

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы электроснабжения завода по производству искусственного волокна

УДК 621.316.176

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Д	Григорьев А.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шутов Е.А.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Трофимова М.Н.	доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Панин В.Ф.	д.т.н., профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Завьялов В.М.	д.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭПП

Завьялов

В.М.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Д	Григорьеву Артёму Сергеевичу

Тема работы:

Проектирование системы электроснабжения завода по производству искусственного волокна	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 05.02.2016 г. № 832/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом исследования является ремонтно-механический цех завода по производству искусственного волокна. В качестве исходных данных представлены:

- генеральный план завода;
- план ремонтно-механического цеха;
- сведения об электрических нагрузках завода по производству искусственного волокна;
- сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.

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>	- постановка задачи проектирования; - проектирование системы электроснабжения рассматриваемого завода; - детальное рассмотрение особенностей трансформаторных подстанций в системах электроснабжения с последующим выбором цеховых трансформаторов; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	- картограмма электрических нагрузок предприятия; - план внутризаводского электроснабжения; - однолинейная схема ремонтно-механического цеха - эпюра отклонения напряжения - карта селективности действия аппаратов защиты
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трофимова М.Н.
Социальная ответственность	Панин В.Ф.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шутов Е.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2Д	Григорьев А.С.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Д	Григорьеву Артёму Сергеевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):</i>	<i>Стоимость материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>РД 34.10.178-88 Нормы резерва материально-технических ресурсов и оборудования для закрытых трансформаторных подстанций 6-20/0,38 кВ и распределительных пунктов 6-20 кВ РД 34.10.386 Методика нормирования расхода материалов на ремонт и техническое обслуживание электрических сетей</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка осуществляется на основе анализа потенциальных потребителей результатов исследования, конкурентных технических решений, а также Quad и SWOT анализа</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Основой для формирования бюджета являются основная заработная плата исполнителей, страховые отчисления и накладные расходы</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Трофимова М.Н.	доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Д	Григорьев А.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Д	Григорьеву Артёму Сергеевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Территория ремонтно-механического цеха. Необходимо поддержание: 1.1. Нормативных метеоусловий, освещения, уровней вибрации и шума; 1.2. Нормативных мер обеспечения электро- и пожаробезопасности. 1.3. Освещение и отопление требуют сжигания топлива на ТЭЦ, дающего выбросы в атмосферу ЗВ. 1.4. Наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары), электрический удар, например, при замыкании фазы питания на корпус электрооборудования при нарушении его заземления.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ГОСТ 12.0.003-74 «ОиВПФ»; ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность»; ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.; №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681; Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12.2014).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Вредные факторы: 1. Шум; 2. Вибрации; 3. Возможные ненормативные метеоусловия; 4. Недостаточная освещенность рабочего места
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства	Опасные факторы: 1. Опасность электропоражения;

защиты; – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	2.Пожаровзрывоопасность.
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	По п.п.3.1.,3.3: Люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. По п.3.1.:оценить масштабы уменьшения выбросов ЗВ от возможной экономии электроэнергии на рабочем месте. По п.3.3.: дать схему обращения твердых отходов от рабочего места согласно Постановлению Администрации г. Томска от 11.11.2010.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Разработать мероприятия по предупреждению загораний и электропоражений и мер по ликвидации их последствий.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Панин Владимир Филиппович	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Д	Григорьев Артём Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 151 с., 20 рис., 67 табл., 33 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: расчётная нагрузка, картограмма нагрузок, выбор трансформаторов, компенсация реактивной мощности, электроснабжение цеха, выбор сечения, выбор защитной аппаратуры, расчёт токов короткого замыкания, выбор оборудования, однолинейная схема, менеджмент, социальная ответственность.

Объектом исследования является ремонтно-механический цех завода по производству искусственного волокна.

Цель работы: разработка системы электроснабжения промышленного предприятия в целом и системы электроснабжения ремонтно-механического цеха.

В процессе исследования произведён поэтапный расчёт нагрузок ремонтно-механического цеха и всего завода, выбор сечений кабельных линий, выбор оборудования и его проверка при различных режимах работы, выбор защитной аппаратуры и проверка селективности её действия.

В результате исследования была спроектирована конкретная модель электроснабжения промышленного предприятия.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: исследуемый завод состоит из 18 цехов, из них 2 цеха относятся к первой категории по степени надёжности электроснабжения, напряжение питающей линии 110 кВ, рабочие напряжения внутри завода 10 и 0,4 кВ

Область применения: предприятия с химически-активной средой в производственных помещениях.

Оглавление

Введение.....	10
1.Исходные данные	12
2. Расчёт электрических нагрузок	17
2.1 Описание технологического процесса.....	17
2.2. Определение схемы электроснабжения цеха	17
2.3.Определение расчетных электрических нагрузок ремонтно-механического цеха.....	18
2.4.Определение нагрузки предприятия в целом.....	23
3.Картограмма нагрузок и определение центра электрических нагрузок (ЦЭН)	28
4.Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.....	33
5.Компенсация реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП. Определение полной мощности ГПП со стороны ВН.	38
6. Схема внешнего электроснабжения	41
7.Схема внутривозводской сети 10 кВ.....	47
7.1.Выбор сечений кабельных линий 10 кВ	47
7.2.Выбор дизель-генераторов	51
8. Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	56
9.Выбор высоковольтного оборудования	66
9.1 Выбор трансформаторов собственных нужд	66
9.2 Выбор контрольно-измерительных приборов.....	66
9.3 Выбор трансформаторов напряжения.....	67
9.4 Выбор трансформаторов тока	68
9.5 Выбор разъединителей	71
9.6 Выбор выключателей.....	73
9.7 Выбор предохранителей	76
9.8 Выбор ограничителей перенапряжения.....	77
10. Электроснабжение ремонтно-механического цеха	80
10.1 Выбор и проверка комплектных шинопроводов	81
10.2. Выбор защитной аппаратуры.....	81
10.3. Выбор сечений цеховой электрической сети	86
11. Расчёт токов КЗ в сети ниже 1000 В.	90

12. Построение эпюры отклонения напряжения.....	96
13. Построение карты селективности действия аппаратов защиты.....	103
14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	106
14.1. Анализ конкурентных технических решений	106
14.2. Оценка при помощи технологии QuaD.....	110
14.3. SWOT-анализ.....	113
14.4. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	117
14.5. Структура работы в рамках научного исследования	118
14.6. Определение трудоёмкости выполнения проекторочных работ и разработка графика проведения научного исследования	119
14.7. Затраты на реализацию проекта	122
14.7.1. Основная заработная плата исполнителей	122
14.7.2. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ...	125
14.7.3. Накладные расходы.....	126
14.7.4. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	126
14.7.5. Расчет материальных затрат по вариантам	127
14.7.6. Формирование бюджета затрат на реализацию проекта.....	128
14.8. Определение ресурсоэффективности проекта	130
15. Социальная ответственность	133
15.1. Обеспечение защиты от вредных производственных факторов	134
15.1.1 Требования к микроклимату	134
15.1.2. Требования к освещению	135
15.1.3. Шум и вибрация	137
15.1.4. Воздействие ЭМП	139
15.2. Защита от опасных производственных факторов.....	140
15.2.1. Загорание (Пожар)	140
15.2.2. Электропоражение	141
15.3. Защита окружающей среды	142
15.4. Предотвращение ЧС и устранение их последствий	144
Заключение	146
Список используемых источников.....	148
Приложение А	151

Введение

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается электроснабжение завода по производству искусственного волокна в целом и в отдельности ремонтно-механический цех представленного завода. Целью выпускной работы является применение усвоенных ранее дисциплин в практических вопросах проектирования системы электроснабжения промышленного предприятия. В рамках данной работы производятся следующие расчёты:

- 1) Расчет нагрузки ремонтно-механического цеха методом коэффициента расчётной активной мощности согласно выбранной схеме электроснабжения цеха;
- 2) Определение расчётной нагрузки предприятия методом коэффициентов спроса с учётом осветительной нагрузки;
- 3) Расчёт и построение картограммы электрических нагрузок с целью определения наиболее оптимального размещения ГПП на территории завода;
- 4) Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций с учётом компенсации реактивной мощности и их размещение с целью обеспечения наилучшего коэффициента загрузки;
- 5) При рассмотрении схемы внешнего электроснабжения выбирается оптимальное напряжение питающих линий, их сечения, а также мощность трансформаторов ГПП;
- 6) Согласно экономической плотности тока выбираются сечения кабельных линий в сети выше 1000 В, производится расчёт токов КЗ и проверка выбранных кабельных линий по тепловому импульсу тока;
- 7) Выбор высоковольтного оборудования ГПП и его проверка по соответствующим критериям;
- 8) Расчёт схемы электроснабжения цеха, включающий выбор аппаратов защиты электроприёмников, выбор сечений питающей сети по длительно допустимому току и согласованию с аппаратами защиты, расчёт токов КЗ,

построение эюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП, построение карты селективности действия аппаратов защиты

1.Исходные данные

Объектом исследования является завод по производству искусственного волокна, генеральный план которого изображен на рис 1.1.

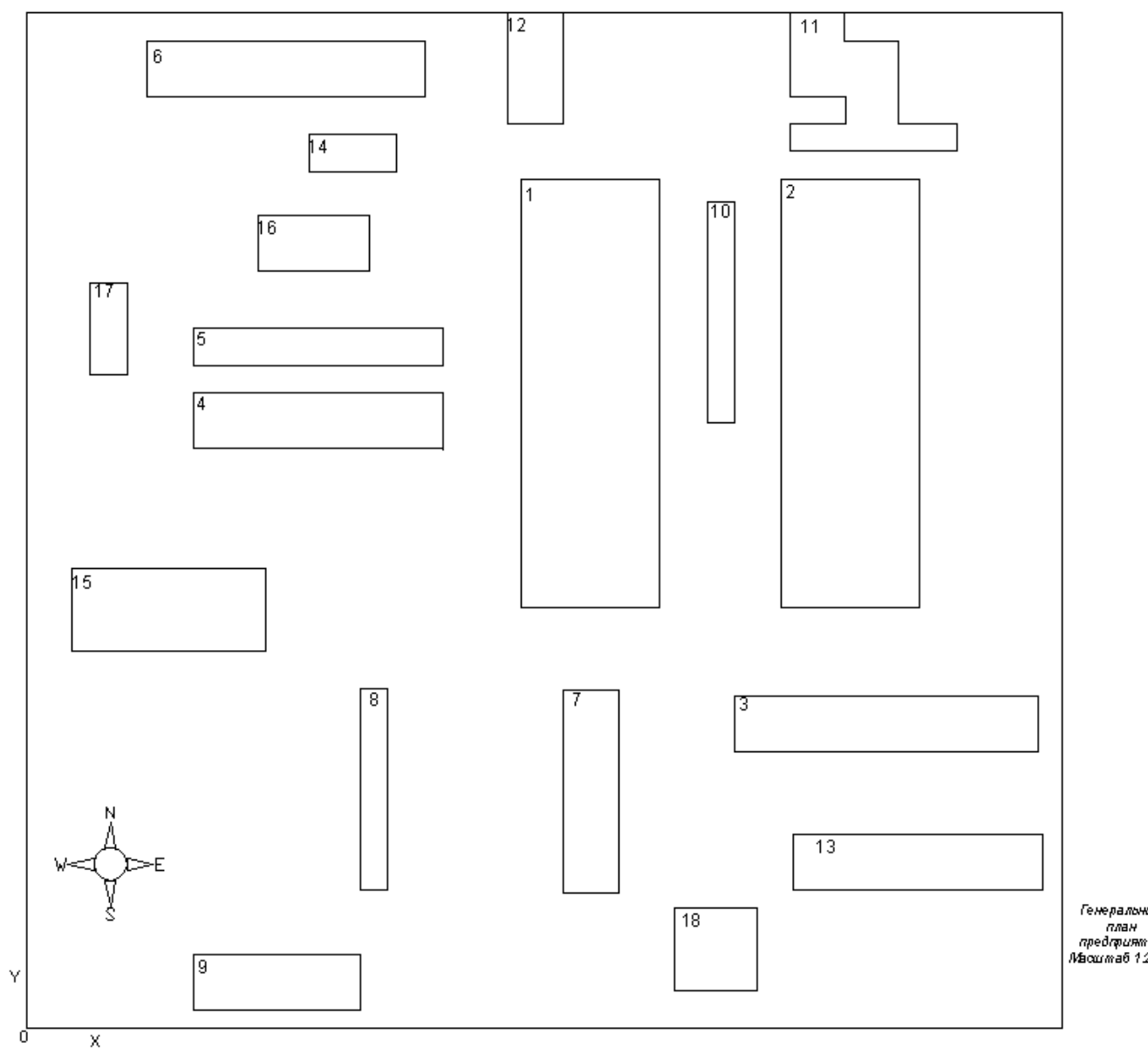


Рис.1.1 – Генеральный план завода

Таблица 1.1- Ведомость электрических нагрузок по цехам завода по производству искусственного волокна

№	Наименование цеха		Установленная мощность, кВт
1	Прядильно – отделочный цех		1200
2	Химический цех №1		1400
3	Химический цех №2		1300
4	Кислотная станция		3000
5	Корпус вакуумной выпарки		2500
6	Цех регенерации сероуглерода		925
7	Холодильно – компрессорный цех		2000
8	Насосная	0,4 кВ	350
		10 кВ	3200
9	Отделение фильтров		530
10	Бытовой корпус		480
11	Заводоуправление с проходной		500
12	Гараж		100
13	Склады		150
14	Цех очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода	0,4 кВ	295
		10 кВ	6000
15	Фильтровальная станция		120
16	Водооборотная станция	0,4 кВ	2500
		10 кВ	4000
17	Ремонтно – механический цех		
18	Насосная 10кВ		3200

Таблица 1.2 – Характеристика производственных помещений

№	Наименование цеха	Категория ЭП по надёжности	Характеристика среды
1	Прядильно – отделочный цех	II	нормальная
2	Химический цех №1	II	химически-активная
3	Химический цех №2	II	химически-активная
4	Кислотная станция	II	химически-активная
5	Корпус вакуумной выпарки	II	нормальная
6	Цех регенерации сероуглерода	I	взрывоопасная
7	Холодильно – компрессорный цех	II	нормальная
8	Насосная	II	нормальная
9	Отделение фильтров	II	химически-активная
10	Бытовой корпус	III	нормальная
11	Заводоуправление с проходной	III	нормальная
12	Гараж	III	нормальная
13	Склады	III	нормальная
14	Цех очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода	I	взрывоопасная
15	Фильтровальная станция	II	химически-активная
16	Водооборотная станция	II	нормальная
17	Ремонтно – механический цех	III	нормальная
18	Насосная 10кВ	II	нормальная

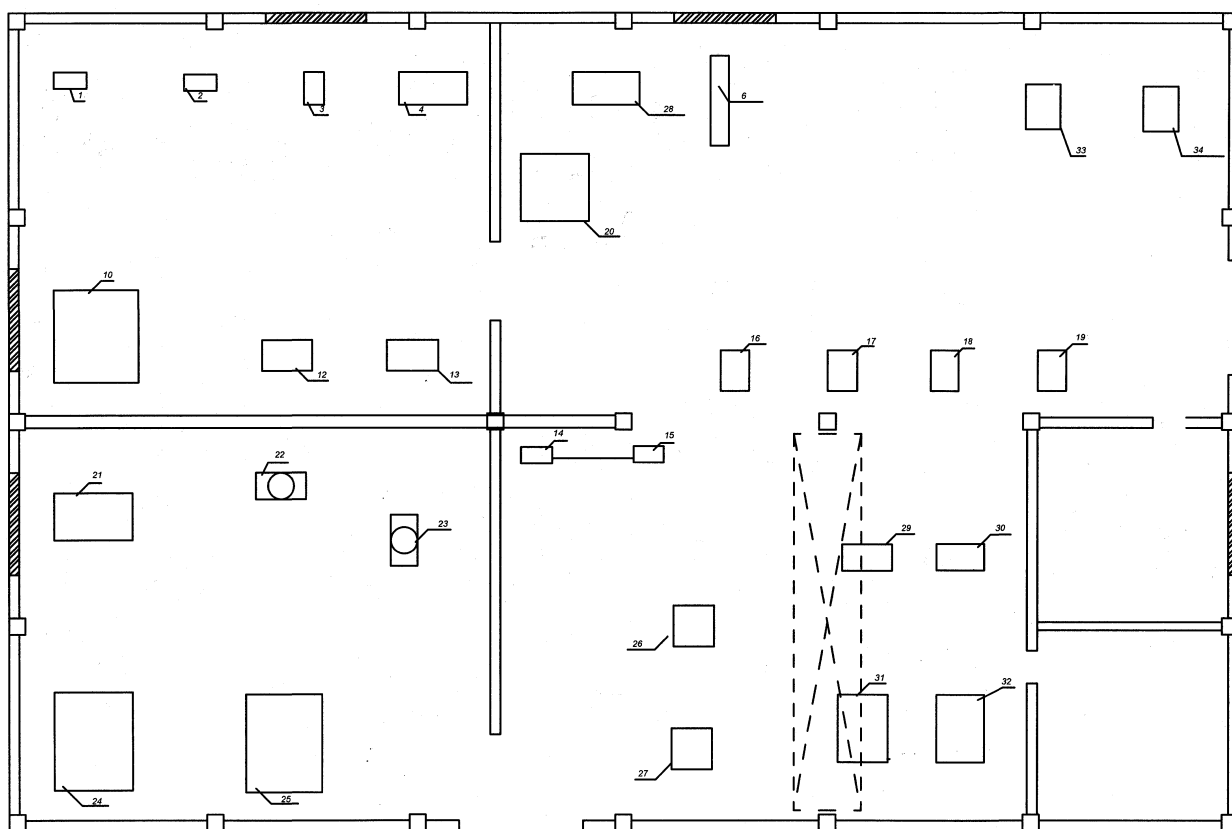


Рис.1.2 – План ремонтно-механического цеха

Таблица 1.3 - Сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха

№	Наименование электрооборудования	$p_H, кВт$	K_H	$\cos \varphi$
1	Поперечная пила	4	0,14	0,76
2	Продольная пила	4	0,14	0,76
3,4	Станок токарный по дереву	4	0,16	0,76
6	Станок трубогибный	8,6	0,16	0,82
10	Станок лентопильный	22	0,16	0,82
12,13	Реймусовый станок	8	0,16	0,78
14,15	Шлифовальный станок	8	0,16	0,78
16-19	Токарный станок	7,5	0,16	0,78
20,28	Пресс	17	0,2	0,83
21	Печь сопротивлений	24	0,8	0,95
22,23	Пресс кривошипный	10	0,2	0,81

Продолжение таблицы 1.3

24,25	Молот пневматический	22	0,2	0,82
26,27	Печь сопротивления	18	0,8	0,95
29	Преобразователь сварочный	14	0,25	0,83
30	Преобразователь сварочный	28	0,25	0,83
31,32	Автомат многопозиционный	30	0,25	0,84
33,34	Вентиляторы	7	0,6	0,85
35	Кран мостовой	29,7	0,06	0,77

2. Расчёт электрических нагрузок

2.1 Описание технологического процесса

Исходным сырьем для производства вискозного волокна служит древесная целлюлоза, которую обрабатывают раствором едкого натра и получают так называемую алкалицеллюлозу, после чего её отжимают на прессах.

После измельчения и дозревания алкалицеллюлоза подвергается обработке сероуглеродом, в результате которой образуется новое соединение ксантогенатцеллюлозы. Его растворяют в слабой щелочи, при этом образуется вязкий и тягучий раствор вискоза.

В дальнейшем вискоза проходит ряд производственных операций (смешение, фильтрация через различные фильтрующие материалы) и освобождается от растворенного в ней воздуха.

Профильтрованную и созревшую вискозу подают на прядильные машины. Здесь для формования волокна вискозу продавливают через мелкие отверстия металлических фильер в осадительную ванну. В ней содержится раствор серной кислоты, сульфата цинка и натрия, в котором тонкие струйки вискозы быстро твердеют, образуя нити. Дальнейший путь нити зависит от вида волокна, конструкции прядильной машины и других условий.

При производстве шелка вискозная нить, выходящая из ванны, поступает в центрифугу, где ссучивается и сматывается в так называемые кулички (центрифугальный способ). При другом способе прядения нить по выходе из осадительной ванны наматывается на небольшие бобины.

2.2. Определение схемы электроснабжения цеха

Перед началом расчёта цеха методом коэффициента расчётной активной мощности необходимо определиться со схемой электроснабжения цеха.

Так как в ремонтно-механическом цехе отсутствуют ограничения по окружающей среде (отсутствует технологическая пыль, газы или пары, способные нарушать нормальную работу оборудования), а

электроприёмники, располагающиеся в цехе, относятся ко 2 и 3 категории по надёжности электроснабжения, то возможно применение магистральной схемы питания электроприёмников цеха.

К основным достоинствам магистральной схемы электроснабжения можно отнести меньшие финансовые затраты и более высокую монтажную готовность в сравнении с радиальной схемой. Также перестановка производственного оборудования в цехе возможна без значительного изменения электрических сетей.

Схема электроснабжения цеха представлена на рис.2.2.1.

2.3.Определение расчетных электрических нагрузок ремонтно-механического цеха

Расчёт электроприёмников напряжением до 1 кВ, располагающихся в ремонтно-механическом цехе, производим методом коэффициента расчётной активной мощности отдельно для каждого узла согласно форме Ф636-92. Все расчёты сводим в таблицу 2.2.1.

Исходными для расчёта служат данные таблицы 1.2, на основе которых заполняются графы 1-3, 5-6. Коэффициенты использования K_{II} и коэффициенты мощности электроприёмников $\cos \varphi$ определены согласно справочным данным [1, с.13].

В графу 4 записывается общая установленная мощность однотипных электроприёмников:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном i}.$$

В графу 7 записываем значение $tg \varphi$, определяемое как:

$$tg \varphi = tg(\arccos(\cos \varphi)).$$

В графах 8-9 построчно записываются значения $K_{II} \cdot P_{н}$ и $K_{II} \cdot P_{ном} \cdot tg \varphi$.

Групповой коэффициент использования для узла определяется по следующей формуле:

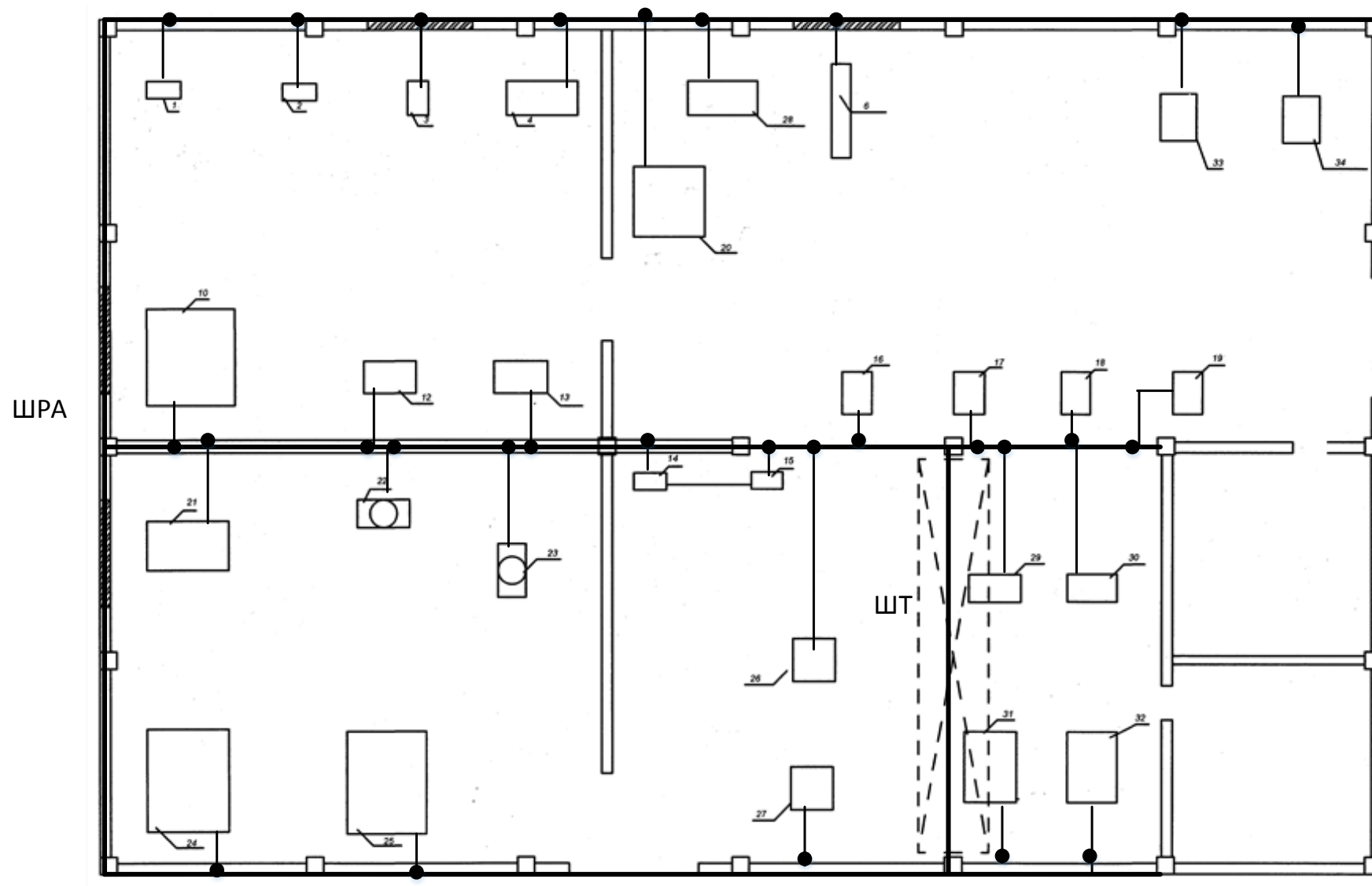


Рис.2.2.1 – Схема электроснабжения ремонтно-механического цех

$$K_{u(эp)} = \frac{\sum (K_{II} \cdot P_{ном})}{\sum P_{ном}}.$$

Полученное значение заносится в итоговую строку графы 5.

Для нахождения расчётной активной мощности электроприёмников необходимо знать расчетный коэффициент K_p , который зависит от эффективного числа электроприёмников.

Эффективное число электроприемников - такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности электроприемников [2, с.70].

Для его нахождения построчно определяем значение $n \cdot p_{ном}^2$ для каждой группы электроприёмников и сумму полученных значений. Результаты записываются в графу 10.

Эффективное число электроприёмников (графа 11):

$$n_э = \frac{(\sum P_{ном})^2}{\sum n \cdot p_{ном}^2}.$$

Определяем коэффициент расчётной активной мощности K_p (графа 12) на основе полученного эффективного числа электроприёмников, постоянной времени нагрева и группового коэффициента использования [2, с.72].

Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания электроприемников напряжением до 1 кВ (графа 13):

$$P_p = K_p \cdot \sum (K_u \cdot P_{ном}).$$

Расчетная реактивная мощность подключенных к узлу питания электроприемников напряжением до 1 кВ (графа 14) :

при $n_э \leq 10$:

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

при $n_э > 10$:

$$Q_p = \sum K_u \cdot P_{ном} \cdot tg(\varphi).$$

для магистральных шинопроводов независимо от n_3 :

$$Q_p = K_p \cdot \sum K_u \cdot P_{ном} \cdot tg(\varphi).$$

Полная расчётная мощность равна (графа 15):

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

Расчётный ток (графа 16):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}.$$

Приведём пример расчёта для подключенных к распределительному шинопроводу вентиляторов.

Общая установленная мощность и $tg\varphi$:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n p_{номi} = 2 \cdot 7 = 14 \text{ кВт};$$

$$tg\varphi = tg(\arccos(\cos \varphi)) = tg(\arccos(0,85)) = 0,62.$$

Значения $K_{II} \cdot P_{ном}$ и $K_{II} \cdot P_{ном} \cdot tg\varphi$:

$$K_{II} \cdot P_{ном} = 0,6 \cdot 14 = 8,4 \text{ кВт};$$

$$K_{II} \cdot P_{ном} \cdot tg\varphi = 0,6 \cdot 14 \cdot 0,62 = 5,2 \text{ кВАр}.$$

Групповой коэффициент использования:

$$K_{u(гp)} = \frac{\sum (K_{II} \cdot P_{ном})}{\sum P_{ном}} = \frac{120,3}{412,3} = 0,29.$$

Эффективное число электроприёмников :

$$n_3 = \frac{(\sum P_{ном})^2}{\sum n \cdot p_{ном}^2} = \frac{(412,3)^2}{7833,1} = 21,7.$$

Принимаем $n_3 = 21$.

