

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

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

Профиль Электроснабжение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение завода ЗАО «Нефтеоборудование»

УДК 621.31.031:665.6.02(470 40)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4ДЗ	Пшеничников Виталий Родионович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск 2019 г.

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

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники
Профиль Электроснабжение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Дата) _____
(Подпись) Шестакова В.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студент

Группа	ФИО
3-5А4ДЗ	Пшеничников Виталий Родионович

Тема работы:

Электроснабжение завода ЗАО «Нефтеоборудование»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	ИШЭ от 11.12.2018г. №10768/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	а) ген.план с размещением производственно–вспомогательных цехов; б) сведения об электрических нагрузках цеха; в) план цеха; г) сведения об электрических нагрузках предприятия.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; Описание предприятия; Картограмма и определение центра электрических нагрузок; Схема внешнего и внутриводского электроснабжения; Внутриводская распределительная сеть 10 кВ; Расчет токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В; Электроснабжение цеха полимеризации;
Перечень графического материала	а) расположение цеховых ТП на плане завода; б) схема питающей и распределительной сети ремонтно-механического цеха; в) принципиальная схема питающей силовой сети ремонтно-механического цеха; г) карта селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4кВ и радиальная сеть для расчета падений напряжений с эпюрами отклонения напряжения; д) схема включения счетчика СЭТ-4ТМ и структурная схема АИИС КУЭ.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.ф.н, доцент, Завьялова З.С.
Социальная ответственность	к.т.н, доцент, Дашковский А.Г.

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4Д3	Пшеничников Виталий Родионович		

ЗАДАНИЕ

для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А4ДЗ	Пшеничников Виталий Родионович

Школа	Инженерная школа электроэнергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	— Ориентировочный бюджет проекта – 9,9 млн. руб.; — В реализации проекта задействованы 2 человека: руководитель и инженер.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	— Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергетическая эффективность. Состав показателей»; — Минимальный размер оплаты труда (на 2019 год) составляет - 11280 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	— Отчисления по страховым взносам 30% от ФОТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проектной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	— Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование.
2. Планирование и формирование бюджета проектной работы	— Планирование выполнения работ по проекту; — Расчет бюджета затрат на проектирование, в т. ч. расчет капитальных вложений в основные средства.
3. Составление бюджета проекта работы.	— Расчет бюджета на проектирование; — Расчет расходов на электрооборудование рассматриваемого цеха.
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	— Оценка научно-технического уровня исследования. — Оценка рисков.

Перечень графического материала:

1. Календарный план-график выполнения проекта.
--

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4ДЗ	Пшеничников Виталий Родионович		

ЗАДАНИЕ
для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А4ДЗ	Пшеничников Виталий Родионович

Школа	Инженерная школа электроэнергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса,	Помещение с приточно-вытяжной вентиляцией воздуха расположено в отдельностоящем здании на территории объекта. В помещении размещено станочное оборудование. Площадь помещения составляет: 1869 м ² .
2. Отбор законодательных и нормативных документов по теме.	Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 N 30593). Федеральный закон РФ №123-ФЗ от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных вредных факторов: — шум и вибрации в результате работы станочного оборудования; — запыленность воздуха в результате механической обработки твердых и хрупких материалов; — система искусственного освещения.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных опасных факторов: — движущиеся части производственного оборудования; — передвигающиеся изделия и заготовки; — стружка обрабатываемых деталей; — осколки инструментов; — поражение электрическим током.
3. Охрана окружающей среды:	— воздействия на атмосферу: пыль, содержащаяся в отходящих вентиляционных и промышленных газах ; — воздействие на литосферу: образование отходов.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Вероятной ЧС является пожар; анализ мер пожарной безопасности, средства пожаротушения, план эвакуации.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии	Правовые нормы трудового законодательства и социальной защиты работников.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4ДЗ	Пшеничников Виталий Родионович		

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

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

Профиль Электроснабжение

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.04.19	Определение расчетной нагрузки предприятия. Картограмма и определение центра электрических нагрузок	20
15.04.19	Схема внутризаводского электроснабжения. Схема внешнего электроснабжения	20
20.04.19	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В.	20
25.04.19	Расчет электроснабжения ремонтно-механического цеха	20
05.05.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
15.05.19	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

Планируемые результаты обучения по ООП

Код Результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.
P2	Уметь формулировать задачи в области релейной защиты и автоматики, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P4	Уметь проектировать противоаварийную автоматику, релейную защиту
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
P2	Уметь формулировать задачи в области релейной защиты и автоматики, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P4	Уметь проектировать противоаварийную автоматику, релейную защиту
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики.
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики.
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 120 с., 16 рис., 42 табл., 29 источников.

Ключевые слова: трансформатор, кабельная линия, ГПП, ПР, питающая сеть, распределительная сеть, электроснабжение предприятия, ремонтно-механического цеха.

Объектом исследования являются элементы системы электроснабжения завода ЗАО "Нефтеоборудование".

Цель работы – проектирование надежной системы электроснабжения завода, в частности ремонтно-механического цеха.

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

Используя исходные данные и справочную литературу спроектирована система электроснабжения предприятия с детальной проработкой питающих сетей и коммутационной аппаратуры ремонтно-механического цеха.

Использованы типовые решения, что позволило максимально рационально распределить денежные ресурсы и повысить надежность.

Также в результате выполнения работы определены капитальные и прочие затраты, необходимые при инженером проектировании данного объекта. Разработаны мероприятия по охране труда для работы персонала в ремонтно-механическом цехе и на заводе в целом.

Система электроснабжения включает распределительные кабельные линии напряжением 10 и 0,4 кВ, трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ, коммутационную и защитную аппаратуру на упомянутые классы напряжений.

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

Содержание

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	10
ВВЕДЕНИЕ	12
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И КАТЕГОРИИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	13
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ РЕМОНТНО- МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА	14
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЗАВОДА.....	18
4 КАРТОГРАММА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.....	22
5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ	26
6 СХЕМА ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	31
7 ВЫБОР ПИТАЮЩИХ КАБЕЛЕЙ ВНУТРИЗАВОДСКОЙ СЕТИ 10кВ	36
8 РАСЧЁТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В.....	42
9 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА	46
9.1 ВЫБОР ТИПА ПИТАЮЩЕЙ ТП ЦЕХА	46
9.2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ ПО ПУНКТАМ ПИТАНИЯ	49
9.3 ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ.....	54
9.4 ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПИТАЮЩЕЙ И СИЛОВОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ЦЕХА ..	58
9.5 РАСЧЕТ ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПО УСЛОВИЮ ДОПУСТИМОЙ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ	66
9.6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ДО 1000В.....	76
9.6.1 РАСЧЕТ ТОКОВ ТРЕХФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ДО 1000В.....	76
9.6.2 РАСЧЕТ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ДО 1000В	78
9.7 ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ СЕЛЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕХОВОЙ СЕТИ 0,4кВ	80
10 КОММЕРЧЕСКИЙ УЧЕТ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	83
11 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	88
12 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	114
ПРИЛОЖЕНИЕ А	116
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	117
ПРИЛОЖЕНИЕ В	118
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	119
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	120

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

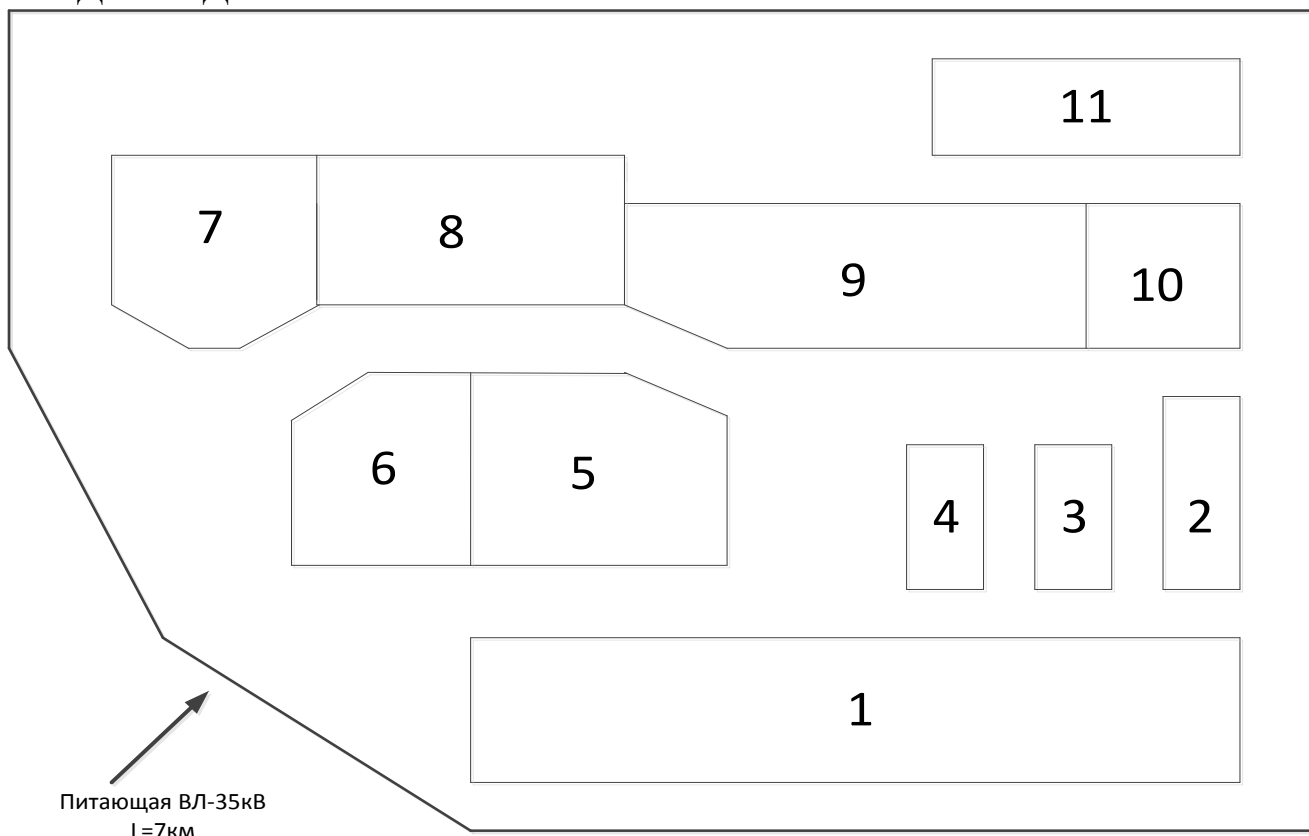


Рисунок 1- Генплан завода ЗАО «Нефтеоборудование»

Таблица 1- Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт
1	Главный корпус	3	900
2	Администрация	1	110
3	Ремонтно-механический	2	-----
4	Инструментальный	2	400
5	Обмоточный	2	850
6	Лаборатория	2	140
7	Кузнечный	2	500
8	Штамповочный	2	1200
9	Сборочный	2	990
10	Литейный	2	900
11	Компрессорный	3	500
	10 кВ (СД)		60
	0,38 кВ		

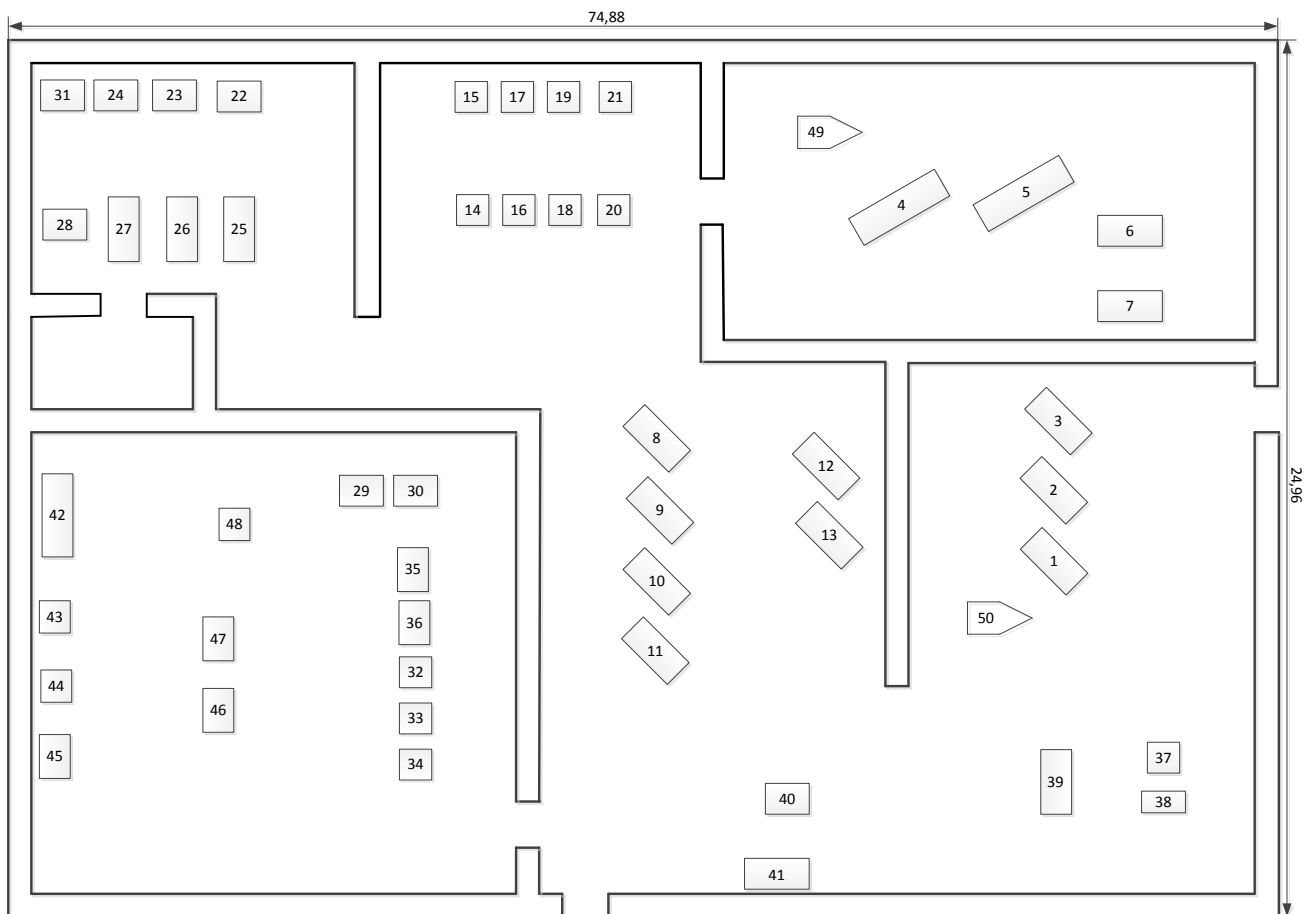


Рисунок 2- План ремонтно-механического цеха

Таблица 2- Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт
1-3	Вертикально-фрезерный станок	9
4-5	Фрезерный станок с ЧПУ	22
6,7	Универсально-фрезерный станок	14
8-11	Токарно-револьверный станок	9
12,13	Токарно-винторезный станок	11
14-21	Настольно-сверлильный станок	4
22-24	Резьбонарезной полуавтомат	3
25,26	Заточной станок	7
27	Листозагибочная машина	14
28-31	Точильно-шлифовальный станок	11
32-34	Вертикально-сверлильный станок	6
35,36	Радиально-сверлильный станок	4
37,38	Универсально-заточной станок	8
39	Плоскошлифовальный станок	12
40,41	Полировальный станок	3
42	Сварочная машина	9
43-48	Сварочная кабина	5
49,50	Вентиляторы	16

ВВЕДЕНИЕ

Основные потребители вырабатываемой электроэнергии — промышленные предприятия, на которых электроэнергия - должна распределяться и потребляться различными электроприемниками с высокой экономичностью и надежностью с соблюдением техники безопасности обслуживания, а также Правил устройств и эксплуатации электроустановок.

Для обеспечения передачи электроэнергии в необходимом количестве и соответствующего качества от энергосистем к промышленным объектам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения промышленных предприятий, состоящие из сетей и трансформаторных распределительных подстанций.

Электроустановки потребителей электрической энергии имеют свои специфические особенности; к ним предъявляют определенные требования; надежность питания, качество электроэнергии, резервирование и защита отдельных элементов и др. При проектировании, сооружении и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий необходимо правильно, в технико-экономическом аспекте, осуществлять выбор напряжений, определять электрические нагрузки, выбрать тип, число и мощность трансформаторных подстанций, системы компенсации электрической мощности и т.д.

Задачи проектирования должны решаться с учетом совершенствования технологических процессов производства, роста мощности отдельных электрических приемников и особенности каждого предприятия, цеха, установки, повышения качества и эффективности их работы.

В данной дипломной работе рассматривается электроснабжение завода ЗАО «Нефтеоборудование» с подробным расчетом ремонтно-механического цеха.

Проектируемый завод выпускает оборудование для предприятий нефтегазовой отрасли в Сибири, а также выполняет гарантийные и текущие ремонты данного оборудования.

Ремонтно-механический цех вышеуказанного завода выполняет следующие функции:

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

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И КАТЕГОРИИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В отношении обеспечения надежности электроснабжения подразделяются на три категории.

Электроприемники I категории надежности – ЭП, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству; повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса.

Электроприемники II категории надежности – ЭП, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих механизмов и промышленного транспорта.

Электроприемники III категории надежности – все остальные ЭП, не подходящие под определение I и II категорий.

Таблица 3- Характеристика производственных помещений

<i>№</i>	<i>Наименование цеха</i>	<i>Характеристика среды</i>	<i>Категория электроснабжения</i>
1	Главный корпус	нормальная	II
2	Администрация	нормальная	III
3	Ремонтно-механический	нормальная	III
4	Инструментальный	нормальная	III
5	Обмоточный	нормальная	III
6	Лаборатория	нормальная	III
7	Кузнечный	пыльная, жаркая	III
8	Штамповочный	нормальная	III
9	Сборочный	нормальная	III
10	Литейный	пыльная, жаркая	II
11	Компрессорная	сырая	II

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

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

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

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок механического цеха. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы:

- а) Электроприемники с переменным графиком нагрузки, у которых $K_{и} < 0,6$;
- б) Электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых $K_{и} \geq 0,6$;

Средняя активная и реактивная нагрузки за наиболее загруженную смену для электроприемников определяется по формуле:

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{ном}, кВт; \quad (1)$$

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

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

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

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi, кВар; \quad (2)$$

где $tg\varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}}; \quad (3)$$

где $\sum P_{см}$ – суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену, а $\sum P_{ном}$ – суммарная установленная мощность группы электроприёмников цеха.

Коэффициент максимума активной мощности определяется по кривым в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования $K_{и.ср}$ и эффективного числа электроприемников $n_э$ для данной группы:

$$n_э = \frac{\left[\sum_{1}^n P_{ном} \right]^2}{\sum_{1}^n P_{ном}^2} \quad (4)$$

Расчетная активная P_m и реактивная Q_m максимальные мощности группы:

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}} \text{ при } n_y > 10$$

$$Q_{\text{м}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} \text{ при } n_y \leq 10$$

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

$$P_{\text{м}} = P_{\text{см}}, \text{ кВт}; \quad (5)$$

Расчётная нагрузка осветительных приёмников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{\text{ро}} = P_{\text{но}} \cdot K_{\text{со}}, \text{ кВт}; \quad (6)$$

где $K_{\text{со}}$ принимается по справочнику, а $P_{\text{но}}$ находится как:

$$P_{\text{но}} = P_{\text{уд.о}} \cdot F, \text{ кВт}; \quad (7)$$

где $P_{\text{уд.о}}$ —удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м² (принимается по справочнику); F — площадь цеха, м² (определяется по генплану).

Полная расчётная нагрузка цеха (с учётом освещения) определяется:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{\text{ро}})^2 + Q_p^2}, \text{ кВА}; \quad (8)$$

Расчётный ток:
$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \text{ А}; \quad (9)$$

Примеры расчетов:

а) Эффективное число электроприемников:

Группа А: $m > 3$, $k_u < 0,2$, $n_{\text{факт}} = 48 \text{ шт.}$

Тогда:

$$n_1 = 2 + 2 + 2 + 1 + 4 + 1 = 12 \text{ шт};$$

$$P_1 = 2 \cdot 22 + 2 \cdot 11 + 14 + 4 \cdot 11 + 12 = 164 \text{ кВт};$$

$$P_n = 369 \text{ кВт};$$

$$n_* = 12 / 48 = 0,25 \text{ о.е.};$$

$$P_* = 164 / 369 = 0,44 \text{ о.е.};$$

По [1, стр.49] определяем: $n_{\text{э}*} = 0,79$

Тогда $n_{\text{э}} = 0,79 \cdot 48 = 38 \text{ о.е.};$

По табл. 2.1. [1] $k_{\text{м}} = 1,34 \text{ о.е.};$

Расчетные активная и реактивная мощности группы А:

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}} = 1,34 \cdot 61,35 = 82,21 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}} = 104,38 \text{ кВар}; \quad \text{при } n_{\text{э}} > 10.$$

б) Расчетную нагрузку осветительных приемников цеха определяем методом удельной плотности осветительной нагрузки, который применяется для предварительного определения осветительной нагрузки на начальной стадии проектирования согласно формулы (5).

Принимаем $K_{с.о.}=0,85$ [2,стр.77-78];

$P_{н.о.}$ – номинальная мощность осветительной нагрузки определяется по формуле (7), где $P_{уд.о.}$ – удельная плотность осветительной нагрузки.

Принимаем $P_{уд.о.}$ согласно [10, таблицы 1.1], так как в литературе приведены данные для ламп накаливания мощность 100Вт имеющих световой поток 1350 Лм, пересчитаем удельную плотность осветительной нагрузку для LCD источников света. Для LCD мощностью 10Вт, световой поток равен 860Лм, следовательно для обеспечения светового потока в 1350 Лм нужно использовать LCD мощностью 16Вт, то есть в 6,25 раз меньшей мощности чем при использовании ламп накаливания. Пересчет сведем в таблицу 4.

Таблица 4 - Удельная плотность осветительной нагрузки

Наименование цеха	$P_{уд}$
Литейный, кузнечный	1,9
Ремонтно-механический, сборочный, обмоточный, штамповочный	2,08
Инструментальный	2,4
Администрация, главный корпус	2,6
Лаборатория	3,2
Компрессорный	2,7
Территория завода	0,03

F – площадь цеха.

По генплану в соответствии с масштабом определяем

$$F_{цеха}=74,88 \cdot 24,96=1869 \text{ м}^2.$$

Тогда

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F = 2,08 \cdot 1869 = 3,8 \text{ кВт};$$

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 3,8 \cdot 0,85 = 3,2 \text{ кВт};$$

в) Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{160,22}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 243,72 \text{ А};$$

Полный расчет электрических нагрузок сведём в таблицу 5.

