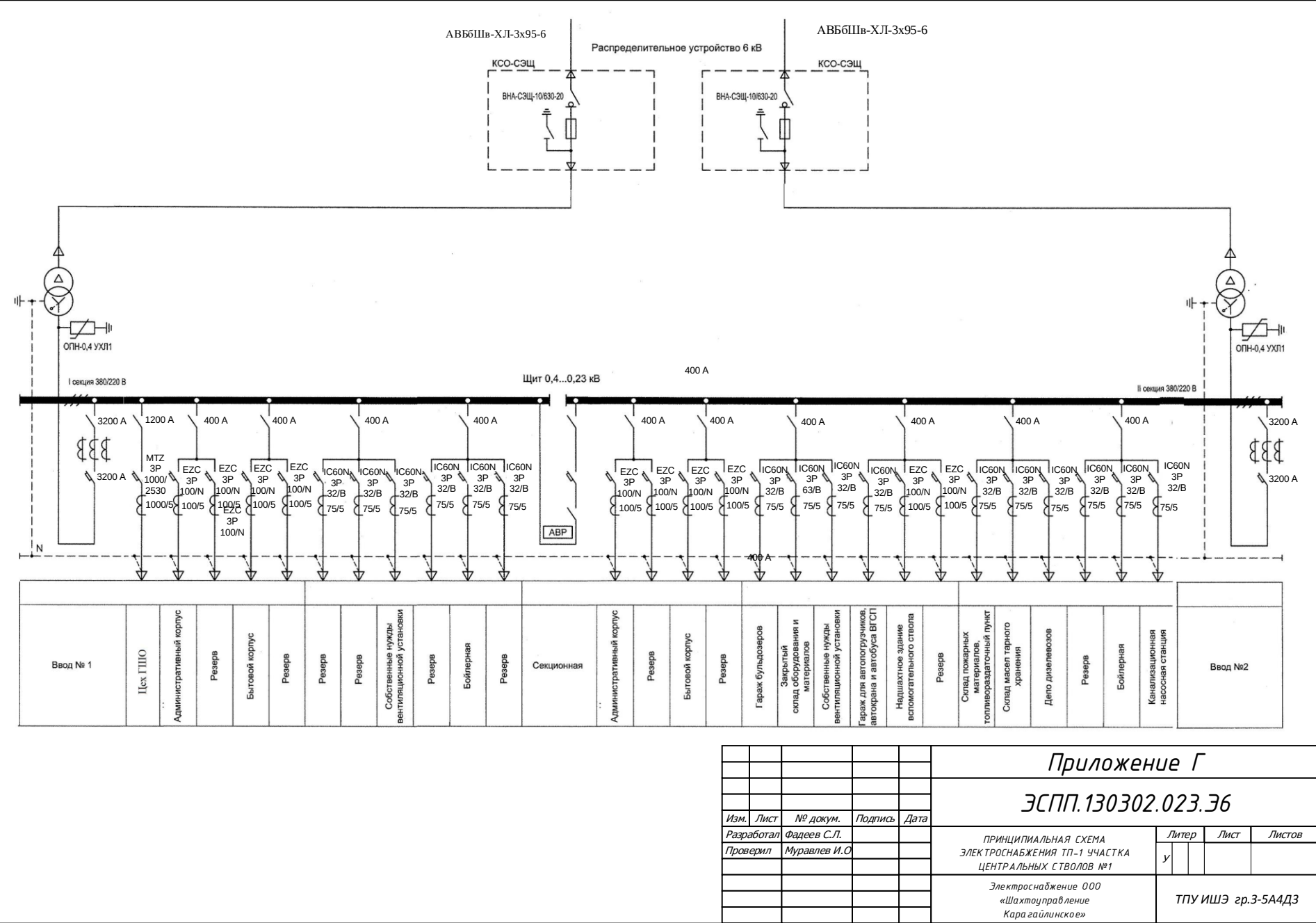
					Приложение А				
					ЭСПП.130302.023.36				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разработал	Фадеев С.Л.				Литер		Лист	Листов	
Проверил	Муравлев И.О.				у				
					СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ТП УЧАСТКОВ НА ПЛАНЕ ШАХТЫ				
					Электроснабжение ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»				
					ТПУ ИШЭ гр.3-5А4ДЗ				