При значениях $n_s = 21$ и $K_{u(эp)} = 0,29$ для распределительного шинопровода коэффициент расчётной активной мощности принимается равным $K_p = 1,02$ [2, с.73].

Расчетная активная мощность подключенных ШРА электроприемников:

$$P_p = K_p \cdot \sum (K_u \cdot P_{ном}) = 1,02 \cdot 120,3 = 122,14 \text{ кВт}.$$

Расчетная реактивная мощность подключенных к ШРА электроприемников напряжением ($n_s = 30 > 10$):

$$Q_p = 1 \cdot \sum K_u \cdot P_{ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1 \cdot 65,9 = 65,9 \text{ кВАр}.$$

Полная расчётная мощность:

$$S_p = \sqrt{(P_p)^2 + (Q_p)^2} = \sqrt{(122,14)^2 + (65,9)^2} = 138,8 \text{ кВА}.$$

Расчётный ток ШРА:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{138,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 210,9 \text{ А}.$$

Найдем расчётную мощность ремонтно-механического цеха с учётом осветительной нагрузки.

Номинальная мощность осветительной нагрузки:

$$P_{но} = F \cdot p_{уд} = \frac{240 \cdot 16}{1000} = 3,84 \text{ кВт}.$$

где $p_{уд}$ - удельная плотность нагрузки на 1 м^2 площади цеха [1, с.22]

Расчетная активная осветительная нагрузка:

$$P_{p.o} = P_{но} \cdot K_{co} = 3,84 \cdot 0,95 = 3,65 \text{ кВт}.$$

где K_{co} - коэффициент спроса осветительной нагрузки [1, с.22]

В качестве источников света используем люминесцентные лампы, $\cos \varphi_0 = 0,9$.

$$Q_{p.o} = P_{но} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 = 3,84 \cdot 0,484 = 1,9 \text{ кВАр}$$

Полная расчётная мощность ремонтно-механического цеха с учётом осветительной нагрузки:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + (Q_p + Q_{p.o})^2} = \sqrt{(138,8 + 3,65)^2 + (65,9 + 1,9)^2} = 142,9 \text{ кВА}$$

Результаты расчёта нагрузок ремонтно-механического цеха сведены в таблицу 2.3.1.

2.4. Определение нагрузки предприятия в целом

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

Для цехов, в которых располагается высоковольтное оборудование, были выбраны синхронные двигатели, данные о которых представлены в таблице 2.3.1. Выбор синхронных двигателей обусловлен тем, что скорость их вращения постоянна, перегрузочная способность при понижении напряжения в сравнении с асинхронными двигателями выше. Также высоковольтная нагрузка в данном случае составляет примерно половину от всей нагрузки предприятия, и выбор в пользу синхронных двигателей позволяет существенно увеличить коэффициент мощности завода в целом.

Выбранные марки синхронных двигателей представлены в таблице 2.4.1.

Расчётная силовая нагрузка цеха определяется по методу коэффициента спроса на основе следующих соотношений:

$$P_p = K_c \cdot P_H, \text{ кВт};$$

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

где P_H - номинальная установившаяся мощность всех ЭП цеха

Таблица 2.3.1– Результаты расчёта нагрузок ремонтно-механического цеха

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ							Расчетные величины			Эффективное число ЭП, пэ	Коэффициент расчётной нагрузки, Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
По заданию технологов				По справочным данным			Ки·Рн	Ку·Рн·tg(φ)	n·Pн ²			Активная, кВт Pp=Кр·∑Ки·Рн	Реактивная, кВар Qp=1,1·Ки·Рн·tg(φ) при n≤10 Qp=Ки·Рн·tg(φ) при n>10	Полная, кВА	
Наименование ЭП	Количество электроприемник	Установленная мощность, кВт		Коэффициент использования, Ки	Коэффициенты реактивной мощности										
			одного ЭП		Общая		cos(φ)	tg(φ)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШРА															
Поперечная пила	1	4,0	4,0	0,14	0,76	0,86	0,6	0,5	16,0						
Продольная пила	1	4,0	4,0	0,14	0,76	0,86	0,6	0,5	16,0						
Станок токарный по дереву	2	4,0	8,0	0,14	0,76	0,86	1,1	1,0	32,0						
Станок трубогибный	1	8,6	8,6	0,16	0,82	0,70	1,4	1,0	74,0						
Пресс	2	17,0	34,0	0,20	0,83	0,67	6,8	4,6	578,0						
Вентиляторы	2	7,0	14,0	0,60	0,85	0,62	8,4	5,2	98,0						
Станок лентопильный	1	22,0	22,0	0,16	0,82	0,70	3,5	2,5	484,0						
Реймусовый станок	2	8,0	16,0	0,16	0,78	0,80	2,6	2,1	128,0						
Шлифовальный станок	2	8	16,0	0,16	0,78	0,80	2,6	2,1	128,0						
Токарный станок	4	7,5	30,0	0,16	0,78	0,80	4,8	3,9	225,0						
Пресс кривошипный	2	10,0	20,0	0,20	0,81	0,72	4,0	2,9	200,0						
Печь сопротивлений	1	24,0	24,0	0,8	0,95	0,33	19,2	6,3	576,0						
Печь сопротивления	2	18,0	36,0	0,8	0,95	0,33	28,8	9,5	648,0						
Кран мостовой	1	29,7	29,7	0,06	0,77	0,83	1,8	1,5	882,1						
Преобразователь сварочный	1	14	14,0	0,25	0,83	0,67	3,5	2,4	196,0						
Преобразователь сварочный	1	28	28,0	0,25	0,84	0,65	7,0	4,5	784,0						
Автомат многопозиционный	2	30	60,0	0,25	0,84	0,65	15,0	9,7	1800,0						
Молот пневматический	2	22,00	44,0	0,20	0,82	0,70	8,8	6,1	968,0						
Итого по ШРА	30	4÷30	412,3	0,29			120,3	65,9	7833,1	21,00	1,02	122,14	65,9	138,8	210,9
Осветительная нагрузка			3,84	0,95	0,90	0,48						3,65	1,9		
Итого по ТП			416,1									125,8	67,8	142,9	217,1

K_c - коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным [1, с.22].

Таблица 2.4.1 – Высоковольтное оборудование цехов

Название цеха	Номер цеха на генплане	Марка двигателя	Номинальная мощность $P_{ном}$, кВт	Количество двигателей n , шт
Насосная	8	СДН-1600-1000	1600	2
Водооборотная станция	16	СДН-1000-1000	1000	4
Насосная	18	СДН-1600-1000	1600	2
Цех очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода	14	СДН-1000-1000	1000	6

Также необходимо учесть осветительную нагрузку, которая определяется по следующим формулам:

$$P_{p.o} = P_{но} \cdot K_{co}, \text{кВт};$$

$$Q_{p.o} = P_{но} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0, \text{кВАр};$$

$$P_{но} = F \cdot p_{уд}, \text{кВт}.$$

Пример расчёта для химического цеха №1:

Расчётная активная нагрузка:

$$P_p = 1400 \cdot 0,5 = 700 \text{ кВт}.$$

Расчётная реактивная нагрузка:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 700 \cdot 0,88 = 617,3 \text{ кВАр}.$$

Номинальная мощность осветительной нагрузки:

$$P_{но} = F \cdot p_{уд} = \frac{4070 \cdot 18}{1000} = 73,3 \text{ кВт}.$$

Расчетная осветительная нагрузка:

$$P_{p.o} = P_{но} \cdot K_{co} = 73,3 \cdot 0,95 = 69,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.o} = P_{но} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 = 73,3 \cdot 0,5 = 35,5 \text{ кВАр}.$$

Полная расчётная мощность химического цеха №1:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + (Q_p + Q_{p.o})^2} = \sqrt{(700 + 69,6)^2 + (617,3 + 35,5)^2} = 1009,2 \text{ кВАр}.$$

Расчёты для других цехов предприятия производятся аналогично, данные сводим в таблицу 2.3.2.

На этапе расчёта высоковольтной двигательной нагрузки принимается, что синхронные двигатели работают в режиме номинального возбуждения ($\cos \varphi = 1$). В этом режиме они потребляют из сети только активную мощность.

Результаты расчёта нагрузки предприятия сведены в таблицу 2.4.2.

Таблица 2.4.2 - Результаты расчёта нагрузки предприятия

Наименование помещения	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка								Общая нагрузка		
	Рн, кВт	Кс	cos(φ)	tg(φ)	Рр, кВт	Qр, кВар	Fц, м2	Руд о, Вт/м2	Рно, кВт	Ксо	Рро, кВт	cos(φ)	tg(φ)	Qро, кВт	Рр+Рро, кВт	Qр+Qро, кВар	Sp, кВА
Потребители электроэнергии 0,38 кВ																	
Прядильно – отделочный цех	1200	0,4	0,7	1,02	480,0	489,7	4070	16	65,1	0,95	61,9	0,9	0,5	31,5	541,9	521,24	751,9
Химический цех №1	1400	0,5	0,75	0,88	700,0	617,3	4070	18	73,3	0,95	69,6	0,9	0,5	35,5	769,6	652,82	1009,2
Химический цех №2	1300	0,5	0,75	0,88	650,0	573,2	1120	18	20,2	0,95	19,2	0,9	0,5	9,8	669,2	583,01	887,5
Кислотная станция	3000	0,5	0,8	0,75	1500,0	1125,0	990	18	17,8	0,95	16,9	0,9	0,5	8,6	1516,9	1133,63	1893,7
Корпус вакуумной выпарки	2500	0,4	0,75	0,88	1000,0	881,9	660	19	12,5	0,85	10,7	0,9	0,5	6,1	1010,7	887,99	1345,3
Цех регенерации сероуглерода	925	0,4	0,75	0,88	370,0	326,3	1036	22	22,8	0,95	21,7	0,9	0,5	11,0	391,7	337,35	516,9
Холодильно – компрессорный цех	2000	0,4	0,75	0,88	800,0	705,5	832	16	13,3	0,85	11,3	0,9	0,5	6,4	811,3	711,98	1079,4
Насосная 0,4 кВ	350	0,7	0,8	0,75	245,0	183,8	416	16	6,7	0,85	5,7	0,9	0,5	3,2	250,7	186,97	312,7
Отделение фильтров	530	0,5	0,7	1,02	265,0	270,4	616	16	9,9	0,85	8,4	0,9	0,5	4,8	273,4	275,13	387,9
Бытовой корпус	480	0,4	0,9	0,48	192,0	93,0	464	16	7,4	0,9	6,7	0,9	0,5	3,6	198,7	96,59	220,9
Заводоуправление с проходной	500	0,4	0,9	0,48	200,0	96,9	852	16	13,6	0,9	12,3	0,9	0,5	6,6	212,3	103,47	236,1
Гараж	100	0,2	0,65	1,17	20,0	23,4	1250	0,16	0,2	0,6	0,1	0,9	0,5	0,1	20,1	23,48	30,9
Склады	150	0,3	0,65	1,17	45,0	52,6	924	0,16	0,1	0,6	0,1	0,9	0,5	0,1	45,1	52,68	69,3
Цех очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода 0,4кВ	295	0,7	0,75	0,88	206,5	182,1	240	16	3,8	0,85	3,3	0,9	0,5	1,9	209,8	183,98	279,0
Фильтровальная станция	120	0,5	0,7	1,02	60,0	61,2	1248	18	22,5	0,95	21,3	0,9	0,5	10,9	81,3	72,09	108,7
Водооборотная станция 0,4 кВ	2500	0,6	0,8	0,75	1500,0	1125,0	420	18	7,6	0,85	6,4	0,9	0,5	3,7	1506,4	1128,66	1882,3
Ремонтно-механический цех					122,1	65,9	240	16	3,8	0,95	3,6	0,9	0,5	1,9	125,8	67,76	142,9
Насосная							484	16	7,744	0,85	6,6	0,9	0,5	3,8	6,6	3,75	6,6
Территория завода							71280	0,16	11,4	1	11,4	0,9	0,5	5,5	11,4	5,52	12,7
Итого по 0,38 кВ	17350				8355,6	6873,2	19932		319,8		297,0				8652,7	7028,1	11174,0
Потребители электроэнергии 10 кВ																	
Насосная	3200	0,7	1	0,00	2240	0,0									2240,0	0,0	2240,0
Водооборотная станция	4000	0,8	1	0,00	3200	0,0									3200,0	0,0	3200,0
Насосная	3200	0,7	1	0,00	2240	0,0									2240,0	0,0	2240,0
Цех очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода	6000	0,7	1	0,00	4200	0,0									4200,0	0,0	4200,0
Итого по 10 кВ	16400				9640	0,0									11880,0	0,0	11880,0
Итого по силовой нагрузке											297,0				20235,6	6873,2	

3.Картограмма нагрузок и определение центра электрических нагрузок (ЦЭН)

Изображаем нагрузки цехов в виде картограмм для дальнейшего определения мест расположения ГПП, цеховых трансформаторных подстанций

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определённом масштабе соответствуют расчётным нагрузкам цехов.

Необходимо построить экономически целесообразную систему внутризаводского электроснабжения с минимальной протяженностью сетей и минимальными потерями. Для этого ГПП нужно расположить как можно ближе к центру потребления электрической энергии – ЦЭН.

Картограммы позволяют наглядно рассмотреть распределение нагрузок по предприятию

Определяются радиусы окружностей для каждого цеха:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}}, \text{ мм},$$

где P_{pi} - расчетная мощность i-го цеха с учётом освещения

m - масштаб для определения площади круга, постоянный для всех цехов предприятия

Чаще всего круг разделяют на секторы, в нашем случае отдельно выделяется сектор с осветительной нагрузкой:

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

Пример расчёта для химического цеха №1 (отмечен цифрой 2 на генеральном плане):

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{700 + 69,6}{3,14 \cdot 2}} = 11,1 \text{ мм};$$

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{P_{pi}} = \frac{360^\circ \cdot 69,6}{69,6 + 700} = 32,6^\circ.$$

На генеральном плане наносятся оси координат и определяются координаты центра электрических x_i, y_i i -го цеха.

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum (P_{pi} \cdot x_i)}{\sum P_{pi}} = \frac{1094381}{20215,8} = 53,38 \text{ мм};$$

$$y_0 = \frac{\sum (P_{pi} \cdot y_i)}{\sum P_{pi}} = \frac{1560740}{20215,8} = 76,13 \text{ мм}.$$

Так как установка ГПП в месте нахождения центра электрических нагрузок невозможна, то необходимо построить зону рассеяния ЦЭН.

Вычисляем эмпирические вероятности по формулам:

$$P(X_i) = P(Y_i) = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}.$$

Пример расчёта для второго цеха (химический цех №1):

$$P(X_i) = P(Y_i) = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{700 + 69,8}{20215,8 + 285,78} = 0,0375.$$

Данные всех расчётов сведены в таблицу 3.1

Среднеквадратичные отклонения случайных величин:

$$\sigma_X^2 = \sum_{i=1}^n P_{X_i} \cdot (X_i - X_0)^2 = 595,43 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma_Y^2 = \sum_{i=1}^n P_{Y_i} \cdot (Y_i - Y_0)^2 = 1465,66 \text{ мм}^2.$$

Точности случайных величин:

$$h_X = \frac{1}{\sigma_X \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \sigma_X^2}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 595,43}} = 0,029 \frac{1}{\text{мм}};$$

$$h_y = \frac{1}{\sigma_y \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \sigma_y^2}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 1465,66}} = 0,0185 \frac{1}{мм}.$$

Размеры полуосей эллипса рассеяния:

$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x} = \frac{\sqrt{3}}{0,029} = 59,7 \text{ мм};$$

$$R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y} = \frac{\sqrt{3}}{0,0185} = 93,81 \text{ мм}.$$

Расчётные данные для построения картограммы нагрузок сведены в таблицу 3.1.

Приближаем ГПП как можно ближе к ЦЭН в его зоне рассеяния. Таким образом, мы максимально приблизим высшее напряжение к центру потребления электрической энергии и уменьшим протяженность распределительных сетей.

Картограмма нагрузок и расположение ГПП представлены на рис.3.1.

Таблица 3.1- Расчётные данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха по ген. Плану	P _{pi} , кВт	P _{poі} , кВт	R, мм	α, град.	X _i , мм	Y _i , мм	P _p ∑i·X _i	P _p ∑i·Y _i	Эмпирическая вероятность P(X _i)=P(Y _i)	(X _i -M _x)^2	(Y _i -M _y)^2	P(X _i)*(X _i -M _x)^2	P(Y _i)*(Y _i -M _y)^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Потребители 0,38 кВ													
1	480	61,9	13,1	41,1	72,89	82,02	39499,1	44446,6	0,0264	382,25	34,55	10,09	0,91
2	700	69,6	15,7	32,6	106,74	82,02	82147,1	63122,6	0,0375	2851,70	34,55	106,95	1,30
3	650	19,2	14,6	10,3	111,65	39,44	74716,2	26393,2	0,0326	3400,21	1347,04	110,88	43,93
4	1500	16,9	22,0	4,0	37,85	78,88	57414,7	119653,1	0,0739	239,90	7,50	17,73	0,55
5	1000	10,7	17,9	3,8	37,85	88,5	38255,0	89447,0	0,0493	239,90	152,72	11,82	7,52
6	370	21,7	11,2	19,9	33,16	124,7	12988,8	48845,0	0,0191	407,18	2357,88	7,77	45,01
7	800	11,3	16,1	5,0	73,01	31,03	59233,0	25174,6	0,0395	386,96	2035,09	15,30	80,46
8	245	5,7	8,9	8,2	44,79	31,03	11228,9	7779,2	0,0122	73,08	2035,09	0,89	24,86
9	265	8,4	9,3	11,1	32,11	5,6	8778,9	1531,0	0,0133	450,66	4976,17	6,00	66,30
10	192	6,7	8,0	12,1	89,92	92,39	17867,1	18357,9	0,0097	1338,19	264,00	12,96	2,56
11	200	12,3	8,2	20,9	109,8	122,89	23310,5	26089,5	0,0103	3187,88	2185,38	32,98	22,61
12	20	0,1	2,5	1,8	65,8	124,67	1322,6	2505,9	0,0010	155,28	2354,97	0,15	2,31
13	45	0,1	3,8	0,8	115,58	21,33	5212,7	962,0	0,0022	3873,98	3004,35	8,51	6,60
14	206,5	3,3	8,2	5,7	42,02	113,61	8815,8	23835,4	0,0102	128,11	1403,85	1,31	14,35
15	60	21,3	5,1	94,3	18,04	54,17	1466,7	4404,0	0,0040	1246,00	482,77	4,94	1,91
16	1500	6,4	21,9	1,5	37,06	101,95	55827,2	153577,5	0,0734	265,00	666,05	19,45	48,89
17	122,1	3,6	6,3	10,3	10,23	90,84	1285,9	11418,6	0,0061	1858,36	216,03	11,38	1,32
Потребители 10 кВ													
8	2240	0	26,7	-	44,79	31,03	100329,6	69507,2	0,1092	73,08	2035,09	7,98	222,14
16	3200	0	31,9	-	37,06	101,95	118592	326240	0,1559	265,00	666,05	41,32	103,86
18	2240	6,58	26,7	1,05	89,2	9,86	199808	22086,4	0,1095	1286,03	4393,30	140,79	480,96
14	4200	0	36,6	-	42,02	113,61	176484	477162	0,2047	128,11	1403,85	26,22	287,32
Итого	20235,6	285,78	-	-	-	-	1094583,6	1562539				595,43	1465,66

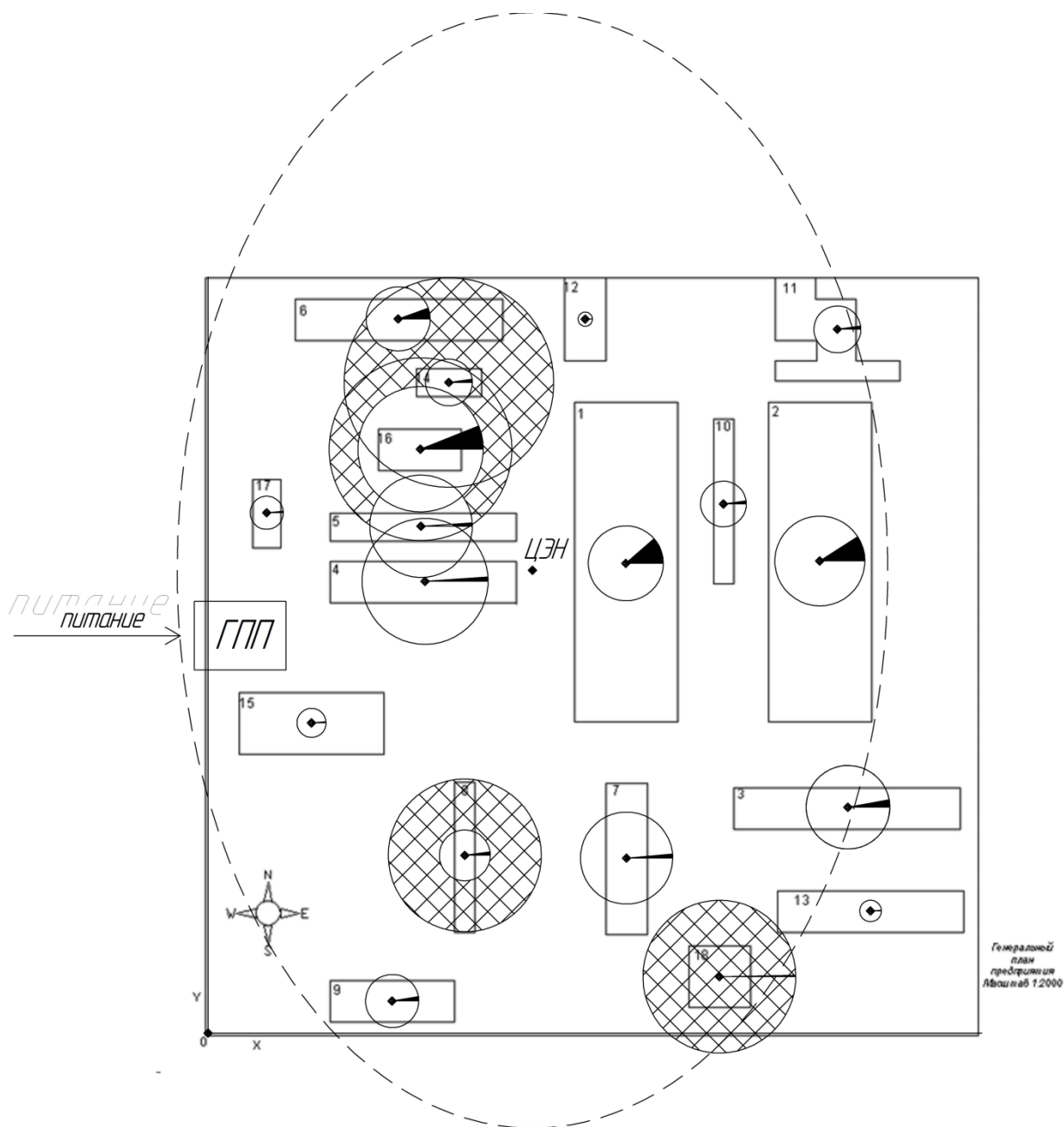
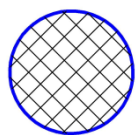
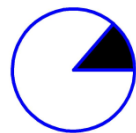


Рис. 3.1 – Картограмма нагрузок и расположение ГПП

Обозначения на картограмме:



Нагрузка выше 1 кВ



Нагрузка ниже 1 кВ (чёрный сектор – осветительная нагрузка)

4.Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.

Ориентировочно выбор номинальной мощности цеховых трансформаторов можно произвести по удельной плотности нагрузки:

$$\sigma = \frac{S_{расч}^{нн}}{F_{ц}} = \frac{11174}{19932} = 0,56 \text{ кВА} / \text{м}^2.$$

Для данной плотности нагрузки рекомендуется использовать цеховые трансформаторы мощностью 2500 кВА[2, с.107].

Как видно из таблицы 2.3.2 установка трансформаторов данной мощности не рациональна из-за неравномерного распределения мощности по предприятию и невозможности обеспечения требуемой категории по надёжности электроснабжения. Исходя из этих соображений будем использовать трансформаторы мощностью 1600 кВА.

Минимально возможное число трансформаторов:

$$N_{\min} = \frac{\Sigma P_p^{HH}}{\beta_T \cdot S_{н.мп}} = \frac{8652,7}{0,7 \cdot 1600} = 7,7 \approx 8,$$

где β_T - коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме

Экономически оптимальное количество трансформаторов:

$$N_{тр.эк} = N_{\min} + m,$$

m - дополнительное число трансформаторов, которое определяется в зависимости от $N_{\min}$ и $\Delta N = 8 - 7,7 = 0,3$. [2, с.111]

$$m = 0.$$

Т.е экономически оптимальное число трансформаторов равно $N_{\min}$.

Нагрузка на один трансформатор:

$$P' = \frac{\Sigma P_p^{HH}}{N_{\min}} = \frac{8652,7}{8} = 1081,6 \text{ кВт}.$$

Число трансформаторов для конкретного цеха:

$$N_i = \frac{P_{pi}}{P'},$$

где P_{pi} - мощность i-ого цеха

Пример для 1 цеха:

$$N_1 = \frac{541,9}{1081,6} = 0,5$$

Число трансформаторов по цехам представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Число трансформаторов по цехам

Номер цеха на генплане	Наименование цеха	P_{pi}	N_i
1	Прядильно – отделочный цех	541,9	0,50
2	Химический цех №1	769,6	0,71
3	Химический цех №2	669,2	0,62
4	Кислотная станция	1516,9	1,40
5	Корпус вакуумной выпарки	1010,7	0,93
6	Цех регенирации сероуглерода	391,7	0,36
7	Холодильно – компрессорный цех	811,3	0,75
8	Насосная 0,4 кВ	250,7	0,23
9	Отделение фильтров	273,4	0,25
10	Бытовой корпус	198,7	0,18
11	Заводоуправление с проходной	212,3	0,20
12	Гараж	20,1	0,02
13	Склады	45,1	0,04
14	Цех очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода 0,4кВ	209,8	0,19

Продолжение таблицы 4.1

15	Фильтровальная станция	81,3	0,08
16	Водооборотная станция	1506,4	1,39
17	Ремонтно-механический цех	125,8	0,12
18	Насосная	6,58	0,01

Объединяем нагрузки близлежащих цехов, сводим данные в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Распределение цехов по ТП

Наименование пункта питания	Цеха	Количество трансформаторов
ТП-1	6,14,16	2
ТП-2	1,4,17	2
ТП-3	2,5,10,11,12	2
ТП-4	3,7,8,9,13,15,18	2

Наибольшая реактивная мощность, которую целесообразно передавать через трансформаторы ТП в сеть напряжением до 1000 В, определяется соотношением

$$Q_1 = \sqrt{(N_{\min} \cdot \beta_T \cdot S_{н.мп})^2 - (\Sigma P_p^{HH})^2} = \sqrt{(8 \cdot 0,7 \cdot 1600)^2 - 8652,7^2} = 2326,4 \text{ кВАр}.$$

Суммарная мощность конденсаторных батарей ниже 1кВ для данных трансформаторов :

$$Q_{БК.Н1} = \Sigma Q_p^{HH} - Q_1 = 6863,4 - 2326,4 = 4537 \text{ кВАр}$$

Определяем компенсируемую мощность для каждой ТП.

Пример для ТП1:

Определяем в процентном соотношении долю реактивной мощности ТП1 от общей суммы.

$$Q_{\%} = \frac{Q_p}{\Sigma Q_p^{HH}} = \frac{2107,9}{7022,6} = 23,5 \%$$

Определяем мощность конденсаторной батареи:

$$Q_{БК.Н} = Q_{\%} \cdot Q_{БК.Н} = 0,235 \cdot 4547 = 1066 \text{ кВАр}.$$

Выбираем для ТП1 конденсаторные батареи 2хУК-0,38-540Н мощностью 540 кВАр.

Определяется фактическая нагрузка ТП.