Таблица 5 - Расчет электрических нагрузок ремонтно-механического цеха

1	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		$m = P_{н, max} / P_{н, min}$	Коэффициент использования K_n	$\cos \varphi / \lg \varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число ЭП n_s	Коэффициент максимума K_m	Максимальная нагрузка			Расчетные токи I_M / I_{Π}
			одного ЭП (наименьшего, наибольшего) P_n , кВт	общая P_n , кВт				$P_{см} = K_n \cdot P_n$, кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \lg \varphi$, кВАр			$P_M = K_M \cdot P_{см}$, кВт	$Q_M = Q_{см}$ при $n_s > 10$, $Q_M = 1,1 Q_{см}$ при $n_s \leq 10$, кВАр	$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Приемники группы А														
1	Станки разные	41	3 – 22	330		0,14	0,5/1,73	46,2	79,93						
2	Сварочная машина	1	9	9		0,35	0,65/1,17	3,15	3,69						
3	Сварочная кабина	6	5	30		0,4	0,5/1,73	12	20,76						
	ИТОГО ПО ГРУППЕ А	48	3 – 22	369	>3	0,17	-	61,35	104,38	38	1,34	82,21	104,38		
	Приемники группы Б														
4	Вентиляторы	2	16	32	-	0,65	0,8/0,75	20,80	15,60						
	ИТОГО ПО ГРУППЕ Б	2	16	32	-	-	-	20,80	15,60	-	1	20,80	15,60		
	ИТОГО СИЛОВОЙ НАГРУЗКИ ПО ЦЕХУ (гр. А и Б)	50	3 - 22	401	-	-	-	82,15	119,98	-		103,01	119,98		
	Электрическое освещение	-		3,8		$K_c = 0,85$		3,2				3,2	-		
	ИТОГО СИЛОВОЙ И ОСВЕТИТ. НАГРУЗКИ ПО ЦЕХУ	-		404,8	-	-	-	85,4	119,98			106,2	119,98	160,22	243,72

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЗАВОДА

Расчётную полную мощность предприятия определяем по расчётным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учётом расчётной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Расчётную нагрузку (активную и реактивную) силовых приёмников цехов (кроме МЦ) определяем из соотношений:

$$P_p = K_c \cdot P_n, \text{ кВт}; \quad (10)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ кВар}; \quad (11)$$

где P_n – суммарная установленная мощность всех приёмников цеха; K_c – коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным; $\operatorname{tg} \varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Приёмники напряжением выше 1000 В учитываем отдельно. Расчётную активную и реактивную мощности групп приёмников выше 1000 В определяем по выше приведённым формулам.

Результаты расчетов силовых и осветительных нагрузок по цехам предприятия приведены в таблице 6.

Пример расчетов для Главного корпуса:

- 1) Расчётные активная и реактивная нагрузки силовых приёмников цеха:

$$\begin{aligned} P_p &= K_c \cdot P_c = 0,5 \cdot 900 = 450 \text{ кВт}; \\ Q_p &= P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 450 \cdot 0,88 = 396 \text{ кВар}; \end{aligned}$$

- 2) Номинальная мощность осветительной нагрузки цеха:

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F = 0,0026 \cdot 22324 = 58,0 \text{ кВт};$$

Расчетная нагрузка от освещения:

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{co} = 58 \cdot 0,9 = 52,2 \text{ кВт};$$

- 3) Полная расчетная нагрузка цеха:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{po})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(450 + 52,2)^2 + 396^2} = 639,6 \text{ кВА};$$

Таблица 6 - Расчет силовых и осветительных нагрузок по цехам предприятия

N по генплану	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		P _н , кВт	K _с	cosφ/tgφ	P _р , кВт	Q _р , кВАр	F, м ²	P _{уд о} , кВт/м	P _{но} , кВт	K _{со}	P _{ро} , кВт	P _р +P _{ро} , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 кВ														
1	Главный корпус	900	0,5	0,75/0,88	450	396	22324	0,0026	58,0	0,9	52,2	502,2	396,0	639,6
2	Администрация	110	0,5	0,75/0,88	55	48,4	2786	0,0026	7,2	0,9	6,5	61,5	48,4	78,3
3	Ремонтно-механический	404,8	-	-	103,6	119,98	1869	0,00208	3,8	0,85	3,2	106,2	119,98	160,2
4	Инструментальный	400	0,6	0,75/0,88	240	211,2	1869	0,0024	4,5	0,85	3,8	243,8	211,2	322,6
5	Обмоточный	850	0,6	0,75/0,88	510	448,8	8756	0,002	17,5	0,85	14,9	524,9	448,8	690,6
6	Лаборатория	140	0,5	0,7/1,02	70	71,4	5366	0,0032	17,2	0,85	14,6	84,6	71,4	110,7
7	Кузнечный	500	0,7	0,8/0,75	350	262,5	3111	0,0019	5,9	0,95	5,6	355,6	262,5	442,0
8	Штамповочный	1200	0,6	0,7/1,02	720	734,4	4760	0,00208	9,9	0,85	8,4	728,4	734,4	1034,4
9	Сборочный	990	0,6	0,7/1,02	594	605,8	6472	0,00208	13,5	0,85	11,4	605,4	605,9	856,5
10	Литейный	900	0,7	0,8/0,75	630	472,5	2665	0,0019	5,1	0,95	4,8	634,8	472,5	791,4
11	Компрессорная	60	0,5	0,7/1,02	30	30,6	3582	0,0027	9,7	0,95	9,2	39,2	30,6	49,7
Территория завода		---	---	---	---	---	147098	0,00022	4,4	1	4,4	4,4	---	9,9
Итого по 0,38 кВ		6451	---	---	3752,0	3401,7	F _ц =63560	---	156,7	156,7		3891,2	3371,1	5185,8
Потребители электроэнергии 10 кВ														
12	Компрессорная	500	0,5	0,7/1,02	250	255	---	-----	---	---	---	250	255	357
Итого по 10 кВ		500	---	---	250	255	---	---	----	---	---	250	255	357

Согласно таблицы 6 имеем:

- для электроприемников до 1000 В:

$$\begin{aligned}\sum P_p^H &= 3752 \text{ кВт}; \\ \sum Q_p^H &= 3401,7 \text{ кВар}; \\ \sum P_{p.o.} &= 139,2 \text{ кВт};\end{aligned}$$

- для электроприемников выше 1000 В:

$$\begin{aligned}\sum P_p^B &= 250 \text{ кВт}; \\ \sum Q_p^B &= 255 \text{ кВар};\end{aligned}$$

Так как трансформаторы цеховых ТП еще не выбраны, то потери определяются из следующих соотношений:

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

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{Л}} &= 0,03 \cdot S_p^H \\ \Delta Q_{\text{Л}} &\approx 0\end{aligned} \quad \text{- для передающих линий;}$$

$$S_p^H = \sqrt{(\sum P_p^H + \sum P_{p.o.})^2 + \sum Q_p^{H2}} = \sqrt{(3752 + 139,2)^2 + 3401,7^2} = 5168,46 \text{ кВА};$$

Тогда:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 5168,46 = 103,4 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 5168,46 = 516,8 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_{\text{Л}} = 0,03 \cdot 5168,46 = 155,1 \text{ кВт};$$

Мощность завода, подводимая к шинам 10 кВ:

$$P_{\text{P}\Sigma} = (\sum P_p^H + \sum P_p^B) \cdot k_{\text{P.M}} + \sum P_{p.o.} + \Delta P_T + \Delta P_{\text{Л}} = (3752 + 250) \cdot 0,95 + 139,2 + 103,4 + 155,1 = 4199,6 \text{ кВт};$$

где принимаем $k_{\text{P.M}} = 0,95$ – коэффициент одновременности максимумов нагрузки (для шин 10 кВ) [3, стр.32]. Коэффициент одновременности максимумов нагрузки, характеризующий смещение максимума отдельных ЭП во времени, что вызывает снижение суммарного графика нагрузки по сравнению с суммой максимумов отдельных ЭП или групп ЭП.

$$Q_{\text{P}\Sigma} = (\sum Q_p^H + \sum Q_p^B) \cdot k_{\text{P.M}} + \Delta Q_T = (3401,7 + 255) \cdot 0,95 + 520,5 = 3994,4 \text{ кВар};$$

$$S_{\text{P}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{P}\Sigma}^2 + Q_{\text{P}\Sigma}^2} = \sqrt{4199,6^2 + 3994,4^2} = 5795,8 \text{ кВА};$$

Потери в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{\text{Т ГПП}} = 0,02 \cdot S_{\text{P}\Sigma} = 0,02 \cdot 5795,8 = 115,9 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{Т ГПП}} = 0,1 \cdot S_{\text{P}\Sigma} = 0,1 \cdot 5795,8 = 579,6 \text{ кВар};$$

Определяем величину компенсируемой реактивной мощности:

Какую-то часть реактивной мощности мы получаем из системы - Q_c .

$$Q_{кв} = Q_{p\Sigma} - Q_c, \text{кВар}; \quad (12)$$

Величина Q_c не известна, но мы можем, на данном этапе проектирования, ее оценить :

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma}, \text{кВар}; \quad (13)$$

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

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

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

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

Так как $S_{p\Sigma} = 5831,6 < 10000 \text{ кВА}$, принимаем $\alpha = 0,24$ для предприятий, расположенных в Сибири и величине напряжения питающей линии 35кВ согласно [3, стр.35,41];

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 4199,6 = 1007,9 \text{ кВар};$$

Реактивная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{кв} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 3994,4 - 1007,9 = 2986,5 \text{ кВар};$$

На основании значения рассчитанной $Q_{кв}$ выберем две регулируемые конденсаторные установки согласно [табл.9.7, 10] марки УКЛ56-10,5-2700У3 $Q_{н.кв} = 2700 \text{ кВар}$, для установки на каждой секции ГПП завода.

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

$$\begin{aligned} S_{r\text{ГПП}} &= \sqrt{(\sum P_{p\Sigma} + \Delta P_{T.\text{ГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T.\text{ГПП}} - Q_{кв})^2} = \\ &= \sqrt{(4199,6 + 115,9)^2 + (3994,4 + 583,2 - 2986,5)^2} = 4599,5 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

На основании определенного значения полной расчетной мощности в дальнейшем рассчитаем мощность трансформаторов ГПП.

4 КАРТОГРАММА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

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

Радиусы окружностей для каждого цеха определяем из выражения:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi \cdot m}}, \text{ мм}; \quad (14)$$

где S_{pi} – расчётная полная мощность i –го цеха с учётом освещения, кВА; m – масштаб для определения площади круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаем отдельными кругами. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Осветительную нагрузку наносим в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора (α) определяем из соотношения полных расчётных (S_{pi}) и осветительных нагрузок (P_{po}) цехов:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{S_{pi}}; \quad (15)$$

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

$$x_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}}; \quad (16)$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}}. \quad (17)$$

Расчетные данные для построения картограммы нагрузок приведены в таблице 7. Генплан предприятия с картограммой нагрузок представлен на рисунке 3.

Таблица 7 - Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

N цеха по генплану	S_{pi} , кВА	P_{po} , кВт	R , мм	α , град	x_i , мм	y_i , мм	$S_{pi} \cdot x_i$, кВА·мм	$S_{pi} \cdot y_i$, кВА·мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,38 кВ								
1	639,6	52,2	14,27	29,40	118	39	75470,13	24943,52
2	78,3	6,5	4,99	29,98	240	63	18786,31	4931,406
3	160,2	3,2	7,14	7,26	220	57	35248,4	9132,54
4	322,6	3,8	10,14	4,26	201	57	64836,16	18386,37
5	690,6	14,9	14,83	7,76	152	78	104970,9	53866,66
6	110,7	14,6	5,94	47,47	107	85	11844,84	9409,451
7	442,0	5,6	11,86	4,57	80	112	35360,41	49504,57
8	1034,4	8,4	18,15	2,93	118	124	122056,3	128262,6
9	856,5	11,4	16,52	4,81	185	124	158448,4	106203,2
10	791,4	4,8	15,88	2,19	239	124	189133,5	98127,84
11	49,7	9,2	3,98	66,53	211	160	10490,85	7955,148
Потребители 10кВ								
12	357	---	10,66	---	211	160	75327	57120
Итого	5532,9	---	---	---	---	---	901973,2	567843,3

Координаты Центра Энергетических Нагрузок:

$$X_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}} = \frac{901973,2}{5532,9} = 163,02 \text{ мм}; \quad Y_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}} = \frac{567843,3}{5532,9} = 102,63 \text{ мм}.$$

Так как расположить ГПП в центре электрических нагрузок невозможно, наиболее целесообразно сместить ее в сторону источника питания (рисунок 4).

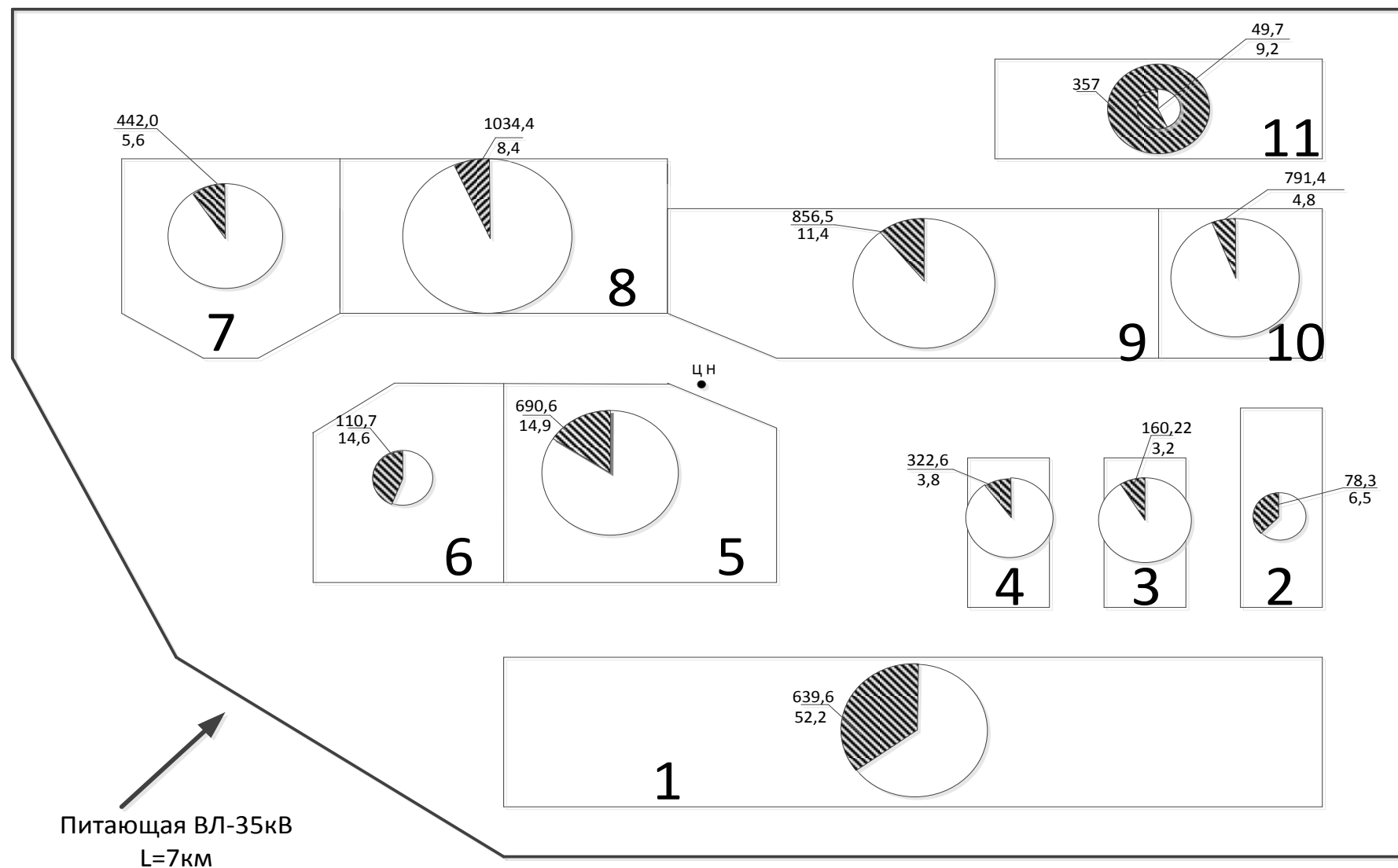
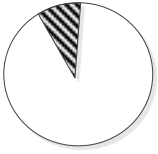
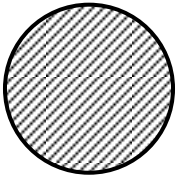


Рисунок 3 - Картограмма электрических нагрузок

Условные обозначения на рисунке 3:



Электрическая нагрузка до 1000 В (заштрихованный сектор – нагрузка освещения)



Электрическая нагрузка выше 1000 В

$$\frac{1072}{61}$$

$\frac{\text{Расчетная полная мощность цеха, кВА}}{\text{Расчетная активная мощность освещения, кВт}}$

ЦН
•

Центр электрических нагрузок завода

5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

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

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{цехов}}, \text{кВА} / \text{м}^2; \quad (18)$$

Минимальное число трансформаторов цеховых ТП:

$$N_0 = \frac{\Sigma(P_p^H + P_{PO})}{\beta_T S_{H.ТР.}}, \text{шт}; \quad (19)$$

по формуле (18): $\sigma = \frac{5168,46}{63560} = 0,081 \text{ кВА} / \text{м}^2$;

По табл 2.5 [3, стр 36]: примем $S_{H.ТР.} = 630 \text{ кВА}$;

По формуле (19): $N_0 = \frac{(3752 + 139,2)}{0,7 \cdot 630} = 8,8 \text{ шт}$;

Принимаем $N = 9$ шт трансформаторов

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

Определяем активную нагрузку на один трансформатор:

$$P_1 = \frac{P_p + P_{PO}}{N} = \frac{3752 + 139,2}{9} = 432,5 \text{ кВт};$$

Определим число трансформаторов для установки в цехах предприятия:

$$N_1 = \frac{(P_p + P_{PO})}{P_1}, \text{шт}; \quad (20)$$

Таблица 8 - Число трансформаторов в цехе

№ п/п	Наименование цехов	$P_p + P_{PO}$, кВт	Количество трансформаторов, N
1	Главный корпус	502,2	1,2
2	Администрация	61,5	0,1
3	Ремонтно-механический	106,2	0,2
4	Инструментальный	243,8	0,6
5	Обмоточный	524,9	1,2
6	Лаборатория	84,6	0,2
7	Кузнечный	355,6	0,8
8	Штамповочный	728,4	1,7
9	Сборочный	605,4	1,4
10	Литейный	634,8	1,5
11	Компрессорная	39,2	0,1

Проверка:

$$\sum n_i = 1,2 + 0,1 + 0,2 + 0,6 + 1,2 + 0,2 + 0,8 + 1,7 + 1,4 + 1,5 + 0,1 = 9 \text{ шт.}$$

Для повышения качества и надежности электроснабжения для питания отдельных цехов используем двухтрансформаторные ТП, а также помня о том что принятая мощность $S_{н.тр.} = 630 \text{ кВА}$ является минимальной, в отдельных цехах увеличим $S_{н.тр.}$ до 1000 кВА .

Так как к предприятиям нефтяной отрасли предъявляются повышенные требования пожарной безопасности остановим выбор на трансформаторах марки ТСЗГЛ (сухой с литой изоляцией). Перечислим основные достоинства определившие выбор данных трансформаторов:

- сухие литые трансформаторы отличаются компактными размерами, которые в несколько раз меньше, чем у маслонаполненных силовых трансформаторов;
- в процессе эксплуатации потребуется минимальное количество затрат на техническое обслуживание;
- высокий уровень стойкости к воздействию негативных факторов окружающей среды;
- для сухих литых трансформаторов характерно отсутствие выбросов масла и выделения вредных веществ во время пожара;
- цена на сухой трансформатор конкурентоспособна на рынке маслонаполненного оборудования с аналогичными параметрами.

Распределение электрических нагрузок по пунктам питания сведем в таблицу

9.

Загрузка ТП определена по формуле:

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

Зная что загрузка трансформаторов в нормальном режиме не

должна превышать 70%, сделаем вывод о правильности выбора трансформаторов ТП.

Таблица 9 - Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

№ п/п	Наименование пункта питания/кол-во и мощность трансформатор ов	Потребители энергии	Место расположения пункта питания на генплане	Загрузка ТП, %	Примечания
1	ТП – 1 1х1000кВА	Цех – 7	Цех – 7	42	III категория Потребители 0,38 кВ
2	ТП – 2 2х630кВА	Цех – 1	Цех – 1	51	II категория Потребители 0,38 кВ
3	ТП – 3 2х1000кВА	Цеха – 8, 6	Цех – 8	57	III категория Потребители 0,38 кВ
4	ТП – 4 2х630кВА	Цеха – 2, 3, 4	Цех – 3	45	III категория Потребители 0,38 кВ
5	ТП – 5 2х630кВА	Цех – 5	Цех – 5	55	III категория Потребители 0,38 кВ
6	ТП – 6 2х1000кВА	Цех – 9	Цех – 9	43	III категория Потребители 0,38 кВ
7	ТП – 7 2х1000кВА	Цеха – 10, 11	Цех – 10	42	II категория Потребители 0,38 кВ
6	РУ – 1	Цех - 11 (потребители 10кВ)	Цех – 11	---	II категория Потребители выше 1000 В

В литейном и кузнечном цехе КТП внутренней установки не применимы, по условиям таблицы 3. Расположение трансформаторных подстанций завода показано на рисунке 4.