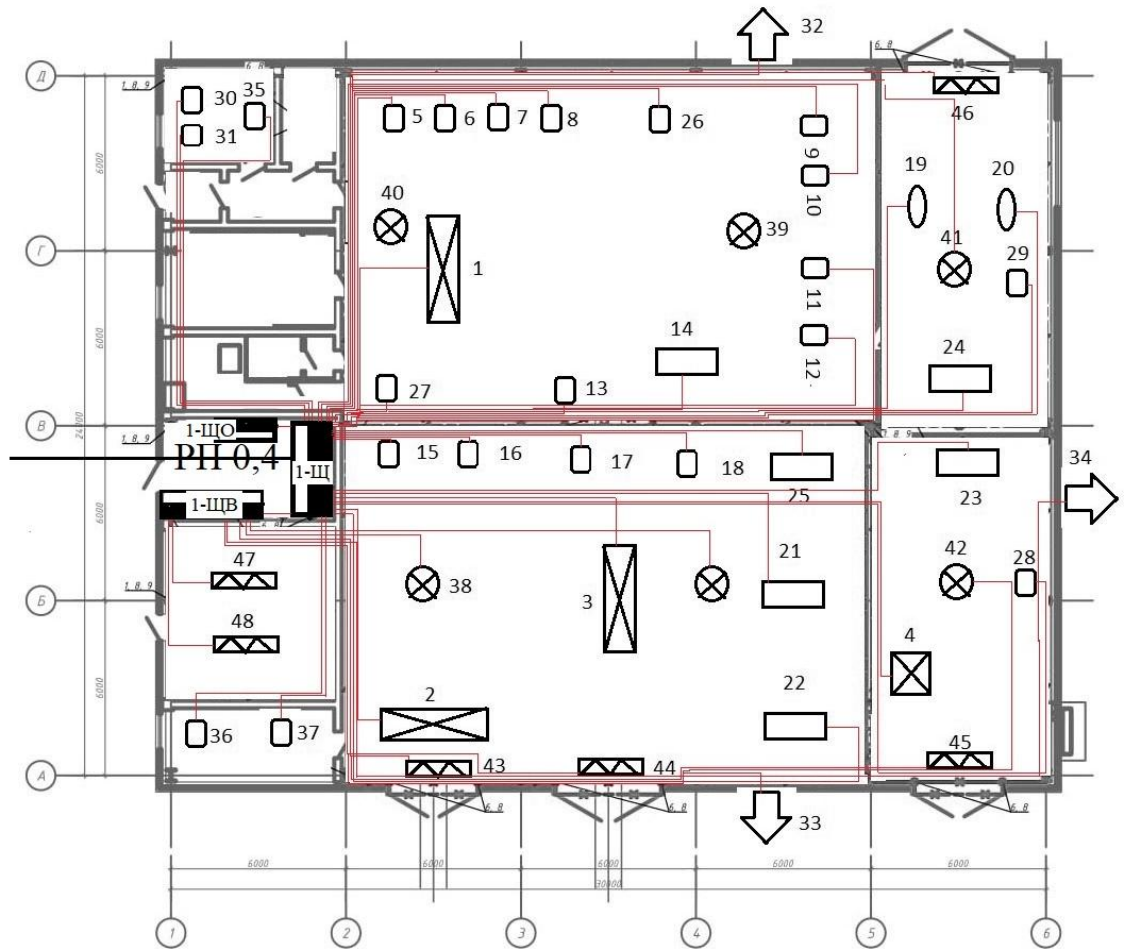


					Приложение Б				
					ЭСПП.130302.023.36				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ШАХТЫ	Литер	Лист	Листов	
Разработал	Фадеев С.Л.					у			
Проверил	Муравлев И.О.				Электрообеспечение ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»			ТПУ ИШЭ гр.3-5А4ДЗ	