Пример для ТП1:

$$\beta_T^{\text{Факт}} = \frac{\sqrt{P_{p1}^2 + (Q_{p1} - Q_{БК.Н})^2}}{n \cdot S_{ном}} = \frac{\sqrt{2107,9^2 + (1650 - 1080)^2}}{2 \cdot 1600} = 0,682.$$

Данные по нагрузке цеховых трансформаторов сводим в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Фактическая нагрузка цеховых трансформаторов

№ ТП	$N_{тр}$	P_{pi}	Q_{pi}	$Q'_{pi}, \%$	$Q_{БК.Н}$	$Q_{БК.Н}^{\text{Факт}}$	$\beta_T^{\text{Факт}}$
1	2	2107,9	1650,0	23,5	1066,0	1080,0	0,682
2	2	2184,6	1722,6	24,5	1112,9	1100,0	0,710
3	2	2211,4	1764,3	25,1	1139,9	1100,0	0,722
4	2	2137,6	1885,6	26,9	1218,2	1200,0	0,702
Итого	8	8641,48	7022,6	100	4537	4480,0	

Схема внутриводской сети представлена на рис.4.1.

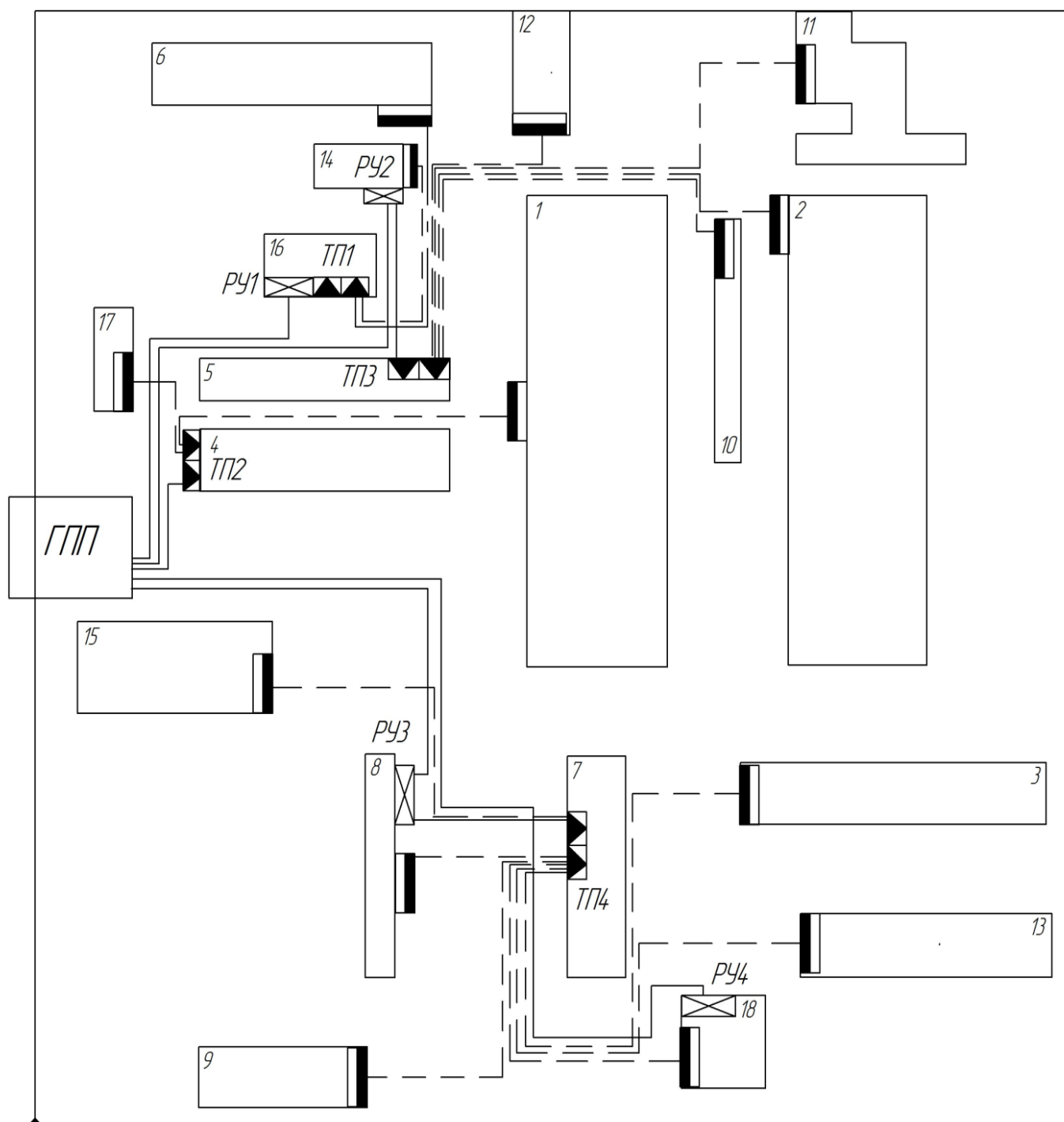


Рис.4.1 – Схема внутриводской сети

5. Компенсация реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП.

Определение полной мощности ГПП со стороны ВН.

Определим потери в цеховых трансформаторах исходя из их параметров, представленных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Параметры цеховых трансформаторов

Тип	$S_{\text{ном}},$ кВА	Напряжение обмотки, кВ		Потери, кВт		$U_{\text{кз}}, \%$	$I_{\text{хх}}, \%$
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМ-1600/10	1600	10	0,4	2,35	18	6,5	1,3

Пример для ТП1:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{хх}} \cdot n + \Delta P_{\text{кз}} \cdot n \cdot \beta_T^2 = 2,35 \cdot 2 + 18 \cdot 2 \cdot 0,682^2 = 21,46 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_{\text{хх}} \cdot n + \Delta Q_{\text{кз}} \cdot n \cdot \beta_T^2 = 20,8 \cdot 2 + 104 \cdot 2 \cdot 0,682^2 = 138,45 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{хх}} = \frac{S_{\text{ном.тр}} \cdot I_{\text{хх}}}{100} = \frac{1600 \cdot 1,3}{100} = 20,8 \text{ кВАр};$$

$$\Delta Q_{\text{кз}} = \frac{S_{\text{ном.тр}} \cdot U_{\text{кз}}}{100} = \frac{1600 \cdot 6,5}{100} = 104 \text{ кВАр}.$$

Остальные расчеты проводятся аналогично указанным выше. Все данные сводим в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Потери в цеховых трансформаторах

№ ТП	$\Delta P_{\text{тр}}$	$\Delta Q_{\text{тр}}$
1	21,46	138,45
2	22,84	146,42
3	23,44	149,90
4	22,42	143,96
Итого	90,16	578,73

Так как высоковольтная сеть еще не выбрана, то приближенно потери мощности в ней определим из выражения:

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 11174 = 335,22 \text{ кВт}.$$

Суммарные расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГПП:

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_p^H + \sum P_p^e) \cdot K_{p.M(a)} + P_{po} + \Delta P_{mp} + \Delta P_{\lambda} = \\ = (8352,7 + 11880) \cdot 0,95 + 297 + 90,16 + 335,22 = 19943,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_p^H + \sum Q_p^e) \cdot K_{p.M(p)} + \Delta Q_{mp} = \\ = 7028,1 \cdot 0,9 + 578,43 = 6903,7 \text{ кВАр},$$

где $K_{p.M(a)}$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузок для активной мощности

$K_{p.M(p)}$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузок для реактивной мощности

Полная мощность предприятия на шинах 10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{19943,4^2 + 6903,7^2} = 21104,5 \text{ кВА}.$$

Потери мощность в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{mp.ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 21104,5 = 422,09 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{mp.ГПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 21104,5 = 2110,45 \text{ кВАр}.$$

Наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,29 \cdot 19943,4 = 5783,6 \text{ кВАр}, \text{ где}$$

$\alpha = 0,29$ для предприятий, расположенных в Сибири при напряжении питающей линии 110 кВ

$$Q_{\kappa\phi}^e = Q_1 + \Delta Q_{mp.ГПП} - Q_c = 2326,4 + 2110,45 - 5783,6 = -1346,8 \text{ кВАр}$$

Установка конденсаторных батарей не требуется. Синхронные двигатели оставляем в режиме номинального возбуждения.

Полная расчётная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП:

$$\begin{aligned}
S_{p.ГППП} &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{mp.ГППП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{mp.ГППП})^2} = \\
&= \sqrt{(19943,4 + 422,09)^2 + (6903,7 + 2110,45)^2} = 22271,7 \text{ } \kappa B A.
\end{aligned}$$

6. Схема внешнего электроснабжения

6.1 Выбор рационального напряжения внешнего электроснабжения предприятия

Экономически целесообразное напряжение можно определить по формуле Илларионова:

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_{\text{ГПП}}^{BH}}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{10} + \frac{2500}{20,365}}} = 76,08 \text{ кВ}.$$

где L - длина питающей линии, км

Рекомендации по выбору напряжения говорят, что, если потребляемая промышленным предприятием мощность лежит в диапазоне 10-150 МВА, то экономические преимущества имеет напряжение 110 кВ.

Принимаем $U = 110 \text{ кВ}$.

Электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции энергосистемы по двум ЛЭП напряжением 110 кВ. ГПП располагаем в зоне рассеяния ЦЭН.

На основе опыта эксплуатации разработаны типовые схемы распределительных устройств, обеспечивающих надежность и экономичность принимаемых решений. В нашем случае согласно СТО 56947007-29.240.30.010-2008 применяем типовую схему 4Н - два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линии.

6.2 Построение годового графика нагрузки

Характерный суточный график электрических нагрузок предприятия представлен на рис.6.2.1.

Мощность ступени

$$P_{cm} = \frac{n\% \cdot P_{p\Sigma}}{100}.$$

Пример для 1 ступени:

$$P_{cm} = \frac{n\% \cdot P_{p\Sigma}}{100} = \frac{97 \cdot 19943,4}{100} = 19345,1 \text{ кВт}.$$

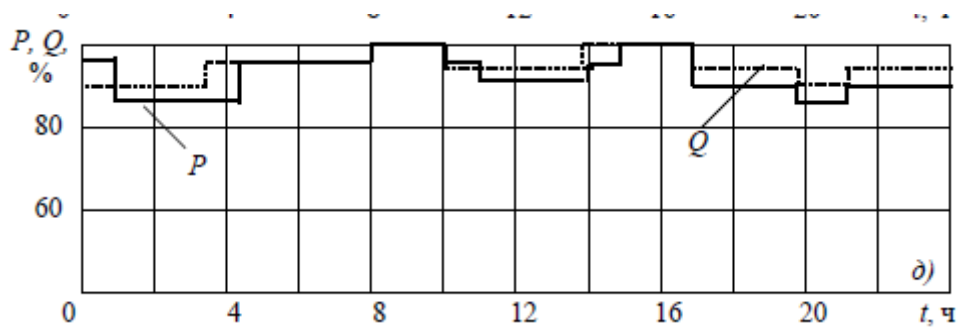


Рис. 6.2.1 - Типовой суточный график завода по производству
искусственного волокна

Суточное изменение нагрузки представлено в таблицу 6.2.1.

Таблица 6.2.1 Суточное изменение нагрузки в кВт

Часы	N, %	P_{cm} , кВт
0-1	97	19345,1
1-2	86	17151,3
2-3	86	17151,3
3-4	86	17151,3
4-5	96	19145,7
5-6	96	19145,7
6-7	96	19145,7
7-8	96	19145,7
8-9	100	19943,4
9-10	100	19943,4
10-11	96	19145,7
11-12	92	18347,9
12-13	92	18347,9
13-14	92	18347,9
14-15	96	19145,7
15-16	100	19943,4
16-17	100	19943,4

Продолжение таблицы 6.2.1

17-18	91	18148,5
18-19	91	18148,5
19-20	91	18148,5
20-21	88	17550,2
21-22	91	18148,5
22-23	91	18148,5
23-24	91	18148,5

Годовой расход электроэнергии определяется площадью графика:

$$W_{a.g} = 446932 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Максимальная нагрузка:

$$P_{\max} = 17,795 \text{ МВт}.$$

Число часов использования максимума нагрузки:

$$T_{\max} = \frac{W_{a.g} \cdot 365}{P_{\max}} = \frac{446932 \cdot 365}{19943,4} = 8179,65 \text{ час}.$$

6.3 Выбор мощности трансформаторов ГПП

Согласно ГОСТ 14209-85 для трансформатора допускается длительная аварийная перегрузка 40% и систематическая перегрузка в зависимости от условий охлаждения, типа трансформатора и графика нагрузки.

Мощность трансформаторов ГПП:

$$S_{\text{ном.тр}}^{\text{ГПП}} = \frac{S_{p.\text{ГПП}}}{2 \cdot \beta_T} = \frac{22271,7}{2 \cdot 0,7} = 15908,4 \text{ КВА},$$

где β_T - коэффициент загрузки трансформаторов ГПП

2 – число трансформаторов ГПП

Полученное в результате расчёта значение округляем до ближайшего большего стандартного. Принимаем к установке 2 трансформатора ТД – 16000/110-У1

В нормальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов ГПП принимается равным 0.7, в аварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40 %) обеспечит полностью необходимую мощность завода, так как:

$$S_{p.ГПП} = 22271,7 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{ном.тр}^{ГПП} = 1,4 \cdot 16000 = 22400 \text{ кВА}.$$

6.4 Выбор и проверка сечения линии, питающей ГПП

Воздушные линии, питающие трансформаторы ГПП, выполняются двухцепными, используется провод марки АС.

Сечение провода производим по экономической плотности тока:

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

где I_p - расчётный ток, А;

$j_{\text{эк}}$ - экономическая плотность тока, $\text{А} / \text{мм}^2$.

Для линий, питающих трансформаторов расчётный ток определяется следующим образом:

$$I_p = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 83,98 \text{ А}.$$

При $T_{\text{max}} = 8179,65 \text{ час}$ экономическая плотность тока принимается равной $j_{\text{эк}} = 1 \text{ А} / \text{мм}^2$.

Сечение провода по экономической плотности тока:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{83,98}{1} = 83,98 \text{ мм}^2.$$

Округляем сечение до стандартного значения. Принимаем сечение 95 мм^2 .

Для выбранного провода необходимо провести ряд проверок:

1) По допустимой токовой нагрузке по нагреву и по перегрузочной способности (в послеаварийном или ремонтном режиме при отключении одной из питающих линий):

$$I_p \leq I_{\text{доп}};$$

$$1,3 \cdot I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.а}},$$

где $I_{\text{доп}}$ - допустимый ток для выбранного сечения, А;

$I_{\text{н.а}}$ - расчётный ток в послеаварийном режиме, А.

Согласно ПУЭ для провода АС 95/8 $I_{\text{доп}} = 330 \text{ А}$ [1, с.63].

Ток в послеаварийном режиме:

$$I_{\text{н.а}} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 83,98 = 167,96 \text{ А}.$$

Выполняем проверку

$$I_p = 83,98 \text{ А} \leq I_{\text{доп}} = 330 \text{ А};$$

$$1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 330 = 396 \text{ А} \geq I_{\text{н.а}} = 167,96 \text{ А}.$$

2) по условию механической прочности алюминиевые провода должны выполняться сечением не менее 70 мм^2 .

$$95 \text{ мм}^2 \geq 70 \text{ мм}^2.$$

Условие выполняется.

3) по допустимой потере напряжения

$$L_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп} \%} \cdot K_3 \geq L,$$

где $l_{\Delta U 1\%}$ - длина линии при полной нагрузке, на которой потеря напряжения равна 1%

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

K_3 - коэффициент загрузки линии.

$$K_3 = \frac{I_{\text{доп}}}{I_p} = \frac{330}{83,98} = 3,93.$$

Допустимая потеря напряжения в нормальном режиме $\Delta U_{\text{доп} \%} = 5 \%$.

Принимаем $l_{\Delta U 1\%} = 5,7 \text{ км}$.

$$L_{\text{доп}} = 5,7 \cdot 5 \cdot 3,93 = 112 \text{ км} \geq L = 10 \text{ км} - \text{условие выполняется}.$$

4) Так как напряжение линии, питающей ГПП, в нашем случае составляет 110 кВ, то необходимо также выполнить проверку по условию коронирования проводов.

Согласно ПУЭ минимальное сечение для 110 кВ составляет 70 мм².
Выбранный провод проверку по короне проходит.

7.Схема внутривародской сети 10 кВ

7.1.Выбор сечений кабельных линий 10 кВ

Распределительная сеть выше 1000В по территории завода выполняется кабельными линиями, проложенными в эстакадах, так как завод по производству искусственного волокна относится к химическому производству, т.е. не исключена возможность разлива веществ, разрушительно действующих на оболочку кабелей.

Сечение кабельных линий выбираем по экономической плотности тока.

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}}.$$

Расчётным током линии для питания цеховых трансформаторов, высоковольтных электродвигателей и электропечей является их номинальный ток, независимо от фактической нагрузки.

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{n_{\text{лин}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}.$$

Пример расчёта для кабельной линии КЛ2 (ГПП – ТП2)

Расчётный ток равняется:

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{n_{\text{лин}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1600}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 92,38 \text{ А}.$$

По табл. 1.3.36 ПУЭ находим нормированную плотность тока $j_{\text{эк}}$.

В качестве прокладываемого кабеля выбираем кабель марки ААШв. Для кабелей с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами при $T_{\text{max}} = 8179,65 \text{ час}$ $j_{\text{эк}} = 1,2 \text{ А/мм}^2$.

Определяем экономически целесообразное сечение:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{92,38}{1,2} = 76,98 \text{ мм}^2.$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного. Принимаем $F = 70 \text{ мм}^2$

По табл. 1.3.16 находим допустимый длительный ток. $I_{\text{дон}} = 130 \text{ А}$.

Выполняем проверку по тепловому нагреву с учетом поправочных коэффициентов на условия прокладки:

$$I_{доп} \geq \frac{I_{расч}}{K_1 \cdot K_2}$$

Определяем поправочный коэффициент K_1 учитывающий температуру земли и воздуха по табл. 1.3.3 ПУЭ.

Температура окружающей среды нормальная, прокладка в эстакадах, соответственно $K_1 = 1$.

Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей принимаем $K_2 = 1$, так прокладка кабелей осуществляется в эстакадах.

Выполняем проверку:

$$I_{доп} = 130 \text{ А} \geq \frac{I_{расч}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{92,38}{1 \cdot 1} = 92,38 \text{ А} - \text{условие выполняется.}$$

Линия КЛ2 может работать с перегрузкой, соответственно выполняем проверку по длительному нагреву в послеаварийном режиме:

$$I_{доп} \cdot K_{пер} \geq \frac{I_{н.ав.}}{K_1 \cdot K_2}.$$

Ток послеаварийного режима :

$$I_{н.ав.} = 2 \cdot I_{расч} = 2 \cdot 92,38 = 184,76 \text{ А}.$$

Согласно табл.1.3.2 на период ликвидации послеаварийного режима для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией допускаются перегрузки $K_{пер} = 1,25$ на время максимумов нагрузки продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток.

$$I_{доп} \cdot K_{пер} = 130 \cdot 1,25 = 162,5 \text{ А} < \frac{I_{н.ав.}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{184,76}{1 \cdot 1} = 184,76 \text{ А}$$

Условие не выполняется. Повышаем сечение кабеля до $F = 95 \text{ мм}^2$

$$I_{доп} \cdot K_{пер} = 155 \cdot 1,25 = 193,75 \text{ А} \geq \frac{I_{н.ав.}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{184,76}{1 \cdot 1} = 184,76 \text{ А}$$

Условие выполняется.

Предварительно выбираем кабель марки ААШв-3х95.

Выбор сечения КЛ18(РУЗ-СД).

Определяем расчётный ток:

$$I_{расч} = \frac{P_{ном.СД}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \cdot \eta_{ном}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,962} = 106,69 \text{ А}.$$

Определяем экономически целесообразное сечение:

$$F_{эк} = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{106,69}{1,2} = 88,91 \text{ мм}^2.$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного.

Принимаем $F = 95 \text{ мм}^2$

По табл. 1.3.18 находим допустимый длительный ток(прокладка в воздухе). $I_{дон} = 155 \text{ А}.$

Выполняем проверку по тепловому нагреву с учетом поправочных коэффициентов на условия прокладки:

$$I_{дон} = 155 \text{ А} \geq \frac{I_{расч}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{106,69}{1 \cdot 1} = 106,69 \text{ А} - \text{условие выполняется}$$

Послеаварийного режима нет, проверка на перегрузку не нужна.

Предварительно выбираем кабель марки ААШв-3х95.

Выбор сечения КЛЗ(ГПП-РУ2).

Определяем расчётный ток:

$$I_{расч} = \frac{n_{тр} \cdot S_{ном.тр} + n_{СД} \cdot S_{ном.СД}}{n_{лин} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot 3200 + 6 \cdot \left(\frac{1000}{0,9}\right)}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 284,83 \text{ А}.$$

Определяем экономически целесообразное сечение:

$$F_{эк} = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{284,83}{1,2} = 237,36 \text{ мм}^2.$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного.

Принимаем $F = 240 \text{ мм}^2$

По табл. 1.3.16 находим допустимый длительный ток. $I_{дон} = 270 \text{ А}.$

Выполняем проверку по тепловому нагреву:

$$I_{доп} = 270 \text{ A} < \frac{I_{расч}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{284,83}{1 \cdot 1} = 284,83 \text{ A} - \text{условие не выполняется.}$$

Увеличиваем количество линий. Принимаем $n_{лин} = 4$.

Расчётный ток:

$$I_{расч} = \frac{n_{тр} \cdot S_{ном.тр} + n_{СД} \cdot S_{ном.СД}}{n_{лин} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot 3200 + 6 \cdot \left(\frac{1000}{0,9}\right)}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 142,415 \text{ A}$$

Экономическое сечение:

$$F_{эк} = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{142,415}{1,2} = 118,68 \text{ мм}^2$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного.

Принимаем $F = 120 \text{ мм}^2$. $I_{доп} = 185 \text{ A}$.

Выполняем проверку по тепловому нагреву:

$$I_{доп} = 185 \text{ A} \geq \frac{I_{расч}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{142,415}{1 \cdot 1} = 142,415 \text{ A} - \text{условие выполняется}$$

Ток в послеаварийном режиме:

$$I_{н.ав.} = 2 \cdot I_{расч} = 2 \cdot 142,415 = 284,3 \text{ A}.$$

Проверка по длительному нагреву в послеаварийном режиме:

$$I_{доп} \cdot K_{пер} = 185 \cdot 1,25 = 231,25 < \frac{I_{н.ав.}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{284,3}{1 \cdot 1} = 284,3 \text{ A}.$$

Условие не выполняется. Увеличиваем сечение до $F = 150 \text{ мм}^2$.

$$I_{доп} \cdot K_{пер} = 210 \cdot 1,25 = 262,5 < \frac{I_{н.ав.}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{284,3}{1 \cdot 1} = 284,3 \text{ A}.$$

Условие не выполняется. Увеличиваем сечение до $F = 185 \text{ мм}^2$.

$$I_{доп} \cdot K_{пер} = 235 \cdot 1,25 = 293,75 \geq \frac{I_{н.ав.}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{284,3}{1 \cdot 1} = 284,3 \text{ A}$$

Условие выполняется.

Предварительно выбираем кабель марки ААШв-3х185.

Выбор кабелей сведён в таблицу 7.1.1.

Схема внутриводской сети представлена на рис. 7.1.1.

7.2.Выбор дизель-генераторов

На территории завода присутствуют цеха, относящиеся к особой группе первой категории по надёжности электроснабжения, а именно цех регенерации сероуглерода (№ 6 на генплане) и цех очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода (№ 14 на генплане). Их бесперебойная работа необходима для безаварийной остановки производства. Т.е. помимо питания перечисленных цехов от двухтрансформаторных подстанций, необходимо предусмотреть наличие третьего независимого источника питания, в качестве которого будем использовать дизель-генераторы.

Номинальная мощность, которую должен обеспечить дизель генератор, составляет для цеха регенерации сероуглерода $P_{ном} = 925 \text{ кВт}$ $P_{ном} = 295 \text{ кВт}$ (нагрузка 0,4 кВт), для цеха очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода $P_{ном} = 295 \text{ кВт}$ (нагрузка 0,4 кВт) и $P_{ном} = 6000 \text{ кВт}$ (нагрузка 10 кВт).

Мощность дизель-генератора подразделяется на две - основную и ограниченную по времени (резервная):

- Основная мощность (PRP, Prime Power, номинальная мощность в основном режиме). Дизельная электростанция способна работать на указанной мощности с переменной нагрузкой неограниченное число часов в год. Допускается перегрузка на 10% в течение одного часа с интервалом не менее 12 часов.

- Ограниченная по времени мощность (LTP, Limited Time Power, резервная мощность или номинальная мощность в резервном режиме). Дизельная электростанция способна работать на указанной мощности с переменной нагрузкой максимально 500 часов в год, из которых 300 часов

Таблица 7.1. 1– Выбор сечений кабельных линий 10 кВ

Номер линии	Назначение линии	Кол-во линий	Расчётная нагрузка		Длина линии $l, м$	Способ прокладки	Марка кабеля	Допустимая нагрузки	
			В норм.режиме, $I_{расч}, А$	В п.ав. режиме $I_{п.ав.}, А$				В норм. режиме, А	В п.ав. режиме, А
КЛ1	ГПП-РУ1	4	110.34	220.68	100	В эстакадах	ААШв 3х120	185	231,25
КЛ2	ГПП-ТП2	2	92.38	184.75	30	В эстакадах	ААШв 3х95	155	193,75
КЛ3	ГПП-РУ2	4	142.41	284.83	150	В эстакадах	ААШв 3х185	235	293,75
КЛ4	ГПП-РУ3	4	97.51	195.02	120	В эстакадах	ААШв 3х120	185	231,25
КЛ5	ГПП-РУ4	2	102.64	205.28	250	В эстакадах	ААШв 3х120	185	231,25
КЛ6	РУ1-СД	1	67.17	-	5	На стенах	ААШв 3х50	105	-
КЛ7	РУ1-СД	1	67.17	-	5	На стенах	ААШв 3х50	105	-
КЛ8	РУ1-ТП1	2	92.38	184.75	5	В эстакадах	ААШв 3х95	155	193,75
КЛ9	РУ1-СД	1	67.17	-	5	На стенах	ААШв 3х50	105	-
КЛ10	РУ1-СД	1	67.17	-	5	На стенах	ААШв 3х50	105	-
КЛ11	РУ2-СД	1	67.17	-	5	На стенах	СБлШв 3х50	135	-
КЛ12	РУ2-СД	1	67.17	-	5	На стенах	СБлШв 3х50	135	-
КЛ13	РУ2-СД	1	67.17	-	5	На стенах	СБлШв 3х50	135	-
КЛ14	РУ2-ТП3	2	92.38	184.75	35	В эстакадах	ААШв 3х95	155	193,75
КЛ15	РУ2-СД	1	67.17	-	5	На стенах	СБлШв 3х50	135	-
КЛ16	РУ2-СД	1	67.17	-	5	На стенах	СБлШв 3х50	135	-
КЛ17	РУ2-СД	1	67.17	-	5	На стенах	СБлШв 3х50	135	-
КЛ18	РУ3-СД	1	106.69	-	15	На стенах	ААШв 3х95	155	-
КЛ19	РУ3-ТП4	2	92.38	184.75	40	В эстакадах	ААШв 3х95	155	193,75
КЛ20	РУ3-СД	1	106.69	-	15	На стенах	ААШв 3х95	155	294.00
КЛ21	РУ4-СД	1	106.69	-	10	На стенах	ААШв 3х95	155	251.13
КЛ22	РУ4-СД	1	106.69	-	10	На стенах	ААШв 3х95	155	336.88

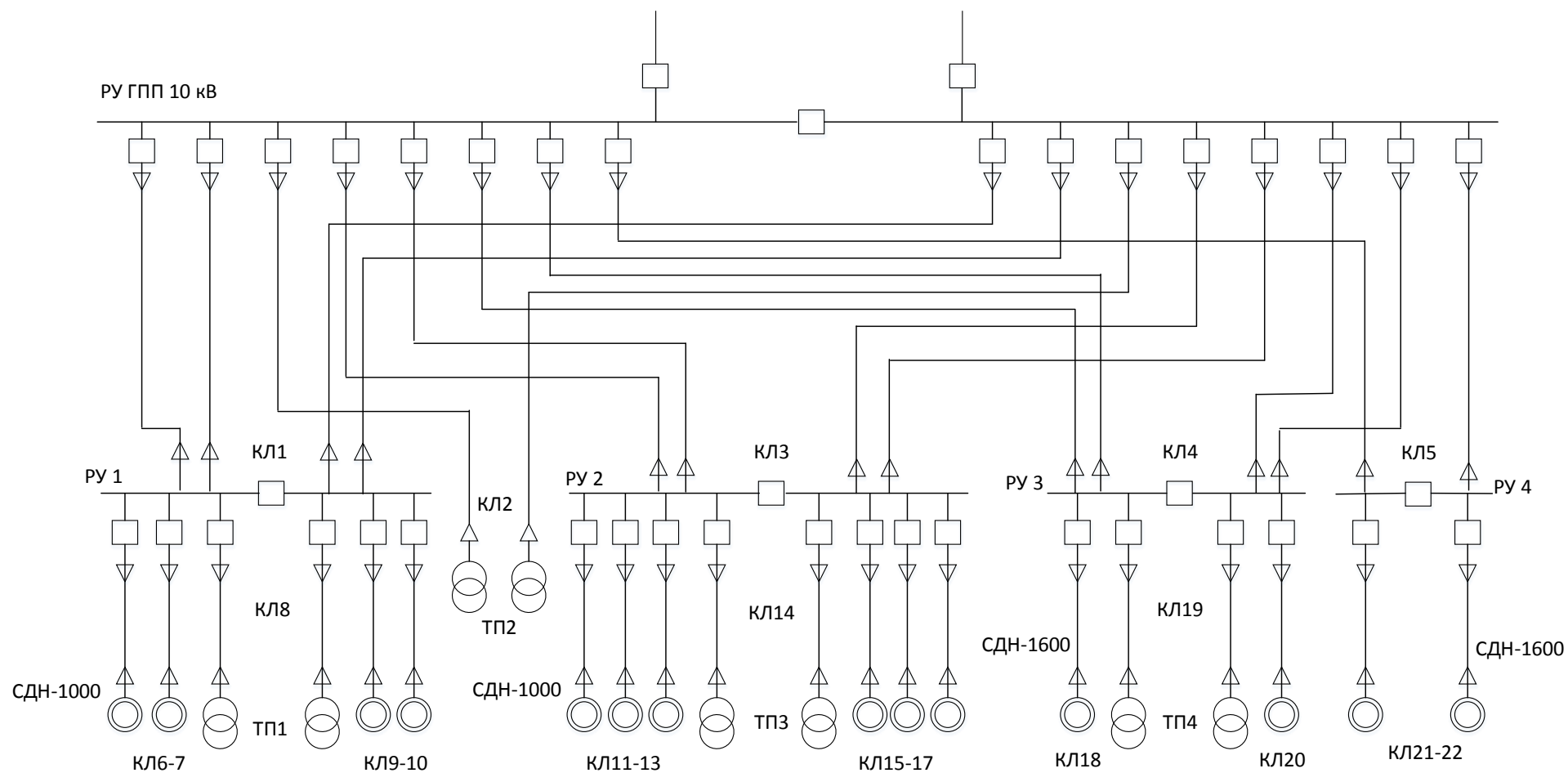


Рис.7.1.1 – Однолинейная схема внутризаводской сети 10кВ

непрерывно с перерывам на регламентное обслуживание. Перегрузки не допускаются.