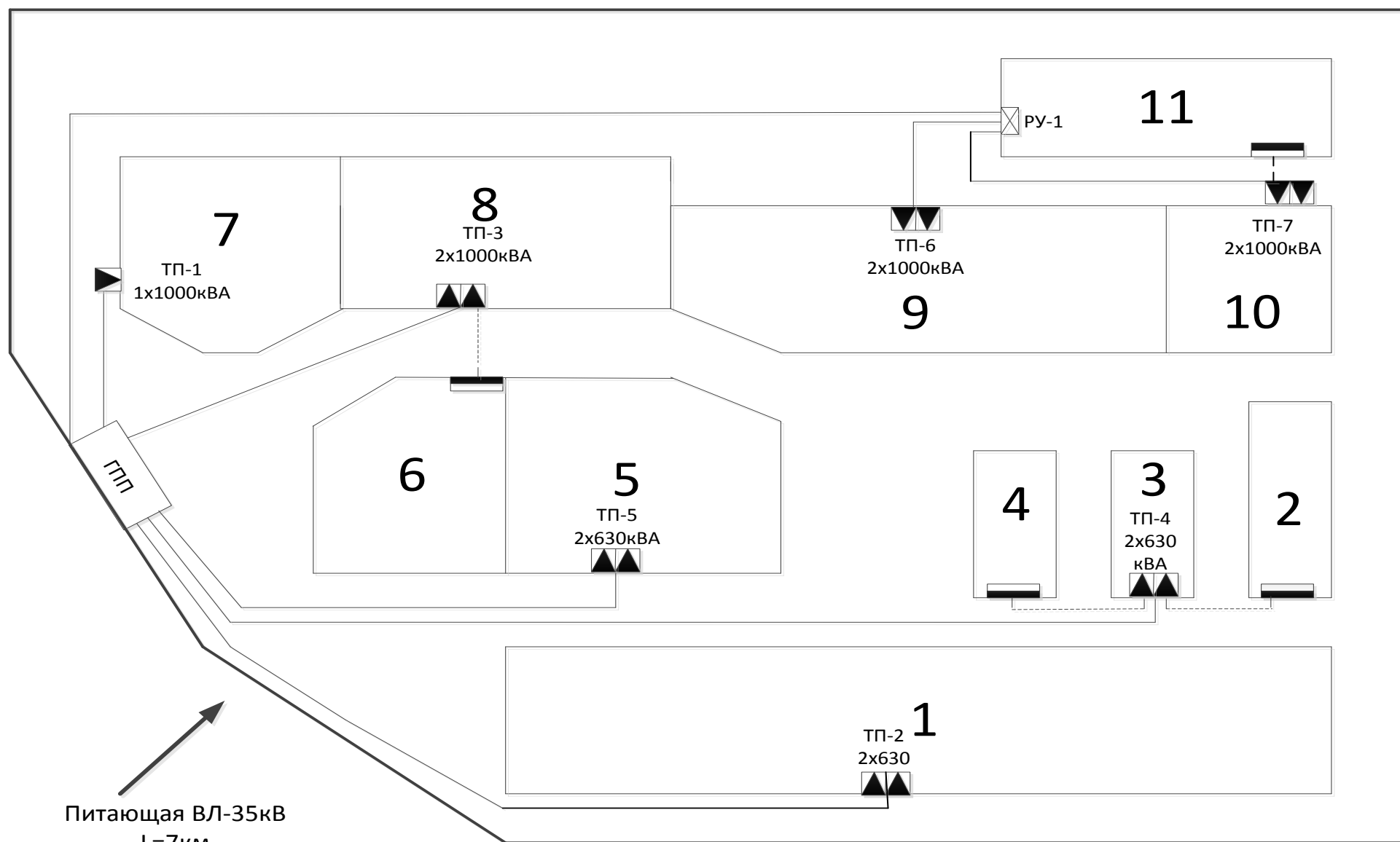


Рисунок 4 - Расположение трансформаторных подстанций завода.

Условные обозначения на рисунке 4:

	Распределительное устройство ГПП
	Распределительное устройство выше 1000 В
	Цеховая двухтрансформаторная подстанция
	Цеховая трансформаторная подстанция
	Распределительный пункт до 1000 В
	Распределительная сеть выше 1000 В
	Распределительная сеть до 1000 В (между цехами)

6 СХЕМА ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Мощность трансформаторов ГПП определяется по выражению:

$$S_{н.тр} = \frac{S_{р.ГПП}}{2 \cdot \beta_T} = \frac{4599,5}{2 \cdot 0,7} = 3285,4 \text{ МВА},$$

где $S_{р.ГПП}$ – полная расчётная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;

β_T – коэффициент загрузки трансформаторов ГПП (принимаем 0,7 согласно [3, стр.41]);

2 – число трансформаторов на ГПП.

Полученное значение $S_{н.тр}$ округляем до ближайшего стандартного значения и выбираем в качестве трансформаторов ГПП два двухобмоточных трансформатора типа TS3R36-4000 ЗАО "Электронмаш". Основные характеристики, по данным завода изготовителя, приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Характеристики трансформатора TS3R36-4000

Модель трансформатора	Мощность, кВА	Uк, %	Ро, Вт	Ркз (75°), Вт	Ркз (120°), Вт	Io, %
TS3R36	4000	7÷8	8400	29500	33400	0,44

Питающие линии выполняются проводом АС. Выбор сечения провода производится по нагреву расчётным током и экономической плотности тока:

$$I_P = \frac{S_{р.ГПП}}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{4599,5}{2\sqrt{3} \cdot 35} = 38,7 \text{ А};$$

В аварийном режиме $I_{р.макс} = 2 \cdot I_P = 2 \cdot 38,7 = 77,4 \text{ А};$

Так как основные узлы предприятия работают в две смены, то в соответствии с [1, стр.80] $T_m = 3500-4500$ ч. Соответственно экономическая плотность тока будет равна $i_{ЭК} = 1,1 \text{ А/мм}^2$, согласно [2, стр.78].

Рассчитаем экономически целесообразное сечение:

$$S_{ЭК} = \frac{I_P}{i_{ЭК}} = \frac{38,7}{1,1} = 35,2 \text{ мм}^2;$$

Полученное сечение округляем до стандартного и в соответствии с [11, табл.2.5.5] принимаем для питающей ВЛ провод марки АС – 50.

Для данного провода сделаем необходимые проверки: Для АС – 50 допустимый ток $I_{доп} = 210 \text{ А}.$

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

$$1,3 \cdot 210 > 77,4 \text{ А};$$

$$273 > 77,4 \text{ А}.$$

где 1,3 – коэффициент допустимой перегрузки линии.

2. по механической прочности $F_{ЭК.вллн} > F_{\min.мех}; 50 = 50 \text{ мм}^2.$

3. по допустимой потере напряжения $I_{доп} = I_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{доп\%} \cdot K_3 \geq l;$

где $l_{\Delta U 1\%}$ – длина линии при полной нагрузке на 1% потери напряжения, принимаем по справочной литературе [3, стр.90], км;

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

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

$l_{\text{доп}}$ – допустимая длина линии, км;

l – фактическая длина линии, км;

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

$$1,48 \cdot 5 \cdot \frac{210}{38,7} = 40,2 > 7 \text{ км.}$$

Проверку по условию коронирования проводов делать нет необходимости, так как напряжение питающей ВЛ=35 кВ < 110 кВ.

Принятая схема внешнего электроснабжения отвечает основным требованиям, предъявляемым к схемам внешнего электроснабжения:

- необходимая надёжность;
- простота и удобство в эксплуатации;
- при аварийных ситуациях (выход из строя линии, трансформатора) оставшийся в работе элемент принимает на себя полностью или частично нагрузку с учётом дополнительной перегрузки в послеаварийном режиме работы (трансформатор допускает перегрузку 40%, линии 30%);
- схема учитывает перспективу развития предприятия;
- схема обеспечивает возможность проведения плановых и внеплановых ремонтных работ.

Электроснабжение завода ЗАО «Нефтеоборудование» осуществляется от подстанции энергосистемы по двухцепной ВЛ– 35кВ, выполненной проводом АС – 50 на железобетонных промежуточных и металлических анкерных двухцепных опорах. При выборе места размещения ГПП на территории завода принят некий компромисс между расчётным центром электрических нагрузок и расположением питающей ВЛ. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора TS3R36 – 4000/35. РУ напряжения 35кВ комплектного типа блочно-модульной конструкции, собрано по схеме «мостика» с вакуумными выключателями в цепях трансформаторов, а также на «мостике». Режим работы трансформаторов – раздельный, что позволит снизить токи короткого замыкания в сети 10кВ. РУ 10кВ ГПП выполнено закрытым, с одной секционированной системой шин. Данное схемное решение при своей относительной простоте обеспечивает достаточно высокую степень надёжности питания потребителей, так как есть два взаиморезервируемых источника питания, а применение комплектных блоков при строительстве ОРУ-35кВ позволит снизить габариты и стоимость монтажа. Схема разработана на основе комплектных блоков выпускаемых компанией «Стилкон» (Рисунок 5, 6).

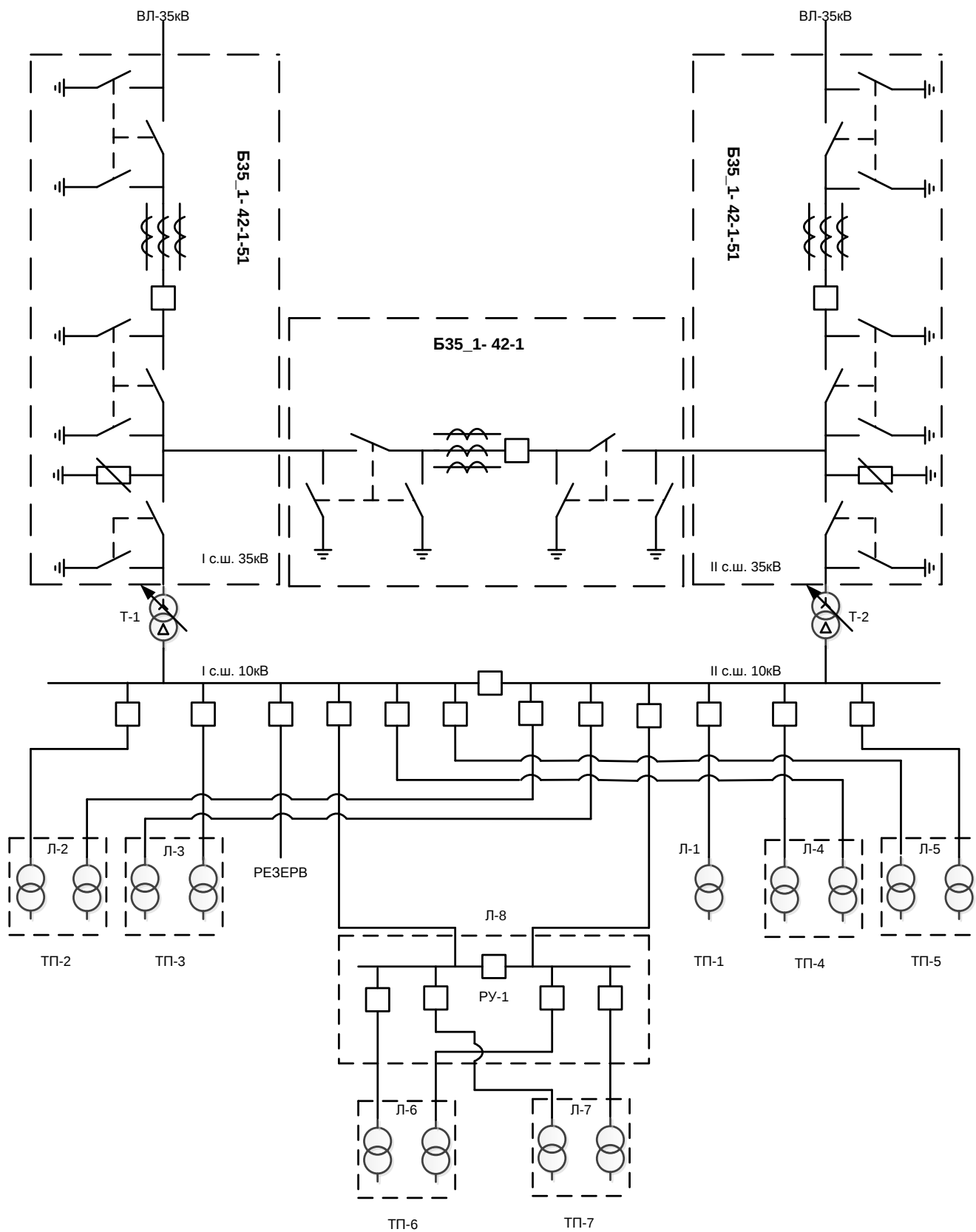
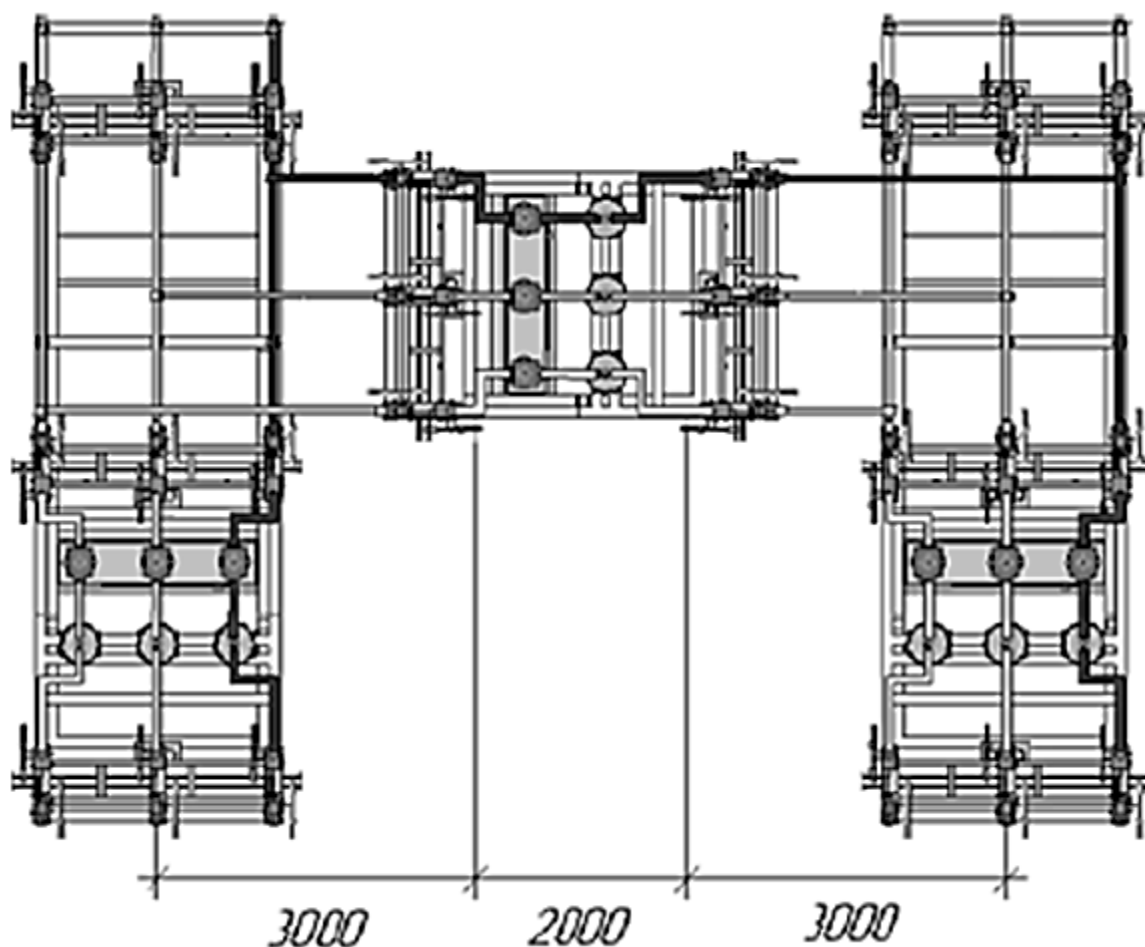


Рисунок 5 - Схема главных электрических соединений ГПП завода и питания цеховых подстанций

Таблица 11 - Длины питающих линий 10кВ

Обозначение линии на схеме	Длина, м
Л1	46,3
Л2	271
Л3	110,5
Л4	334,1
Л5	165,8
Л6	55,8
Л7	115,7
Л8	404,0



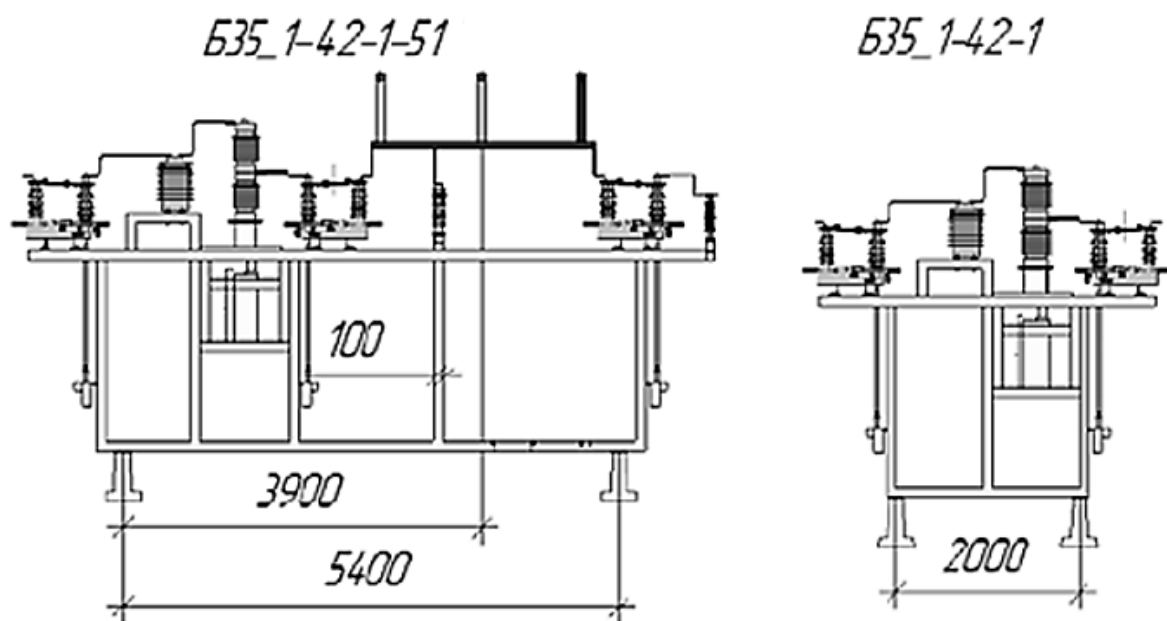


Рисунок 6 - Общий вид и габариты блочных модулей ОРУ-35кВ

7 ВЫБОР ПИТАЮЩИХ КАБЕЛЕЙ ВНУТРИЗАВОДСКОЙ СЕТИ 10кВ

Распределительная сеть 10кВ по территории завода выполняется одножильными кабелями марки АПвВнг(А)-ХЛ-10 с изоляцией из сшитого полиэтилена. Данный тип кабеля выбран из следующих соображений:

- Кабели предназначены для использования в условиях опасных производственных объектов нефтехимии, нефтепереработки, нефтегазового комплекса и других взрывопожароопасных производств, кроме подземных выработок.
- Кабели по конструктивному исполнению и техническим характеристикам соответствуют международному стандарту МЭК 60502–2.
- Кабели применяются для групповой прокладки кабельных линий в кабельных сооружениях и производственных помещениях, прокладки на эстакадах.
- Кабели соответствуют категории А по нераспространению горения по ГОСТ Р МЭК 60332-3-22-2005.
- Класс пожарной опасности кабелей по ГОСТ Р 53315-2009- П1.8.2.3.4.
- Кабели применяются для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-Іб, В-Іг, В-ІІ, В-ІІа.

Условия прокладки:

- Прокладка по территории завода предполагается в кабельных каналах;
- Расположения кабеля в канале: в одной плоскости на расстоянии друг от друга не менее одного диаметра кабеля;
- Расстояние между группами кабелей в канале 200 мм;
- Расчетная температура воздуха 25 °С;

Сечение кабельных линий выбирается по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение определяется из выражения:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{i_{\text{ЭК}}}, \text{ мм}^2; \quad (21)$$

где I_p – расчётный ток установки, А;

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

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

Выбор кабеля для линии Л1 (ГПП – ТП -1, линия одноцепная):

$$\text{Определяем } I_p = \frac{n \cdot S_{H.TP}}{m \cdot \sqrt{3} U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ А.}$$

n -количество трансформаторов на подстанции.

m -количество проложенных линий до подстанции.

Используя исходные данные и справочную литературу для кабелей с алюминиевыми жилами [1, стр.80], [2,стр.78] найдем величину $i_{\text{эк}} = 1,7 \text{ А/мм}^2$.

$$\text{Рассчитаем экономически целесообразное сечение } F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{i_{\text{ЭК}}} = \frac{57,8}{1,7} = 34 \text{ мм}^2.$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 35 мм^2 .

По Табл.3[12, стр.6] выбираем кабель марки АПвВнг(А)-ХЛ-10-3(1х35), у которого $I_{\text{ДОП.ТАБЛ}} = 189 \text{ А}$;

$$I_{\text{ДОП}} = k_{\text{ПР}} \cdot I_{\text{ДОП.ТАБЛ}} = 1 \cdot 189 = 189 \text{ А.}$$

где $k_{\text{пр}} = 1$, т.к. в кабель-канале имеется вентиляция, кабели в воздухе.

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{\text{ДОП}} \quad 57,8 < 189 \text{ А}$;

Проверку в аварийном режиме не выполняем, так как линия одноцепная, и в случае аварии электроснабжение прекращается.

Проверка показала, что кабель выбран верно. Сечение медного экрана выберем после расчета токов КЗ.

Выбор кабеля для линии Л2 (ГПП – ТП -2, линия двухцепная):

$$\text{Определяем } I_p = \frac{n S_{H.TP}}{m \sqrt{3} U_H} = \frac{2 \cdot 630}{2 \sqrt{3} \cdot 10} = 36,4 \text{ А.}$$

$$\text{Определяем } I_{n/ав} = 2 I_p = 2 \cdot 36,4 = 72,8 \text{ А.}$$

n -количество трансформаторов на подстанции.

m -количество проложенных линий до подстанции.

Используя исходные данные и справочную литературу [1, стр.80], [2,стр.78] найдем величину $i_{\text{эк}} = 1,7 \text{ А/мм}^2$.

$$\text{Рассчитаем экономически целесообразное сечение } F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{i_{\text{ЭК}}} = \frac{36,4}{1,7} = 21,4 \text{ мм}^2;$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 35 мм^2 .

По Табл.3[12, стр.6] выбираем кабель марки АПвВнг(А)-ХЛ-10-3(1х35), у которого $I_{\text{ДОП.ТАБЛ}} = 189 \text{ А}$;

$$I_{\text{ДОП}} = k_{\text{ПР}} \cdot I_{\text{ДОП.ТАБЛ}} = 1 \cdot 189 = 189 \text{ А.}$$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{\text{ДОП}} \quad 36,4 < 189 \text{ А}$;

$$I_{\text{П/АВ}} \leq 1,3 I_{\text{ДОП}} \quad 72,8 < 245,9 \text{ А.}$$

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Сечение медного экрана выберем после расчета токов КЗ.

Выбор кабеля для линии ЛЗ (ГПП - ТП 3, линия двухцепная):

Определяем $I_p = \frac{nS_{н.тп}}{m\sqrt{3}U_H} = \frac{2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ А}.$

Определяем $I_{н/ав} = 2I_p = 2 \cdot 57,8 = 115,6 \text{ А}.$

n -количество трансформаторов на подстанции.

m -количество проложенных линий до подстанции.

Используя исходные данные и справочную литературу [1, стр.80], [2,стр.78] найдем величину $i_{эк} = 1,7 \text{ А/мм}^2.$

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{57,8}{1,7} = 34 \text{ мм}^2.$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения $35 \text{ мм}^2.$

По Табл.3[12, стр.6] выбираем кабель марки АПвВнг(А)-ХЛ-10-3(1х35), у которого $I_{ДОП.ТАБЛ} = 189 \text{ А};$

$$I_{ДОП} = k_{ПР} \cdot I_{ДОП.ТАБЛ} = 1 \cdot 189 = 189 \text{ А}.$$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{ДОП} \quad 57,8 < 189 \text{ А};$

$$I_{П/АВ} \leq 1,3I_{ДОП} \quad 115,6 < 245,7 \text{ А}.$$

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Сечение медного экрана выберем после расчета токов КЗ.