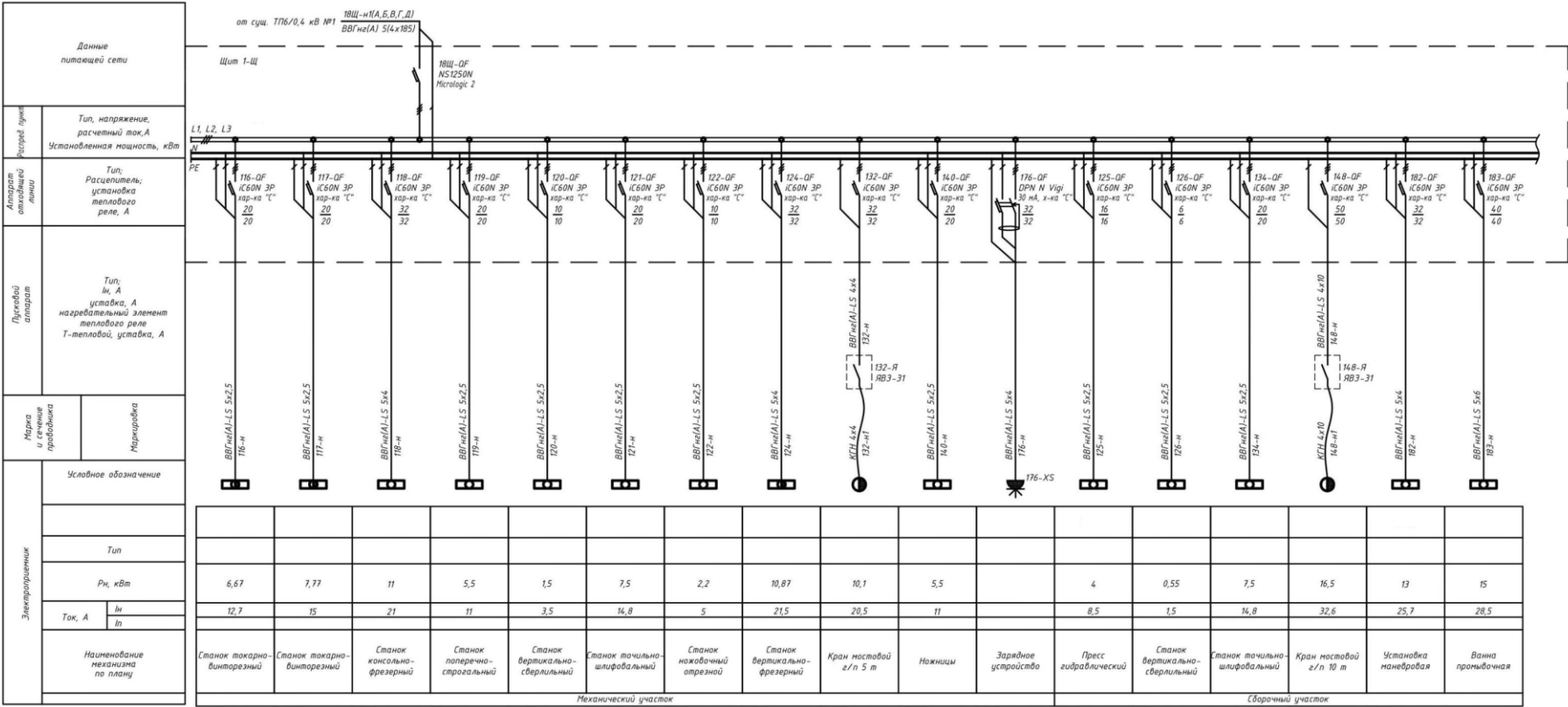


						Приложение В			
						ЭСПП.130302.023.Э6			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ШАХТЫ	Литер	Лист	Листов
Разработал	Фадеев С.Л.						у		
Проверил	Муравлев И.О.					Электроснабжение ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»	ТПУ ИШЭ гр.3-5А4ДЗ		