При выборе дизель-генераторов ориентируемся на резервную мощность, так как используем их не как основной источник.

Для цеха регенерации сероуглерода выбираем дизельный генератор ПСМ ADM-910, параметры которого представлены в таблице 7.2.1.

Таблица 7.2.1 - Основные характеристики дизельного генератора ПСМ ADM-910.

Основная мощность	915 кВт / 1144 кВА
Резервная мощность	1006 кВт / 1258 кВА
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	400
Модель двигателя	MTU 16V2000G36F
Модель генератора	Marelli Motori MJB 400 LA4

Для цеха очистки вентиляционного воздуха от сероуглерода выбираем дизельный генератор ПСМ АД-275 для нагрузки 0,4 кВт и 3 генератора ПСМ ADM-1800 для нагрузки 10кВт,соответсвенно. Параметры данных дизель-генераторов представлены в таблицах 7.2.2. и 7.2.3.

Таблица 7.2.2 - Основные характеристики дизельного генератора ПСМ АД-275.

Основная мощность	280 кВт / 350 кВА
Резервная мощность	308 кВт / 385 кВА
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	400
Расход топлива, л/ч (при 100% нагрузки)	81,6

Продолжение таблицы 7.2.2.

Модель двигателя	TM3 8435.10
Модель генератора	Marelli Motori MJB 315 SB4

Таблица 7.2.3 - Основные характеристики дизельного генератора ПСМ ADM-1800

Основная мощность	1865 кВт / 2331 кВА
Резервная мощность	2051 кВт / 2564 кВА
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	10500
Модель двигателя	MTU 16V4000G63F
Модель генератора	Marelli Motori MJH 630 SC4

Схема внутриводской сети с учётом установки дизельных генераторов представлены на рис.7.2.1

8. Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

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

Для расчета токов КЗ составляется расчетная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитывают все источники питания, трансформаторы, воздушные и кабельные линии, реакторы.

По расчетной схеме (рис.8.2) составляется схема замещения, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчета токов КЗ, представленные на рис.8.1.

Принимаем $U_{ср.ном} = 115$ и $10,5$ кВ.

Считаем, что система бесконечной мощности $X_{сист} = 0$.

Принимаем для расчёта базисную мощность $S_б = 100$ МВА.

Определяем сопротивления элементов:

1. Сопротивление воздушной линии 110 кВ

$$R_{ВЛ} = \frac{r_0 \cdot L \cdot S_б}{U_{ср.ном}^2} = \frac{0,37 \cdot 10 \cdot 100}{115^2} = 0,028 \text{ Ом};$$

$$X_{ВЛ} = \frac{x_0 \cdot L \cdot S_б}{U_{ср.ном}^2} = \frac{0,402 \cdot 10 \cdot 100}{115^2} = 0,03 \text{ Ом},$$

где $L = 10$ км - длина воздушной линии;

$r_0 = 0,37$ Ом / км - активное сопротивление провода АС-95

$x_0 = 0,402$ Ом / км - индуктивное сопротивление провода АС-95

2. Сопротивление трансформатора ТД-16000/110.

$$X_{тр} = \frac{u_{кз} \% \cdot S_б}{100 \cdot S_{ном.тр}} = \frac{10,5 \cdot 100}{100 \cdot 16} = 0,656 \text{ Ом},$$

где $u_{кз} \%$ - напряжение короткого замыкания трансформатора.

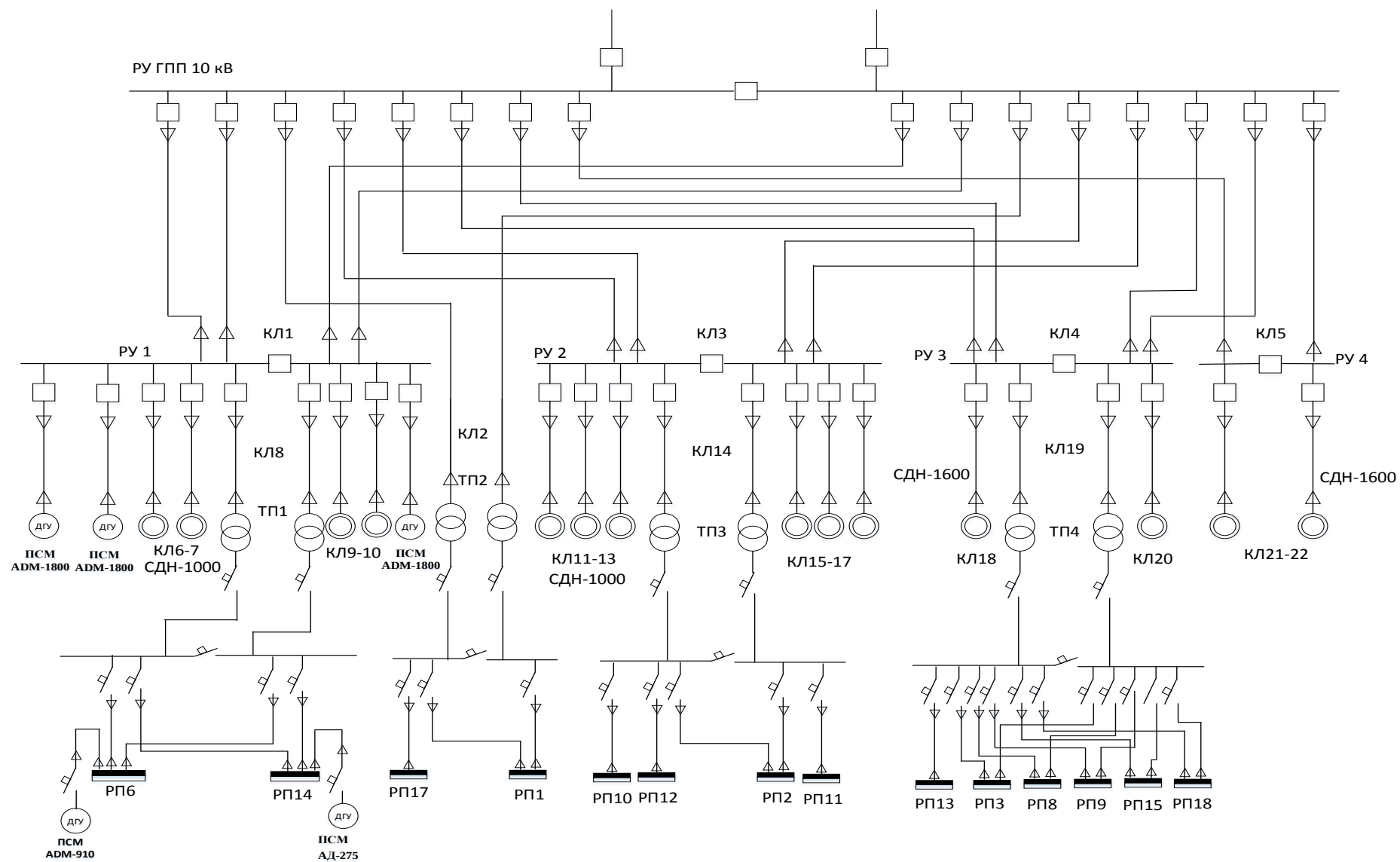


Рис.7.2.1 – Схема внутризаводской сети

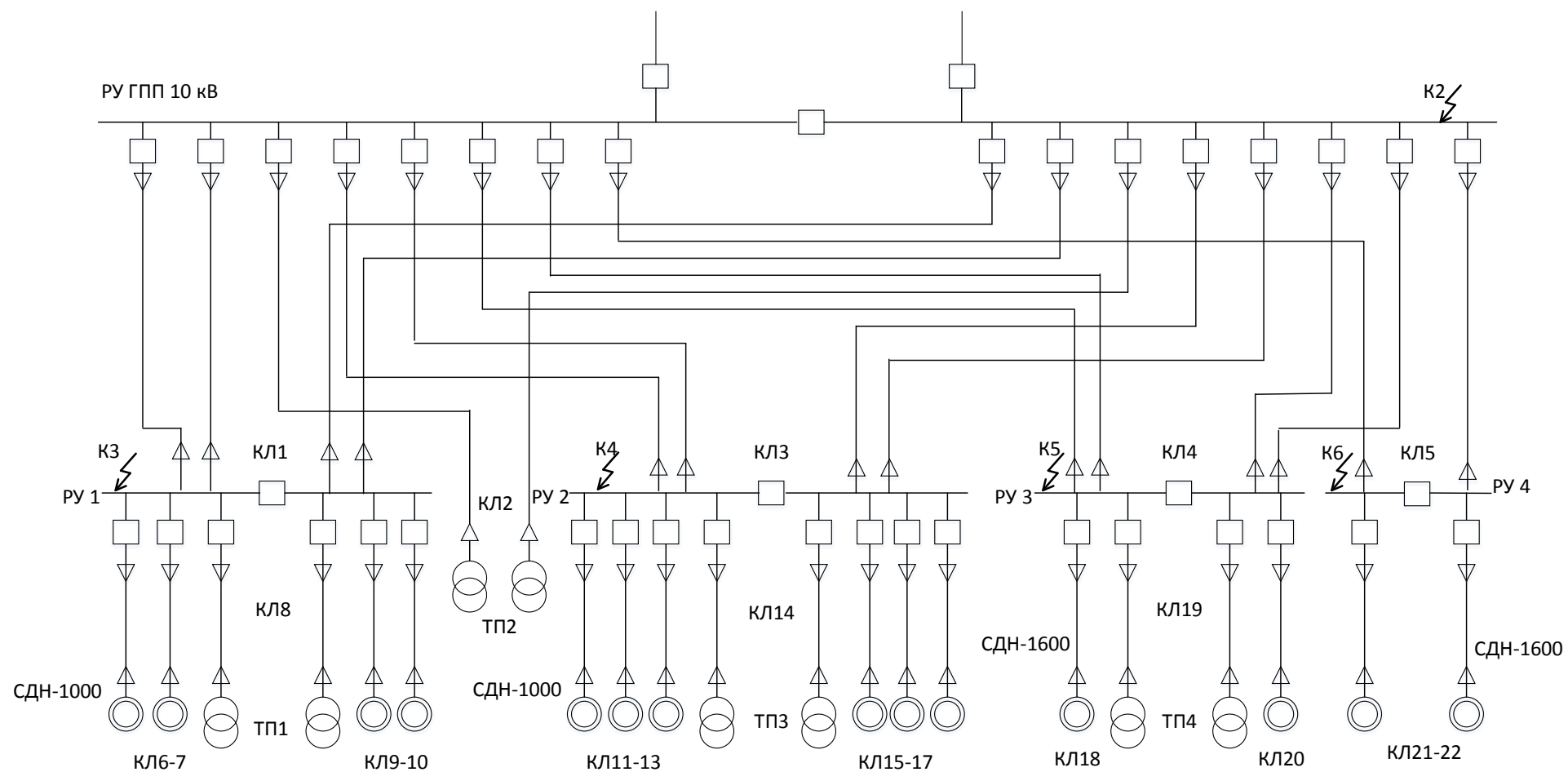


Рис.8.1 – Расчётные точки для расчёта токов КЗ

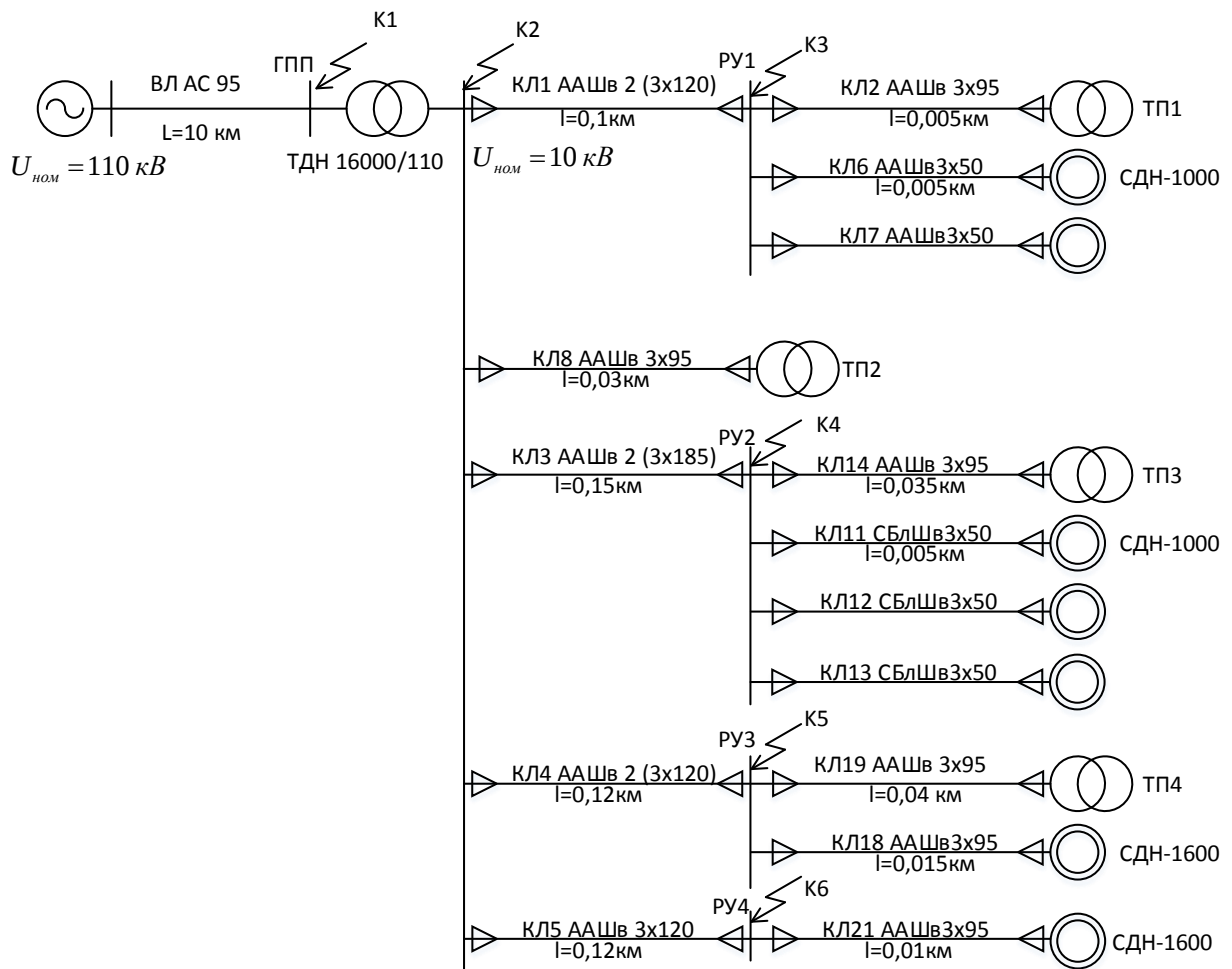


Рис.8.2 – Расчётная схема

Активным сопротивлением трансформатора при расчёте пренебрегли, так как трансформатор большой мощности.

3. Сопротивление кабельной линии КЛ1(ГПП-РУ1)

$$R_{КЛ1} = \frac{r_0 \cdot l_{КЛ} \cdot S_{\sigma}}{U_{ср.ном}^2} = \frac{0,261 \cdot 0,1 \cdot 100}{2 \cdot 10,5^2} = 0,012 \text{ Ом};$$

$$X_{КЛ1} = \frac{r_0 \cdot l_{КЛ} \cdot S_{\sigma}}{U_{ср.ном}^2} = \frac{0,0602 \cdot 0,1 \cdot 100}{2 \cdot 10,5^2} = 0,00273 \text{ Ом},$$

$l_{КЛ} = 0,1 \text{ км}$ - длина кабельной линии;

$U_{ср.ном} = 10,5 \text{ кВ}$ - среднее номинальное напряжение данной ступени трансформации;

$r_0 = 0,261 \text{ Ом / км}$ - активное сопротивление кабеля ААШв 3x120;

$x_0 = 0,0602 \text{ Ом / км}$ - индуктивное сопротивление кабеля ААШв 3x120.

В знаменателе формулы присутствует 2 , так как кабели, приходящие на секцию РУ1 проложены параллельно.

Расчёт для остальных кабельных линий проводится аналогично рассмотренному выше.

Составляем схему замещения для расчёта токов КЗ(рис.8.3).

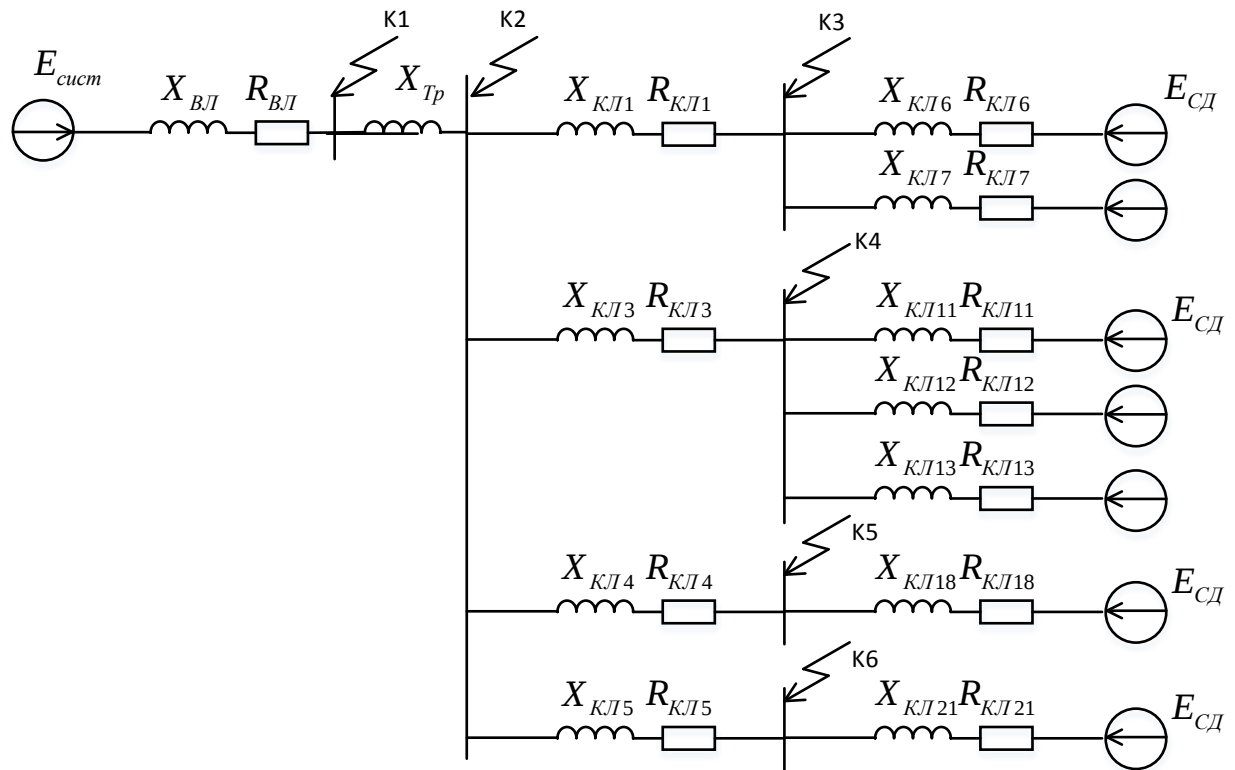


Рис.8.3 – Схема замещения для расчёта токов КЗ

Рассчитываем токи КЗ:

Точка К2:

Определяем базовый ток:

$$I_{\bar{o}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{ср.ном}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА}.$$

Результирующее сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{рез} = \sqrt{R_{ВЛ}^2 + (X_{ВЛ} + X_{тр})^2} = \sqrt{0,028^2 + (0,03 + 0,656)^2} = 0,687 \text{ Ом}.$$

Начальное значение периодической составляющей тока трёхфазного КЗ:

$$I_{КЗ.сист}^{(3)} = \frac{I_{\bar{o}}}{Z_{рез}} = \frac{5,499}{0,687} = 8 \text{ кА}.$$

Постоянная затухания T_a :

$$T_a = \frac{X_K}{\omega \cdot R_K} = \frac{X_{БЛ} + X_{mp}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{БЛ}} = \frac{0,03 + 0,656}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,028} = 0,078 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент:

$$K_{y\partial} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,078}} = 1,88.$$

Ударный ток КЗ от системы:

$$i_{y\partial, \text{сист}} = \sqrt{2} \cdot I_{КЗ, \text{сист}}^{(3)} \cdot K_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 8 \cdot 1,88 = 21,27 \text{ кА.}$$

Учтём подпитку места КЗ от синхронных двигателей.

Используем метод наложения, считая, что напряжение системы и СД совпадают по фазе.

Принимаем значение сверхпереходной ЭДС $E'' = 1,1$, сверхпереходное реактивное сопротивление двигателя по продольной оси $X_{d*}'' = 0,2$.

Номинальные токи двигателей:

$$I_{\text{ном.СДН1000}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,955} = 0,0672 \text{ кА};$$

$$I_{\text{ном.СДН1600}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,962} = 0,1067 \text{ кА.}$$

Определяем подпитку от двигателей РУ1-РУ4:.

$$\begin{aligned} I_{КЗ, \text{СД.РУ1}}^{(3)} &= \frac{E'' \cdot I_{\text{ном.СДН1000}}}{\sqrt{(R_{КЛ1} + R_{КЛ6})^2 + (X_{d*}'' + X_{КЛ1} + X_{КЛ6})^2}} = \\ &= \frac{1,1 \cdot 0,0672}{\sqrt{(0,012 + 0,0023)^2 + (0,2 + 0,00273 + 0,000283)^2}} = 0,363 \text{ кА}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{КЗ, \text{СД.РУ2}}^{(3)} &= \frac{E'' \cdot I_{\text{ном.СДН1000}}}{\sqrt{(R_{КЛ3} + R_{КЛ11})^2 + (X_{d*}'' + X_{КЛ3} + X_{КЛ11})^2}} = \\ &= \frac{1,1 \cdot 0,0672}{\sqrt{(0,011 + 0,00168)^2 + (0,2 + 0,00405 + 0,000283)^2}} = 0,361 \text{ кА}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{КЗ, \text{СД.РУ3}}^{(3)} &= \frac{E'' \cdot I_{\text{ном.СДН1600}}}{\sqrt{(R_{КЛ4} + R_{КЛ18})^2 + (X_{d*}'' + X_{КЛ4} + X_{КЛ18})^2}} = \\ &= \frac{1,1 \cdot 0,0672}{\sqrt{(0,014 + 0,00895)^2 + (0,2 + 0,00328 + 0,00164)^2}} = 0,573 \text{ кА}; \end{aligned}$$

$$I_{K3.CД.PV4}^{(3)} = \frac{E'' \cdot I_{ном.СДН1600}}{\sqrt{(R_{KЛ5} + R_{KЛ21})^2 + (X_{d*}'' + X_{KЛ5} + X_{KЛ21})^2}} =$$

$$= \frac{1,1 \cdot 0,0672}{\sqrt{(0,049 + 0,00298)^2 + (0,2 + 0,014 + 0,000546)^2}} = 0,526 \text{ кА}.$$

Постоянная затухания T_a :

$$T_{a.CД.PV1} = \frac{X_K}{w \cdot R_K} = \frac{(0,2 + 0,00273 + 0,000283)}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (0,012 + 0,0023)} = 0,044 \text{ с};$$

$$T_{a.CД.PV2} = \frac{(0,2 + 0,00405 + 0,000283)}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (0,011 + 0,00168)} = 0,049 \text{ с};$$

$$T_{a.CД.PV3} = \frac{(0,2 + 0,00328 + 0,00164)}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (0,014 + 0,00895)} = 0,035 \text{ с};$$

$$T_{a.CД.PV4} = \frac{(0,2 + 0,014 + 0,000546)}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (0,049 + 0,00298)} = 0,011 \text{ с}.$$

Ударный коэффициент:

$$K_{yд.CД.PV1} = 1 + e^{\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,044}} = 1,797;$$

$$K_{yд.CД.PV2} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,049}} = 1,817;$$

$$K_{yд.CД.PV3} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,035}} = 1,75;$$

$$K_{yд.CД.PV4} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,011}} = 1,402.$$

Ударный ток КЗ от двигателей:

$$i_{yд.CД.PV1} = \sqrt{2} \cdot I_{K3.CД.PV1}^{(3)} \cdot K_{yд.CД.PV1} = \sqrt{2} \cdot 0,363 \cdot 1,797 = 0,923 \text{ кА};$$

$$i_{yд.CД.PV2} = \sqrt{2} \cdot I_{K3.CД.PV2}^{(3)} \cdot K_{yд.CД.PV2} = \sqrt{2} \cdot 0,361 \cdot 1,817 = 0,927 \text{ кА};$$

$$i_{yд.CД.PV3} = \sqrt{2} \cdot I_{K3.CД.PV3}^{(3)} \cdot K_{yд.CД.PV3} = \sqrt{2} \cdot 0,573 \cdot 1,75 = 1,417 \text{ кА};$$

$$i_{yд.CД.PV4} = \sqrt{2} \cdot I_{K3.CД.PV4}^{(3)} \cdot K_{yд.CД.PV4} = \sqrt{2} \cdot 0,526 \cdot 1,402 = 1,043 \text{ кА}$$

Суммарный ток в точке К1:

$$I_{K3}^{(3)} = I_{K3.сум}^{(3)} + 2 \cdot I_{K3.CД.PV1}^{(3)} + 3 \cdot I_{K3.CД.PV2}^{(3)} + I_{K3.CД.PV3}^{(3)} + I_{K3.CД.PV4}^{(3)} =$$

$$= 8 + 2 \cdot 0,363 + 3 \cdot 0,361 + 0,573 + 0,526 = 10,91 \text{ кА};$$

$$i_{yд} = i_{yд.сум} + 2 \cdot i_{yд.CД.PV1} + 3 \cdot i_{yд.CД.PV2} + i_{yд.CД.PV3} + i_{yд.CД.PV4} =$$

$$= 21,27 + 2 \cdot 0,923 + 3 \cdot 0,927 + 1,417 + 1,043 = 28,36 \text{ кА}.$$

Расчёты токов КЗ для остальных точек аналогичны. Результаты расчётов сведём в таблицу.