Выбор кабеля для линии Л4 (ГПП – ТП 4, линия двухцепная):

Определяем $I_p = \frac{nS_{н.тп}}{m\sqrt{3}U_H} = \frac{2 \cdot 630}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 36,4 \text{ А}.$

Определяем $I_{н/ав} = 2I_p = 2 \cdot 36,4 = 72,8 \text{ А}.$

n -количество трансформаторов на подстанции.

m -количество проложенных линий до подстанции.

Используя исходные данные и справочную литературу [1, стр.80], [2,стр.78] найдем величину $i_{эк} = 1,7 \text{ А/мм}^2.$

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{36,4}{1,7} = 21,4 \text{ мм}^2;$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения $35 \text{ мм}^2.$

По Табл.3[12, стр.6] выбираем кабель марки АПвВнг(А)-ХЛ-10-3(1х35), у которого $I_{ДОП.ТАБЛ} = 189 \text{ А};$

$$I_{ДОП} = k_{ПР} \cdot I_{ДОП.ТАБЛ} = 1 \cdot 189 = 189 \text{ А}.$$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{ДОП} \quad 36,4 < 189 \text{ А};$

$$I_{П/АВ} \leq 1,3I_{ДОП} \quad 72,8 < 245,9 \text{ А}.$$

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Сечение медного экрана выберем после расчета токов КЗ.

Выбор кабеля для линии Л5 (ГПП – ТП 5, линия двухцепная):

Определяем $I_p = \frac{nS_{H.TP}}{m\sqrt{3}U_H} = \frac{2 \cdot 630}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 36,4 \text{ A}.$

Определяем $I_{n/ав} = 2I_p = 2 \cdot 36,4 = 72,8 \text{ A}.$

n -количество трансформаторов на подстанции.

m -количество проложенных линий до подстанции.

Используя исходные данные и справочную литературу [1, стр.80], [2,стр.78] найдем величину $i_{эк} = 1,7 \text{ A/мм}^2$

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{36,4}{1,7} = 21,4 \text{ мм}^2;$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения $35 \text{ мм}^2.$

По Табл.3[12, стр.6] выбираем кабель марки АПвВнг(А)-ХЛ-10-3(1х35), у которого $I_{ДОП.ТАБЛ} = 189 \text{ A};$

$$I_{ДОП} = k_{ПР} \cdot I_{ДОП.ТАБЛ} = 1 \cdot 189 = 189 \text{ A}.$$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{ДОП} \quad 36,4 < 189 \text{ A};$

$$I_{П/АВ} \leq 1,3I_{ДОП} \quad 72,8 < 245,9 \text{ A}.$$

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Сечение медного экрана выберем после расчета токов КЗ.

Выбор кабеля для линии Л6 (РУ-1 – ТП 6, линия двухцепная):

Определяем $I_p = \frac{nS_{H.TP}}{m\sqrt{3}U_H} = \frac{2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ A}.$

Определяем $I_{n/ав} = 2I_p = 2 \cdot 57,8 = 115,6 \text{ A}.$

n -количество трансформаторов на подстанции.

m -количество проложенных линий до подстанции.

Используя исходные данные и справочную литературу [1, стр.80], [2,стр.78] найдем величину $i_{эк} = 1,7 \text{ A/мм}^2.$

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{57,8}{1,7} = 34 \text{ мм}^2.$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения $35 \text{ мм}^2.$

По Табл.3[12, стр.6] выбираем кабель марки АПвВнг(А)-ХЛ-10-3(1х35), у которого $I_{ДОП.ТАБЛ} = 189 \text{ A};$

$$I_{ДОП} = k_{ПР} \cdot I_{ДОП.ТАБЛ} = 1 \cdot 189 = 189 \text{ A}.$$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{ДОП} \quad 57,8 < 189 \text{ A};$

$$I_{П/АВ} \leq 1,3I_{ДОП} \quad 115,6 < 245,7 \text{ A}.$$

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Сечение медного экрана выберем после расчета токов КЗ.

Выбор кабеля для линии Л6 (РУ-1 – ТП 7, линия двухцепная):

Определяем $I_p = \frac{nS_{H.TP}}{m\sqrt{3}U_H} = \frac{2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ A}.$

Определяем $I_{n/ав} = 2I_p = 2 \cdot 57,8 = 115,6 \text{ A}.$

n -количество трансформаторов на подстанции.

m -количество проложенных линий до подстанции.

Используя исходные данные и справочную литературу [1, стр.80], [2,стр.78] найдем величину $i_{эк} = 1,7 \text{ A/мм}^2.$

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{57,8}{1,7} = 34 \text{ мм}^2.$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения $35 \text{ мм}^2.$

По Табл.3[12, стр.6] выбираем кабель марки АПвВнг(А)-ХЛ-10-3(1х35), у которого $I_{ДОП.ТАБЛ} = 189 \text{ A};$

$I_{ДОП} = k_{ПР} \cdot I_{ДОП.ТАБЛ} = 1 \cdot 189 = 189 \text{ A}.$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{ДОП} \quad 57,8 < 189 \text{ A};$

$I_{П/АВ} \leq 1,3I_{ДОП} \quad 115,6 < 245,7 \text{ A}.$

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Сечение медного экрана выберем после расчета токов КЗ.

Выбор кабеля для линии Л8 (ГПП – РУ-1, линия двухцепная):

Определяем $I_p = \frac{S_p^B + n \cdot S_{H.TP}}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{357 + 4000}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 126 \text{ A}.$

Определяем $I_{П/АВ} = 2I_p = 2 \cdot 126 = 252 \text{ A}.$

m -количество проложенных линий до РУ.

Используя исходные данные и справочную литературу [1, стр.80], [2,стр.78] найдем величину $i_{эк} = 1,7 \text{ A/мм}^2.$

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{252}{1,7} = 148 \text{ мм}^2.$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения $150 \text{ мм}^2.$

По Табл.3[12, стр.6] выбираем кабель марки АПвВнг(А)-ХЛ-10-3(1х150), у которого $I_{ДОП.ТАБЛ} = 452 \text{ A};$

$I_{ДОП} = k_{ПР} \cdot I_{ДОП.ТАБЛ} = 1 \cdot 452 = 452 \text{ A}.$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{ДОП} \quad 126 < 452 \text{ A};$

$I_{П/АВ} \leq 1,3I_{ДОП} \quad 252 < 587,6 \text{ A}.$

Результаты расчетов сведем в таблицу 12.

Таблица 12 - Марки и сечения питающих кабелей сети 10кВ

№	Назначение линии	Количество линий	Расчётная нагрузка на один кабель		Длина линии, м*	Способ прокладки	Поправочный коэффициент прокладки кабеля	сечение кабеля АПВВнг(А)-ХЛ-10, выбранного по условию допустимого нагрева $S, \text{мм}^2$	Допустимая нагрузка на один кабель	
			в нормальном режиме $I_p, \text{А}$	в аварийном режиме $I_a, \text{А}$					в нормальном режиме $I_{доп}, \text{А}$	в аварийном режиме $1,3I_{доп}, \text{А}$
1	ГПП – ТП 1	1	57,8	57,8	46,3	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
2	ГПП – ТП 2	2	36,4	72,8	271	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
3	ГПП – ТП3	2	57,8	115,6	110,5	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
4	ГПП – ТП4	2	36,4	72,8	334,1	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
5	ГПП – ТП5	2	36,4	72,8	165,8	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
6	РУ1 – ТП6	2	57,8	115,6	55,8	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
7	РУ1 – ТП7	2	57,8	115,6	115,7	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
8	ГПП-РУ 1	2	126	252	404,0	в кабельном канале	1	3(1х150)	452	587,6

*-длины кабелей определены с учетом вводов в ТП и РУ (+4 метра к длине), а также с учетом не линейной прокладки в кабельном канале (+4% на "змейку").

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 расчёта этих величин.

Расчёт токов КЗ ведётся в относительных единицах. Для этого все расчётные данные приводят к базисному напряжению и базисной мощности.

Величина базисного напряжения $U_б$ превышает номинальное на 5%. За базисную мощность $S_б$ принимают любое число кратное 10.

Для расчёта токов КЗ составляется расчётная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются все источники питания (п/ст энергосистемы, генераторы ТЭЦ), трансформаторы, воздушные и кабельные линии.

По расчётной схеме составляется схема замещения, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчётов токов КЗ.

Базисные сопротивления в относительных единицах определяются по следующим формулам:

1. сопротивление воздушных и кабельных линий:

$$r_{б*} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_б}{U_б^2}; \quad (22)$$

где r_0 и x_0 – соответственно активное и индуктивное сопротивление линии на один км длины, Ом/км;

l – длина линии, км.

2. индуктивное сопротивление трансформатора:

$$x_{б*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_б}{U_б^2}; \quad (23)$$

где U_k – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$S_{н.тр}$ – номинальная мощность трансформатора, МВА.

Для генераторов, трансформаторов, высоковольтных линий обычно учитываются только индуктивные сопротивления, но для более точного расчета токов КЗ будем учитывать для ВЛ и КЛ также и активное сопротивление.

3. Действующее значение установившегося тока КЗ:

$$I_k = \frac{I_б}{Z_{б*\Sigma}}; \quad (24)$$

где $I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3}U_б}$ – базисный ток;

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

КЗ, выраженное в относительных единицах и приведенное к базисной мощности (если активное сопротивление не учитывается, то $Z_{б*\Sigma} = x_{б*\Sigma}$).

4. Ударный ток КЗ:

$$i_{y0} = I_k \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y0}, \text{ кА}; \quad (25)$$

где K_{y0} – ударный коэффициент.

По величине I_k проверяют электрические аппараты и токоведущие части на термическую устойчивость. По величине i_y проверяются аппараты на динамическую устойчивость.

Для расчёта токов КЗ принимаем базисные величины:

Согласно [3, стр.44] используя стандартный ряд базисных напряжений, принимаем $U_{б1}=37\text{кВ}$, $U_{б2}=10,5\text{кВ}$

За базисную мощность, согласно [3, стр.44] принимаем $S_{б}=100\text{МВА}$.

Принимаем, что мощность источника электроэнергии (энергосистемы) $S_c = \infty$ и соответственно индуктивное сопротивление $x_c = 0$.

Расчёт токов КЗ будем проводить для участка распределительной сети 10кВ ГПП-РУ-1. Для данного участка составим расчётную схему и схему замещения.

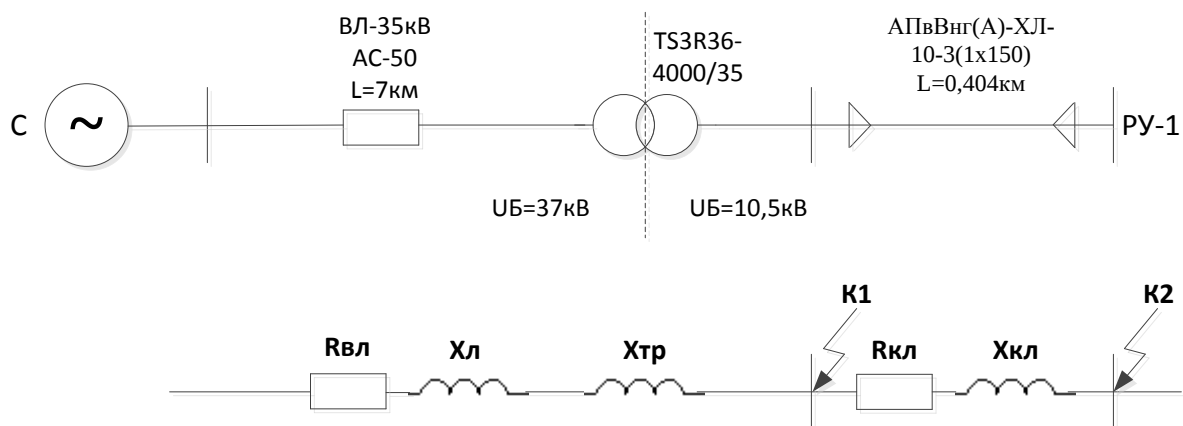


Рисунок 7 - Расчетная схема и схема замещения

Расчёт токов для точки К1:

Для ВЛ принимаем удельное индуктивное сопротивление при расстоянии между проводами ВЛ 3м $x_0 = 0,418\text{Ом}/\text{км}$, $r_0 = 0,625\text{Ом}/\text{км}$ согласно [5, стр.130].

Напряжение короткого замыкания для выбранного трансформатора, согласно таблицы 9, принимаем $U_k = 7,5\%$,

$$x_1^* = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{б}}{U_{б1}^2} = 0,418 \cdot 7 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,214;$$

$$r_1^* = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{б}}{U_{б2}^2} = 0,625 \cdot 7 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,319$$

$$x_2^* = x_{мп}^* = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_{б}}{S_{н.мп}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{4} = 1,875 \text{ о.е};$$

$$Z_{рез, K1} = \sqrt{(x_1^* + x_2^*)^2 + (r_1^*)^2} = \sqrt{(0,214 + 1,875)^2 + 0,319^2} = 2,11$$

$$I_{б} = \frac{S_{б}}{\sqrt{3}U_{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5\text{кА};$$

$$I_{K1} = \frac{I_{\delta}}{Z_{\text{рез.}K1}} = \frac{5,5}{2,11} = 2,61 \text{ кА};$$

Для точки К1 соотношение $\frac{X}{R} = 6,5 \Rightarrow K_{y\delta} \approx 1,65$ [10, рисунок 6.1]

$$i_{y1} = I_{K1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} = 2,61 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,65 = 6 \text{ кА}.$$

Расчёт токов для точки К2:

Для кабельных линий принимаем $r_o = 0,208$ (Ом/км), $x_o = 0,079$ (Ом/км), согласно [1, стр.139].

$$x_3^* = x_o \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 2}^2} = 0,079 \cdot 0,404 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0289;$$

$$r_2^* = r_o \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 2}^2} = 0,208 \cdot 0,404 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,076;$$

$$Z_{\text{рез.}K2} = \sqrt{(x_1^* + x_2^* + x_3^*)^2 + (r_1^* + r_2^*)^2} = \sqrt{(0,214 + 1,875 + 0,0289)^2 + (0,319 + 0,076)^2} = 2,16;$$

$$I_{K2} = \frac{I_{\delta}}{Z_{\text{рез.}K2}} = \frac{5,5}{2,16} = 2,55 \text{ кА};$$

Для точки К2 соотношение $\frac{X}{R} = 5,3 \Rightarrow K_{y\delta} \approx 1,55$ [10, рисунок 6.1]

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} = 2,55 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,55 = 5,5 \text{ кА}.$$

Используя полученные значения токов короткого замыкания проверим принятые ранее сечение кабелей на термическую стойкость при КЗ в начале линии, а также выберем сечение экранов кабелей.

Термически стойкое сечение равно:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C_T}, \text{ мм}^2; \quad (26)$$

где $B_{\kappa} = I_{\kappa}^2 (t_{\text{отк}} + T_a)$ – тепловой импульс тока КЗ, $\text{А}^2 \cdot \text{с}$; T_a – постоянная затухания апериодической составляющей тока КЗ, с; $t_{\text{отк}} = t_z + t_{\delta}$ – время отключения КЗ, с; t_z – время действия основной защиты, с; t_{δ} – полное время отключения выключателя, с; C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника:

- для кабелей до 10 кВ с алюминиевыми жилами $C_T = 90 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ [3, с. 43].

Для вакуумных выключателей 10кВ полное время отключения $t_{\delta} = 0,03 \text{ с}$ [1, табл. 31.1].

Время действия основной защиты $t_z = 1,0 \text{ с}$ [5, с. 206].

Определяем минимальное термически стойкое сечение кабельной линии Л8 (ГПП – РУ-1) по формуле (26):

$$F_{\min} = \frac{I_{\kappa 2} \cdot \sqrt{t_z + t_{\delta} + T_a}}{C_T} = \frac{2,55 \cdot \sqrt{1,0 + 0,03 + 0,017}}{90} \cdot 1000 \approx 30 \text{ мм}^2$$

$$\text{где } T_a = \frac{X_{\text{сум.К2}}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{\text{сум.К2}}} = \frac{2,1179}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,395} = 0,017 \text{ с}.$$

Таким образом, полученное по $j_{\text{ЭК}}$ сечение кабеля АПВВнг(А)-ХЛ-10 150мм² проходит проверку на термическую стойкость при КЗ в начале линии. Кроме этого требуется выбрать сечение медного экрана на основании рассчитанного значения $I_{\text{к2}} = 2,55 \text{ кА}$ принимаем сечение экрана 16 мм² по [таблице 12, 12]. Режим заземления экранов - по обоим концам кабеля.

Дальнейший расчёт сведём в таблицу 13.

Таблица 13 - Марки и сечения питающих кабелей выбранные по термической стойкости к токам КЗ.

№	Назначение линии	Количество линий	Расчётная нагрузка на один кабель		Длина линии, м	Способ прокладки	Поправочный коэффициент прокладки кабеля	сечение кабеля АПВВнг(А)-ХЛ-10, выбранного по условию допустимого нагрева $S, \text{ мм}^2$	Допустимая нагрузка на один кабель	
			в нормальном режиме $I_{\text{н}}, \text{ А}$	в аварийном режиме $I_{\text{а}}, \text{ А}$					в нормальном режиме $I_{\text{дон}}, \text{ А}$	в аварийном режиме $I_{\text{а}}, \text{ А}$
1	ГПП – ТП 1	1	57,8	57,8	46,3	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
2	ГПП – ТП 2	2	36,4	72,8	271	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
3	ГПП – ТП3	2	57,8	115,6	110,5	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
4	ГПП – ТП4	2	36,4	72,8	334,1	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
5	ГПП – ТП5	2	36,4	72,8	165,8	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
6	РУ1 – ТП6	2	57,8	115,6	55,8	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
7	РУ1 – ТП7	2	57,8	115,6	115,7	в кабельном канале	1	3(1х35)	189	245,9
8	ГПП-РУ 1	2	126	252	404,0	в кабельном канале	1	3(1х150)	452	587,6

9 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Расчет электроснабжения цеха можно провести в следующей последовательности:

1. Приёмники цеха распределяются по пунктам питания (силовым распределительным шкафам), выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до пунктов питания). Принятая схема (радиальная, магистральная, смешанная) питающей сети должна обеспечивать требуемую надёжность питания приёмников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приёмников и перемещения приёмников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учётом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов должно также соответствовать характеру окружающей среды;
2. Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания цеха;
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. Производится расчёт питающей и распределительных сетей по допустимой потере напряжения и построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ЗРУ ГПП до зажимов одного наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника, для режимов максимальной и минимальной нагрузок;
6. 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;
7. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника) строится карта селективности действия аппаратов защиты.

9.1 ВЫБОР ТИПА ПИТАЮЩЕЙ ТП ЦЕХА

В качестве питающей ТП цеха выбираем комплектную трансформаторную подстанцию внутренней установки типа 2КТП-ВЦ-АТ-630/10/0,4-УЗ серийно выпускаемую компанией ООО "Энергосоюз". КТП размещаем в отдельном помещении, отделённом от основного помещения цеха несгораемыми дверьми. Вентиляцию помещения КТП предусматриваем независимую от остальной площади цеха. Кроме нагрузки ремонтно-механического цеха, КТП также питает административное здание и инструментальный цех (рисунок 4).

В качестве силовых трансформаторов выбираем два сухих трансформатора типа ТСЗГЛ-630/10-У3, основные характеристики которых приведены в таблице 14.

Таблица 14 - Характеристики силовых трансформаторов КТП

Модель трансформатора	Мощность, кВА	U _к , %	P _о , Вт	P _{кз} , Вт	Схема и группа соединения обмоток	I _о , %
ТСЗГЛ-630/10-У3	630	5,5	1650	5730	Д/УН-11	2

Электрическая принципиальная схема КТП приведена на рисунке 8.

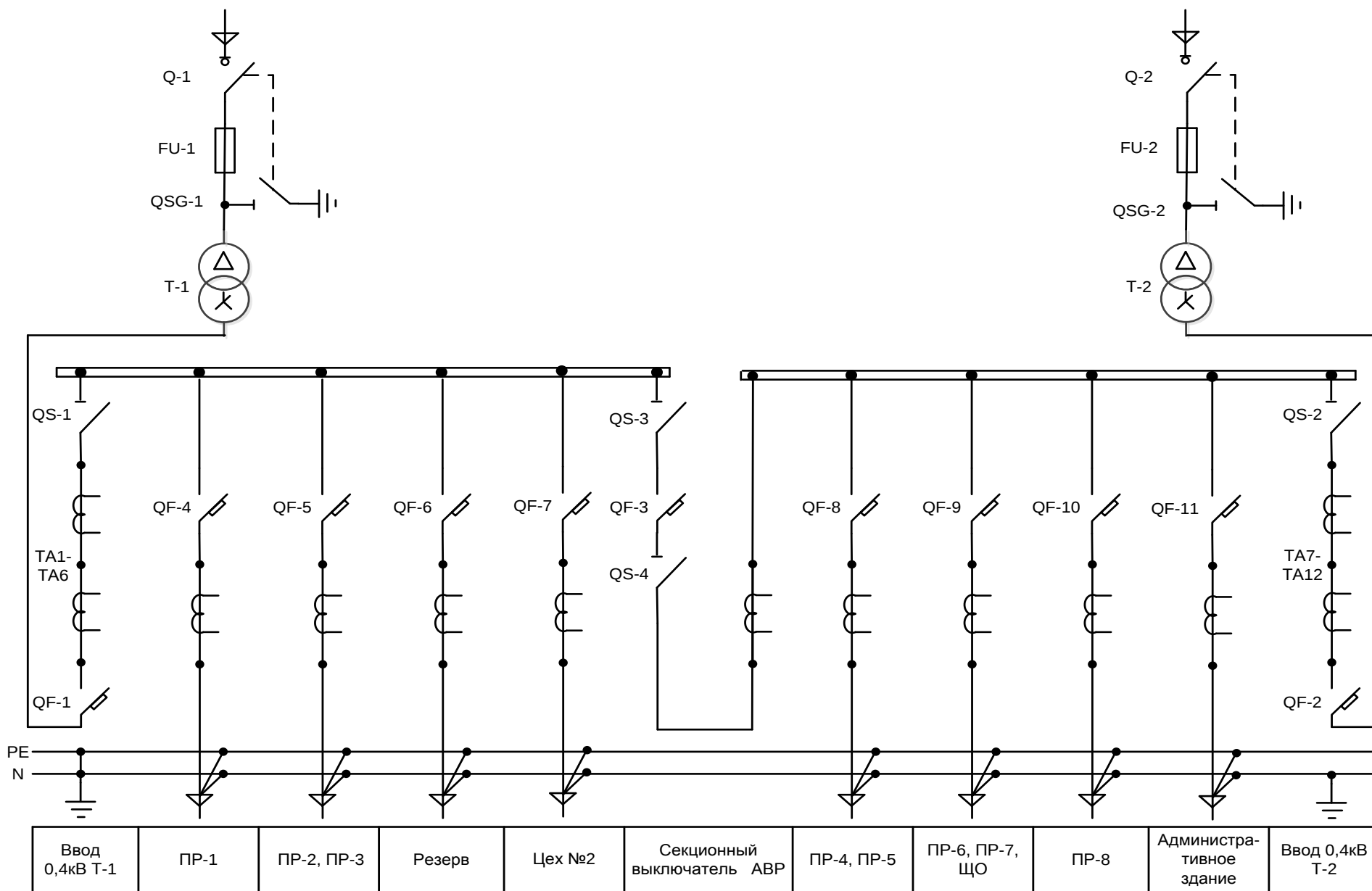


Рисунок 8 - Электрическая принципиальная схема КТП цеха

9.2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ ПО ПУНКТАМ ПИТАНИЯ

Распределение электроприёмников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному пункту ПР. Так как ПР бывают различных типов и имеют определённое число присоединений (до 12), то для каждого электроприёмника необходимо выбрать автоматический выключатель, а затем, зная тип автоматического выключателя, подключить его к соответствующему ПР. Кроме того, для каждого ПР необходимо выбрать вводной защитный аппарат.