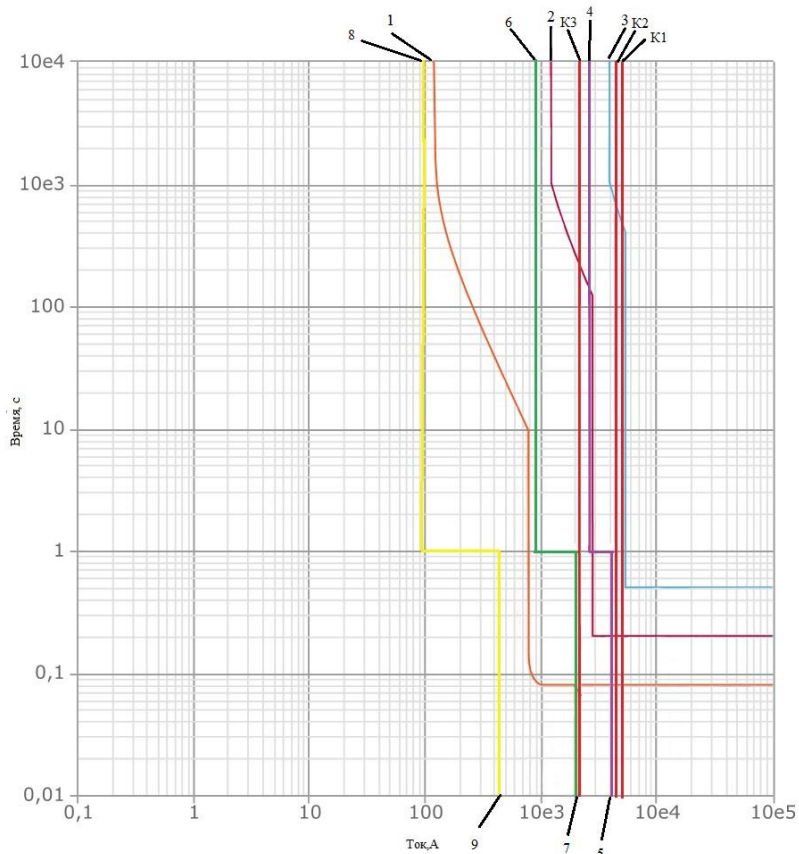
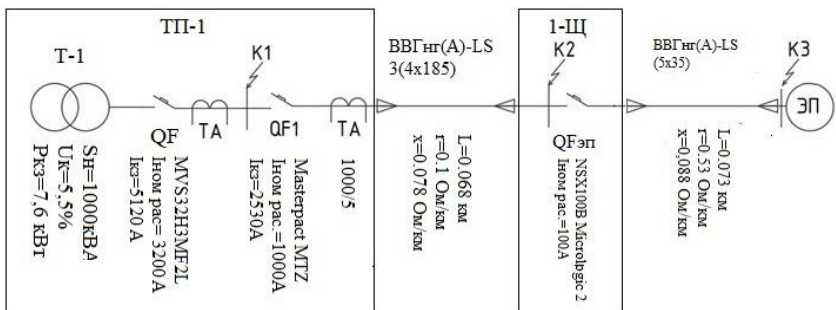


						Приложение Д		
						ЭСПП.130302.023.36		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СХЕМА ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ЦЕХА ПО РЕМОНТУ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	Литер	Лист	Листов
Разработал	Фадеев С.Л.					у		
Проверил	Муравлев И.О.				Электроснабжение ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»			
						ТПУ ИШЭ гр.3-5А4Д3		