Таблица 8.1 – Сводная ведомость токов КЗ

Расчётные точки	$I_{КЗ}^{(3)}$	$i_{y\partial}$
K1	12,15	18,14
K2	10,91	28,36
K3	10,32	27,05
K4	10,32	27,18
K5	10,31	26,27
K6	8,38	21,73

Проверяем ранее выбранные сечения кабельных линий на термическую стойкость к токам КЗ.

Минимально допустимое сечение определяется как:

$$F_{\min} \geq \frac{\sqrt{B_K}}{C_T}, \text{ мм}^2, \text{ где}$$

C_T - коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника. Для кабелей 10 кВ с алюминиевыми жилами принимаем $C_T = 90 A \cdot c^{\frac{1}{2}} / \text{мм}^2$

B_K - тепловой импульс тока КЗ

$$B_K = I_{КЗ}^{(3)2} \cdot (t_{np} + T_a),$$

где t_{np} - приведённое время отключения тока КЗ

$$t_{np} = t_{p.з} + t_{откл},$$

где $t_{p.з}$ - время действия релейной защиты

$t_{откл}$ - полное время отключения выключателя

В РУ 10 кВ используем вакуумные выключатели с $t_{откл} = 0,025 \text{ с}$.

Схема внутривозовского электроснабжения предприятия двухступенчатая, поэтому для КЛ2-5 принимаем $t_{p.з} = 0,1 \text{ с}$, для КЛ1 $t_{p.з} = 0,5 \text{ с}$.

Проверим сечение кабеля КЛ3(ГПП-РУ2) на термическую стойкость по току короткого замыкания в точке К1.

Приведённое время отключения тока КЗ:

$$t_{np} = t_{p.з} + t_{откл} = 0,5 + 0,025 = 0,525 \text{ с}.$$

Тепловой импульс:

$$B_K = I_{K3}^{(3)2} \cdot (t_{np} + T_a) = 10,91^2 \cdot (0,525 + 0,078) = 71,77 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с}.$$

Минимально допустимое сечение:

$$F_{\min} \geq \frac{\sqrt{B_K}}{C_T} = \frac{\sqrt{71,77 \cdot 10^6}}{90} = 94,13 \text{ мм}^2$$

Полученное значение минимального сечения говорит о том, что ранее выбранный для данного участка кабель марки ААШв – (3х185) проходит по термической стойкости к току КЗ. Поэтому окончательно принимаем сечение 185 мм².

Проверки остальных кабелей на термическую стойкость производятся аналогично, результаты расчётов сводим в единую таблицу 8.2.

Таблица 8.2 - Марки и сечения кабелей принятые по условию термической стойкости к токам КЗ

Назначение участка	Термически стойкое сечение $F_{\min}, \text{мм}^2$	Принятое сечение кабеля, $F, \text{мм}^2$	Длительно допустимый ток, А
КЛ1 (ГПП-РУ1)	94,13	ААШв 3х120	185
КЛ2 (ГПП-ТП2)	94,13	ААШв 3х95	155
КЛ3 (ГПП-РУ2)	94,13	ААШв 3х185	235
КЛ4 (ГПП-РУ3)	94,13	ААШв 3х120	185
КЛ5 (ГПП-РУ4)	94,13	ААШв 3х120	185
КЛ6-7(РУ1 – СДН1000)	48,69	ААШв 3х50	105
КЛ8 (РУ1-ТП1)	48,69	ААШв 3х95	155

Продолжение таблицы 8.2

КЛ9-10(РУ1 – СДН1000)	48,69	ААШв 3х50	105
КЛ11-13(РУ1 – СДН1000)	33,2	СБлШв 3х50	165
КЛ14(РУ2-ТП1)	51,68	ААШв 3х95	155
КЛ15-17(РУ1 – СДН1000)	33,2	СБлШв 3х50	165
КЛ18 (РУ3- СДН1600)	48,19	ААШв 3х95	155
КЛ19(РУ3-ТП1)	48,19	ААШв 3х95	155
КЛ20 (РУ3- СДН1600)	48,19	ААШв 3х95	155
КЛ21(РУ4- СДН1600)	39,16	ААШв 3х95	155
КЛ22(РУ4- СДН1600)	39,16	ААШв 3х95	155

9.Выбор высоковольтного оборудования

Аппараты системы электроснабжения выбирают по условиям длительной номинальной работы, режиму перегрузок и режиму возможных коротких замыканий. Выбранные по номинальным напряжению и току аппараты проверяются на динамическую и термическую стойкость к токам КЗ, на отключающую способность.

9.1 Выбор трансформаторов собственных нужд

Необходимо установить не менее двух трансформаторов (ТСН) для питания оборудования собственных нужд подстанций:

- устройств обогрева выключателей и шкафов РУ с установленными в них электрическими аппаратами и приборами;
- электрического освещения;
- систем сигнализации и пожаротушения.

Номинальную мощность трансформаторов выбирают по расчетной мощности потребителей собственных нужд, составляющей около 5% от расчетной мощности подстанции:

$$S_{C.H} = 0,05 \cdot S_{тр.ном} = 0,05 \cdot 16000 = 800 \text{ кВА}.$$

Выбираем два трансформатора ТМ-1000/10 [1, с.158].

9.2 Выбор контрольно-измерительных приборов

В качестве подключаемых измерительных приборов выбираем: амперметр и вольтметр на стороне 110 кВ; амперметр, вольтметр, ваттметр, счетчики активной и реактивной мощности в РУ 10 кВ. Перечень контрольно-измерительных приборов сведен в таблицу 9.2.1

Таблица 9.2.1 - Перечень контрольно-измерительных приборов на подстанции

Цепь установки приборов	Места установки приборов	Перечень приборов
-------------------------	--------------------------	-------------------

Продолжение таблицы 9.2.1

Двухобмоточный трансформатор	ВН (110 кВ)	Амперметр, вольтметр
	НН (10 кВ)	Амперметр, вольтметр, ваттметр, счетчики активной и реактивной энергии
Сборные шины 10 кВ	На каждой секции шин	Вольтметр для измерения междупазного напряжения, вольтметр для измерения трехфазных напряжений, амперметр, ваттметр

9.3 Выбор трансформаторов напряжения

На напряжение 110 кВ выбираем трансформаторы напряжения НКФ-110-57-0,5-150[1, с.189]. Каталожные данные трансформатора напряжения приведены в таблице 9.3.1

Таблица 9.3.1 – Каталожные данные трансформатора напряжения НКФ-110-57-0,5-150-У1

Номинальное напряжение обмотки,			Класс точности	Номинальная мощность,ВА	Максимальная мощность,ВА
Первичной	Основной вторичной	Дополнительной			
$110 / \sqrt{3}$	$0,1 / \sqrt{3}$	0,1	0,5	150	2000

Для установки в РУ 10 кВ выбираем трансформатор напряжения НТМИ-10-0,5-120-У3. Каталожные данные трансформатора напряжения приведены в таблице 9.3.2

Таблица 9.3.2 – Каталожные данные трансформатора напряжения НТМИ-10-0,5-120-У3

Номинальное напряжение обмотки,			Класс точности	Номинальная мощность,ВА	Максимальная мощность,ВА
Первичной	Основной вторичной	Дополнительной			
10	0,1	0,1/3	0,5	120	960

В качестве подключаемых измерительных приборов выбираем вольтметр, ваттметр, счетчики активной и реактивной энергии, установленные в РУ 10 кВ, данные о которых сводим в таблицу 9.3.3.

Таблица 9.3.3 – Вторичная нагрузка трансформатора напряжения

Прибор	Тип	Число обмоток	Кол-во	$P_{номр}$, Вт	$Q_{номр}$, ВАр	P_{Σ} , Вт	Q_{Σ} , ВАр
Вольтметр	Э-350	1	9	2	-	18	-
Ваттметр	Д-304	3	1	2	1,5	6	4,5
Счётчики активной энергии	САЗ-681	2	1	3	2,25	6	4,5
Счётчики реактивной энергии	СРЗ-682	2	1	3	2,25	6	4,5
Итого						30	13,5

Расчётная нагрузка трансформатора напряжения:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{30^2 + 13,5^2} = 32,9 \text{ ВА}.$$

Номинальная мощность основной вторичной обмотки в классе точности 0,5 составляет 120 ВА, следовательно, трансформатор напряжения удовлетворяет условиям проверки.

9.4 Выбор трансформаторов тока

Для измерения тока на стороне ВН используем встроенные трансформаторы тока типа ТВТ. Марку выбираем по номинальному току первичной обмотки трансформатора ТД-16000/110-У1.

Выбираем трансформаторы тока ТВТ-1-110-300/5[1, с.195].

$$I_{ТТ} = 300 \text{ А} \geq I_{ном.ВН} = 83,98 \text{ А} - \text{проверка по току выполняется.}$$

Для измерения тока на стороне 10 кВ используем трансформаторы тока типа ТЛМ. Марку выбираем по номинальному току вторичной обмотки трансформатора ТД-16000/110-У1.

$$I_{ном.НН} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.НН}} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 879,77 \text{ А}$$

Выбираем трансформаторы тока ТЛМ-10-1-0,5/10Р-10/15-1000/5 УЗ[1, с.194]., паспортные данные на который приведены в таблице 9.4.1.

$$I_{ТТ} = 1000 \text{ А} \geq I_{ном.НН} = 879,77 \text{ А} - \text{проверка по току выполняется.}$$

Таблица 9.4.1 – Паспортные данные трансформатора тока ТОЛ-10-1-0,5/10Р-10/15-1000/5 УЗ

номинальное напряжение трансформатора,кВ	10
номинальный первичный ток трансформатора, А	1000
номинальный вторичный ток трансформатора, А	5
номинальный коэффициент трансформации трансформатора	200
номинальная вторичная нагрузка,А	15
класс точности трансформатора	0,5
ток термической стойкости,кА	50
время термической стойкости, с	3
ток электродинамической стойкости,кА	100

В качестве подключаемых измерительных приборов выбираем амперметр, ваттметр, счетчики активной и реактивной энергии, установленные в РУ 10 кВ, данные о которых сводим в таблицу 9.4.2.

Таблица 9.4.2 – Вторичная нагрузка трансформатора тока

Прибор	Тип	Число обмоток	Кол-во	$P_{ном}$, Вт	$Q_{ном}$, ВАр	P_{Σ} , Вт	Q_{Σ} , ВАр
Амперметр	Э-350	1	1	0,5	-	0,5	-
Ваттметр	Д-304	1	1	0,5	0,4	0,5	0,4
Счётчики активной энергии	САЗ-681	2	1	2,5	2,25	5	4,5
Счётчики реактивной энергии	СРЗ-682	2	1	2,5	2,25	5	4,5
Итого						11	9,4

Мощность, потребляемая приборами:

$$S_{приб} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{11^2 + 9,4^2} = 14,47 \text{ ВА}.$$

Определяем суммарное сопротивление приборов:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_{2ном}^2} = \frac{14,47}{5^2} = 0,58 \text{ Ом}.$$

Сопротивление контактов $r_{конт}$ принимаем равным 0,1 Ом.

Принимаем контрольный кабель АКРВГ, по условию прочности принимаем сечение жил 4 мм^2 , расчетная длина $l = 6 \text{ м}$.

Сопротивление провода:

$$r_{пр} = \frac{\rho \cdot l}{F} = \frac{0,0283 \cdot 6}{4} = 0,042 \text{ Ом}.$$

Вторичная нагрузка трансформатора тока:

$$r_2 = r_{приб} + r_{конт} + r_{пр} = 0,58 + 0,1 + 0,042 = 0,722 \text{ Ом}.$$

Номинальная нагрузка трансформатора тока:

$$Z_{2ном} = \frac{S_{ном}}{I_{2ном}^2} = \frac{15}{5^2} = 0,6 \text{ Ом}.$$

Так как получилось, что $r_2 > Z_{2ном}$, то принимаем к установке по 2 трансформатора тока на фазу.

Выполняем проверки выбранного трансформатора тока ТЛМ-10-1-0,5/10Р-10/15-1000/5 УЗ:

- По напряжению:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} \geq U_{уст} = 10 \text{ кВ}.$$

- По току:

$$I_{1ном} = 1000 \text{ А} \geq I_{раб} = 879,77 \text{ А}.$$

- На электродинамическую устойчивость:

$$i_{дин} = 100 \text{ кА} \geq i_{уд} = 28,36 \text{ кА}.$$

- По термической стойкости:

$$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 50^2 \cdot 3 = 7500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_K = 19,2 \cdot 10^6.$$

9.5 Выбор разъединителей

Выбор разъединителей QS1-QS2 производим по току линии в послеаварийном режиме.

$$I_{ном} \geq I_{п.ав} = 167,96 \text{ А}.$$

Выбираем разъединитель РНД32-110/1000У1 [1, с.178], паспортные данные которого приведены в таблице 9.5.1

Таблица 9.5.1 – Паспортные данные разъединителя РНД32-110/1000 У1

номинальное напряжение, кВ	10
номинальный ток, А	1000
амплитуда предельного сквозного тока, кА	80
предельный ток термической стойкости	31,5
время протекания тока термической стойкости, с	3

Время действия релейной защиты не знаем, делаем проверку по максимуму, принимая, что приведённое время отключения тока КЗ $t_{np} = t_{терм}$.

Результаты выбора и проверки сведём в таблицу 9.5.2.

Таблица 9.5.2 Проверка разъединителя

Расчетный параметр защищаемой цепи	Паспортные данные аппарата	Условия выбора и проверки
110 кВ	110 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
167,96 для QS1, QS2 83,98 для QS3, QS4	1000 А	$I_{расч} \leq I_{ном}, I_{п.ав} \leq I_{ном}$
18,14	80 кА	$i_{уд} \leq i_{нр.ск}$
$443 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$2977 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \geq B_K = I_{н0}^2 \cdot t_{нр}$

Выбор разъединителей QS5-QS8 производим по току линии в нормальном режиме.

$$I_{ном} \geq I_{расч} = 83,98 \text{ А.}$$

Выбираем разъединитель РНД31-110/1000У1[1,с.178] с одним заземляющим ножом, его параметры аналогичны представленным в таблице 9.5.2. Проверка аналогична рассмотренной выше.

Выбор разъединителей QS9-QS10 для трансформатора напряжения НТМИ-10-0,5-120-У3 производится по отключающей способности, так как номинальный ток в первичной обмотке небольшой ($S_{max} = 2000 \text{ ВА}$)

$$I_{ном.ТН} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 0,01 \text{ А.}$$

Выбираем разъединитель РНД31-110/1000У1.

Выбираем разъединители QS11-QS12 для трансформаторов собственных нужд ТМ-1000/10.

$$I_{ном.ТЧ} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,74 \text{ А.}$$

Выбираем разъединитель РЛНД 1-10/400У1.

9.6 Выбор выключателей

Выбираем выключатели на стороне 110 кВ.

Предварительно выбираем выключатель ВГТ-110-40/3150У1[8] , паспортные данные которого приведены в таблице 9.6.1

Таблица 9.6.1 – Паспортные данные выключателя ВГТ-110-40/3150У1

Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	3150
Номинальный ток отключения, кА	40
Электродинамическая стойкость, кА	102
Ток термической стойкости, кА	40
Время протекания тока термической стойкости, с	3
Собственное время отключения, мс	35
Полное время отключения, мс	55

Осуществляем проверки выбранного выключателя:

- По напряжению:

$$U_{ном} = 110 \text{ кВ} \geq U_{уст} = 110 \text{ кВ}.$$

- По току:

$$I_{ном} = 3150 \text{ А} \geq I_{расч} = 83,98 \text{ А}.$$

- На электродинамическую устойчивость:

$$i_{дин} = 102 \text{ кА} \geq i_{уд} = 18,14 \text{ кА}.$$

- На отключающую способность:

$$I_{ном.откл} = 40 \text{ кА} \geq I_{н0} = 12,15 \text{ кА}$$

- По термической стойкости:

$$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_K.$$

Рассчитываем тепловой импульс тока КЗ:

$$B_K = I_{n0}^2 \cdot (t_{np} + T_a) = 12,15^2 \cdot (0,155 + 0,0034) = 23,38 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$T_a = \frac{X_{БЛ}}{w \cdot R_{БЛ}} = \frac{0,03}{314 \cdot 0,028} = 0,0034 \text{ с}$$

$$t_{np} = t_{p.з} + t_{откл} = 0,1 + 0,055 = 0,155 \text{ с}$$

Результаты расчёта сведём в таблицу 9.6.2.

Таблица 9.6.2 Проверка выключателя ВГТ-110-40/3150У1

Расчетный параметр защищаемой цепи	Паспортные данные аппарата	Условия выбора и проверки
110 кВ	110 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
83,98А	3150 А	$I_{расч} \leq I_{ном}$
12,15 кА	40 кА	$I_{n0} \leq I_{ном.откл}$
18,14 кА	102 кА	$i_{yo} \leq i_{пр.ск}$
$23,38 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \geq B_K = I_{n0}^2 \cdot t_{np}$

Выключатель ВГТ-110-40/3150У1 успешно выдержал все проверки.

Выбираем выключатель на 10кВ.

Расчетный ток для выключателя Q5 $I_{расч} = 879,77 \text{ А}$, для Q3, Q4

$$I_{расч} = 1759,54 \text{ А}.$$

Предварительно выбираем выключатели:

Для Q5 - ВВ/TEL-10-20/1000 У2[9].

Для Q3, Q4 - ВВ/TEL-10-31,5/2000 У2 [9].

Паспортные данные о выключателя сведены в в таблицу 9.6.3.

Таблица 9.6.3. – Паспортные данные выключателей 10 кВ.

	ВВ/TEL-10-20/1000 У2	ВВ/TEL-10-31,5/2000 У2
$U_{ном}$, кВ	10	10
$I_{ном}$, А	1000	2000

Продолжение таблицы 9.6.3

$I_{ном.откл}$, кА	20	31,5
$i_{дин}$, кА	52	80
$I_{терм}$, кА	20	31,5
$t_{терм}$, с	3	3
$t_{откл}$, с	0,042	0,035

Для проверки данных марок выключателей достаточно проверить на соответствие необходимым условиям выключатель ВВ/TEL-10-20/1000 У2.

Осуществляем проверки выбранного выключателя:

- По напряжению:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} \geq U_{уст} = 10 \text{ кВ}.$$

- По току:

$$I_{ном} = 1000 \text{ А} \geq I_{расч} = 879,77 \text{ А}.$$

- На электродинамическую устойчивость:

$$i_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{уд} = 28,36 \text{ кА}.$$

- На отключающую способность:

$$I_{ном.откл} = 20 \text{ кА} \geq I_{н0} = 10,91 \text{ кА}$$

- По термической стойкости:

$$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_K.$$

Рассчитываем тепловой импульс тока КЗ:

$$B_K = I_{н0}^2 \cdot (t_{пр} + T_a) = 10,91^2 \cdot (0,542 + 0,0078) = 65,44 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$T_a = \frac{X_K}{w \cdot R_K} = \frac{X_{БЛ} + X_{тр}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{БЛ}} = \frac{0,03 + 0,656}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,028} = 0,078 \text{ с}$$

$$t_{пр} = t_{р.з} + t_{откл} = 0,5 + 0,042 = 0,542 \text{ с}$$

Результаты проверки сведем в таблицу 9.6.4.

Таблица 9.6.4 Проверка выключателя ВВ/TEL-10-20/1000 У2

Расчетный параметр защищаемой цепи	Паспортные данные аппарата	Условия выбора и проверки
10 кВ	10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
879,77 А	2000 А	$I_{расч} \leq I_{ном}$
10,91 кА	20 кА	$I_{н0} \leq I_{ном.откл}$
28,36 кА	52 кА	$i_{уд} \leq i_{пр.ск}$
$63,44 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \geq B_K = I_{н0}^2 \cdot t_{пр}$

Выключатель ВВ/TEL-10-20/1000 У2 успешно выдержал все проверки.

9.7 Выбор предохранителей

Выбираем предохранители для защиты трансформаторов собственных нужд (FU1, FU2).

Номинальный ток ТМ-1000/10 $I_{ном.ТСН} = 57,74 \text{ А}$.

Выбираем предохранители ПКТ-101-10-80-20У1.

Результаты выбора и проверки сведем в таблицу 9.7.1.

Таблица 9.7.1 – Проверка предохранителя ПКТ-101-10-80-20У1

Расчетный параметр защищаемой цепи	Паспортные данные аппарата	Условия выбора и проверки
10 кВ	10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
57,74 А	80 А	$I_{расч} \leq I_{ном.вст}$
10,91 кА	20 кА	$I_{н0} \leq I_{ном.откл}$

Для защиты трансформаторов напряжения можно использовать специальные предохранители марки ПКН.

Выбираем для защиты трансформатора напряжения НТМИ-10-0,5-120-У3 предохранители ПКН 001-10 У3 (FU3, FU4). Проверки в данном случае не требуются.

9.8 Выбор ограничителей перенапряжения

Выбор производится по напряжению установки.

Выбираем ОПН типа ОПН-П1-110/77/10/2 УХЛ1 для защиты силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения со стороны 110 кВ (FV1-FV4).

Для защиты силовых трансформаторов со стороны 10 кВ и ТСН выбираем ОПН (FV5-FV6) типа ОПН-П1-10П УХЛ1.

Перечень оборудования ГПП приведен в таблице 9.8.1.

Принципиальная схема приведена на рис.9.8.1.

Таблица 9.8.1 - Перечень оборудования ГПП

Обозначение	Наименование	Тип
QS1-QS4	Разъединители	РНД32-110/1000У1
QS5-QS10	Разъединители	РНД31-110/1000У1
QS11-QS12	Разъединители	РЛНД 1-10/400У1
FV1-FV4	Ограничители перенапряжения	ОПН-П1-110/77/10/2 УХЛ1
FV5,FV6	Ограничители перенапряжения	ОПН-П1-10П УХЛ1
T1,T2	Силовые трансформаторы	ТД-16000/110-У1
T3,T4	Трансформаторы собств.нужд	ТМ-1000/10
FU1, FU2	Предохранители	ПКТ-101-10-80-20У1
FU3,FU4	Предохранители	ПKN 001-10 У3
Q1,Q2	Выключатели элегазовые	ВГТ-110-40/3150У1

Продолжение таблицы 9.8.1

Q3	Выключатель вакуумный	ВВ/TEL-10-31,5/2000 У2
Q4,Q5	Выключатели вакуумные	ВВ/TEL-10-20/1000 У2
ТА1, ТА2	Трансформаторы тока	ТВТ-1-110-300/5
ТА3, ТА4	Трансформаторы тока	ТЛМ-10-1-0,5/10Р- 10/15-1000/5 У3
TV1, TV2	Трансформаторы напряжения	НКФ-110-57-0,5-150-У1
TV3, TV4	Трансформаторы напряжения	НТМИ-10-0,5-120-У3

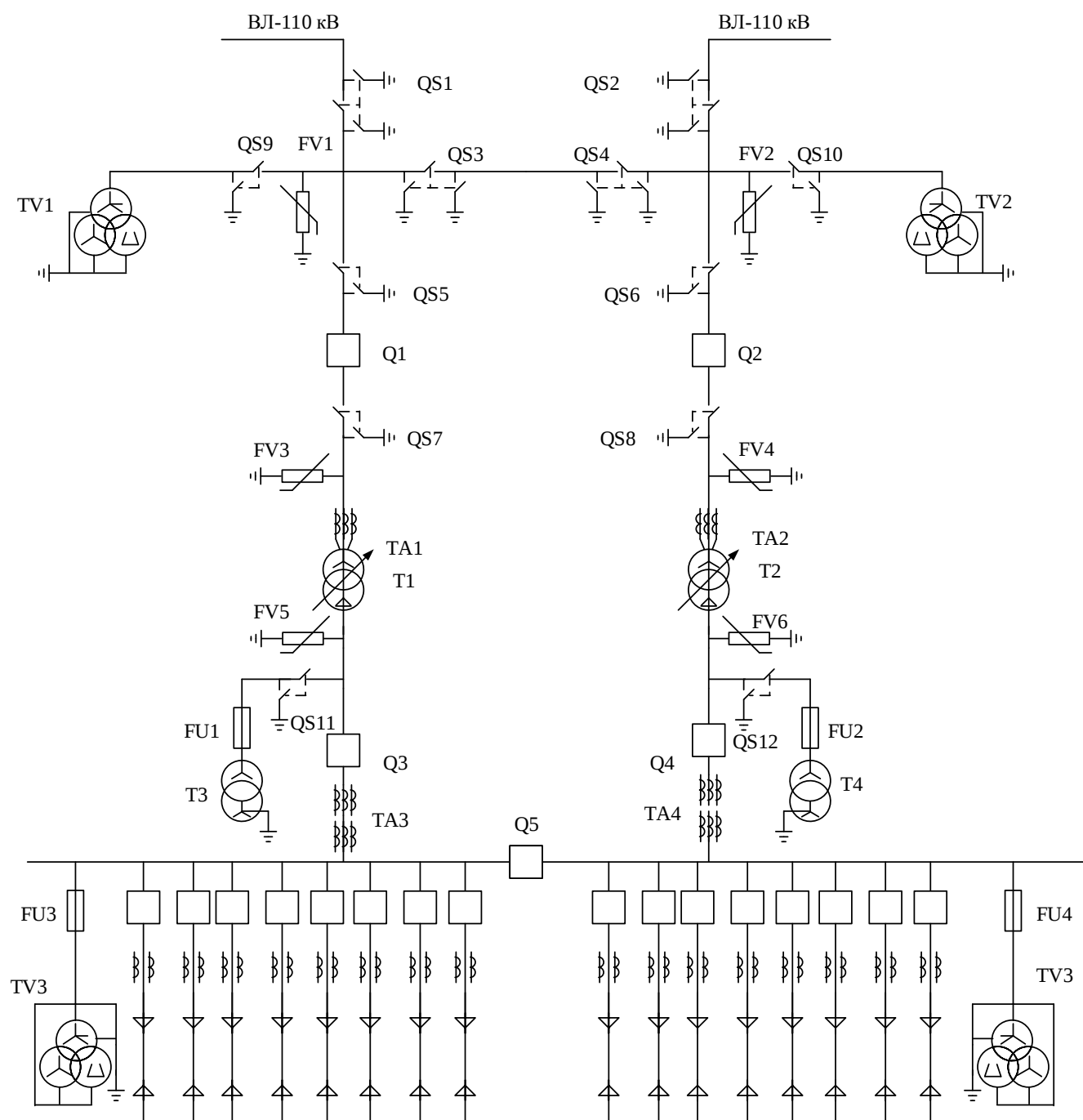


Рис.9.7.1 –Принципиальная схема ГПП

10. Электроснабжение ремонтно-механического цеха

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности.

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

2. Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания.

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

4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха.

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

6. Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удалённого от цеховой ТП или наиболее мощного электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного режима.

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

10.1 Выбор и проверка комплектных шинопроводов

Магистральные и распределительные шинопроводы, применяемые в цеховых сетях для передачи и распределения электроэнергии, выбираются таким образом, чтобы номинальный ток шинопровода был не менее расчетного тока:

$$I_p \leq I_{ном},$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток шинопровода, А.

Выбираем для ремонтно-механического цеха распределительный шинопровод марки ШРА-73-250 с $I_{ном} = 250$ А.

Технические данные шинопровода приведены в таблице 10.1.2

Таблица 10.1.2 – Технические данные шинопровода ШРА-73-250

Показатели	ШРА-73-250
Номинальный ток, А	250
Номинальное напряжение, В	380/220
Сопротивление на фазу, Ом/км:	0,2
-активное	0,1
-реактивное	

10.2. Выбор защитной аппаратуры

Для обеспечения защиты от токов короткого замыкания и от возможных перегрузок в качестве аппаратов защиты используем автоматические выключатели.

Выбор автоматических выключателей можно разделить на следующие этапы:

1. Выбор типа автомата.
2. Выбор номинального тока автомата по условию:

$$I_{ном.а} \geq K_{зап} \cdot I_{длит}.$$

3. Выбор номинального тока теплового расцепителя автоматов по условию:

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

4. Проверка по току срабатывания (уставки) электромагнитного расцепителя:

-для группы ЭП $I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{пик}$;

-для отдельно ЭП $I_{кз} \geq 1,5 \cdot I_{пуск}$,

где $I_{пик}$ - пиковый ток группы ЭП;

$I_{пуск}$ - пусковой ток ЭП.

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя:

$$I_{кз} = K_{кз} \cdot I_{ном.тепл}.$$

$K_{кз}$ - уставка срабатывания в зоне КЗ.