Намечаем смешанную схему питающей сети цеха. Способ прокладки питающих кабелей (от КТП до пунктов питания) – в кабельных каналах в полу (рисунок 9).

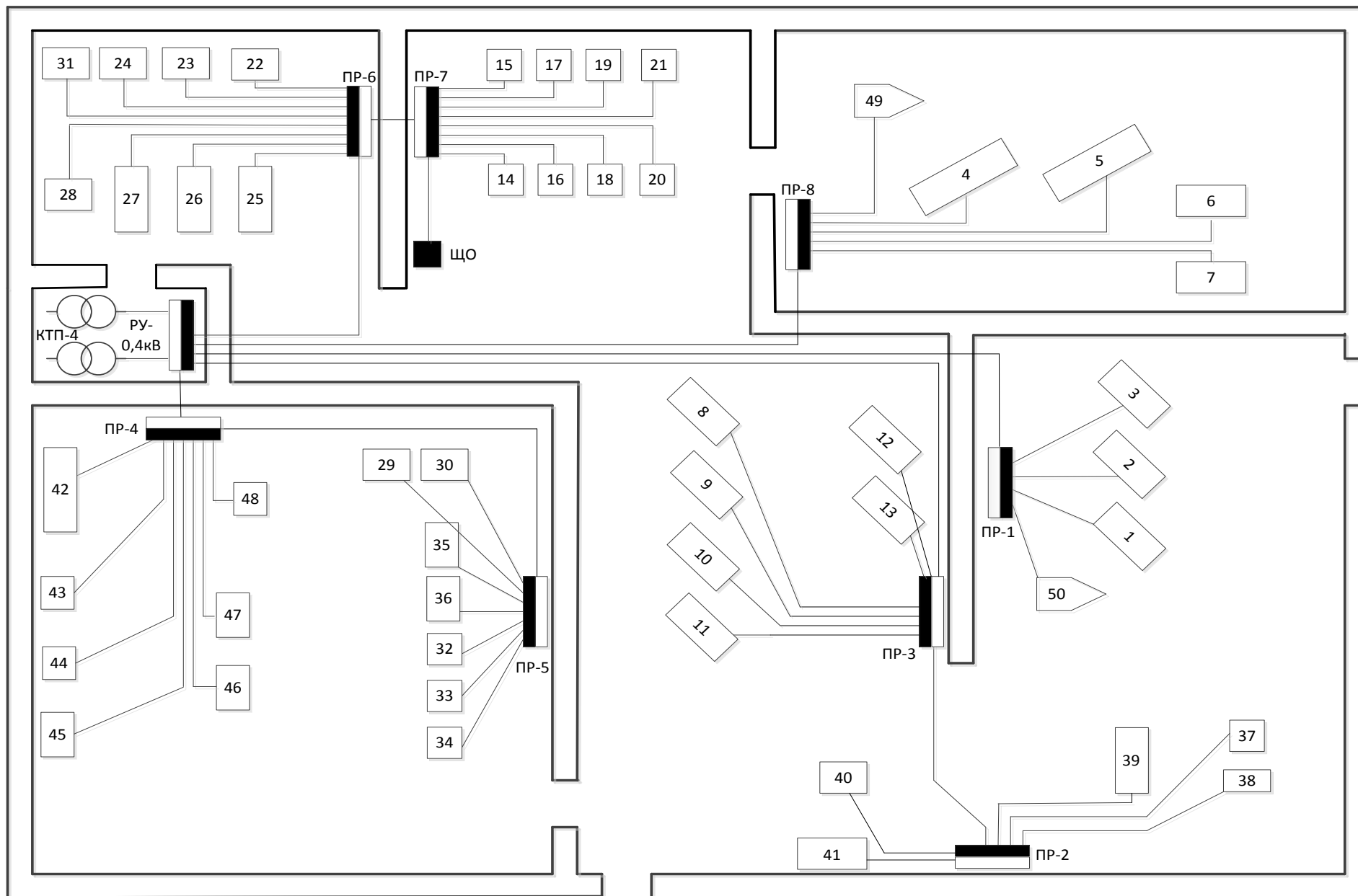


Рисунок 9 - Схема питающей и распределительной сети цеха

Таблица 15 - Расчетные нагрузки присоединений КТП цеха

п/п	Наименование групп ЭП	Нагрузка установленная						Нагрузка средняя за смену				Нагрузка максимальная			
		Кол-во	P_n кВт	ΣP_n кВт	m	K_n	$\cos\varphi / \tan\varphi$	$P_{см},$ кВт	$Q_{см},$ кВАр	n_3	K_M / K'_M	P_p кВт	Q_p кВАр	S_p кВА	I_p А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ПР-1														
	Группа А														
1	Вертикально-фрезерный станок	3	9	27		0,14	0,5/1,732	3,78	6,547						
	Итогопогруппе А	3	9	27	-	0,14	-	3,78	6,547	-	1,34	5,1	7,2		
	Группа Б														
1	Вентилятор	1	16	16		0,65	0,8/0,75	10,4	7,8						
	Итогопогруппе Б	1	16	16	-	-	-	10,4	7,8	-	1	10,4	7,8		
	Итогопо ПР-1	4	9-16	43				14,18	14,35			15,5	15	21,6	32,8
	ПР-2														
	Группа А														
1	Универсально-заточный станок	2	8	16		0,14	0,5/1,732	2,24	3,88						
2	Плоскошлифовальный станок	1	12	12		0,14	0,5/1,732	1,68	2,9						
3	Полировальный станок	2	3	6		0,14	0,5/1,732	0,84	1,45						
	Итого по группе А	5	3-12	34	>3	0,14	-	4,76	8,23	4	1,34	6,4	9,1		
	Итого по ПР-2	5	3-12	34				4,76	8,23			6,4	9,1	11,1	16,9
	ПР-3														
	Группа А														
1	Токарно-револьверный станок	4	9	36		0,14	0,5/1,732	5,04	8,73						
2	Токарно-винторезный станок	2	11	22		0,14	0,5/1,732	3,08	5,33						
	Итого по группе А	6	9-11	58	<3	0,14	-	8,12	14,06	6	1,34	10,9	15,5		
	Итого по ПР-3	6	9-11	58		-	-	8,12	14,06			10,9	15,5	18,9	28,8

	ПР-4														
	Группа А														
1	Сварочная машина	1	9	9		0,35	0,35/2,67	3,15	8,41						
2	Сварочная кабина	6	5	30		0,4	0,6/1,33	12	15,96						
	Итого по группе А	7	5-9	39	<3	0,28	-	15,2	24,4	7	1,34	20,4	26,8		
	Итого по ПР-4	7	5-9	39		-	-	15,2	24,4			20,4	26,8	27,5	41,8
	ПР-5														
	Группа А														
1	Вертикально-сверлильный станок	3	6	18		0,14	0,5/1,732	2,52	4,36						
2	Точильно-шлифовальный станок	2	11	22		0,14	0,5/1,732	3,08	5,33						
3	Радиально-сверлильный станок	2	4	8		0,14	0,5/1,732	1,12	1,94						
	Итого по группе А	7	6	48	<3	0,14	-	6,72	11,63	7	1,34	9	12,8		
	Итого по ПР-5	7	4-11	48				6,72	11,63			9	12,8	15,6	23,8
	ПР-6														
	Группа А														
1	Резьбонарезной полуавтомат	3	3	9		0,14	0,5/1,732	1,26	2,18						
2	Заточной станок	2	7	14		0,14	0,5/1,732	1,96	3,39						
3	Листозагибочная машина	1	14	14		0,14	0,5/1,732	1,96	3,39						
4	Точильно-шлифовальный станок	2	11	22		0,14	0,5/1,732	3,08	5,33						
	Итого по группе А	8	3-14	59	>3	0,14	-	8,26	14,29	6	1,34	11,1	15,7		
	Итого по ПР-6	8	3-14	59		-	-	8,26	14,29			11,1	15,7	19,2	29,2
	ПР-7														
	Группа А														
1	Настольно-сверлильный станок	8	4	32		0,14	0,5/1,732	4,48	7,76						
	Итого по группе А	8	4	32	<3	0,14	-	4,48	7,76	8	1,34	6	8,5		
	ЩО	-		3,8		K _c = 0,85		3,2				3,2	-		4,9
	Итого по ПР-7	8	4	35,8		-	-	7,68	7,76			9,2	8,5	12,5	19,1

	ПР-8														
	Группа А														
1	Универсально-фрезерный станок	2	14	28		0,14	0,5/1,732	3,92	6,79						
2	Фрезерный станок с ЧПУ	2	22	44		0,14	0,5/1,732	6,16	10,67						
	Итого по группе А	4	14-22	72	<3	0,14	-	10,08	17,46	4	1,34	13,5	19,2		
	Группа Б														
1	Вентилятор	1	16	16		0,65	0,8/0,75	10,4	7,8						
	Итого по группе Б	1	16	16	-	-	-	10,4	7,8	-	1	10,4	7,8		
	Итого по ПР-8	5	14-22	88				20,48	25,26			23,9	27	36,1	54,9
	Итого по цеху:	50	3-22	404,8				85,4	119,98	38		106,2	119,98*	160,22	243,72
	Администрация													77,1	117,3
	Инструментальный цех													322,1	490

*- $Q_p = Q_{cm}$ так как, $n_{цеха} > 10$

9.3 ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

9.3.1 Условия выбора автоматических выключателей для электроприемников:

$$1. I_{ном. АВ} \geq K_{зап} I_{длит};$$

$$2. I_{ном. тепл} \geq K_{зап} I_{длит}$$

$$3. I_{ном. э.о.} \geq 1,5 I_{пуск},$$

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

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

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

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

$I_{пуск}$ - пусковой ток ЭП;

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

Таблица 16 - Защитные аппараты для электроприёмников цеха

№ на плане	Наименование электроприёмника	P_n	$I_{длит}$	$I_{пуск}$	$1,15 \cdot I_{длит}$	$1,5 \cdot I_{пуск}$	Тип авт.выкл.	$I_{н.АВ}/I_{ном. ЭО}$
		кВт	А	А	А	А		
1-3	Вертикально-фрезерный станок	9	27,35	150,4	31,5	225,6	ВА13-29	40/240
4, 5	Фрезерный станок с ЧПУ	22	66,85	367,67	76,9	551,5	ВА51-31	80/600
6, 7	Универсально-фрезерный станок	14	42,5	233,75	48,9	350,6	ВА13-29	50/300
8-11	Токарно-револьверный станок	9	27,35	150,4	31,5	225,6	ВА13-29	40/240
12, 13	Токарно-винторезный станок	11	33,43	183,7	38,4	275,6	ВА13-29	50/300
14-21	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	66,8	14	100,2	ВА13-29	20/120
22-24	Резьбонарезной полуавтомат	3	9,12	50,16	10,5	75,2	ВА13-29	16/96
25, 26	Заточной станок	7	21,3	117,15	24,5	175,2	ВА51-26	32/224
27	Листогайбочная машина	14	42,5	233,75	48,9	350,6	ВА13-29	63/378
28-31	Точильно-шлифовальный станок	11	33,43	183,7	38,4	275,6	ВА13-29	50/300
32-34	Вертикально-сверлильный станок	6	18,232	100,3	21	150,5	ВА51-26	25/175
35, 36	Радиально-сверлильный станок	4	12,15	66,8	14	100,2	ВА13-29	20/120
37, 38	Универсально-заточной станок	8	24,3	133,7	27,9	200,6	ВА51-26	32/224
39	Плоскошлифовальный станок	12	36,5	200,5	42	300,8	ВА57-35	50/400
40, 41	Полировальный станок	3	9,12	50,16	10,5	75,2	ВА13-29	20/120
42	Сварочная машина	9	36,07	214,8	41,5	322,2	ВА57-35	50/400
43-48	Сварочная кабина	5	12,6	69,6	14,5	104,4	ВА13-29	20/120
49,50	Вентилятор	16	37,4	205,7	43	308,6	ВА57-35	50/400
-----	ЦО	3,2	4,9	-----	5,6	-----	ВА13-29	6,3/18,9

9.3.2 Условия выбора автоматических выключателей для ПР

1. $I_{ном. АВ} \geq K_{зан} I_{олит}$
2. $I_{ном. тепл} \geq K_{зан} I_{олит}$
3. $I_{ном. э.о} \geq 1,25 I_{пик}$,

где $K_{зан}$ - коэффициент запаса, при защите группы ЭП $K_{зан} = 1,1$;

$I_{пик}$ - пиковый ток группы ЭП;

$$I_{пик} = I_{пуск\max} + (I_{расч} - k_u I_{ном\max}),$$

где $I_{пуск\max}$ - наибольший из пусковых токов двигателей в группе;

$I_{ном\max}$ - номинальный ток двигателя с наибольшим пусковым током;

k_u - коэффициент использования, характерный для двигателя, имеющего наибольший пусковой ток;

$I_{расч}$ - расчетный ток нагрузки всей группы электроприемников.

Таблица 17- Вводные защитные аппараты РУ-0,4кВ КТП и силовых распределительных пунктов

Наименование присоединения	Место установки защитного аппарата	Обозначение на схеме (рисунок 8)	$I_{олит}=I_{расч}$	$1,1 \cdot I_{олит}$	$1,25 \cdot I_{пик}$	Тип авт.выкл.	$\frac{I_{н.АВ}}{I_{ном. ЭО}}$
			A	A	A		
ПР1	РУ-0,4кВ КТП	QF-4	32,8	36,1	267,7	BA57-35	40/320
ПР3 (с учетом нагрузки ПР2)	РУ-0,4кВ КТП	QF-5	45,7	50,3	301,4	BA57-35	63/315
ПР4 (с учетом нагрузки ПР5)	РУ-0,4кВ КТП	QF-8	65,6	72,2	334,7	BA57-35	80/400
ПР6 (с учетом нагрузки ПР7)	РУ-0,4кВ КТП	QF-9	48,3	53,1	345,1	BA57-35	63/378
ПР8	РУ-0,4кВ КТП	QF-10	54,8	60,3	520,7	BA57-35	100/800*
Администрация	РУ-0,4кВ КТП	QF-11	117,3	129	351,9	BA57-35	125/500
Инструментальный цех	РУ-0,4кВ КТП	QF-7	490	539	1470	BA74-40	625/1562,5
ПР2	РП3	-----	16,9	18,59	265,4	BA57-35	31,5/315
ПР5	РП4	-----	23,8	26,2	253,5	BA57-35	31,5/315
ПР7	РП6	-----	19,1	21	105,2	BA57-35	25/150

* - номинальный ток автоматического выключателя завышен для обеспечения селективности защиты электроприемников ПР8.

Пример расчета $I_{пик}$ для РП-1:

$$I_{пуск\max} = 205,7 \text{ А}; I_{ном\max} = 37,4 \text{ А}; k_u = 0,65; I_{расч} = 32,8 \text{ А} \Rightarrow$$

$$I_{пик} = 205,7 + (32,8 - (0,65 \cdot 37,4)) = 267,7 \text{ А}$$

По данным таблицы 16 согласно [10, табл. 4.7] примем тип распределительных пунктов с автоматическими выключателями ВА. Результаты сведены в таблицу 18.

Таблица 18 - Распределительные пункты цеха

<i>№ шкафа</i>	<i>Тип шкафа</i>	<i>Номинальный ток шкафа, А</i>	<i>Число трехфазных групп</i>
ПР-1	ПР85-3014- IP54 УХЛ2	183 А	4
ПР-2	ПР85-3018- IP54 УХЛ2	183 А	6
ПР-3	ПР85-3018- IP54 УХЛ2	183 А	8
ПР-4	ПР85-3023- IP54 УХЛ2	183 А	8
ПР-5	ПР85-3023- IP54 УХЛ2	183 А	8
ПР-6	ПР85-3023- IP54 УХЛ2	183 А	10
ПР-7	ПР85-3023- IP54 УХЛ2	183 А	8
ПР-8	ПР85-3018- IP54 УХЛ2	183 А	6

9.3.3 Выбор вводных и секционных выключателей РУ-0,4кВ КТП

Согласно рисунка 8 данные выключатели имеют обозначения: QF-1, QF-2 - вводные и QF-3 - секционный. Выключатели QF-1 и QF-2 выбираем исходя из полной нагрузки КТП:

$$I_{H.PACЦ} \geq I_{ДЛ} = I_{НОМ.ТР} = \frac{2S_{H.ТР}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1260}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1916,6 \text{ A};$$

$$I_{KЗ} \geq 1,25I_{KP} = 1,25(I_{ПУСК.НАИБ} + (\sum I_P - k_{II} \cdot I_{НОМ.НАИБ})) = 1,25(367,67 + (1916,6 - 0,14 \cdot 66,85)) = 2843,6 \text{ A}$$

Используя справочную литературу [3, стр.87] выбираем автоматический выключатель типа ВА74-45, у которого $I_{H.PACЦ} = 2000 \text{ A}$,

$$I_{KЗ} = 2 \cdot I_{H.PACЦ} = 2 \cdot 2000 = 4000 \text{ A}$$

Выключатель QF-3 (секционный) выбираем по мощности одного трансформатора:

$$I_{H.PACЦ} \geq I_{ДЛ} = I_{НОМ.ТР} = \frac{S_{H.ТР}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 958,3 \text{ A};$$

$$I_{KЗ} \geq 1,25I_{KP} = 1,25(I_{ПУСК.НАИБ} + (\sum I_P - k_{II} \cdot I_{НОМ.НАИБ})) = 1,25(367,67 + (958,3 - 0,14 \cdot 66,85)) = 1645,8 \text{ A}$$

Используя справочную литературу [3, стр.87] выбираем автоматический выключатель типа ВА53-43, у которого $I_{H.PACЦ} = 1000 \text{ A}$,

$$I_{KЗ} = 2 \cdot I_{H.PACЦ} = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ A}$$

В данном разделе выбраны аппараты защиты для всех электроприемников цеха, что позволяет перейти к выбору питающих кабелей 0,4кВ.

9.4 ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПИТАЮЩЕЙ И СИЛОВОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ЦЕХА

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

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

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

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

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

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

k_3 - коэффициент защиты или кратность защиты; I_3 - номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата, А.

Проверка выбранного сечения проводника по допустимой потере напряжения выполняется из условия

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

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

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

l – длина линии;

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

Для силовой и распределительной сети будем выбирать кабели с изоляцией не распространяющей горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением марки ППГнг(А)-LS производства ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод». Допустимые токовые нагрузки при прокладке в кабельном канале (на воздухе), по данным производителя, приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей ППГнг(А)-LS

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимые токовые нагрузки при прокладке на воздухе, при температуре окружающей среды 25 °С, А
	Трех-, четырех- и пятижильных
1,5	21
2,5	28
4	37
6	49
10	66
16	87
25	115
35	141
50	177
70	239
95	282
120	321
150	370
185	421
240	499

Результаты расчета сечений питающей сети цеха приведены в таблице 20.

Условие выбора проводников:

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

для линии КТП-ПР1:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{32,8}{1} = 32,8 \text{ А},$$

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

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 40}{1} = 40 \text{ А},$$

где, $I_z = I_{\text{ном.расч}} = 40 \text{ А}$ $k_z = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг(А)-LS (5х10) согласно таблицы 18: $I_{\text{доп}} = 66 \text{ А}$. Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_o \cdot l = 0,621 \cdot 0,0495 \cdot 100 = 3,1\% < \Delta U_{\text{доп\%}} = 5\%,$$

где $\Delta U_o = 0,621 \frac{\%}{\text{А} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,71$ [3, табл. П.2.11].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.

Окончательно принимаем сечение и марку кабеля – ППГнг(А)-LS (5х10) .

для линии КТП-ПР3:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{45,7}{1} = 45,7 \text{ А},$$

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

$$I_{доп} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}} = \frac{1 \cdot 63}{1} = 63 \text{ А},$$

где, $I_3 = I_{ном.расч} = 63 \text{ А}$ $k_3 = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг(А)-LS (5х10) согласно таблицы 18: $I_{доп} = 66 \text{ А}$. Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l = 0,541 \cdot 0,0536 \cdot 100 = 2,9\% < \Delta U_{доп\%} = 5\%,$$

где $\Delta U_o = 0,541 \frac{\%}{\text{А} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,6$ [3, табл. П.2.11].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.

Окончательно принимаем сечение и марку кабеля – ППГнг(А)-LS (5х10) .

для линии КТП-ПР4:

$$I_{доп} \geq \frac{I_m}{k_{прокл}} = \frac{65,6}{1} = 65,6 \text{ А},$$

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

$$I_{доп} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}} = \frac{1 \cdot 80}{1} = 80 \text{ А},$$

где, $I_3 = I_{ном.расч} = 80 \text{ А}$ $k_3 = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг(А)-LS (5х16) согласно таблицы 18: $I_{доп} = 87 \text{ А}$. Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l = 0,4 \cdot 0,0027 \cdot 100 = 0,1\% < \Delta U_{доп\%} = 5\%,$$

где $\Delta U_o = 0,4 \frac{\%}{\text{А} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,7$ [3, табл. П.2.11].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.

Окончательно принимаем сечение и марку кабеля – ППГнг(А)-LS (5х16) .

для линии КТП-ПР6:

$$I_{доп} \geq \frac{I_m}{k_{прокл}} = \frac{48,3}{1} = 48,3 \text{ А},$$

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

$$I_{доп} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}} = \frac{1 \cdot 63}{1} = 63 \text{ А},$$

где, $I_3 = I_{ном.расч} = 63 \text{ А}$ $k_3 = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг(А)-LS (5х10) согласно таблицы 18: $I_{доп} = 66 \text{ А}$. Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l = 0,541 \cdot 0,0196 \cdot 100 = 1,1\% < \Delta U_{доп\%} = 5\%,$$

где $\Delta U_o = 0,541 \frac{\%}{\text{А} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,6$ [3, табл. П.2.11].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.
Окончательно принимаем сечение и марку кабеля – ППГнг(А)-LS (5х10) .