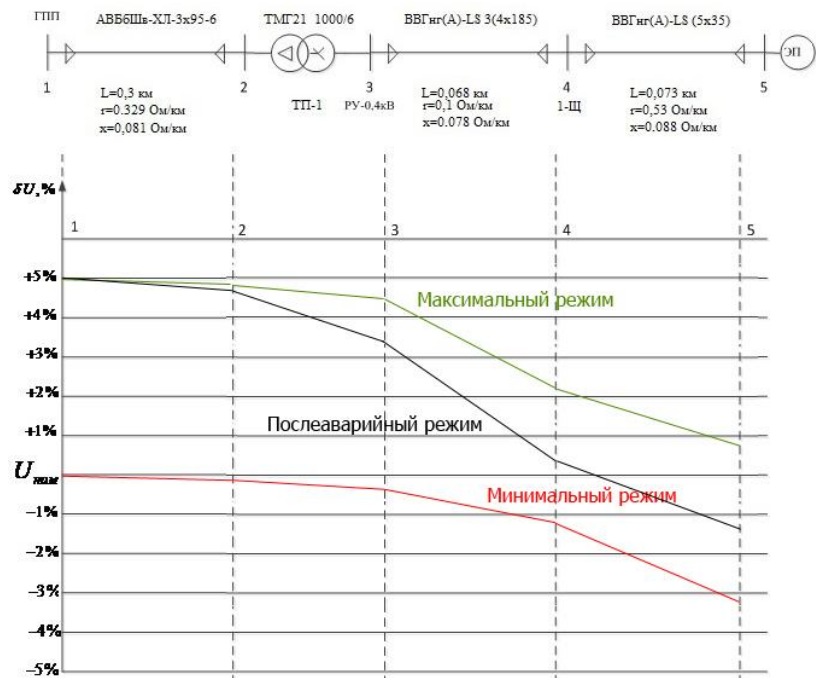


Приложение Е					
ЭСПП.130302.023.Э6					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Разработал	Фадеев С.Л.				
Проверил	Муравлев И.О.				
ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ОДНОЛИНЕЙНАЯ СХЕМА ЦЕХА ПО РЕМОНТУ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ					Литер
					у
					Лист
					1
					Листов
					3
Электроснабжение ООО «Шахтоуправление Карагайлинское»					ТПУ ИШЭ гр.3-5А4ДЗ

КАРТА СЕЛЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕХОВОЙ СЕТИ 0,4 кВ



РАДИАЛЬНАЯ СЕТЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАДЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ И ЭПЮРЫ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ



- 1- защитная характеристика автоматического выключателя для защиты ЭП;
 - 2- защитная характеристика автоматического выключателя для защиты 1-Щ;
 - 3- защитная характеристика вводного автомата КТП;
 - 4- расчетный ток трансформаторной подстанции;
 - 5- пиковый ток трансформаторной подстанции;
 - 6- расчетный ток 1-Щ;
 - 7- пиковый ток 1-Щ;
 - 8- номинальный ток ЭП;
 - 9- пиковый ток ЭП;
- К3- действующее значение тока однофазного КЗ в точке К3;
К2- действующее значение тока однофазного КЗ в точке К2;
К1- действующее значение тока однофазного КЗ в точке К1.

Приложение Ж					
ЭСПП.130302.023.36					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КАРТА СЕЛЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ
Разработал	Фадеев С.Л.				ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕХОВОЙ СЕТИ 0,4 кВ
Проверил	Муравлев И.О.				РАДИАЛЬНАЯ СЕТЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАДЕНИЙ
					НАПРЯЖЕНИЯ И ЭПЮРЫ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ
					Электроснабжение ООО
					«Шахтауправление
					Кара гайлинское»
					ТПУ ИШЭ гр.3-5А4ДЗ