Приведём пример для шлифовального станка.

Выбираем автоматический выключатель ВА-13-29 с $I_{ном} = 63 A$,

$I_{ном.тепл} = 20 A$, $K_{кз} = 6 [1, с.93]$.

Выполняем проверки:

$$I_{ном.а} = 63 A \geq K_{зап} \cdot I_{длит} = 1,15 \cdot 16,4 = 18,9 A$$

$$I_{ном.тепл} = 20 A \geq K_{зап} \cdot I_{длит} = K_{зап} \cdot I_{длит} = 1,15 \cdot 16,4 = 18,9 A$$

$$I_{кз} = K_{кз} \cdot I_{ном.тепл} = 12 \cdot 20 = 240 A \geq 1,5 \cdot I_{пуск} = 1,5 \cdot 82 = 123 A$$

Автоматический выключатель типа ВА-13-29 удовлетворяет указанным выше условиям.

Аналогично выбираем автоматы, защищающие ЭП цеха, результаты сводим в таблицу 10.2.1.

Выбираем вводной автомат ремонтно-механического цеха.

$$I_{\text{долт}} = I_p = 217,1 \text{ A}.$$

Определяем пиковый ток группы ЭП ремонтно-механического цеха:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.мах}} + (I_p - K_u \cdot I_{\text{ном.мах}}) = 266,55 + (217,1 - 0,25 \cdot 53,31) = 470,32 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.мах}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,95} = 53,31 \text{ A};$$

$$I_{\text{пуск.мах}} = 5 \cdot I_{\text{ном.мах}} = 5 \cdot 53,31 = 266,55 \text{ A}.$$

Согласно рассчитанным выше данным выбираем вводное распределительное устройство ВРУ-ID-250-01. [7]

Выбираем автоматический выключатель типа ВА53-37 с $I_{\text{ном}} = 250 \text{ A}$, $I_{\text{ном.тепл}} = 250 \text{ A}$, $K_{\text{кз}} = 6$ [10].

Проверяем выбранный автоматический выключатель.

$$I_{\text{ном.а}} = 250 \text{ A} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{долт}} = 1,1 \cdot 217,1 = 238,81 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.тепл}} = 250 \text{ A} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{долт}} = 1,1 \cdot 217,1 = 238,81 \text{ A};$$

$$I_{\text{кз}} = K_{\text{кз}} \cdot I_{\text{ном.тепл}} = 3 \cdot 250 = 750 \text{ A} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 470,32 = 587,9 \text{ A}.$$

Все необходимые условия выполняются.

Для защиты линии от РУ ТП2 до РП ремонтно-механического цеха для обеспечения селективности выбираем автоматический выключатель ВА55-37 с $I_{\text{ном}} = 400 \text{ A}$, $I_{\text{ном.тепл}} = 320 \text{ A}$, $K_{\text{кз}} = 5$ [10].

$$I_{\text{ном.а}} = 400 \text{ A} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{долт}} = 1,1 \cdot 217,1 = 238,81 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.тепл}} = 320 \text{ A} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{долт}} = 1,1 \cdot 217,1 = 238,81 \text{ A};$$

$$I_{\text{кз}} = K_{\text{кз}} \cdot I_{\text{ном.тепл}} = 3 \cdot 320 = 960 \text{ A} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 470,32 = 587,9 \text{ A}.$$

РП ремонтно-механического цеха (№17 на генплане) запитан от распределительного устройства 0,4 кВ ТП2.

Выбираем вводной автомат ТП2.

Таблица 10.2.1. – Выбор автоматических выключателей

№ ЭП	Наименование	$I_{длит},$ А	$I_{пуск},$ А	$K_{зап} \cdot I_{длит},$ А	$1,5 \cdot I_{пуск}$	Марка АВ	$I_{ном.а},$ А	$I_{ном.тепл},$ А	$K_{кз}$	$I_{кз},$ А
1	Поперечная пила	8,4	42,1	9,7	63,1	ВА13-29	63	10	12	120
2	Продольная пила	8,4	42,1	9,7	63,1	ВА13-29	63	10	12	120
3,4	Станок токарный по дереву	8,4	42,1	9,7	63,1	ВА13-29	63	10	12	120
6	Станок трубогибный	16,8	83,9	19,3	125,8	ВА13-29	63	20	12	240
10	Станок лентопильный	42,9	214, 5	49,3	321,8	ВА13-29	63	50	12	600
12,13	Реймусовый станок	16,4	82,0	18,9	123,0	ВА13-29	63	20	12	240
14,15	Шлифовальный станок	16,4	82,0	18,9	123,0	ВА13-29	63	20	12	240
16-19	Токарный станок	15,4	76,9	17,7	115,3	ВА13-29	63	20	6	120
20,28	Пресс	32,8	163, 8	37,7	245,7	ВА13-29	63	40	12	480
21	Печь сопротивлений	40,4	202, 0	46,5	303,0	ВА13-29	63	50	12	600
22,23	Пресс кривошипный	19,7	98,7	22,7	148,1	ВА13-29	63	25	6	150

24,25	Молот пневматический	42,9	214, 5	49,3	321,8	BA13-29	63	50	12	600
26,27	Печь сопротивления	30,3	30,3	34,8	45,5	BA13-29	63	40	3	120
29	Преобразователь сварочный	27,0	134, 9	31,0	202,3	BA13-29	63	40	6	240
30	Преобразователь сварочный	54,0	269, 8	62,0	404,6	BA13-29	63	63	12	756
31,32	Автомат многопозиционный	57,1	285, 6	65,7	428,4	BA51-31	100	80	7	560
33,34	Вентиляторы	13,2	65,9	15,1	98,8	BA13-29	63	20	6	120
35	Кран мостовой	61,7	308, 4	70,9	462,7	BA51-31	100	80	7	560

$$I_p = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2431 \text{ A};$$

Так как в цехе установлена двухтрансформаторная подстанция, необходимо учесть аварийный режим с учётом того, что при отключении одного трансформатора второй может работать с перегрузкой до 40 %, а тепловой расцепитель не должен ложно срабатывать.

$$I_{n/ав} = 1,4 \cdot I_p = 1,4 \cdot 2431 = 3403,4;$$

$$I_{ник} = I_{пуск.мах} + (I_p - K_u \cdot I_{ном.мах}) = 285,5 + (2431 - 0,25 \cdot 57,1) = 2702,2 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель типа ВА75-47 с $I_{ном} = 4000 \text{ A}$, $I_{ном.тепл} = 4000 \text{ A}$, $K_{кз} = 6$ [1, с.93].

$$I_{ном.а} = 4000 \text{ A} \geq K_{зан} \cdot I_{n/ав} = 1,1 \cdot 3403,4 = 3743,74 \text{ A};$$

$$I_{ном.тепл} = 4000 \text{ A} \geq K_{зан} \cdot I_{n/ав} = 1,1 \cdot 3403,4 = 3743,74 \text{ A};$$

$$I_{кз} = K_{кз} \cdot I_{ном.тепл} = 2 \cdot 4000 = 8000 \text{ A} \geq 1,25 \cdot I_{ник} = 1,25 \cdot 2702,2 = 3377,5 \text{ A}.$$

Все необходимые условия выполняются.

10.3. Выбор сечений цеховой электрической сети

Сечения силовых линий выбираются по:

1. допустимому нагреву длительно протекающим максимальным током нагрузки;
2. по потере напряжения;
3. по условию соответствия выбранному аппарату защиты

Сечение проводов и кабелей напряжением до 1000 В по условию нагрева определяют в зависимости от расчетного значения допустимой длительной нагрузки при нормальных условиях прокладки, определенной как большая величина из двух соотношений:

1. По условию нагрева длительным расчетным током:

$$I_{доп} \geq \frac{I_{расч}}{k_{прокл}}$$

где $I_{доп}$ - допустимый ток кабеля или провода в нормальном режиме;

$I_{расч}$ - длительный расчетный ток линии.

За расчетный ток нагрузки линии, питающей одиночный электроприемник, принимается номинальный ток нагрузки этого ЭП:

$$I_{расч} = I_{ном.ЭП}$$

2. По условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты:

$$I_{доп} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}}$$

I_3 - ток уставки срабатывания защитного аппарата;

k_3 - кратность длительно допустимого тока для провода или кабеля по отношению к току срабатывания защитного аппарата.

Пример для линии к шлифовальный станку:

Кабель проложен открыто, поэтому $k_{прокл} = 1$.

Выбираем кабель марки АВВГ(4х4). $I_{доп} = 24,84$ по таблице 1.3.7 ПУЭ(взят с коэффициентом 0,92 согласно примечанию).

$$I_{доп} = 24,84 \text{ A} \geq \frac{I_{расч}}{k_{прокл}} = \frac{16,4}{1} = 16,4 \text{ A};$$

$$I_{доп} = 24,84 \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}} = \frac{1 \cdot 20}{1} = 20 \text{ A},$$

где $I_3 = I_{ном.тепл} = 20 \text{ A}$, $k_3 = 1$.

Результаты расчёта сечений питающей сети цеха приведены в таблице 10.3.1.

Однолинейная схема цеховой сети представлена в приложении А.

Таблица 10.3.1 – Выбор сечений цеховой сети

			Автоматический выключатель		Кабель	Проверка сечения на соответствие с выключателем		
№	Наименование ЭП	$I_{расч}, А$	Тип	$I_3, А$	Марка кабеля, мм ²	Прокладка	$I_{доп}, А$	$\frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}}, А$
	РУ 0,4 ТП2 - ШРА	217,1	ВА52-37	250	АВВГ 2(4х120)	открыто	368	320
1	Поперечная пила	8,4	ВА13-29	10	АВВГ(4х4)		24,84	10
2	Продольная пила	8,4	ВА13-29	10	АВВГ(4х4)		24,84	10
3,4	Станок токарный по дереву	8,4	ВА13-29	10	АВВГ(4х4)		24,84	10
6	Станок трубогибный	16,8	ВА13-29	20	АВВГ(4х4)		24,84	20
10	Станок лентопильный	42,9	ВА13-29	50	АВВГ(4х16)		55,2	50
12, 13	Реймусовый станок	16,4	ВА13-29	20	АВВГ(4х4)		24,84	20
14, 15	Шлифовальный станок	16,4	ВА13-29	20	АВВГ(4х4)		24,84	20
16-19	Токарный станок	15,4	ВА13-29	20	АВВГ(4х4)		24,84	20
20	Пресс	32,8	ВА13-29	40	АВВГ(4х16)		55,2	40
28	Пресс	32,8	ВА13-29	40	АВВГ(4х16)		55,2	40
21	Печь сопротивлений	40,4	ВА13-29	50	АВВГ(4х16)		55,2	50
22	Пресс кривошипный	19,7	ВА13-29	25	АВВГ(4х6)		29,44	25
23	Пресс кривошипный	19,7	ВА13-29	25	АВВГ(4х6)		29,44	25

24	Молот пневматический	42,9	BA13-29	50	АВВГ(4х16)	55,2	50
25	Молот пневматический	42,9	BA13-29	50	АВВГ(4х16)	55,2	50
26	Печь сопротивления	30,3	BA13-29	40	АВВГ(4х16)	55,2	40
27	Печь сопротивления	30,3	BA13-29	40	АВВГ(4х16)	55,2	40
29	Преобразователь сварочный	27,0	BA13-29	40	АВВГ(4х16)	55,2	40
30	Преобразователь сварочный	54,0	BA13-29	63	АВВГ(4х25)	69	63
31, 32	Автомат многопозиционны й	57,1	BA51	80	АВВГ(4х35)	82,8	80
33, 34	Вентиляторы	13,2	BA13-29	20	АВВГ(4х4)	24,84	20

11. Расчёт токов КЗ в сети ниже 1000 В.

Особенности расчета токов КЗ в сетях до 1000 В:

- мощность системы ($S_{\text{сист}}$) принимается бесконечной, т. е. напряжение на шинах цеховых ТП считается неизменным при КЗ в сети до 1 кВ;

- учитываются активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети;

При расчетах токов КЗ необходимо учитывать следующие сопротивления:

- 1) индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, включая силовые трансформаторы, проводники, трансформаторы тока, реакторы, токовые катушки автоматических выключателей;
- 2) активные сопротивления элементов короткозамкнутой цепи;
- 3) активные сопротивления различных контактов и контактных соединений;
- 4) значения параметров синхронных и асинхронных электродвигателей.

Расчет ведется в именованных единицах, напряжение принимается на 5 % выше номинального напряжения сети, сопротивления всех элементов схемы замещения выражаются в мОм.

Схема для расчёта токов КЗ приведена на рис.11.1.

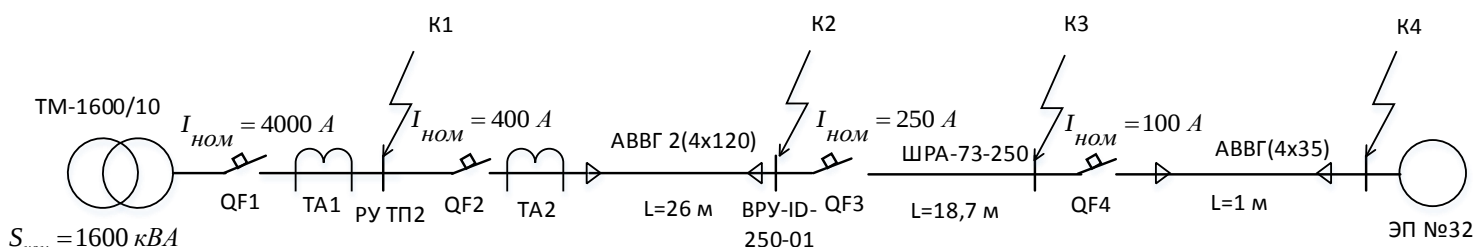


Рис.11.1 – Схема для расчёта токов КЗ.

Определяем сопротивления для расчёта трёхфазного КЗ.

1. Сопротивления трансформатора

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_{ном}^2}{S_{ном}^2} = \frac{18 \cdot 10^6 \cdot 0,4^2}{1600^2} = 1,125 \text{ мОм};$$

$$X_{mp} = \sqrt{\left(\frac{u_{кз}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_{ном}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} = \sqrt{\left(\frac{6,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,2}{1600}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1600} \cdot 10^6 = 6,455 \text{ мОм}.$$

2. Сопротивление автоматических выключателей QF1-QF3[3, с.11]

$$R_{QF1} = 0,04 \text{ мОм}, X_{QF1} = 0,05 \text{ мОм}, R_{kQF1} = 0,05 \text{ мОм}.$$

$$R_{QF2} = 0,15 \text{ мОм}, X_{QF2} = 0,17 \text{ мОм}, R_{kQF2} = 0,75 \text{ мОм}.$$

$$R_{QF3} = 0,4 \text{ мОм}, X_{QF3} = 0,5 \text{ мОм}, R_{kQF3} = 0,6 \text{ мОм}.$$

$$R_{QF4} = 1,3 \text{ мОм}, X_{QF4} = 1,2 \text{ мОм}, R_{kQF4} = 0,75 \text{ мОм}.$$

3. Сопротивления первичной обмотки трансформатора тока ТА2[3, с.10]

$$R_{ТА2} = 0,42 \text{ мОм}, X_{ТА2} = 0,67 \text{ мОм}.$$

Сопротивления трансформатора тока ТА1 не учитываем ввиду их малости.

4. Сопротивления кабельных линий КЛ1-КЛ2. [3, с.9]

$$R_{КЛ1} = r_0 \cdot l_{КЛ1} = \frac{0,261 \cdot 26}{2} = 3,393 \text{ мОм};$$

$$X_{КЛ1} = x_0 \cdot l_{КЛ1} = \frac{0,08 \cdot 26}{2} = 1,04 \text{ мОм}$$

$$R_{КЛ2} = r_0 \cdot l_{КЛ2} = 0,894 \cdot 1 = 0,894 \text{ мОм};$$

$$X_{КЛ2} = x_0 \cdot l_{КЛ2} = 0,088 \cdot 1 = 0,088 \text{ мОм}.$$

5. Сопротивления ШРА:

$$R_{ШРА} = r_0 \cdot l_{ШРА} = 0,21 \cdot 18,7 = 3,93 \text{ мОм};$$

$$X_{ШРА} = x_0 \cdot l_{ШРА} = 0,21 \cdot 18,7 = 3,93 \text{ мОм}$$

6. Переходные сопротивления ступеней распределения [3, с.8]:

$$R_{PY HH} = 15 \text{ мОм}$$

$$R_{BPY} = 20 \text{ мОм}$$

7. Активные переходные сопротивления неподвижных контактных соединений[3, с.10]:

$$R_{\kappa KЛ1} = 0,021 \text{ мОм}, R_{\kappa KЛ2} = 0,056 \text{ мОм}, R_{\kappa ШПА} = 0,009 \text{ мОм}$$

Определим эквивалентные сопротивления на участках схемы между точками КЗ.

$$R_1 = R_{mp} + R_{QF1} + R_{kQF1} + R_{PY HH} = 1,125 + 0,04 + 0,05 + 15 = 16,215 \text{ мОм};$$

$$X_1 = X_{mp} + X_{QF1} = 6,455 + 0,05 = 6,46 \text{ мОм};$$

$$R_2 = R_{QF2} + R_{kQF2} + R_{TA2} + R_{KЛ1} + R_{\kappa KЛ1} + R_{BPV} = 0,15 + 0,75 + 0,42 + 3,393 + 0,021 + 20 = 24,31 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_{QF2} + X_{TA2} + X_{KЛ1} = 0,17 + 0,67 + 1,04 = 1,88 \text{ мОм};$$

$$R_3 = R_{QF3} + R_{kQF3} + R_{ШПА} + R_{\kappa ШПА} = 0,4 + 0,6 + 3,93 + 0,009 = 4,939 \text{ мОм};$$

$$X_3 = X_{QF3} + X_{ШПА} = 0,5 + 3,93 = 4,43 \text{ мОм};$$

$$R_4 = R_{QF4} + R_{kQF4} + R_{KЛ2} + R_{\kappa KЛ2} = 1,3 + 0,75 + 0,894 + 0,056 = 3 \text{ мОм};$$

$$X_4 = X_{QF4} + X_{KЛ2} = 1,2 + 0,088 = 1,288 \text{ мОм}.$$

Упрощенная схема замещения цеховой сети для расчета токов трехфазного и двухфазного КЗ представлена на рис 11.2

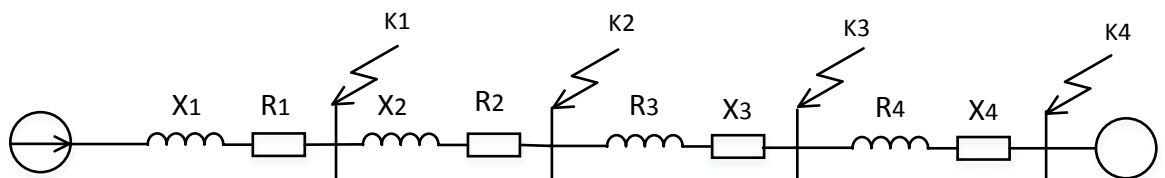


Рис.11.2 - Упрощенная схема замещения цеховой сети для расчета токов трехфазного и двухфазного КЗ

Рассчитываем токи трёхфазного и двухфазного КЗ.

Производим расчёт для точки К1.

Полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{рез} = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{16,215^2 + 6,46^2} = 17,464 \text{ мОм}.$$

Периодическая составляющая тока трехфазного КЗ

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{cp,ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{pez}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 17,464} = 13,22 \text{ кА}.$$

Постоянная затухания:

$$T_a = \frac{X_K}{w \cdot R_K} = \frac{6,46}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 16,215} = 0,0013 \text{ с};$$

$$K_{y0} = 1 + e^{\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,0013}} = 1;$$

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} \cdot K_{y0} = \sqrt{2} \cdot 13,22 \cdot 1 = 18,72 \text{ кА}.$$

Ток двухфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K3}^{(3)} = 0,87 \cdot I_{K3}^{(3)} = 0,87 \cdot 13,22 = 11,51 \text{ кА}.$$

Расчёты для остальных точек проводятся аналогично, результаты сводим в таблицу 11.1.

Рассчитываем однофазное КЗ.

Определим сопротивления и составим схему замещения для расчета токов однофазного КЗ.

Ток однофазного КЗ равен:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{тр}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}},$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение в точке КЗ, кВ;

$Z_{\phi-0}$ – полное сопротивление петли «фаза ноль» до точки КЗ, Ом;

$Z_{тр}^{(1)}$ – полное сопротивление трансформатора при однофазном КЗ, Ом.

При схеме соединения Δ / Y_n величина $Z_{тр}^{(1)}/3$ равна сопротивлению трансформатора при трех- или двухфазном КЗ и определяется по выражению:

$$Z_{тр} = \sqrt{R_{mp}^2 + X_{mp}^2} = \sqrt{1,125^2 + 6,455^2} = 6,55 \text{ МОм}.$$

К схеме замещения нужно добавить сопротивления нулевых проводников.

Сопротивления нулевой жилы кабельных линий КЛ1 и КЛ2:

$$R_{0-КЛ1} = r_0 \cdot l_{КЛ1} = \frac{0,261 \cdot 26}{2} = 3,393 \text{ мОм};$$

$$R_{0-КЛ2} = r_0 \cdot l_{КЛ2} = 1,25 \cdot 1 = 0,894 \text{ мОм}$$

Кроме этого изменятся индуктивные сопротивления кабельных линий.

Принимаем $x_0 = 0,15 \text{ мОм} / \text{м}$ [3, с.27].

$$X_{КЛ1} = x_0 \cdot l_{КЛ1} = \frac{0,15 \cdot 26}{2} = 1,95 \text{ мОм}$$

$$X_{КЛ2} = x_0 \cdot l_{КЛ2} = 0,15 \cdot 1 = 0,15 \text{ мОм}$$

Также рассчитываем сопротивления для шинпровода [3, с.8]:

$$R_{ШРА} = r_0 \cdot l_{ШРА} = 0,42 \cdot 18,7 = 7,854 \text{ мОм};$$

$$X_{ШРА} = x_0 \cdot l_{ШРА} = 0,42 \cdot 18,7 = 7,854 \text{ мОм}$$

Упрощенная схема замещения цеховой сети для расчета токов однофазных КЗ не изменится, однако значения сопротивлений будут другими.

$$R_1 = R_{QF1} + R_{kQF1} + R_{PV HH} = 0,04 + 0,05 + 15 = 15,09 \text{ мОм};$$

$$X_1 = X_{QF1} = 0,05 \text{ мОм};$$

$$R_2 = R_{QF2} + R_{kQF2} + R_{TA2} + R_{КЛ1} + R_{к КЛ1} + R_{0-КЛ1} + R_{БРУ} = 0,15 + 0,75 + 0,42 + 3,393 + 3,393 + 0,021 + 20 = 28,127 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_{QF2} + X_{TA2} + X_{КЛ1} = 0,17 + 0,67 + 1,95 = 2,79 \text{ мОм};$$

$$R_3 = R_{QF3} + R_{kQF3} + R_{ШРА} + R_{к ШРА} = 0,4 + 0,6 + 7,854 + 0,009 = 8,863 \text{ мОм};$$

$$X_3 = X_{QF3} + X_{ШРА} = 0,5 + 7,854 = 8,354 \text{ мОм};$$

$$R_4 = R_{QF4} + R_{kQF4} + R_{КЛ2} + R_{0-КЛ2} + R_{к КЛ2} = 1,3 + 0,75 + 0,894 + 0,894 + 0,056 = 3,894 \text{ мОм};$$

$$X_4 = X_{QF4} + X_{КЛ2} = 1,2 + 0,15 = 1,35 \text{ мОм}.$$

Рассчитываем ток однофазного КЗ для точки К1.

Полное сопротивление петли «фаза ноль»:

$$Z_{\phi-0} = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{15,09^2 + 0,05^2} = 15,09 \text{ мОм}.$$

Ток однофазного КЗ:

$$I_{\text{кз}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} = \frac{230}{6,55 + 15,09} = 10,63 \text{ кА}.$$

Расчёты для остальных точек аналогичны, заносим в таблицу 11.1

Таблица 11.1 – Сводная ведомость токов КЗ

Расчётные точки		К1	К2	К3	К4
	$I_{\text{кз}}^{(1)}$	10,63	4,61	3,845	3,6
	$I_{\text{кз}}^{(2)}$	11,51	4,86	4,255	3,98
	$I_{\text{кз}}^{(3)}$	13,22	5,58	4,89	4,56
	$i_{\text{уд}}$	18,72	7,89	6,91	6,47

12. Построение эпюры отклонения напряжения

Расчётная схема для построения эпюры напряжения приведена на рис 12.1.

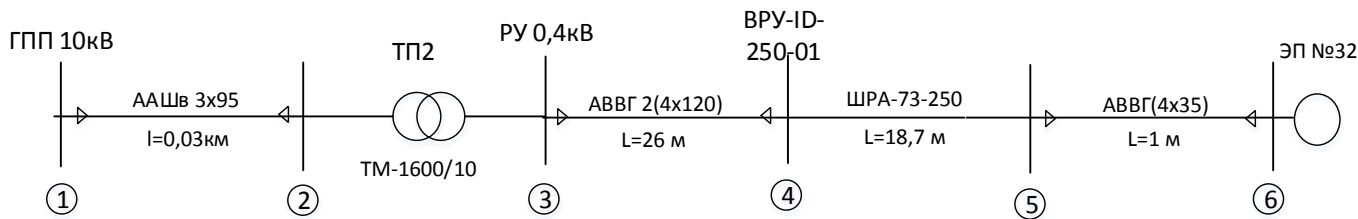


Рис.12.1 - Расчётная схема для построения эпюры напряжения

Подстанция ТП2 – двухтрансформаторная, следовательно, необходимо рассмотреть максимальный, минимальный и послеаварийный режим работы сети.

Рассмотрим нагрузки максимального режима.

Узел 6 – автомат многопозиционный, расчетную нагрузку определяем по номинальным данным $S_{расч.ЭП} = S_{расч.6} = 30 + j19,5 \text{ кВА}$.

Узел 5 – участок распределительного шинпровода к многопозиционному автомату, расчётная нагрузка подключенных на этом участке ЭП равна $S_{расч.5} = 55,39 + j22,6 \text{ кВА}$.

Узел 4 – распределительный пункт ремонтно-механического цеха, $S_{расч.РП} = S_{расч.4} = 125,8 + j67,8 \text{ кВА}$.

Узел 3 – РУ НН ТП2: расчетная нагрузка определена методом коэффициента расчетной активной мощности: $S_{расч.ТП2} = S_{расч.3} = 2184,6 + j1722,6 \text{ кВА}$.

Расчетная нагрузка на 1 трансформатор:

$$S_{p.тр} = \frac{S_{p.ТП}}{2} = \frac{2184,6 + j(1722,6 - 1100)}{2} = 1092,3 + j311,3 \text{ кВА}.$$

В формуле учли, что на шинах РУ НН ТП2 установлены 5 конденсаторных батарей УК-0,38-220Н ёмкостью 220 кВАр каждая.

Узел 2 - сторона ВН трансформатора ТП2. Нагрузка складывается из мощности на стороне НН плюс потери в трансформаторе.

Определяем потери в трансформаторе ТМ-1600/10.

$$\Delta P_{mp} = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \beta_T^2 = 2,35 + 18 \cdot 0,71^2 = 10,73 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{mp} = \Delta Q_{xx} + \Delta Q_{кз} \cdot \beta_T^2 = 20,8 + 104 \cdot 0,71^2 = 69,225 \text{ кВАр}.$$

Расчётная нагрузка в узле 2:

$$P_{расч.2} = P_{расч.3} + \Delta P_{mp} = 1092,3 + 10,73 = 1103,03 \text{ кВт};$$

$$Q_{расч.2} = Q_{расч.3} + \Delta Q_{mp} = 311,3 + 69,225 = 380,53 \text{ кВАр}.$$

Определяем нагрузки минимального режима.

$$P_{min 12} = 0,86 \cdot P_{max 12} = 0,86 \cdot 1103,03 = 948,84 \text{ кВт};$$

$$Q_{min 12} = \frac{90}{100} \cdot Q_{max 12} = \frac{90}{100} \cdot 380,53 = 342,48 \text{ кВАр}$$

$$P_{min 23} = 0,86 \cdot P_{max 23} = 0,86 \cdot 1092,3 = 939,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{min 23} = \frac{90}{100} \cdot Q_{max 23} = \frac{90}{100} \cdot 311,3 = 280,17 \text{ кВАр};$$

$$P_{min 34} = 0,86 \cdot P_{max 34} = 0,86 \cdot 125,8 = 108,19 \text{ кВт}$$

$$Q_{min 34} = \frac{90}{100} \cdot Q_{max 34} = \frac{90}{100} \cdot 67,8 = 61,02 \text{ кВАр}$$

$$P_{min 45} = 0,86 \cdot P_{max 45} = 0,86 \cdot 55,39 = 47,55 \text{ кВт}$$

$$Q_{min 45} = \frac{90}{100} \cdot Q_{max 45} = \frac{90}{100} \cdot 22,6 = 20,34 \text{ кВАр}$$

Нагрузка в узле 6 остается неизменной, т.к. она в максимальном режиме меньше, чем в узле 5 в минимальном.

$$P_{min 45} \geq P_{max 56}, Q_{min 45} \geq Q_{max 56}.$$

Определяем нагрузки послеаварийного режима.