для линии КТП-ПР8:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{54,8}{1} = 54,8 \text{ А} ,$$

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

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 100}{1} = 100 \text{ А} ,$$

где, $I_z = I_{\text{ном.расч}} = 100 \text{ А}$ $k_z = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг(А)-LS (5х25) согласно таблицы 18: $I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}$. Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_o \cdot l = 0,236 \cdot 0,0548 \cdot 100 = 1,3\% < \Delta U_{\text{доп\%}} = 5\% ,$$

где $\Delta U_o = 0,236 \frac{\%}{\text{А} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,6$ [3, табл. П.2.11].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.
Окончательно принимаем сечение и марку кабеля – ППГнг(А)-LS (5х25) .

для линии ПР3-ПР2:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{16,9}{1} = 16,9 \text{ А} ,$$

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

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 31,5}{1} = 31,5 \text{ А} ,$$

где, $I_z = I_{\text{ном.расч}} = 31,5 \text{ А}$ $k_z = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг(А)-LS (5х4) согласно таблицы 18: $I_{\text{доп}} = 37 \text{ А}$. Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_o \cdot l = 1,3 \cdot 0,0131 \cdot 100 = 1,7\% < \Delta U_{\text{доп\%}} = 5\% ,$$

где $\Delta U_o = 1,3 \frac{\%}{\text{А} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,6$ [3, табл. П.2.11].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.
Окончательно принимаем сечение и марку кабеля – ППГнг(А)-LS (5х4) .

для линии ПР4-ПР5:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{23,8}{1} = 23,8 \text{ А} ,$$

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

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 31,5}{1} = 31,5 \text{ А} ,$$

где, $I_3 = I_{\text{ном.расц}} = 31,5 \text{ А}$ $k_3 = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг(А)-LS (5х6) согласно таблицы 18: $I_{\text{доп}} = 49 \text{ А}$. Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l = 0,88 \cdot 0,0261 \cdot 100 = 2,3\% < \Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%,$$

где $\Delta U_o = 0,88 \frac{\%}{\text{А} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,6$ [3, табл. П.2.11].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.

Окончательно принимаем сечение и марку кабеля – ППГнг(А)-LS (5х6) .

для линии ПР6-ПР7:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_m}{k_{\text{прокл}}} = \frac{19,1}{1} = 19,1 \text{ А} ,$$

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

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 25}{1} = 25 \text{ А} ,$$

где, $I_3 = I_{\text{ном.расц}} = 25 \text{ А}$ $k_3 = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг(А)-LS (5х2,5) согласно таблицы 18: $I_{\text{доп}} = 28 \text{ А}$. Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_o \cdot l = 2,39 \cdot 0,0024 \cdot 100 = 0,6\% < \Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%,$$

где $\Delta U_o = 2,39 \frac{\%}{\text{А} \cdot \text{км}}$ при $\cos \varphi = 0,7$ [3, табл. П.2.11].

Таким образом, условие допустимой потери напряжения выполняется.

Окончательно принимаем сечение и марку кабеля – ППГнг(А)-LS (5х2,5) .

Таблица 20 - Сечения линий питающей сети цеха

№ п/п	Назначение участка (линии) питающей сети	Расчетный ток I_p , А	Длина линии L , км*	Способ прокладки	Коэффициент прокладки, K	Марка кабеля	Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева S_n , мм ²	Допустимый дли- тельный ток $I_{дл}$, А	Сечение, выбранное по условиям допустимой потери напряжения $S_{\Delta U}$, мм ²	$\cos\varphi$	Потери напряжения на 1 А·км, ΔU_0 , %	Расчетные потери напряжения ΔU_p , %	Принятое сечение и марка участка питающей сети
1	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	КТП-ПР1	32,8	0,0495	в канале под полом	1	ППГнг (А)-LS	(5x10)	66	(5x10)	0,71	0,621	3,1	ППГнг (А)-LS (5x10)
2	КТП-ПР3	45,7	0,0536	в канале под полом	1	ППГнг (А)-LS	(5x10)	66	(5x10)	0,6	0,541	2,9	ППГнг (А)-LS (5x10)
3	КТП-ПР4	65,6	0,0027	в канале под полом	1	ППГнг (А)-LS	(5x16)	87	(5x16)	0,7	0,4	0,1	ППГнг (А)-LS (5x16)
4	КТП-ПР6	48,3	0,0196	в канале под полом	1	ППГнг (А)-LS	(5x10)	66	(5x10)	0,6	0,541	1,1	ППГнг (А)-LS (5x10)
5	КТП-ПР8	54,8	0,0548	в канале под полом	1	ППГнг (А)-LS	(5x25)	115	(5x25)	0,6	0,236	1,3	ППГнг (А)-LS (5x25)
6	ПР3-ПР2	16,9	0,0131	в канале под полом	1	ППГнг (А)-LS	(5x4)	37	(5x4)	0,6	1,3	1,7	ППГнг (А)-LS (5x4)
7	ПР4-ПР5	23,8	0,0261	в канале под полом	1	ППГнг (А)-LS	(5x6)	49	(5x6)	0,6	0,88	2,3	ППГнг (А)-LS (5x6)
8	ПР6-ПР7	19,1	0,0024	в канале под полом	1	ППГнг (А)-LS	(5x2,5)	28	(5x2,5)	0,7	2,39	0,6	ППГнг (А)-LS (5x2,5)

*-длины кабелей определены с учетом вводов в ТП и РУ (+4 метра к длине), а также с учетом не линейной прокладки в кабельном канале (+4% на "змейку").

Пример расчёта для ответвления к вертикально-фрезерному станку:

Условия выбора сечений проводников для электроприемников:

$$1) I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ном}}}{k_{\text{прокл}}} ;$$

$$2) I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}} .$$

Для проводов, проложенных в кабель канале, $k_{\text{прокл}} = 1$.

Значения номинальных токов электроприемников приведены в таблице 15.

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{27,35}{1} = 27,35 \text{ A} ,$$

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

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 40}{1} = 40 \text{ A} ,$$

где, $I_3 = I_{\text{ном.расч}} = 40 \text{ A}$ $k_3 = 1$ [2, табл. 5.2].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ППГнг (А)-LS (5х6) согласно таблицы 18: $I_{\text{доп}} = 49 \text{ A}$.

Результаты дальнейшего расчета сведены в таблицу 21.

Таблица 21 - Выбор распределительной сети цеха

Приёмник				Ответвление к ЭП			Предохранитель	
№ на плане цеха	Наименование электроприёмника	P _н , кВт	I _p , А	Сечение жил кабеля ППГнг (А)-LS, мм ²	Сп прокл.	Длина, м	Тип авт.выкл.	Ин.АВ/Ином. ЭО, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вертикально-фрезерный станок	9	27,35	(5х6)	Кабельный канал	4,9	BA13-29	40/240
2	Вертикально-фрезерный станок	9	27,35	(5х6)		5,8	BA13-29	40/240
3	Вертикально-фрезерный станок	9	27,35	(5х6)		7	BA13-29	40/240
4	Фрезерный станок с ЧПУ	22	66,85	(5х16)		23,7	BA51-31	80/600
5	Фрезерный станок с ЧПУ	22	66,85	(5х16)		23,7	BA51-31	80/600
6	Универсально-фрезерный станок	14	42,5	(5х10)		10,3	BA13-29	50/300
7	Универсально-фрезерный станок	14	42,5	(5х10)		19,6	BA13-29	50/300
8	Токарно-револьверный станок	9	27,35	(5х6)		17,3	BA13-29	40/240
9	Токарно-револьверный станок	9	27,35	(5х6)		14,1	BA13-29	40/240
10	Токарно-револьверный станок	9	27,35	(5х6)		11,5	BA13-29	40/240
11	Токарно-револьверный станок	9	27,35	(5х6)		10,2	BA13-29	40/240
12	Токарно-винторезный станок	11	33,43	(5х10)		2,6	BA13-29	50/300
13	Токарно-винторезный станок	11	33,43	(5х10)		6,6	BA13-29	50/300
14	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)		5,4	BA13-29	20/120
15	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)		5,4	BA13-29	20/120
16	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)		7,3	BA13-29	20/120
17	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)		7,3	BA13-29	20/120
18	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)		10,9	BA13-29	20/120
19	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)	Кабельный канал	10,9	BA13-29	20/120
20	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)		14,1	BA13-29	20/120
21	Настольно-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)		14,1	BA13-29	20/120
22	Резьбонарезной полуавтомат	3	9,12	(5х2,5)		5,7	BA13-29	16/96
23	Резьбонарезной полуавтомат	3	9,12	(5х2,5)		9,8	BA13-29	16/96
24	Резьбонарезной полуавтомат	3	9,12	(5х2,5)		14,1	BA13-29	16/96
25	Заточной станок	7	21,3	(5х4)		5,7	BA51-26	32/224
26	Заточной станок	7	21,3	(5х4)		9,8	BA51-26	32/224
27	Листозагибочная машина	14	42,5	(5х10)		13,9	BA13-29	63/378
28	Точильно-шлифовальный станок	11	33,43	(5х10)		18,2	BA13-29	50/300
29	Точильно-шлифовальный станок	11	33,43	(5х10)		9,2	BA13-29	50/300
30	Точильно-шлифовальный станок	11	33,43	(5х10)		6,8	BA13-29	50/300
31	Точильно-шлифовальный станок	11	33,43	(5х10)		17,7	BA13-29	50/300
32	Вертикально-сверлильный станок	6	18,2	(5х4)		3,8	BA51-26	25/175
33	Вертикально-сверлильный станок	6	18,2	(5х4)		5,1	BA51-26	25/175
34	Вертикально-сверлильный станок	6	18,2	(5х4)		7,1	BA51-26	25/175
35	Радиально-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)	Кабельный канал	4	BA13-29	20/120
36	Радиально-сверлильный станок	4	12,15	(5х2,5)		3,5	BA13-29	20/120
37	Универсально-заточной станок	8	24,3	(5х6)		15,7	BA51-26	32/224
38	Универсально-заточной станок	8	24,3	(5х6)		12,4	BA51-26	32/224
39	Плоскошлифовальный станок	12	36,5	(5х10)		10,3	BA57-35	50/400
40	Полировальный станок	3	9,12	(5х2,5)		7,9	BA13-29	20/120
41	Полировальный станок	3	9,12	(5х2,5)		4,9	BA13-29	20/120
42	Сварочная машина	9	36,07	(5х10)		4,4	BA57-35	50/400
43	Сварочная кабина	5	12,6	(5х2,5)		10,8	BA13-29	20/120
44	Сварочная кабина	5	12,6	(5х2,5)		16,4	BA13-29	20/120
45	Сварочная кабина	5	12,6	(5х2,5)		20,9	BA13-29	20/120
46	Сварочная кабина	5	12,6	(5х2,5)		15,5	BA13-29	20/120
47	Сварочная кабина	5	12,6	(5х2,5)		11,2	BA13-29	20/120
48	Сварочная кабина	5	12,6	(5х2,5)		4,6	BA13-29	20/120
49	Вентилятор	16	37,4	(5х10)		9,2	BA57-35	50/400
50	Вентилятор	16	37,4	(5х10)		4,6	BA57-35	50/400
51	ЩО	3,2	4,9	(5х2,5)		4,9	BA13-29	6,3/18,9

9.5 РАСЧЕТ ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПО УСЛОВИЮ ДОПУСТИМОЙ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ

Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонений напряжения выполняем для цепочки линий от шин ГПП- наиболее загруженный ПР (ПР8) - наиболее удаленный электроприемник (универсально-фрезерный станок № 7).

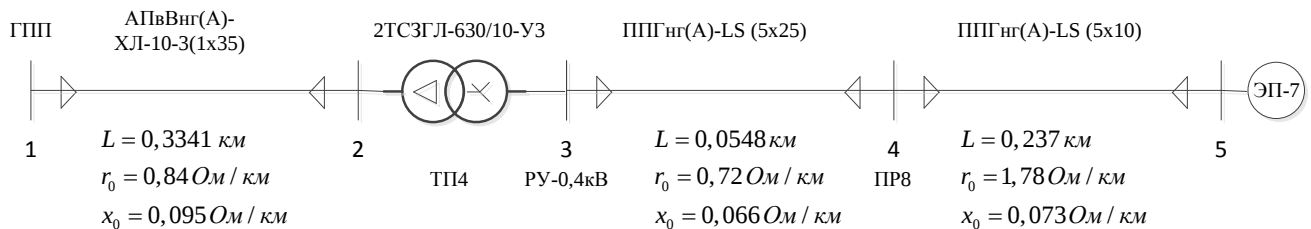


Рисунок 10- Участок сети для расчета потерь напряжения и построения эпюры отклонений напряжения

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

Для трансформатора

$$\Delta U_m \% = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2); \quad (27)$$

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

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

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

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

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

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

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

Для линии

$$\Delta U \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_i^2}, \quad (28)$$

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

9.5.1 Расчет максимального режима

Участок 1-2:

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

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,84 \cdot 0,3341 = 0,281 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,095 \cdot 0,3341 = 0,032 \text{ Ом};$$

Удельные активное и реактивное сопротивления линий здесь и в дальнейшем принимаем согласно [3, табл. П.2.8].

$$P_{12} = P_{\text{цех}\#2} + P_{\text{цех}\#3} + P_{\text{цех}\#4} = 60 + 106,2 + 243,2 = 409,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{12} = Q_{\text{цех}\#2} + Q_{\text{цех}\#3} + Q_{\text{цех}\#4} = 48,4 + 119,98 + 211,2 = 379,58 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{12} = \frac{409,4 \cdot 0,281 + 379,58 \cdot 0,032}{10 \cdot 10,5^2} = 0,115\%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{12} = 0,115 \cdot \frac{10,5}{100} = 0,012 \text{ кВ};$$

$$U_2 = 10,5 - 0,012 = 10,488 \text{ кВ};$$

Участок 2-3:

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

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa}}{2 S_{\text{н.тр}}} \cdot 100\% = \frac{5,7}{1260} \cdot 100\% = 0,45\%$$

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

$$\beta_m = \frac{S_{\text{фактич}}}{2 S_{\text{н.тр.}}} = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{2 S_{\text{н.тр.}}} = \frac{\sqrt{409,4^2 + 379,58^2}}{2 \cdot 630} = \frac{558,29}{1260} = 0,443;$$

Потери мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,02 \cdot S_{\text{факт}} = 0,02 \cdot 558,29 = 11,2 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,1 \cdot S_{\text{факт}} = 0,1 \cdot 558,29 = 55,8 \text{ кВар}$$

Вторичная нагрузка трансформатора:

$$P_{\text{вторич}} = P_{12} - \Delta P_{\text{тр}} = 409,4 - 11,2 = 398,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{вторич}} = Q_{12} - \Delta Q_{\text{тр}} = 379,58 - 55,8 = 323,8 \text{ кВар};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{\text{вторич}}}{S_{\text{вторич}}} = \frac{P_{\text{вторич}}}{\sqrt{P_{\text{вторич}}^2 + Q_{\text{вторич}}^2}} = \frac{398,2}{\sqrt{398,2^2 + 323,8^2}} = 0,776$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{\text{вторич}}}{S_{\text{вторич}}} = \frac{Q_{\text{вторич}}}{\sqrt{P_{\text{вторич}}^2 + Q_{\text{вторич}}^2}} = \frac{323,8}{\sqrt{398,2^2 + 323,8^2}} = 0,631;$$

Тогда

$$\begin{aligned}\Delta U_m \% &= \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2) = \\ &= 0,443(0,45 \cdot 0,776 + 5,5 \cdot 0,631) + \frac{0,443^2}{200} (0,45 \cdot 0,631 - 5,5 \cdot 0,776) = 1,688 \% ; \\ \Delta U_m &= 1,688 \cdot \frac{10,488}{100} = 0,177 \text{ кВ}; \\ U_3' &= 10,488 - 0,177 = 10,311 \text{ кВ}; \\ U_3 &= 0,4 \cdot \frac{10,311}{10,5} = 0,393 \text{ кВ};\end{aligned}$$

Участок 3-4:

$$\begin{aligned}\Delta U_{34} &= \frac{P_{34} R_{34} + Q_{34} X_{34}}{10 U_3^2}; \\ R_{34} &= r_{034} \cdot L_{34} = 0,72 \cdot 0,0548 = 0,039 \text{ Ом} \\ X_{34} &= x_{034} \cdot L_{34} = 0,066 \cdot 0,0548 = 0,004 \text{ Ом} \\ P_{34} &= P_{П8} = 23,9 \text{ кВт}; \\ Q_{34} &= Q_{П8} = 27 \text{ кВар}; \\ \Delta U_{34} &= \frac{23 \cdot 0,039 + 27 \cdot 0,004}{10 \cdot (0,393)^2} = 0,65 \% ; \\ \text{Или : } \Delta U_{34} &= 0,65 \cdot \frac{0,393}{100} = 0,002 \text{ кВ}; \\ U_4 &= 0,393 - 0,002 = 0,391 \text{ кВ};\end{aligned}$$

Участок 4-5:

$$\begin{aligned}\Delta U_{45} &= \frac{P_{45} R_{45} + Q_{45} X_{45}}{10 U_4^2}; \\ R_{45} &= r_{045} \cdot L_{45} = 1,78 \cdot 0,0237 = 0,042 \text{ Ом}; \\ X_{45} &= x_{045} \cdot L_{45} = 0,073 \cdot 0,0237 = 0,002 \text{ Ом}; \\ P_{45} &= P_{наст.ЭП} = 22 \text{ кВт}; \\ Q_{45} &= P_{наст.ЭП} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 22 \cdot 1,73 = 38,1 \text{ кВар}; \\ \Delta U_{45} &= \frac{22 \cdot 0,042 + 38,1 \cdot 0,002}{10 \cdot 0,391^2} = 0,654 \% ; \\ \text{Или } \Delta U_{45} &= 0,654 \cdot \frac{0,391}{100} = 0,0025 \text{ кВ}; \\ U_5 &= 0,391 - 0,0025 = 0,3885 \text{ кВ};\end{aligned}$$

Отклонения напряжения:

$$\begin{aligned}\delta U_1 &= 5 \% ; \\ \delta U_2 &= \delta U_1 - \Delta U_{12} \% = 5 - 0,115 = 4,885 \% ; \\ \delta U_3 &= \delta U_2 - \Delta U_m \% = 4,885 - 1,688 = 3,197 \% ; \\ \delta U_4 &= \delta U_3 - \Delta U_{34} \% = 3,197 - 0,65 = 2,547 \% ; \\ \delta U_5 &= \delta U_4 - \Delta U_{45} \% = 2,547 - 0,654 = 1,893 \% ;\end{aligned}$$

Согласно [6], для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 10\%$. В данном случае условие выполняется.

9.5.2 Расчет минимального режима

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

$$P_{\min 12} = 0,75 \cdot P_{\max 12} = 0,75 \cdot 409,4 = 307,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min 12} = 0,9 \cdot Q_{\max 12} = 0,9 \cdot 379,58 = 341,6 \text{ кВар}$$

Далее:

Участок 1-2:

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,84 \cdot 0,3341 = 0,281 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,095 \cdot 0,3341 = 0,032 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{12} = \frac{307,1 \cdot 0,281 + 341,6 \cdot 0,032}{10 \cdot 10,5^2} = 0,088\%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{12} = 0,088 \cdot \frac{10,5}{100} = 0,0092 \text{ кВ};$$

$$U_2 = 10,5 - 0,0092 = 10,49 \text{ кВ};$$

Участок 2-3:

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

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa}}{2S_{н.тр}} \cdot 100\% = \frac{5,7}{1260} \cdot 100\% = 0,45\%$$

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

$$\beta_m = \frac{S_{фактич}}{2S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{2S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{307,1^2 + 341,6^2}}{2 \cdot 630} = \frac{459,35}{1260} = 0,36;$$

Потери мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_{факт} = 0,02 \cdot 459,35 = 9,2 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot S_{факт} = 0,1 \cdot 459,35 = 45,9 \text{ кВар}$$

Вторичная нагрузка трансформатора:

$$P_{вторич} = P_{\min 12} - \Delta P_{тр} = 307,1 - 9,2 = 297,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{вторич} = Q_{\min 12} - \Delta Q_{тр} = 341,6 - 45,9 = 295,7 \text{ кВар};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{P_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = \frac{297,9}{\sqrt{297,9^2 + 295,7^2}} = 0,71;$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{Q_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = \frac{295,7}{\sqrt{297,9^2 + 295,7^2}} = 0,7; .$$

Тогда

$$\begin{aligned}\Delta U_m \% &= \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2) = \\ &= 0,36(0,45 \cdot 0,71 + 5,5 \cdot 0,7) + \frac{0,36^2}{200} (0,45 \cdot 0,7 - 5,5 \cdot 0,71) = 1,499 \% ; \\ \Delta U_m &= 1,499 \cdot \frac{10,49}{100} = 0,157 \text{ кВ}; \\ U_3' &= 10,49 - 0,157 = 10,33 \text{ кВ}; \\ U_3 &= 0,4 \cdot \frac{10,33}{10,5} = 0,394 \text{ кВ};\end{aligned}$$

Участок 3-4:

$$\begin{aligned}\Delta U_{34} &= \frac{P_{34} R_{34} + Q_{34} X_{34}}{10 U_3^2}; \\ R_{34} &= r_{034} \cdot L_{34} = 0,72 \cdot 0,0548 = 0,039 \text{ Ом} \\ X_{34} &= x_{034} \cdot L_{34} = 0,066 \cdot 0,0548 = 0,004 \text{ Ом} \\ P_{34} &= P_{П8} = 23,9 \text{ кВт}; \\ Q_{34} &= Q_{П8} = 27 \text{ кВар}; \\ P_{\min 34} &= 0,75 \cdot P_{\max 34} = 0,75 \cdot 23,9 = 17,93 \text{ кВт}; \\ Q_{\min 34} &= 0,9 \cdot Q_{\max 34} = 0,9 \cdot 27 = 24,3 \text{ кВар}; \\ \Delta U_{34} &= \frac{17,93 \cdot 0,039 + 24,3 \cdot 0,004}{10 \cdot (0,394)^2} = 0,513 \% ; \\ \text{Или в вольтах: } \Delta U_{34} &= 0,513 \cdot \frac{0,394}{100} = 0,002 \text{ кВ}; \\ U_4 &= 0,394 - 0,002 = 0,392 \text{ кВ};\end{aligned}$$

Участок 4-5:

$$\begin{aligned}\Delta U_{45} &= \frac{P_{45} R_{45} + Q_{45} X_{45}}{10 U_4^2}; \\ R_{45} &= r_{045} \cdot L_{45} = 1,78 \cdot 0,0237 = 0,042 \text{ Ом}; \\ X_{45} &= x_{045} \cdot L_{45} = 0,073 \cdot 0,0237 = 0,002 \text{ Ом}; \\ P_{45} &= P_{\text{наст.ЭП}} = 22 \text{ кВт}; \\ Q_{45} &= P_{\text{наст.ЭП}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 22 \cdot 1,73 = 38,1 \text{ кВар}; \\ P_{\min 45} &= 0,75 \cdot P_{\max 45} = 0,75 \cdot 22 = 16,5 \text{ кВт}; \\ Q_{\min 45} &= 0,9 \cdot Q_{\max 45} = 0,9 \cdot 38,1 = 34,29 \text{ кВар}; \\ \Delta U_{45} &= \frac{16,5 \cdot 0,042 + 34,29 \cdot 0,002}{10 \cdot 0,392^2} = 0,496 \% ; \\ \text{Или } \Delta U_{45} &= 0,496 \cdot \frac{0,392}{100} = 0,002 \text{ кВ}; \\ U_5 &= 0,392 - 0,002 = 0,39 \text{ кВ};\end{aligned}$$

Отклонения напряжения:

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

$$\delta U_2 = \delta U_1 - \Delta U_{12} \% = 0 - 0,088 = -0,088 \%;$$

$$\delta U_3 = \delta U_2 - \Delta U_m \% = -0,088 - 1,499 = -1,587 \%;$$

$$\delta U_4 = \delta U_3 - \Delta U_{34} \% = -1,587 - 0,513 = -2,1 \%;$$

$$\delta U_5 = \delta U_4 - \Delta U_{45} \% = -2,1 - 0,496 = -2,596 \%;$$

Согласно [6], для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 10\%$. В данном случае условие выполняется.

9.5.3 Расчет послеаварийного режима

В качестве аварийного режима рассматривается выход из строя одного из трансформаторов цеховой подстанции.

Так как допустимая перегрузка трансформатора – 40%, то:

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

$$Q_{n/ав} = 1,4 \cdot Q_{\max}$$

$$P_{\max} = P_{цех\ №2} + P_{цех\ №3} + P_{цех\ №4} = 60 + 106,2 + 243,2 = 409,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{\max} = Q_{цех\ №2} + Q_{цех\ №3} + Q_{цех\ №4} = 48,4 + 119,98 + 211,2 = 379,58 \text{ кВар};$$

$$P_{n/ав} = 1,4 \cdot 409,4 = 573,16 \text{ кВт}$$

$$Q_{n/ав} = 1,4 \cdot 379,58 = 531,41 \text{ кВар}$$

Участок 1-2:

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

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,84 \cdot 0,3341 = 0,281 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,095 \cdot 0,3341 = 0,032 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{12} = \frac{573,16 \cdot 0,281 + 531,41 \cdot 0,032}{10 \cdot 10,5^2} = 0,162 \%;$$

$$\text{Или } \Delta U_{12} = 0,162 \cdot \frac{10,5}{100} = 0,017 \text{ кВ};$$

$$U_2 = 10,5 - 0,017 = 10,483 \text{ кВ};$$

Участок 2-3:

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

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{н.тр}} \cdot 100\% = \frac{5,7}{630} \cdot 100\% = 0,9 \%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 0,9^2} = 5,43 \%$$

$$\beta_m = \frac{S_{фактич}}{S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{573,16^2 + 531,41^2}}{630} = \frac{781,61}{630} = 1,24;$$

Потери мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_{факт} = 0,02 \cdot 781,41 = 15,6 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot S_{факт} = 0,1 \cdot 781,41 = 78,1 \text{ кВар}$$

Вторичная нагрузка трансформатора:

$$P_{вторич} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 573,16 - 15,6 = 557,56 \text{ кВт};$$

$$Q_{вторич} = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 531,41 - 78,1 = 453,31 \text{ кВар};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{P_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = \frac{557,56}{\sqrt{557,6^2 + 453,31^2}} = 0,776$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{Q_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = \frac{453,31}{\sqrt{557,6^2 + 453,31^2}} = 0,631;$$

Тогда

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

$$= 1,24(0,9 \cdot 0,776 + 5,43 \cdot 0,631) + \frac{1,24^2}{200} (0,9 \cdot 0,631 - 5,43 \cdot 0,776) = 5,087\%;$$

$$\Delta U_m = 5,087 \cdot \frac{10,483}{100} = 0,533 \text{ кВ};$$

$$U_3' = 10,483 - 0,533 = 9,95 \text{ кВ};$$

$$U_3 = 0,4 \cdot \frac{9,95}{10,5} = 0,379 \text{ кВ};$$

Участок 3-4:

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

$$R_{45} = r_{045} \cdot L_{45} = 1,78 \cdot 0,0237 = 0,042 \text{ Ом};$$

$$X_{45} = x_{045} \cdot L_{45} = 0,073 \cdot 0,0237 = 0,002 \text{ Ом};$$

$$P_{34} = P_{П8} = 23,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{34} = Q_{П8} = 27 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{34} = \frac{23 \cdot 0,042 + 27 \cdot 0,002}{10 \cdot (0,379)^2} = 0,7 \text{ } \%;$$

$$\text{Или : } \Delta U_{34} = 0,7 \cdot \frac{0,379}{100} = 0,003 \text{ кВ};$$

$$U_4 = 0,379 - 0,003 = 0,376 \text{ кВ};$$

Участок 4-5:

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

$$R_{45} = r_{045} \cdot L_{45} = 1,16 \cdot 0,0237 = 0,027 \text{ Ом};$$

$$X_{45} = x_{045} \cdot L_{45} = 0,0675 \cdot 0,0237 = 0,002 \text{ Ом};$$

$$P_{45} = P_{\text{наст.ЭП}} = 22 \text{ кВт};$$

$$Q_{45} = P_{\text{наст.ЭП}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 22 \cdot 1,73 = 38,1 \text{ кВар};$$

$$\Delta U_{45} = \frac{22 \cdot 0,027 + 38,1 \cdot 0,002}{10 \cdot 0,376^2} = 0,474 \text{ \%};$$

$$\text{Или } \Delta U_{45} = 0,474 \cdot \frac{0,376}{100} = 0,002 \text{ кВ};$$

$$U_5 = 0,376 - 0,002 = 0,374 \text{ кВ};$$

Отклонения напряжения:

$$\delta U_1 = 5 \text{ \%};$$

$$\delta U_2 = \delta U_1 - \Delta U_{12} \% = 5 - 0,162 = 4,838 \text{ \%};$$

$$\delta U_3 = \delta U_2 - \Delta U_m \% = 4,838 - 5,087 = -0,249 \text{ \%};$$

$$\delta U_4 = \delta U_3 - \Delta U_{34} \% = -0,249 - 0,7 = -0,949 \text{ \%};$$

$$\delta U_5 = \delta U_4 - \Delta U_{45} \% = -0,949 - 0,474 = -1,423 \text{ \%};$$

Согласно [6], для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 10\%$. В данном случае условие выполняется.

Результаты расчетов и данные для построения эпюры отклонений напряжения представлены в таблице 22.

Таблица 22 - Расчетные данные для построения эпюры отклонений напряжения

Участок	1-2	2-3	3-4	4-5
Марка кабеля сечение, мм ²	АПВнг(А)- ХЛ-10-3(1х35)	ТСЗГЛ-630/10- У3	ППГнг(А)-LS (5х25)	ППГнг(А)-LS (5х16)
длина, км	0,3341		0,0548	0,0237
Сопротивления: активное, Ом/км реактивное, Ом/км	0,84 0,095	U _a =0,45% (0,9%) U _p =5,5% (5,43%)	0,72 0,066	1,78 0,073
Нагрузки P+jQ: максимальный минимальный послеаварийный режимы	409,4+j379,58 307,1+j341,6 573,16+j531,41	398,2+j323,8 297,9+j297,9 557,56+j453,31	23,9+j27 17,93+j24,3 23,9+j27	22+j38,1 16,5+j34,29 22+j38,1
Потери напряжения, %: максимальный минимальный послеаварийный режимы	0,115 0,088 0,162	1,688 1,499 5,087	0,65 0,513 0,7	0,654 0,496 0,474
Отклонения напряжения δU%: максимальный минимальный послеаварийный режимы	4,885 -0,088 4,838	3,197 -1,587 -0,249	2,547 -2,1 -0,949	1,893 -2,596 -1,423

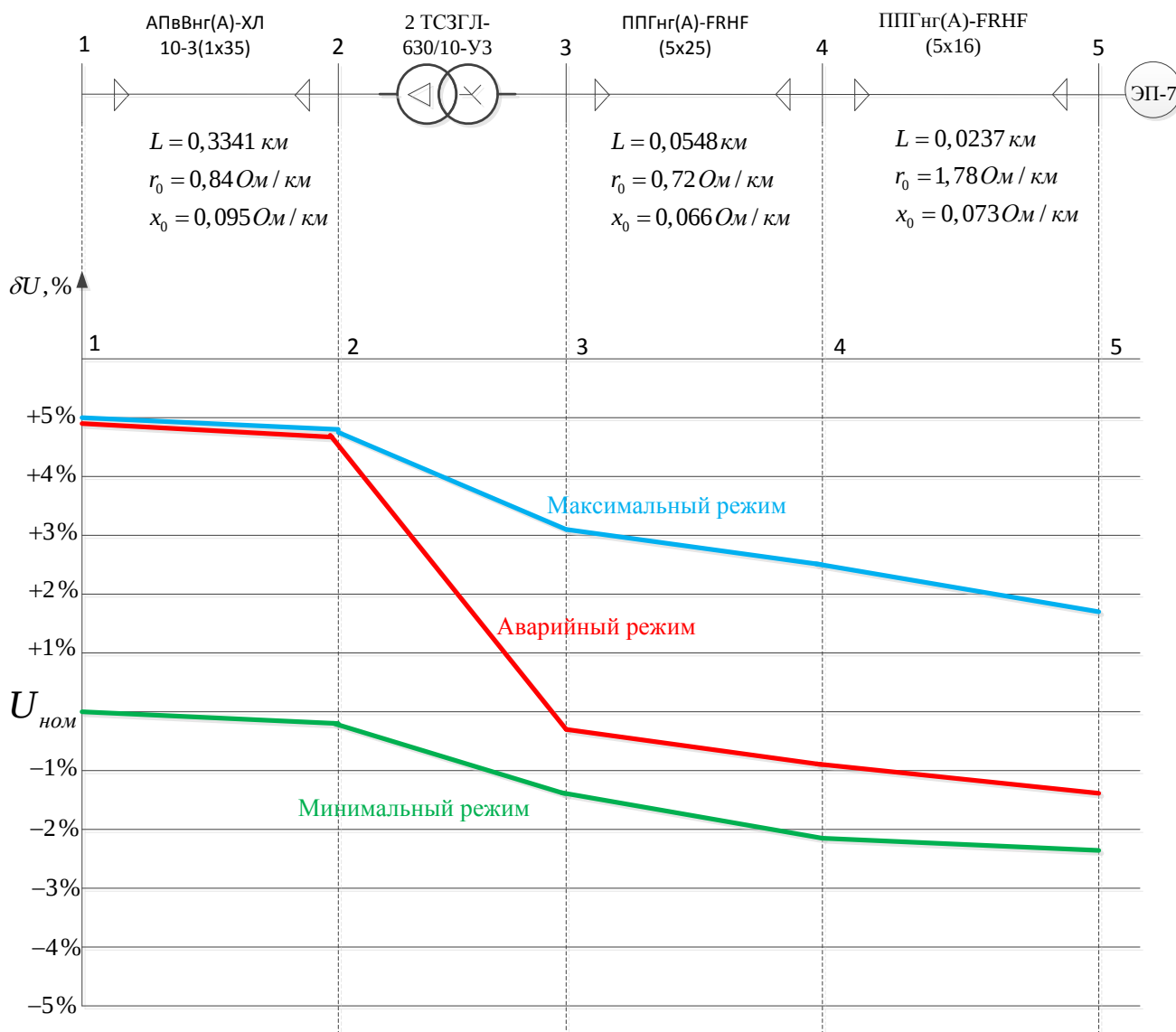


Рисунок 11 - Эпюры отклонений напряжений

9.6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ДО 1000В

Расчет токов КЗ проводим для участка цеховой сети от ТП-4 до наиболее мощного ПР цеха (ПР8), а в нем выберем самый удаленный от ПР электроприемник (универсально-фрезерный станок № 7). Полученные данные наносим на карту селективности действия аппаратов защиты.

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

- принимаем мощность системы $S_c = \infty$, что правомерно при $S_c \geq 50S_{н.тр.}$, т.е. напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- при расчёте учитываются активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силового трансформатора, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;
- расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение принимается на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем $U_c = 400В$;
- расчёт ведется при раздельной работе трансформаторов - секционный выключатель QF-3 (рисунок 8) отключен;

9.6.1 РАСЧЕТ ТОКОВ ТРЕХФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ДО 1000В

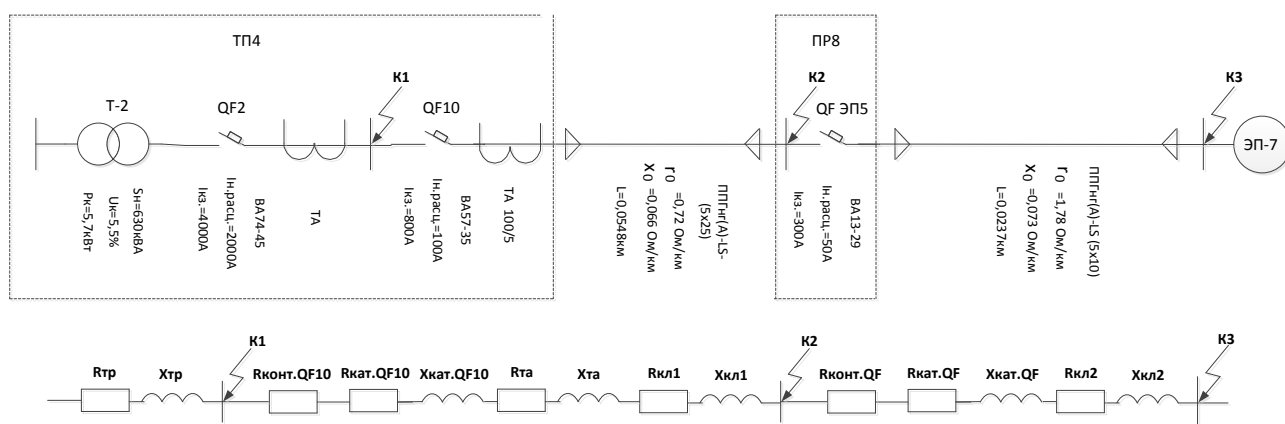


Рисунок 12- Схема для расчета токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчёт токов КЗ для точки К1:

Расчёт токов КЗ для точки К1:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{K3} \cdot U_c^2}{S_{н.тр.}^2} = \frac{5,7 \cdot 400^2}{630^2} = 2,3 \text{ мОм};$$

Реактивное сопротивление трансформатора:

$$X_{тр} = \sqrt{\left(\frac{u_{K3}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{K3}}{S_{ном}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} = \sqrt{\left(\frac{5,43}{100}\right)^2 - \left(\frac{5,7}{630}\right)^2} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,8 \text{ мОм}$$

Сопротивление катушек максимального тока автомата ВА74-45 не учитывается, так как $I_{н.ап.} = 2000 \text{ А} \geq 1000 \text{ А}$ [13, табл. 7.2].

Так как коэффициент трансформации трансформатора тока $K_{т.т.} > \frac{1000}{5}$, то сопротивление первичных обмоток трансформатора тока не учитывается [13, табл. 7.2].

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{к1} = \sqrt{R_{mp}^2 + X_{mp}^2} = \sqrt{2,3^2 + 13,8^2} = 14 \text{ мОм};$$

Действующее значение тока КЗ :

$$I_{к1} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14} = 16,5 \text{ кА};$$

Для точки К1 соотношение $\frac{X}{R} = 6 \Rightarrow K_{y\partial} \approx 1,58$ [10, рисунок 6.1]

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{к1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} = 1,58 \cdot \sqrt{2} \cdot 16,5 = 36,5 \text{ кА},$$

где k_y – ударный коэффициент [1, рис. 2.22].

Расчёт токов КЗ для точки К2:

$$R_{кл1} = r_0 \cdot L = 0,72 \cdot 0,0548 = 39,5 \text{ мОм};$$

$$X_{кл1} = x_0 \cdot L = 0,066 \cdot 0,0548 = 3,6 \text{ мОм};$$

$$R_{конт.QF10} = 0,25 \text{ мОм};$$

$$R_{кат.QF10} = 0,12 \text{ мОм};$$

$$X_{кат.QF10} = 0,13 \text{ мОм};$$

$$R_{ТА} = 0,75 \text{ мОм};$$

$$X_{ТА} = 0,7 \text{ мОм}.$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{к2} = R_{mp} + R_{кл1} + R_{конт.QF10} + R_{кат.QF10} + R_{ТА} = 2,3 + 39,5 + 0,25 + 0,12 + 0,75 = 42,92 \text{ мОм};$$

$$X_{к2} = X_{mp} + X_{кл} + X_{кат.QF10} + X_{ТА} = 13,8 + 3,6 + 0,13 + 0,7 = 18,23 \text{ мОм};$$

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{R_{\kappa 2}^2 + X_{\kappa 2}^2} = \sqrt{42,92^2 + 18,23^2} = 46,6 \text{ МОм};$$

$$I_{\kappa 2} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 46,6} = 5 \text{ кА};$$

Для точки К1 соотношение $\frac{X}{R} = 0,4 \Rightarrow K_{y\partial} \approx 1$ [10, рисунок 6.1]

$$i_y^{\kappa 2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 2} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 5 = 7 \text{ кА}.$$

Расчёт токов КЗ для точки К3:

$$R_{\text{конт.}QF} = 1 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{кат.}QF} = 2,35 \text{ МОм};$$

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

$$R_{\kappa 12} = r_0 \cdot L = 1,78 \cdot 0,0237 = 42,2 \text{ МОм};$$

$$X_{\kappa 12} = x_0 \cdot L = 0,073 \cdot 0,0237 = 1,7 \text{ МОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки К3:

$$R_{\kappa 3} = R_{\kappa 2} + R_{\kappa 12} + R_{\text{кат.}QF} + R_{\text{конт.}QF} = 42,92 + 42,2 + 2,35 + 1 = 88,5 \text{ МОм};$$

$$X_{\kappa 3} = X_{\kappa 2} + X_{\kappa 12} + X_{\text{кат.}QF} = 18,23 + 1,7 + 2,35 = 22,3 \text{ МОм};$$

$$Z_{\kappa 3} = \sqrt{R_{\kappa 3}^2 + X_{\kappa 3}^2} = \sqrt{88,5^2 + 22,3^2} = 91,3 \text{ МОм};$$

$$I_{\kappa 3} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 91,3} = 2,5 \text{ кА};$$

Для точки К1 соотношение $\frac{X}{R} = 0,3 \Rightarrow K_{y\partial} \approx 1$ [10, рисунок 6.1]

$$i_y^{\kappa 3} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,5 = 3,5 \text{ кА}.$$

9.6.2 РАСЧЕТ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ДО 1000 В

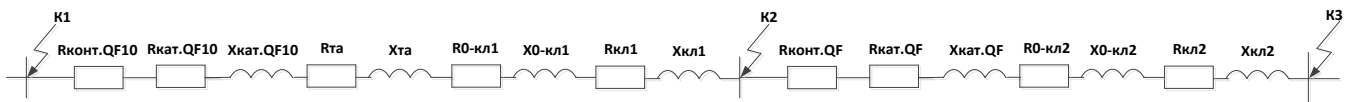


Рисунок 13- Схема для расчета токов однофазного короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчёт токов КЗ для точки К1:

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

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_\phi}{Z_{тр}} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} Z_{тр}} = I_{K1} = 16,5 \text{ кА}$$

Расчёт токов КЗ для точки К2:

Величина $Z_{тр}^{(1)}$ сильно зависит от схемы соединения его обмоток. При схемах соединений Δ / Y_n и Y / Z_n величина $Z_{тр}^{(1)}/3$ равна сопротивлению трансформатора при трех- или двухфазном КЗ и определяется по выражению:

$$Z_{тр}^{(1)} = Z_{к1} = \sqrt{R_{тр}^2 + X_{тр}^2} = \sqrt{2,3^2 + 13,8^2} = 14 \text{ мОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{к2} = R_{0-к1} + R_{к1} + R_{конт.QF10} + R_{кат.QF10} + R_{ТА} = 39,5 + 39,5 + 0,25 + 0,12 + 0,75 = 80,12 \text{ мОм};$$

$$X_{к2} = X_{0-к1} + X_{к1} + X_{кат.QF10} + X_{ТА} = 3,6 + 3,6 + 0,13 + 0,7 = 8,03 \text{ мОм};$$

$$Z_{\phi-0K2} = \sqrt{R_{к2}^2 + X_{к2}^2} = \sqrt{80,12^2 + 8,03^2} = 80,5 \text{ мОм}$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{тр}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} = \frac{230}{14 + 80,5} = 2,4 \text{ кА}$$

Расчёт токов КЗ для точки К3:

$$R_{к3} = R_{к2} + R_{0-к2} + R_{к2} + R_{кат.QF} + R_{конт.QF} = 80,12 + 42,2 + 42,2 + 1 + 2,35 = 167,87 \text{ мОм};$$

$$X_{к3} = X_{к2} + X_{0-к2} + X_{к2} + X_{кат.QF} = 8,03 + 1,7 + 1,7 + 1,3 = 12,73 \text{ мОм};$$

$$Z_{к3} = \sqrt{R_{к3}^2 + X_{к3}^2} = \sqrt{167,87^2 + 12,73^2} = 168,35 \text{ мОм};$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{тр}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} = \frac{230}{14 + 168,35} = 1,3 \text{ кА}$$

Рассчитанные значения токов однофазного КЗ используем для построения карты селективности.

9.7 ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ СЕЛЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕХОВОЙ СЕТИ 0,4кВ

Карта селективности действия аппаратов защиты строится в логарифмической системе координат и служит для проверки правильности выбора аппаратов защиты, на участке от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприемника. На карту селективности наносятся:

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

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

Таблица 23 - Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

	Нагрузка, А			Действующее значение тока КЗ, кА		
	универсально-фрезерный станок № 7	ПР-8	ТП-4	К1	К2	К3
Расчетный ток, А	-----	54,8	1916,6	16,5	2,4	1,3
Пиковый ток, А	-----	416,6	2843,6			
Номинальный ток, А	42,5	-----	-----			
Пусковой ток, А	233,75	-----	-----			

Таблица 24 - Данные аппаратов защиты для построения карты селективности.

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
ВА74-45 (ТП-4, ввод 0,4кВ)	2000	4000
ВА57-35 (ПР8)	100	800
ВА13-29 (ЭП-7)	50	300

Время-токовые характеристики автоматических выключателей приведены по данным производителя (АО «КЭАЗ»).