В послеаварийном режиме величина нагрузки в узлах 2 и 3 увеличивается в два раза по сравнению с максимальным режимом, в остальных остается без изменений.

Результаты расчета нагрузок в различных режимах сети представлены в таблице 12.1

Таблица 12.1 – Расчёт нагрузок в различных режимах сети

Обозначение участка	Нагрузка в режимах,кВА		
	максимальный	минимальный	послеаварийный
1-2	1103,03+j380,53	948,84+j342,48	2206,+j761,06
2-3	1092,3+j311,3	939,4+j280,17	2184,6+j622,6
3-4	125,8+j67,8	108,19+j61,02	125,8+j67,8
4-5	55,39+j22,6	47,55+j20,34	55,39+j22,6
5-6	30+j19,5	30+j19,5	30+j19,5

Рассчитываем потери напряжения в максимальном режиме:

Участок 1-2

$$R_{12} = r_0 \cdot l_{12} = 0,329 \cdot 0,03 = 0,0099 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = x_0 \cdot l_{12} = 0,06 \cdot 0,03 = 0,0018 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{1103,03 \cdot 0,0099 + 380,53 \cdot 0,0018}{10 \cdot 10,5^2} = 0,0105 \text{ \%}.$$

В вольтах:

$$\Delta U_{12} = \frac{\Delta U_{12,\%}}{100} \cdot U_1 = \frac{0,0105}{100} \cdot 10500 = 1,1 \text{ В};$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 1,1 = 10498,9 \text{ В}$$

Участок 2-3

Составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора:

$$U_{a,\%} = \frac{\Delta P_{кз}}{S_{ном.тр}} \cdot 100 = \frac{18}{1600} \cdot 100 = 1,125 \text{ \%};$$

$$U_{p,\%} = \sqrt{u_{кз}^2 - U_{a,\%}^2} = \sqrt{6,5^2 - 1,125^2} = 6,4 \text{ \%}.$$

Фактический коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{S_{ном.тр}} = \frac{\sqrt{1103,03^2 + 380,53^2}}{1600} = 0,729.$$

Потоки мощности, передаваемые через вторичную обмотку цехового трансформатора:

$$P_2 = P_{12} - \Delta P_{mp} = 1103,03 - 10,73 = 1092,3 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = Q_{12} - \Delta Q_{mp} = 380,53 - 69,225 = 311,3 \text{ кВАр};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = \frac{1092,3}{\sqrt{1092,3^2 + 311,3^2}} = 0,962;$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = \frac{311,3}{\sqrt{1092,3^2 + 311,3^2}} = 0,274.$$

Потери в трансформаторе:

$$\Delta U_{23} = \beta \cdot (U_{a,\%} \cdot \cos \varphi_2 + U_{p,\%} \cdot \sin \varphi_2) + \frac{\beta^2}{100} (U_{a,\%} \cdot \cos \varphi_2 - U_{p,\%} \cdot \sin \varphi_2) =$$

$$0,73 \cdot (1,125 \cdot 0,962 + 6,4 \cdot 0,275) + \frac{0,73^2}{100} (1,125 \cdot 0,962 + 6,4 \cdot 0,275) = 2,067\%.$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\Delta U_{23} = \frac{\Delta U_{23,\%}}{100} \cdot U_2 = \frac{2,067}{100} \cdot 10498,9 = 217 \text{ В}.$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН равно:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 10498,9 - 217 = 10281,9 \text{ В}.$$

Перерасчет напряжения НН:

$$10281,9 \cdot \frac{400}{10500} = 391,691 \text{ В}$$

Участок 3-4

Сопротивления R_{34} , X_{34} определены выше.

$$R_{34} = 0,003393 \text{ Ом};$$

$$X_{34} = 0,00104 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{125,8 \cdot 0,003393 + 67,8 \cdot 0,00104}{10 \cdot 0,3917^2} = 0,324 \, \%.$$

В вольтах:

$$\Delta U_{34} = \frac{\Delta U_{34,\%}}{100} \cdot U_3 = \frac{0,324}{100} \cdot 391,691 = 1,27 \, B;$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 391,691 - 1,27 = 390,421 \, B.$$

Участок 4-5

Сопротивления R_{45}, X_{34} определены выше.

$$R_{45} = 0,00393 \, Ом;$$

$$X_{45} = 0,00393 \, Ом;$$

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{55,39 \cdot 0,00393 + 22,6 \cdot 0,00393}{10 \cdot 0,3904^2} = 0,201 \, \%.$$

В вольтах:

$$\Delta U_{45} = \frac{\Delta U_{45,\%}}{100} \cdot U_4 = \frac{0,201}{100} \cdot 389,915 = 0,784 \, B;$$

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 390,421 - 0,784 = 389,64 \, B.$$

Участок 5-6

Сопротивления R_{56}, X_{56} определены выше.

$$R_{56} = 0,000894 \, Ом;$$

$$X_{56} = 0,000088 \, Ом;$$

$$\Delta U_{56,\%} = \frac{P_{56} \cdot R_{56} + Q_{56} \cdot X_{56}}{10 \cdot U_5^2} = \frac{30 \cdot 0,000894 + 19,5 \cdot 0,000088}{10 \cdot 0,3896^2} = 0,019 \, \%.$$

В вольтах:

$$\Delta U_{56} = \frac{\Delta U_{56,\%}}{100} \cdot U_5 = \frac{0,019}{100} \cdot 389,64 = 0,073 \, B;$$

$$U_6 = U_5 - \Delta U_{56} = 389,64 - 0,073 = 389,56 \, B.$$

Расчёт минимального и послеаварийного режима производится аналогично. В минимальном режиме $U_1 = 10 \, кВ$, в послеаварийном

$U_1 = 10,5 \text{ кВ}$. Расчёты для построения эпюры напряжения внесём в таблицу

12.2

Таблица 12.2 – Расчёты для построения эпюры напряжения

Обозначение участка	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Марка кабеля,провода сечение, мм^2 длина, м	ААШв 3х95 3	$S_{\text{ном.тр}} = 1600 \text{ кВА}$ $u_{\text{кз}} = 6,5 \%$ $\Delta P_{\text{кз}} = 18 \text{ кВт}$	АВВГ 2(4х185) 26	ШРА-73-250 18,7	АВВГ 4х35 1
Сопротивление, Ом м активное реактивное	0,0099 0,0018	$U_a = 1,125 \%$ $U_a = 6,4 \%$	0,00339 0,00104	0,00393 0,00393	0,000894 0,000088
Нагрузка в режимах, кВА максимальный минимальный послеаварийный	1103,03+j380,53 948,84+j342,48 2206,+j761,06	1092,3+j311,3 939,4+j280,17 2184,6+j622,6	125,8+j67,8 108,19+j61,02 125,8+j67,8	55,39+j22,6 47,55+j20,34 55,39+j22,6	30+j19,5 30+j19,5 30+j19,5
Потери напряжения, В в максимальном в минимальном в послеаварийном	1,1 1 2,21	217 178 422	1,27 1,154 1,296	0,784 0,717 0,800	0,073 0,077 0,075
Отклонение напряжения, % в максимальном в минимальном в послеаварийном	0,0105 0,01 0,021	2,07 1,78 4,02	0,324 0,309 0,338	0,201 0,193 0,209	0,019 0,021 0,0196

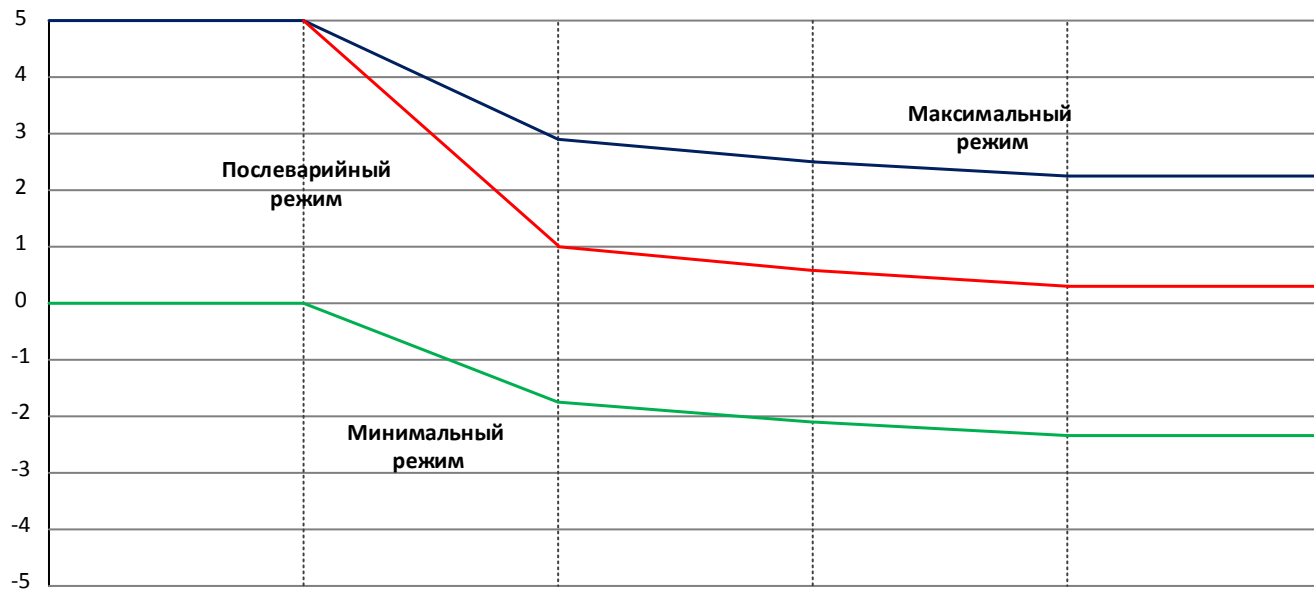
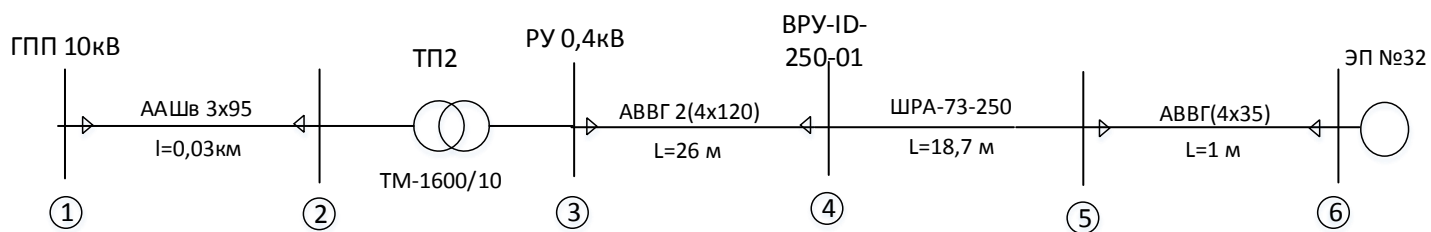


Рис.12.2 – Эпюра отклонения напряжения

13. Построение карты селективности действия аппаратов защиты

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

Расчётная схема для построения карты селективности представлена на рис.13.1.

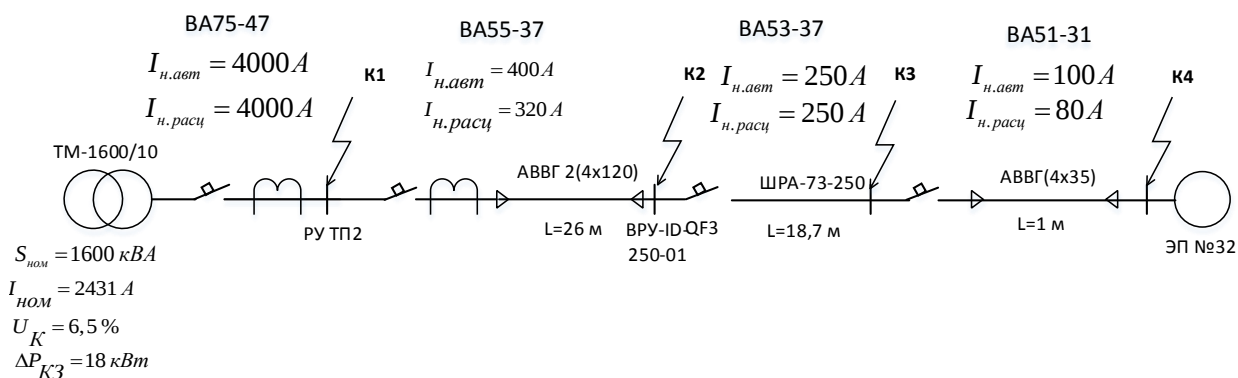


Рис.13.1 - Расчётная схема для построения карты селективности

Таблица 13.1 - Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

	ЭП №32	ШРА-73-250	Подстанция ТП2	Значение тока КЗ в соотв. точках, кА			
				1	2	3	4
Расчётный ток, А	-	217,1	2431	13,22	5,58	4,89	4,56
Пиковый ток, А	-	470,32	2702,2				
Номинальный ток, А	57,1	-	-				
Пусковой ток, А	285,6	-	-				

Таблица 13.2- Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
ВА75-47	4000	8000
ВА55-37	320	960
ВА53-37	250	750
ВА51-31	80	560

Карта селективности представлена на рис. 13.2.

Обозначения на карте селективности:

- 1 - номинальный ток двигателя;
- 2 - пусковой ток двигателя;
- 3 – расчётный ток ШРА;
- 4 – пиковый ток ШРА;
- 5 – расчётный ток подстанции ТП–2;
- 6 – пиковый ток подстанции ТП–2;
- 7 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА51-31;
- 8 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА53-37;
- 9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА55-37;
- 10 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА75-47;
- 11 - ток КЗ в точке К4;
- 12 - ток КЗ в точке КЗ;
- 13- ток КЗ в точке К2;
- 14- ток КЗ в точке К1;

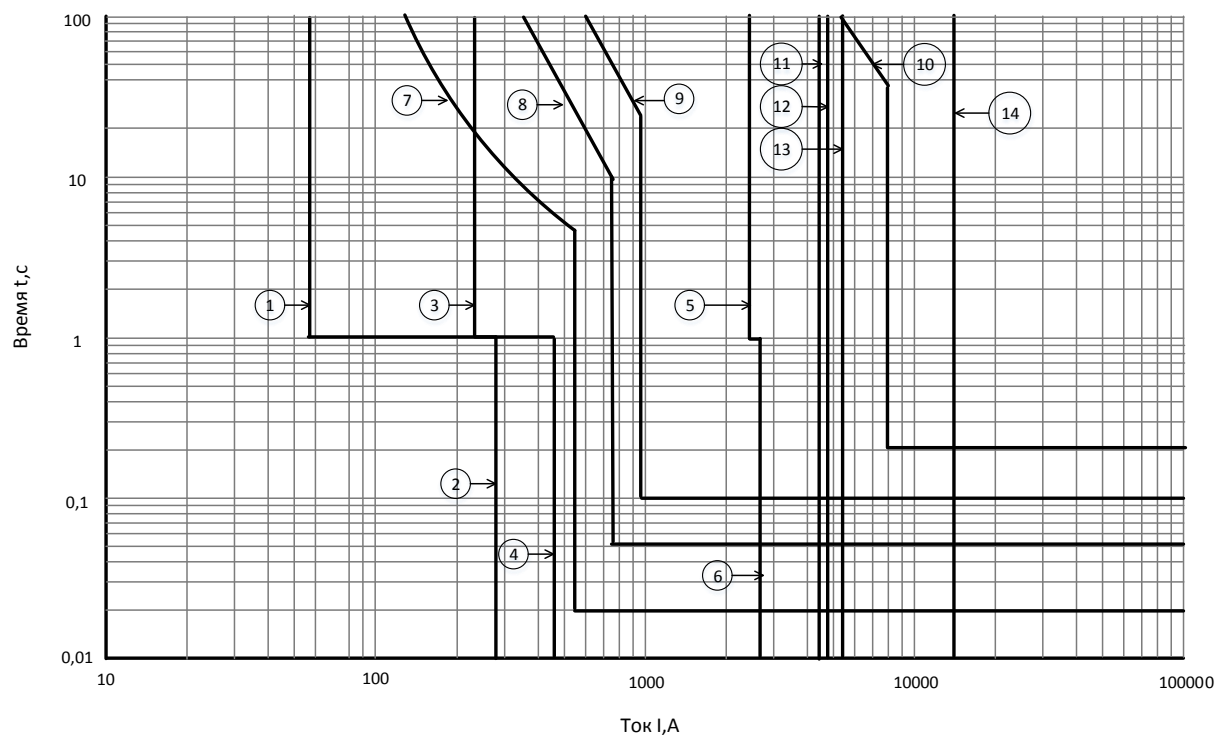


Рис.13.2 – Карта селективности действия аппаратов защиты

14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Достижение цели создания конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения, обеспечивается решением задач:

1. оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
2. определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
3. планирование научно-исследовательских работ;
4. определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

14.1. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Оценочную карту проведем для возможных схем главной понижающей подстанции(ГПП) 110/10 кВ, а именно:

1) Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий (схема 4Н)

2) Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий (схема 5Н)

3) Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов (схема 5АН)

Принципиальные электрические схемы рассматриваемых вариантов приведены на рис.14.1.1-14.1.3, соответственно.

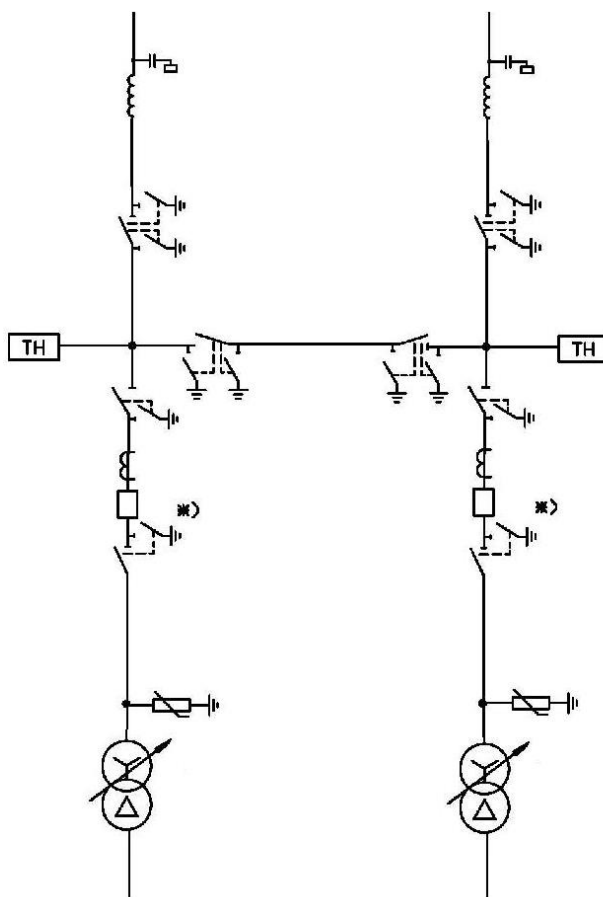


Рис.14.1.1 – Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий (схема 4Н)

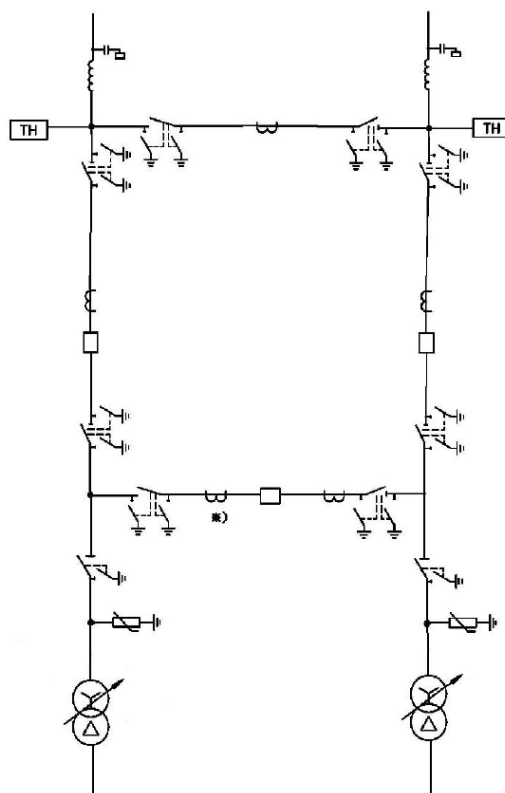


Рис.14.1.2 – Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий (схема 5Н)

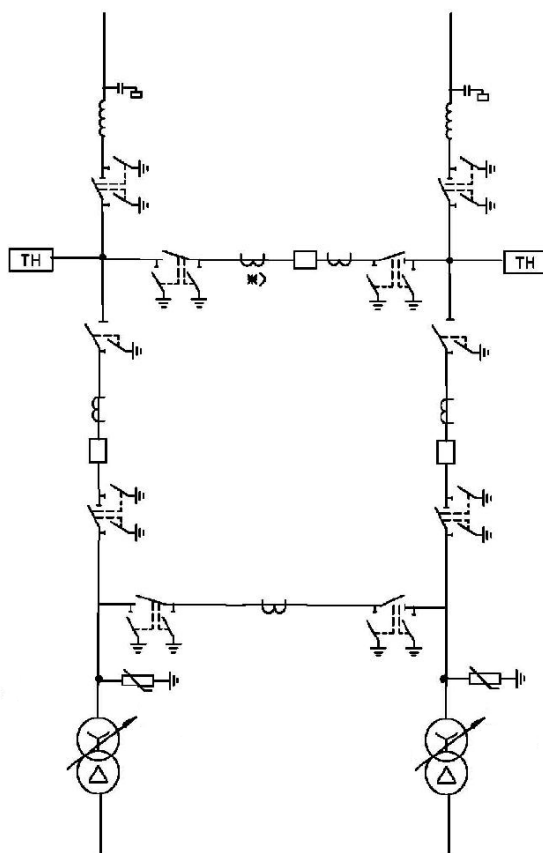


Рис.14.1.3 – Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов (схема 5АН)

Составим таблицу, где пронумеруем рассматриваемые варианты.

Таблица 14.1.1 – Варианты схем ГПП

Номер варианта	Символьное обозначение схемы
1	4Н
2	5Н
3	5АН

Таблица 14.1.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		№1	№2	№3	K_{k1}	K_{k2}	K_{k3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,2	4	5	5	0.8	1	1
2. Легкость эксплуатации	0,1	5	5	5	0.5	0.5	0.5
3. Безопасность	0,2	5	5	5	1	1	1
4. Лёгкость монтажа	0,05	4	4	4	0.2	0.2	0.2
1. Цена	0,15	5	4	4	0.75	0.6	0.6
2. Затраты на на монтаж и установку	0,05	5	4	4	0.25	0.2	0.2
3. Затраты на обслуживание и ремонт	0,07	5	4	4	0.35	0.28	0.28
4. Сроки эксплуатации	0,1	4	4	4	0.4	0.4	0.4
5.Затраты, связанные с потерями электроэнергии	0,08	4	4	4	0.32	0.32	0.32
Итого	1	41	39	39	4.57	4.5	4.5

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \text{ где:}$$

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Пример оценки конкурентоспособности на примере 1 варианта:

$$K_{k1\Sigma} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 + \\ + 0,1 \cdot 4 + 0,08 \cdot 4 = 4,57.$$

По данным оценочной карты наиболее привлекательным вариантом является вариант № 1 – схема 4Н

По итогам составления оценочной карты ответим на два вопроса:

- 1) В чем обусловлена уязвимость других вариантов?
- 2) В чем конкурентное преимущество данной схемы?

Основной недостаток остальных рассмотренных вариантов их более высокая стоимость монтажа и обслуживания. В нашем случае, для нашего предприятия достаточно применения схемы 4Н, обеспечивающей не меньшую надежность и простоту эксплуатации, чем остальные предложенные варианты. Переход к схемам 5Н и 5АН возможен в случае расширения производственных мощностей предприятия.

14.2. Оценка при помощи технологии QuaD

Технология оценки QUAD (качественный советник) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений, описанных в предыдущем пункте .

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины различных групп показателей.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценку проводим в табличной формы.

Таблица 14.2.1 - QuaD оценка схемы 4Н

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	80	100	0.8	0.12
2. Надёжность	0,2	85	100	0.85	0.17
3. Унифицированность	0,08	90	100	0.9	0.072
4. Простота обслуживания	0,05	90	100	0.9	0.045
5. Безопасность	0,2	85	100	0.85	0.17
6. Расход материалов	0,05	70	100	0.7	0.035
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	80	100	0.8	0.08
8. Перспективность	0,07	85	100	0.85	0.0595
9. Цена	0,1	90	100	0.9	0.09
Итого	1	755		7.55	0.8415

Таблица 14.2.2 - QuaD оценка схемы 5Н

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	80	100	0.8	0.12
2. Надёжность	0,2	85	100	0.85	0.17
3. Унифицированность	0,08	90	100	0.9	0.072
4. Простота обслуживания	0,05	90	100	0.9	0.045
5. Безопасность	0,2	85	100	0.85	0.17
6. Расход материалов	0,05	65	100	0.65	0.0325
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	85	100	0.85	0.085
8. Перспективность	0,07	85	100	0.85	0.0595
9. Цена	0,1	80	100	0.8	0.08
Итого	1	745		7.45	0.834

Таблица 14.2.3- QuaD оценка схемы 5АН

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	80	100	0.8	0.12
2. Надёжность	0,2	90	100	0.9	0.18
3. Унифицированность	0,08	90	100	0.9	0.072
4. Простота обслуживания	0,05	85	100	0.85	0.0425
5. Безопасность	0,2	85	100	0.85	0.17
6. Расход материалов	0,05	65	100	0.65	0.0325
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	85	100	0.85	0.085
8. Перспективность	0,07	80	100	0.8	0.056
9. Цена	0,1	80	100	0.8	0.08
Итого	1	745		7.45	0.838

Оценка качества и перспективности исследуемого варианта по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{cp} = \sum B_i \cdot B_i;$$

Где $П_{cp}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i-го показателя.

Значение $П_{cp}$ позволяет судить о перспективах разработки данной схемы. В нашем случае имеем, что $П_{cp} = 0,8415 \cdot 100\% = 84,15\%$. Что демонстрирует перспективность работы в данном направлении.

Возможным движением в данном направлении может послужить разработка и применение более современных выключателей высокого напряжения, имеющих более эффективные способы гашения дуги и более высокий эксплуатационный ресурс.

14.3.SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представим в виде табличной формы.

Таблица 14.3.1 - матрица SWOT для схемы 4Н

	Сильные стороны проекта: С1: Простота обслуживания С2: Универсальность применения С3: Меньшие затраты при эксплуатации	Слабые стороны проекта: Сл1: Меньшая надежность Сл2: Меньшие возможности для проведения переключений
Возможности проекта В1: Использование современных выключателей В2: Использование новых разработок применяемых материалов		
Угрозы проекта У1. Преждевременный выход оборудования из строя У2. Аварийные ситуации		

Переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 14.3.2 - Интерактивная матрица сильных, слабых сторон и возможностей проекта.

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	+	+
	B2	+	0	+
Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		СЛ1	Сл2	
	B1	+	-	
	B2	+	-	

Таблица 14.3.3 - Интерактивная матрица сильных, слабых сторон и угроз проекта.

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		C1	C2	C3
	У1	+	-	+
	У2	+	-	+
Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		СЛ1	Сл2	
	У1	+	-	
	У2	+	-	

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая учитывает сочетание возможностей с сочетанием (корреляцией) сильных сторон.

Таблица 14.3.4 - Итоговая матрица SWOT для схемы 4Н

	Сильные стороны проекта: С1: Простота обслуживания С2: Универсальность применения С3: Меньшие затраты при эксплуатации	Слабые стороны проекта: Сл1: Меньшая надежность Сл2: Меньшие возможности для проведения переключений
Возможности проекта В1: Использование современных выключателей В2: Использование новых разработок применяемых материалов	B1B2C1C3	B1B2Cл1
Угрозы проекта У1. Преждевременный выход оборудования из строя У2. Аварийные ситуации	B1B2C1C3	B1B2Cл1

Аналогично выполняем построение SWOT матрицы для двух других вариантов.

Таблица 14.3.5 - Итоговая матрица SWOT для схемы 5Н

	Сильные стороны проекта: С1: Сохранение в работе двух трансформаторов при коротком замыкании С2: Универсальность применения С3: Более высокая надежность	Слабые стороны проекта: Сл1: Более высокие затраты при эксплуатации Сл2: Более сложное обслуживание
--	--	--

Продолжение таблицы 14.3.5

Возможности проекта В1: Использование современных выключателей В2: Использование новых разработок применяемых материалов	B1B2C3	B1B2Cл1
Угрозы проекта У1. Преждевременный выход оборудования из строя У2. Аварийные ситуации	У1У2С3	У1У2СЛ1СЛ2

Таблица 14.3.6 - Итоговая матрица SWOT для схемы 5АН

	Сильные стороны проекта: С1: Большие возможности переключений С2: Универсальность применения С3: Более высокая надежность	Слабые стороны проекта: Сл1: Более высокие затраты при эксплуатации Сл2: Более сложное обслуживание
Возможности проекта В1: Использование современных выключателей В2: Использование новых разработок применяемых материалов	B1B2C2C3	B1B2Cл1
Угрозы проекта У1. Преждевременный выход оборудования из строя У2. Аварийные ситуации	У1У2С3	У1У2СЛ1СЛ2

По результатам SWOT – анализа видно, что существует достаточно сильная корреляция между возможностями и сильными сторонами, что говорит о перспективности ведения разработок в данном направлении. При этом перспективным является как использование более современных

выключателей, таких как вакуумные и элегазовые, так и применение новых разработок материалов при строительстве главной понижающей подстанции.

14.4.Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Воспользуемся морфологическим подходом, который основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.

В нашем случае проблемой исследования является нахождение наиболее приемлемого варианта схемы ГПП, которая бы соответствовала требованиям надежности, возможности проведения оперативных переключений. При этом нельзя забывать о минимальных потерях электроэнергии.

2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

В качестве морфологических характеристик рассмотрим:

- Выключатели
- Наличие выключателя в перемычке
- Местоположение ремонтной перемычки

3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике.

На этом этапе составляем морфологическую матрицу.

4. Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений.

Таблица 14.4.1– Морфологическая матрица для схем тупиковых подстанций

	1	2	3
А: Выключатели	вакуумный	элегазовый	маломасляный
Б: Наличие выключателя в перемычке	отсутствует	присутствует	-
В: Местоположение ремонтной перемычки	со стороны линий	со стороны трансформаторов	-

На этом этапе описываются возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения. Для данной матрицы это могут быть следующие варианты:

1)А2Б1В1

2)А3Б1В1

14.5. Структура работы в рамках научного исследования

В данном разделе составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 13.

Таблица 14.5.1 - Перечень этапов работ при проектировании

№ п/п	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Составление технического задания	Руководитель
2	Изучение литературы	Инженер
3	Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.	Инженер
4	Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы нагрузок	Инженер
5	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.	Инженер
6	Выбор и проверка внутризаводских линий. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.	Инженер
7	Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ.	Инженер
8	Выбор и проверка высоковольтного оборудования	Инженер
9	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов	Инженер

Продолжение таблицы 14.5.1

10	Подготовка графического материала	Инженер
11	Проверка работы	Руководитель
12	Сдача выпускной квалификационной работы	Инженер

14.6.Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ и разработка графика проведения научного исследования

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

$$t_{ож_i} = \frac{3 \cdot t_{\min_i} + 2 \cdot t_{\max_i}}{5};$$

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

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

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

Пример для работы №1:

$$t_{ож_1} = \frac{3 \cdot t_{\min_1} + 2 \cdot t_{\max_1}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел. – дн};$$

Исходя из ожидаемой трудоёмкости определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож_i}}{Q_i},$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

В нашем случае работа выполняется в индивидуальном порядке, соответственно продолжительность каждой работы будет равна:

$$T_{pi} = t_{ожі} \cdot \dots$$

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал};$$

Где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

$T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

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

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

Определим коэффициент календарности на 2016 год:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,482.$$

Тогда длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{кал} = 3,8 \cdot 1,482 = 6,7 \text{ дн.}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 14.6.1.

Таблица 14.6.1 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни		
Составление технического задания	3	5	3	4.52	7
Изучение литературы	2	3	2	2.76	4
Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.	10	12	5	5.76	9
Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы нагрузок	11	13	6	6.76	10
Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.	9	11	4	4.76	7
Выбор и проверка внутризаводских линий. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.	6	7	4	4.76	7
Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ.	5	6	5	5.76	9
Выбор и проверка высоковольтного оборудования	5	6	5	5.76	9
Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов	12	14	6	6.76	10

Продолжение таблицы 14.6.1

Подготовка графического материала	2	3	2	2.76	4
Проверка работы	1	2	1	1.76	3
Итого				52.12	77

На основании таблицы 14.6.1 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского с разбивкой на месяцы, декады.

14.7. Затраты на реализацию проекта

14.7.1. Основная заработная плата исполнителей

Заработная плата инженера-проектировщика (студента).

Заработная плата инженера-проектировщика определяется как:

$$Z_{\Pi} = Z_{осн} + Z_{доп};$$

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

$Z_{осн}$ – основная заработная плата.

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p;$$

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата;

T_p – суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником.

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D};$$

Z_M – месячный оклад научно-технического работника;

M – количество месяцев работы без отпуска ($M = 11,2$ для пятидневной рабочей недели и отпуска в 24 рабочих дней);

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

Таблица 14.6.1 - Календарный план-график

№	Вид работ	Ткі, кал. дней	Продолжительность выполнения работ								
			февраль		март			апрель			май
			2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление технического задания	2									
2	Изучение литературы	15									
3	Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.	6									
4	Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы нагрузок	2									
5	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.	2									
6	Выбор и проверка внутризаводских линий. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.	3									
7	Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ.	15									
8	Выбор и проверка высоковольтного оборудования	7									
9	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов	3									
10	Подготовка графического материала	2									
11	Проверка работы	3									
12	Сдача выпускной квалификационной работы	5									

Месячный оклад научно-технического работника определяется по формуле:

$$З_M = З_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p;$$

$З_{TC}$ – заработная плата по тарифной ставке;

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

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

k_p – районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

Размер заработной платы по тарифной ставке определяется по формуле:

$$З_{TC} = T_{ci} \cdot k_T;$$

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

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

С помощью представленных выше формул находим основную заработную плату:

$$З_{TC} = T_{ci} \cdot k_T = 4330 \cdot 1,407 = 6092 \text{ руб.};$$

$$З_M = З_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 6092 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 11879 \text{ руб.};$$

$$З_{он} = \frac{З_M \cdot M}{F_D} = \frac{11879 \cdot 11,2}{366 - 119 - 24} = 596,6 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = З_{он} \cdot T_p = 596,6 \cdot 45,44 = 27110 \text{ руб.};$$

$$З_{II} = З_{осн} + З_{доп} = З_{осн} + 0,15 \cdot З_{осн} = 29688 + 0,15 \cdot 29688 = 31177 \text{ руб.};$$

Расчёт основной заработной платы руководителя происходит на основании отраслевой системы оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Доцент, ктн, работающий в ТПУ имеет оклад равный 22052 рубля. С учётом этого, рассчитаем размер основной заработной платы руководителя НТИ.

$$З_{осн} = (1 + k_{д} + k_{прем}) \cdot З_{м} \cdot k_{р} \cdot \frac{T_p}{30} = (1 + 0,3 + 0,25) \cdot 22052 \cdot 1,3 \cdot \frac{6,28}{30} = 9301,68 \text{ руб};$$

14.7.2.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 14.7.2.1.

Таблица 14.7.2.1- Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Инженер-проектировщик	27110	4066,5
Руководитель	9302	1395,3
Коэффициент отчислений	0,271	
Итого	$Z_{внеб} = 0,271 \cdot (27110 + 4066,5 + 9302 + 1395,3) =$ $= 11347,8 \text{ руб.}$	

Таким, образом страховые отчисления составляют 11347,8 руб.

14.7.3. Накладные расходы

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

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1-2) \cdot k_{нр};$$

Сумма статей - сумма затрат из пунктов 8 – 9.

$k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Тогда накладные расходы НТИ можно рассчитать как:

$$Z_{накл} = (41873,8 + 11347,8) \cdot 0,16 = 8515,5 \text{ руб.}$$

14.7.4. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической

продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по выбранному варианту приведено в таблице 14.7.4.1

Таблица 14.7.4.1 – Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Расчёт затрат на заработную плату инженера-проектировщика	31177	Пункт 8
Расчёт затрат на заработную плату руководителя	10697,3	Пункт 8
Расчёт затрат на отчисления во внебюджетные фонды	11347,8	Пункт 9
Расчёт накладных расходов	8515,5	Пункт 10
Бюджет затрат НТИ	61737,6	Сумма пунктов

Наибольшая статья бюджета – затраты на заработную плату инженера – 31177 руб.

14.7.5. Расчет материальных затрат по вариантам

Расчёт материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i;$$

Где: k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

m – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

N_i – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования.

Таблица 14.7.5.1– Материальные затраты вариантов конкурентных технических решений

Наименование	Ед. измерения	Количество	Затраты на ед. измер. (руб.)
Схема 4Н	Комплект оборудования	1	13747500
Схема 5Н	Комплект оборудования	1	15200000
Схема 5АН	Комплект оборудования	1	15975000

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости оборудования.

Величина основных материальных затрат, возможных конкурентных технических решений определяется как:

$$Z_{M(4H)} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i = (1 + 0,25) \cdot 13747500 \cdot 1 = 17184375 \text{ руб.}$$

$$Z_{M(5H)} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i = (1 + 0,25) \cdot 15200000 \cdot 1 = 19000000 \text{ руб.}$$

$$Z_{M(5AH)} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i = (1 + 0,25) \cdot 15975000 \cdot 1 = 19968750 \text{ руб.}$$

14.7.6. Формирование бюджета затрат на реализацию проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы и материальных затрат является основой для формирования бюджета затрат на реализацию проекта.

Таблица 14.7.6.1 – Расчёт бюджета затрат реализации схемы 4Н

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Расчёт затрат на заработную плату инженера-проектировщика	31177	Пункт 8
Расчет материальных затрат возможных вариантов реализации конкурентных технических решений	17184375	Пункт 8
Расчёт затрат на заработную плату руководителя	10697,3	Пункт 9
Расчёт затрат на отчисления во внебюджетные фонды	11347,8	Пункт 10
Расчёт накладных расходов	2758015,5	Пункт 12
Бюджет на реализацию	19995612,6	Сумма пунктов

Таблица 14.7.6.2 – Расчёт бюджета затрат реализации схемы 5Н

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Расчёт затрат на заработную плату инженера-проектировщика	31177	Пункт 8
Расчет материальных затрат возможных вариантов реализации конкурентных технических решений	19000000	Пункт 8
Расчёт затрат на заработную плату руководителя	10697,3	Пункт 9
Расчёт затрат на отчисления во внебюджетные фонды	11347,8	Пункт 10
Расчёт накладных расходов	3048515,5	Пункт 12
Бюджет на реализацию	22101737,6	Сумма пунктов

Таблица 14.7.6.3 – Расчёт бюджета затрат реализации схемы 5АН

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Расчёт затрат на заработную плату инженера-проектировщика	31177	Пункт 8
Расчет материальных затрат возможных вариантов реализации конкурентных технических решений	19968750	Пункт 8
Расчёт затрат на заработную плату руководителя	10697,3	Пункт 9
Расчёт затрат на отчисления во внебюджетные фонды	11347,8	Пункт 10
Расчёт накладных расходов	3203515,5	Пункт 12
Бюджет на реализацию	23225487,6	Сумма пунктов

Наименьший бюджет реализации проекта имеет схема 4Н.

14.8.Определение ресурсоэффективности проекта

Финансовую эффективность проекта можно оценить при помощи интегрального финансового показателя:

$$I_{фин}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}},$$

где:

$I_{фин}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде табличной формы.

Таблица 14.8.1 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Вариант схемы	$\Phi_{\max}$, руб.	Φ_{pi} , руб.	$I_{\text{исп.}i}^{\text{фин}}$, о.е.
4Н	23225487,6	19995612,6	0,861
5Н		22101737,6	0,952
5АН		23225487,6	1

Величина интегрального финансового показателя разработки схемы 4Н отражает соответствующее численное удешевление стоимости схемы ГПП. Схема 4Н имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, и, следовательно, вариант схемы 4Н является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Определение ресурсоэффективности проекта схемы 4Н можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы.

Таблица 14.8.2 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Схема 4Н	Схема 5Н	Схема 5АН
1. Безопасность	0,25	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5	5	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	5	4	4

Продолжение таблицы 14.8.2

5. Надёжность	0,25	4	5	5
6. Материалоёмкость	0,15	5	4	4
Итого:	1,00	4,6	4,5	4,5

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,6.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Таким образом, в нашем случае достаточно применения схемы 4Н, обеспечивающей достаточную надежность и простоту эксплуатации. Переход к схемам 5Н и 5АН возможен в случае расширения производственных мощностей предприятия.

15.Социальная ответственность

Целью разработки настоящего раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи и профессиональные заболевания, обеспечение снижения вредных воздействий на окружающую среду, безопасность в чрезвычайных ситуациях и экономное расходование ресурсов.

Рассмотрение данных вопросов отвечает требованиям международного стандарта ICCSR-26000:2011 к деятельности организаций в области социальной ответственности по тем разделам его модулей, по которым должны быть приняты указанные проектные решения.

Согласно указанному стандарту организация, с учетом специфики области деятельности, в которой она работает, должна :

- обеспечить безопасные условия труда и предпринимать соответствующие меры путем сокращения, в возможных пределах, факторов опасности, характерных для этой деятельности, и предотвращения несчастных случаев и ущерба здоровью, которые могут быть следствием выполняемой работы или произойти в процессе ее выполнения;
- предоставлять персоналу, включая новый персонал, регулярное и документируемое обучение по технике безопасности и охране труда;
- организовывать системы, позволяющие обнаруживать и предотвращать потенциальные угрозы здоровью и безопасности всего персонала;
- предоставлять всему персоналу для использования чистые туалетные комнаты, доступ к питьевой воде, а также создавать необходимые санитарные условия для хранения продовольствия
- обеспечивать чистоту и безопасность предоставляемых персоналу мест отдыха, а также их соответствие основным потребностям персонала.

Для предотвращения вредных воздействий на окружающую среду организация должна:

- разрабатывать, производить или поставлять продукцию или услуги, обеспечивающие отсутствие вредных воздействий на окружающую среду;
- использовать процессы, инфраструктуру и расходуемые ресурсы, направленные на предотвращение недопустимых вредных воздействий на окружающую среду, в том числе, на сельское хозяйство;
- использовать и поддерживать в рабочем состоянии методы и средства для обнаружения возможности возникновения вследствие собственной деятельности техногенных катастроф и аварийных ситуаций и для реагирования на них.

15.1.Обеспечение защиты от вредных производственных факторов

В процессе работы необходимо учитывать наличие и возможность воздействия следующих вредных производственных факторов:

1. Потенциальные отклонения параметров микроклимата от санитарно-гигиенических требований к воздуху рабочей зоны;
2. Возможное ненормативное освещение;
3. Ненормативные вибрации и шум;
4. Потенциальное превышение нормативных параметров воздействия электромагнитного поля.

15.1.1 Требования к микроклимату

Показателями, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

По ГОСТ 12.1.005 – 88 необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата, обеспечивающие наибольшую вероятность сохранения здоровья и наибольшую производительность труда.

Таблица 15.1.1.1 – Нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в рабочей зоне

Сезон года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Средней тяжести	18-20	40 – 60	0,3
Тёплый	Средней тяжести	21-23	40 – 60	0,2 – 0,6

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96(1), следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05 – 91* (28.11.91) установка центробежных вентиляторов. Кратность воздухообмена 1;
- установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;
- герметизация технологического оборудования.

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с нормами представленными в таблице 15.1.1.1.

15.1.2. Требования к освещению

Рациональное освещение обеспечивает высокую производительность трудового процесса и качество работ, исключает возникновение дефектов зрения (спазм аккомодации, ложная близорукость и дальнозоркость), травматизм, составляющий (из-за ненормативной освещённости) 30 – 50% всех несчастных случаев на производстве.

В производственном процессе используются три вида освещения:

- естественное;
- искусственное;
- совмещённое;

При недостатке естественного освещения нарушается обмен веществ и резистентность организма, поэтому используются газоразрядные источники, близкие по спектру к естественному освещению.

Источники искусственного освещения: лампы накаливания, газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого (ДРЛ) давления.

Существуют системы общего освещения (светильники, распределяющиеся равномерно по площади освещения), локализованные (для освещения оборудования и рабочих мест), местные (освещение рабочей поверхности) и комбинированные.

Светильники – источники света, заключенные в арматуру – для перераспределения светового потока в нужном направлении, защиты глаз от чрезмерной яркости, для защиты источника света от механических воздействий, дыма и копоти.

Нормы освещенности определяются основными критериями к зрительной работе: размер различаемого объекта (буквы, ширина рисунка, отражение фона, контраст между объектом и фоном).

На основании этих критериев разработаны требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению производственных помещений[20]:

Таблица 15.1.2 – Требования к освещению

Цех	Лампы накаливания		Коэфф. запаса	Люминисцентные лампы		Коэфф. запаса
	Освещенность,лк			Освещенность,лк		
	Комбинированное освещение			Комбинированное освещение		
	Общее и местное	Общее		Общее и местное	Общее	
Механический цех	1500	150	1,3	2000	200	1,5

Аварийное освещение с наименьшей освещенностью рабочих мест при аварийном режиме 2 лк, эвакуационное освещение освещенностью при

эвакуации людей из помещений не менее 0,5 лк на уровне пола основных проходов и лестниц, а на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

15.1.3. Шум и вибрация

Шум — один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды. Основные производственные процессы, сопровождающиеся шумом, — это работа насосов, вентиляторов и др.. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что в конечном счете приводит к понижению работоспособности.

Шум определяется следующими основными параметрами:

- уровень звукового давления А, дБ;
- интенсивность звука I, Вт/м²;
- уровень звука L, дБА.

Таблица 15.1.3.1 - Допустимые уровни звукового давления, уровни звука на рабочих местах

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровн и звук, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятия	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 предусматривается обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты.

по ГОСТ 12.4.011 – 89 предусматривается:

- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f , Гц;
- амплитуда колебаний d , мм.

Вибрацию можно наблюдать при работе любого оборудования, во время прохождения транспорта, при КЗ большие токи вызывают динамическую нагрузку.

Таблица 15.1.3.2 - Гигиенические нормы вибрации.

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Технологическая	108	99	93	92	92	92

Защита от вибраций должна начинаться, прежде всего, с их ликвидации.

Коллективные методы защиты:

- улучшение работы механизмов
- применение амортизаторов (резиновых, пружинных, пневматических)

- использование виброгасящего основания под соответствующее оборудование

Средства индивидуальной защиты: специальные рукавицы, перчатки, виброзащитные прокладки и обувь.

15.1.4. Воздействие ЭМП

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 “ Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах ” и СанПиН 2.2.4.723 –98.

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики. В настоящее время в качестве предельно допустимого значения электромагнитного поля промышленной частоты напряженностью рекомендовано:

Основные параметры ЭМП:

- частота f , Гц;
- напряженность электрического поля E , В/м;
- напряженность магнитного поля H , А/м;
- плотность потока энергии I , Вт/м².

Предельно допустимые напряженности электрического и магнитного полей на рабочих местах соответственно равны 500 В/м и 50 А/м. Предельно допустимое значение плотности потока энергии не должно превышать 10 Вт/м².

В электроустановках всех напряжений должна быть установлена защита рабочих от воздействия электромагнитного поля, напряженность которого превышает допустимое значение, т.е. необходимо ограничить время пребывания следующим образом:

- $5 \div 10$ кВ/м – не более 2х часов;

- 10 ÷ 15 кВ/м – 90 мин;
- 15 ÷ 20 кВ/м – 10 мин;
- 20 ÷ 25 кВ/м – 5 мин;
- 25 кВ/м и более – без защиты не допускается.

При напряженности электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м необходимо применять следующие средства защиты:

- экранирование или удаление рабочего места от источника ЭМП
- применение средств индивидуальной защиты (специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, защитные очки, специальные каски и шлемы)
- рациональное размещение оборудования, излучающего электромагнитную энергию.

15.2. Защита от опасных производственных факторов

15.2.1. Загорание (Пожар)

Пожары – неконтролируемый процесс горения, которые чреваты большими материальными издержками, а часто и человеческими жертвами.

Обеспечение пожаробезопасности начинается с определения класса взрывоопасной зоны или класса пожароопасной зоны данного производственного помещения. Согласно классификации производств по пожарной опасности (ППБ-03) рассматриваемый цех относится к классу В (производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов). Цех имеет пожароопасную зону класса П-Па. Минимальная допустимая степень защиты оболочек электрических машин для данной пожароопасной зоны обозначается IP44. Использование данной степени защиты – одно из направлений профилактики, оно должно быть установлено на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму или гибели людей, этого требует «технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Цех оснащен такой системой с дымовыми извещателями. Сигналы извещателей включают систему протоколирования информации, формируют управляющую систему тревоги и систему оповещения о пожаре, для своевременной эвакуации людей. Это другое направление профилактики загораний.

Выбор типа и расчет необходимого числа огнетушителей производится в зависимости от их огнетушащей способности. Из пяти таких классов цеху подходит класс А (пожар твердых веществ) и класс Е (горение электроустановок). Согласно [29] на 800 м² защищаемой площади рекомендуется использовать восемь двухкилограммовых порошковых огнетушителей.

15.2.2. Электропоражение

Электропоражение персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

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

При наиболее неблагоприятном исходе воздействие электрического тока может привести к смерти человека.
опасного для жизни человека потенциала.

В нашем случае, ремонтно-механический цех можно приравнять к помещению с повышенной опасностью, так как выполняется следующее условие, создающее повышенную опасность - возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно [33] п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: УЗО и защитное заземление и зануление [33] п.413.

Также необходимо применение основных коллективных способов и средств электрозащиты: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов.

Должны быть предусмотрены индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1000 В используются диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

15.3. Защита окружающей среды

Производственная деятельность в ремонтно-механическом цехе сопряжена с образованием твердых отходов.

При обращении с твердыми отходами: металлическая стружка, полимерные материалы, дефектные детали, бытовой мусор отработанные люминесцентные лампы; комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014) [30]: бытовой мусор после предварительной

сортировки складывают в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку). Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681 [31]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из неадсорбирующего ртуть материала (винипласта).

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических. Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии. Во-первых, это улучшает экономические показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) промпредприятий города Томска и области и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

15.4.Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации в ремонтно-механическом цехе: возникновение пожара и электропоражение.

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Согласно [32], пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно [33] п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление [33].

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо установить защитное заземление

Заключение

В результате выполнения работы спроектирована сеть электроснабжения завода по производству искусственного волокна, отдельно проработано электроснабжение ремонтно-механического цеха.

В результате расчетов были определены: полная расчетная нагрузка ремонтно-механического цеха методом коэффициента расчётной активной мощности и полная расчетная мощность предприятия методом коэффициента спроса.

По результатам расчета нагрузки по цехам предприятия построена картограмма нагрузок, определен центр электрических нагрузок. Установка ГПП в месте нахождения центра электрических нагрузок была невозможна, поэтому ГПП была вынесена в зону рассеяния электрических нагрузок.

Определено число и мощность цеховых силовых трансформаторов и произведено их распределение по цехам предприятия, произведена компенсация необходимой реактивной мощности. В результате коэффициент загрузки цеховых трансформаторов обеспечен на уровне 0,7, что является рекомендованным значением при преобладании потребителей второй категории по надежности электроснабжения.

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы, которая находится на расстоянии 10 км от предприятия. Питание предприятия осуществляется по двухцепной воздушной линии напряжением 110 кВ. Воздушная линия выполнена проводом марки АС-95. Для обеспечения надежности электроснабжения потребителей первой и второй категории на ГПП установлены два трансформатора ТД – 16000/110-У1.

Для проектирования ГПП была использована типовая схема 4Н - два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линии, рекомендованная СТО 56947007-29.240.30.010-2008 для тупиковых подстанций. Выбранное оборудование ГПП удовлетворяет всем необходимым требованиям.

Кабели 10 кВ, выбранные по экономической плотности тока, проверку по тепловому импульсу тока КЗ прошли.

Сечения питающей сети 0,4 кВ проходят проверки как по длительно допустимому току, так и по согласованию с выбранными ранее аппаратами защиты.

Анализ эпюры отклонений напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов показывает, что во всех режимах отклонение напряжения не превышает максимально допустимого $\pm 5\%$.

По результатам расчета токов КЗ в сети 0,4 кВ построена карта селективности действия защитных аппаратов. По карте селективности видно, что селективность выбранных аппаратов защиты соблюдена.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведен анализ технического проекта, при этом детально рассмотрены следующие темы: SWOT-анализ работы и эксплуатации системы электроснабжения, планово-временные и материальные показатели процесса проектирования, разработан план-график выполнения технического проекта и определена ресурсоэффективность проекта.

В разделе «Социальная ответственность» представлена оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, рассмотрены меры защиты от опасных факторов, пожарная безопасность и охрана окружающей среды.

.

Список используемых источников

1)Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию/ учебное пособие. - Томск: ТПУ, 2005. – 168 с.

2)Сумарокова Л.П. Электроснабжение промышленных предприятий учебное пособие. - Томск: ТПУ, 2012. – 288 с.

3)Обухов С.Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Математическое моделирование в системах электроснабжения» для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение промышленных предприятий» / С.Г.Обухов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 74 с.

4)Кабышев А.В. Низковольтные автоматические выключатели: учебное пособие / А.В. Кабышев, Е.В. Тарасов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 346 с.

5)А.И. Гаврилин, С.Г. Обухов, А.И. Озга. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра. – Томск: ТПУ, 2001 – 93 с.

6)Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с., ил.

7)Каталог вводных распределительных устройства ООО «Айди-Электро» Ссылка: <http://www.idelectro.ru/>

8)Каталог элегазовых выключателей ЗАО «Энергомаш - Ураэлектротяжмаш». Ссылка: <http://www.uetm.ru/>

9)Каталог вакуумных выключателей серии ВВtel ЗАО «Таврида Электрик». Ссылка: <http://velto.ru/>

10)Каталог автоматических выключателей КЭАЗ (Курского электроаппаратного завода). Ссылка: <https://keaz.ru/>

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

12)Производственный календарь на 2016 год. Ссылка: <http://www.garant.ru/calendar/>

13) Федеральный закон от 24.07.2009 N 212-ФЗ (ред. от 23.11.2015) "О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования"

14) Оклады по новой системе оплаты труда с 01.10.2013 г. Ссылка: <http://portal.tpu.ru/departments/otdel/peo/documents>

15)Томпсон А.А., Стрикленд Дж.А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа, 12-е издание: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006 – 928 с.

16)Бородин Ю.В., Извеков В.Н., Ларионова Е.В., Плахов А.М. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность».- Томск: ТПУ, 2014. – 9 с.

17)ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.”

18)ГОСТ 12.1.005-88 “Общие сангигиенические требования к воздуху рабочей зоны.”

19)СНиП 23-05-95* “Строительные нормы и правила РФ. Естественное и искусственное освещение.”

20)СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 “Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.”

- 21)ГОСТ 12.1.003-83 “Шум. Общие требования безопасности.”
- 22)ГОСТ 12.1.012-90 “Вибрационная безопасность. Общие требования.”
- 23)СанПиН 2.2.4.1191-03 “Электромагнитные поля в производственных условиях.”
- 24)СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 “Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы.”
- 25)Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.
- 26)№123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” от 22.07.2008 (с изменениями и дополнениями).
- 27)Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6е изд., переработанное и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.
- 28)СП 5.13130.2009 “Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.”
- 29)СП 9.13130.2009 “Техника Пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.”
- 30)Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009, №1116 (с изменениями от 24.12.2014) “Об организации сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов на территории муниципального образования "Город Томск".”
- 31)Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 “Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств.”
- 32)ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т “Пожарная безопасность. Общие требования.”
- 33) ГОСТ Р 50571.3-94 “Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защиты от поражения электрическим током.”

Приложение А