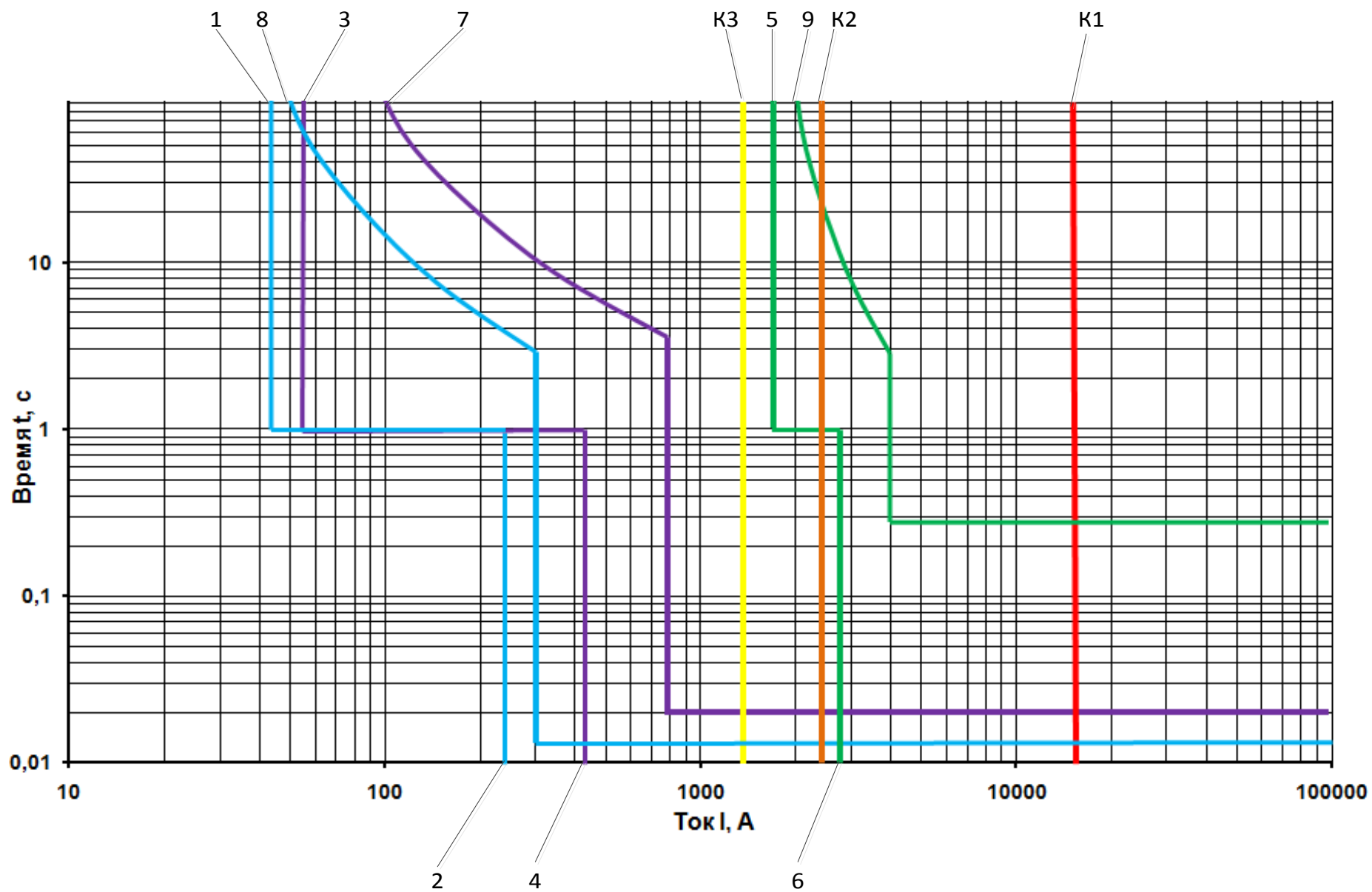


Рисунок 13 - Карта селективности действия аппаратов защиты

Обозначения на рисунке 13:

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

Так как время токовые характеристики смежных аппаратов защиты не пересекаются, между ними есть резерв по оси времени, делаем вывод - аппараты защиты работают селективно.

10 КОММЕРЧЕСКИЙ УЧЕТ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В качестве системы учета для предприятия предлагается

"Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии и мощности ГПП завода, далее по тексту АИИС КУЭ .

АИИС КУЭ обеспечивает автоматизацию следующих основных функций:

- автоматизации процесса коммерческого и технического учета электроэнергии и мощности на ПС;
- контроля распределения и потребления электроэнергии и мощности, проходящей через все присоединения ГПП;
- мониторинг и анализ нагрузок с целью управления технологическим процессом.
- измерение, обработка, накопление, хранение и отображение микропроцессорными счетчиками электрической энергии на местах их установки измерительной информации о потребленной и выданной активной и реактивной энергии и мощности;
- сбор данных измерений от коммерческих и технических счетчиков по цифровым интерфейсам;
- выполнение измерений 30-минутных приращений активной и реактивной электроэнергии, характеризующих оборот товарной продукции;
- поддержание единого системного времени с целью обеспечения синхронных измерений;
- контроль достоверности данных;
- вычисление балансов электроэнергии на объекте по уровням напряжения и по объекту в целом в заданные моменты или периоды времени;
- определение потерь электроэнергии при ее передаче;
- передачу результатов измерений, информации о состоянии средств и объектов измерений (не реже 1 раза в сутки) на вышестоящие уровни управления и измерения в протоколах стандарта МЭК;
- разграничение доступа к базам данных для разных групп пользователей и фиксация в отдельном электронном файле всех действий пользователей с базами данных;
- формирование XML документов;
- хранение результатов измерений, данных о состоянии средств и объектов измерений;
- аппаратную и программную защиту от несанкционированного изменения параметров и любого изменения данных;
- настройку и конфигурирование системы.

10.1 Решения по структуре функционирования системы

АИИС КУЭ ГПП предполагается как многоуровневая автоматизированная информационно-вычислительная система с централизованным управлением и распределенной функцией измерения электроэнергии в единой временной сетке. Система имеет следующую архитектуру:

1. Уровень ИИК – уровень объекта (ГПП) представлен ТТ, ТН, вторичными измерительными цепями, счетчиками электрической энергии, связанными с ними техническими средствами передачи данных до уровня ИВКЭ.

Принцип сбора, предварительной обработки и передачи данных между устройствами данного уровня, выдача данных на верхний уровень однотипен для всех ИИК. Первичным звеном в сборе данных являются трансформаторы тока и напряжения. Значения напряжения и тока считываются и обрабатываются микропроцессорными счетчиками электроэнергии.

2. Уровень ИВКЭ: информация со счетчиков через цифровой выход RS-485 поступает в УСПД. Передача данных с УСПД на верхний уровень обеспечивается по основному каналу (ВОЛС) и резервному (GSM-канал) каналу связи в ИВК.

10.2 Средства и способы связи для информационного обмена между компонентами системы

Первый – уровень ИИК состоит из измерительных трансформаторов тока и напряжения, установленных на объекте контроля, и микропроцессорных счетчиков электроэнергии с цифровым интерфейсом RS-485. Для передачи измерительной информации используются кабели связи интерфейса RS-485. Используемые каналы связи имеют скорость передачи не менее 9600 бит/с с коэффициентом готовности не хуже 0,95. В проектируемых точках измерений используются счетчики электрической энергии с классом точности 0,5S.

Счетчик обеспечивает:

- автоматическое измерение величин активной и реактивной электрической энергии в данной точке учета;
- автоматическое измерение времени и интервалов времени;
- измерение параметров сети;
- привязку измерений к единому времени;
- архивирование и хранение в энергозависимой памяти результатов измерений, информации о состоянии средств измерений;
- автоматическую регистрацию событий, сопровождающих процессы измерения в «Журнале событий»;
- доступ к результатам измерений и «Журналу событий» со стороны ИВКЭ по интерфейсам связи RS-485 или оптопорту;
- локальное или удаленное конфигурирование;
- диагностику работы с отображением состояния на дисплее или передачей сигналов состояния по интерфейсу.

В «Журнале событий» ИИК фиксируются следующие типы событий:

- программирование изменяемых параметров;

- выход за допуск параметров сети;
- отрицательный результат самодиагностики.

Второй – уровень ИВКЭ состоит из устройства сбора и передачи данных (УСПД) со специальным программным обеспечением и технических средств приема-передачи данных.

ИВКЭ обеспечивает выполнение следующих функций:

- интерфейс доступа к информации по учету электроэнергии ИИК;
- сбор информации по учету электроэнергии от ИИК;
- сбор и обработку информации о состоянии средств измерений с ИИК;
- формирование групповых значений, формирование значений небалансов;
- ведение «Журнала событий»;
- возможность синхронизации и коррекции времени;
- предоставление доступа ИВК к результатам измерений;
- предоставление доступа ИВК к данным о состоянии средств измерений;
- хранение результатов измерений;
- хранение данных о состоянии средств измерений;
- предоставление пользователям и эксплуатационному персоналу регламентированного доступа к данным;
- аппаратную и программную защиту от несанкционированного изменения параметров и любого изменения данных.

В «Журнале событий» ИВКЭ записываются следующие данные:

- попытки несанкционированного доступа;
- связи с контроллером, приведшие к каким-либо изменениям данных;
- перезапуски контроллера (при пропадании напряжения, заикливаниях и т.п.);
- изменение текущих значений времени и даты при синхронизации времени;
- отключение питания.

Передача информации от уровня ИИК (электросчетчика) до уровня ИВКЭ (шкаф УСПД) осуществляется по физическим линиям посредством интерфейса RS-485. К интерфейсу RS-485 счетчики подключаются через разветвители интерфейсов, что обеспечивает замену счетчика без разрыва электрической связи других счетчиков с контроллером и нарушения обмена данными. Интерфейс согласован и защищен от импульсных помех.

Передача собранной информации в центр обработки, организуется по основному (ВОЛС) и резервному (GSM) каналу связи. Для организации канала GSM дополнительно предусматривается установка GSM-роутера. Из сервера обеспечивается передача информации посредством сети ЕТССЭ другим заинтересованным организациям по согласованию в формате XML.

Результаты измерений, передаваемые от АИИС КУЭ ПС отражают:

- 30-минутные данные коммерческого учета электроэнергии, соотнесенные с текущим московским временем;
- дискретные данные коммерческого учета электроэнергии с шагом дискретности от 1 до 30 мин, соотнесенные с текущим московским временем;
- данные коммерческого учета электроэнергии, формируемые по запросу ИВК, соотнесенные с текущим московским временем.
- Состав информации о состоянии средств измерений и объектов измерений:

- данные по состоянию технических средств коммерческого учета (журналы событий, статусы работоспособности измерительных каналов);
- данные по составу и характеристикам технических и программных средств коммерческого учета (счетчики, контроллеры, каналы связи, ПО опроса и т.д.);
- схема измерений для каждого интервала измерения, на основании данных о состоянии средств измерений.

10.3 Решения по защите информации от несанкционированного доступа

Защита информации АИИС КУЭ выполняется в соответствии [14, 15, 16]. На всех измерительных комплексах коммерческого учета, входящих в АИИС КУЭ ГПП, выполняются мероприятия, обеспечивающие защиту от несанкционированного доступа к средствам коммерческого учета.

Защита информации от несанкционированного доступа на физическом уровне осуществляется:

- путем пломбирования клеммников электрических цепей трансформаторов тока и напряжения, испытательных колодок и клеммников самих электросчетчиков;
- путем пломбирования элементов УСПД, с помощью которых может осуществляться изменение параметров настройки устройств, системного времени и накопленных данных.

Защита информации от несанкционированного доступа на программном уровне осуществляется:

- наличием системы паролей для доступа к изменению параметров, времени и данных;
- путем регистрации в памяти УСПД всех событий, связанных с изменениями параметров настройки, коррекции данных или системного времени;
- путем специального кодирования информации (XML формат, ЭЦП) об электроэнергии и мощности, передаваемой на вышестоящий уровень по каналам связи.

Счетчики типа СЭТ имеют встроенные способы защиты от несанкционированного доступа к данным. Устанавливается пароль, предотвращающий несанкционированный доступ через оптический порт. Кроме того, поскольку в счетчике нет движущихся частей, счетчик невосприимчив к попыткам механического воздействия, которые могут иметь место с электромеханическими счетчиками. Их аудиторская способность обеспечивает запись числа и времени изменений программы, числа отключений напряжения питающей сети, числа сбросов показаний максимальной мощности и других связанных с достоверностью данных величин, характерных для многотарифных счетчиков.

10.4 Решения по электропитанию компонентов АИИС КУЭ

Счетчики электрической энергии СЭТ-4ТМ получают основное питание от измеряемого напряжения. Резервное питание 220 В переменного тока счетчики получают от щита собственных нужд (ЩСН) ГПП.

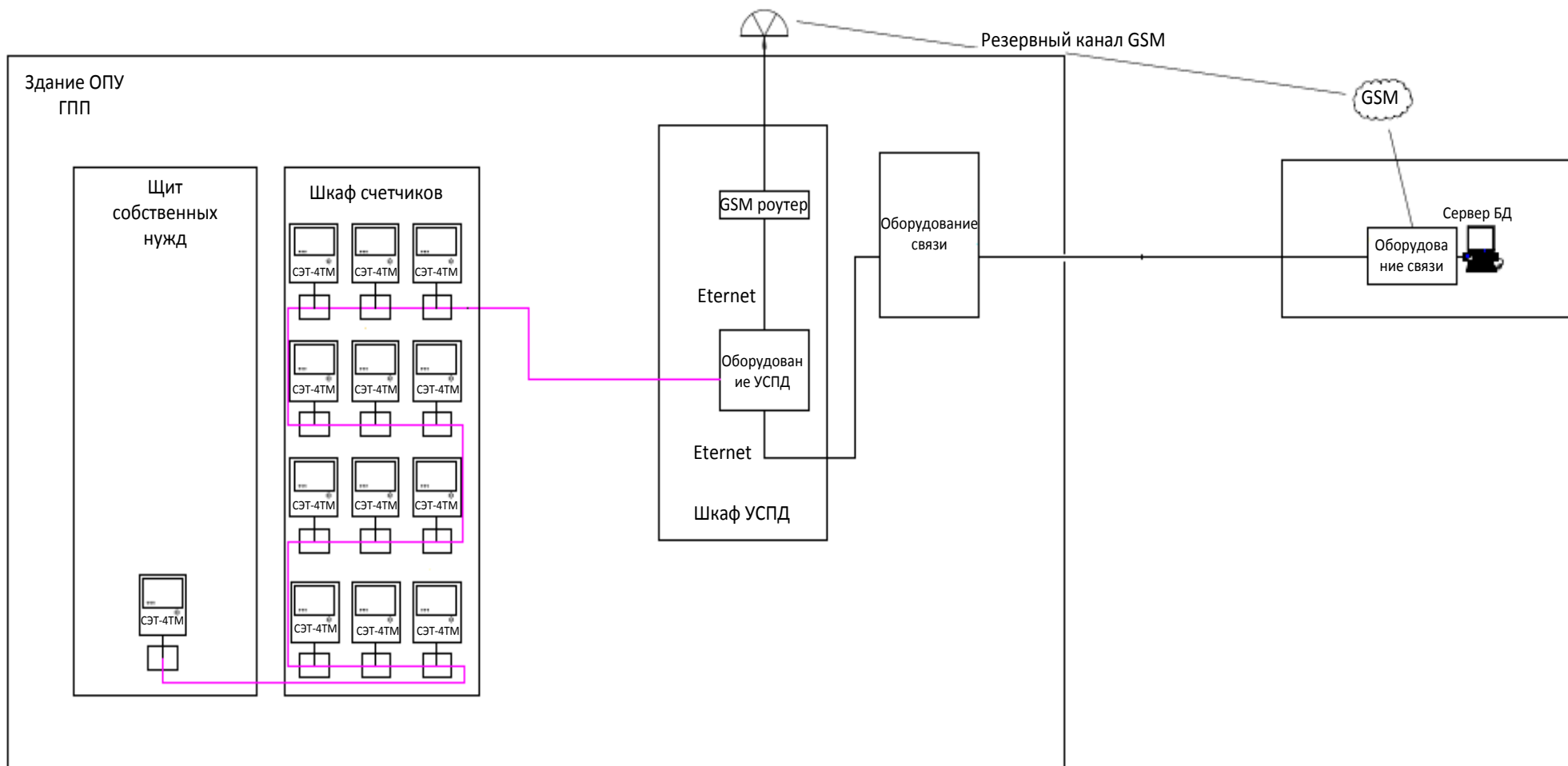


Рисунок 14 - Структурная схема АИИС КУЭ

11 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является обоснование проекта, механизма управления и сопровождения конкретных решений по проекту на этапе научно-технического проектирования, оценка целесообразности.

В данной работе произведено проектирование системы электроснабжения завода ЗАО "Нефтеоборудование" с детальной проработкой ремонтно-механического цеха.

Завод проектируется для снабжения предприятий нефтяной отрасли различным оборудованием и комплектующими, в комплексе с гарантийным и постгарантийным сопровождением продукции. Первоначально планируемый рынок сбыта - предприятия нефтяной промышленности находящиеся в азиатской части России, от Урала до Дальнего Востока

11.1 Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование.

Состояние нефтеперерабатывающей отрасли России открывает большие возможности для успешного поиска потенциальных потребителей ЗАО «Нефтеоборудование».

Расширение территории добычи нефти, увеличение уровня добычи и переработки, а так же рост потребления нефтепродуктов и повышение общемирового спроса на продукты нефтехимической промышленности – все это поднимает спрос на вспомогательные товары, к которым и относится нефтеоборудование.

Для производства нефтеперерабатывающего оборудования у предприятия имеются все необходимые ресурсы, а именно: производственные мощности; персонал; технологии и наработки.

Основной целью исследования является предоставление объективной оценки конъюнктуры и перспектив дальнейшего развития рынка сбыта для проектируемого предприятия.

Возможности роста спроса на продукцию ЗАО «Нефтеоборудование» весьма ограничены ввиду высокого уровня насыщения рынка.

Выделим критерии сегментирования рынка и результат сведем в таблицу 25:

Таблица 25 - Сегменты рынка

	Сегменты рынка					
	Оборудование для АЗС	Оборудование для АГЗС	Оборудование для нефтебаз	Буровое оборудование	Услуги	
					Сервис оборудования	Сдача в аренду изготовленного оборудования
Критерий «Основные потребители оборудования»						
Нефтехимическая промышленность						
Нефтегазовая отрасль						
Предприятия реализующие конечному потребителю продукцию нефтегазовой отрасли						
Критерий «География продаж»						
Рынок РФ						
Страны СНГ						

Критерий «Цена»						
Низкая						
Средняя						
Высокая						

ЗАО Пензаспецавтомаш

ООО Пензенский Завод Энергетического машиностроения

ЗАО Нефтеоборудование

ООО СпецНефтеМаш

ОАО Пензокомпрессормаш

ЗАО Пензенский завод нефтегазового оборудования

ООО Бессоновский машиностроительный завод

Таким образом, для завода ЗАО «Нефтеоборудование» открыты следующие сегменты рынка: изготовление бурового оборудования используемого в сопровождении бурения, его эксплуатации и ремонта; оказание услуг по сдаче изготовленного оборудования в аренду.

В числе наиболее значимых стимулов по росту спроса на продукцию может стать: разработка инновационных видов оборудования; снижение себестоимости продукции; рост рынка сервисного обслуживания.

11.2 Планирование инженерного проекта

Разработка научно-исследовательской работы производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и инженера.

Для того, чтобы произвести расчет затрат на проектирование электроснабжения объекта в установленный срок с наименьшими затратами средств, составляется план-график, в котором последовательно рассчитывается трудоемкость всех этапов работы. После определения трудоемкости всех разделов, назначается число участников работы по каждому этапу (таблица 26).

Таблица 26 - План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполненных работ	Исполнители	Прод- сть, дн.
1	Согласование технического задания. Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Руководитель	2
		Инженер	2
2	Расчет нагрузки ремонтно-механического цеха	Инженер	8
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	10
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер	2
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций.	Инженер	3
6	Выбор трансформаторов ГПП. Техничко-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель	2
		Инженер	8
7	Расчет внутривозводской сети предприятия	Инженер	10
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	1
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В.	Инженер	3
10	Расчет схемы электроснабжения ремонтно-механического цеха	Руководитель	2
		Инженер	10
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В.	Инженер	1
12	Выбор аппаратов защиты в сети ниже 1000 В.	Инженер	1
13	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	3
14	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	2
		Инженер	20
15	Чертежные работы	Руководитель	2
		Инженер	20
16	Сдача проекта	Руководитель	1
Итого по каждой должности		Руководитель	11
		Инженер	102
Итого			113

Следующим шагом является построение календарного плана-графика, основанного на данных таблицы 26. График строится для наглядного представления длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 27 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам за весь период времени дипломирования.

Таблица 27 – Календарный план-график

№ п/п	Перечень выполненных работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ											
			Февраль	Март			Апрель			Май			Июнь	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Согласование технического задания.	Руководитель												
	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Инженер												
2	Расчет нагрузки ремонтно-механического цеха	Инженер												
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер												
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер												
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций.	Инженер												
6	Выбор трансформаторов ГПП. Техничко-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель												
		Инженер												
7	Расчет внутризаводской сети предприятия	Инженер												
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер												
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В	Инженер												
10	Расчет схемы электроснабжения ремонтно-механического цеха	Руководитель												
		Инженер												
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже1000 В.	Инженер												
12	Выбор аппаратов защиты в сети ниже 1000 В.	Инженер												
13	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер												
14	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель												
		Инженер												
15	Чертежные работы	Руководитель												
		Инженер												
16	Сдача проекта	Руководитель												

11.3 Смета затрат на проект

Произведем расчет затрат на разработку проекта по следующей формуле:

$$\Sigma \text{Ипр} = \text{Имат} + \text{Изп} + \text{Исо} + \text{Иам} + \text{Ипр} + \text{Инакл} \quad (29)$$

где: Имат – материальные затраты;

Изп – заработная плата;

Исо – отчисления в социальные фонды;

Иам – амортизация компьютерной техники;

Ипр – прочие затраты;

Инакл – накладные расходы.

Материальные затраты

Таблица 28 – Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб	И _{мат} , руб
Флэш память	1	250,0	250,0
Упаковка бумаги А4 500 листов	1	200,0	200,0
Канцтовары	-	1000,0	1000,0
Итого И_{мат}, руб	-	-	1450,0

Расчет заработной платы

а) Месячная заработная плата научного руководителя

$$\text{И}_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (\text{ЗП}_0 + \text{Д}) \cdot \text{K}_2 \cdot \text{K}_1 = (23300,0 + 2200,0) \cdot 1,3 \cdot 1,16 = 38454,0 \text{ руб}$$

где ЗП₀ – месячный оклад; Д – доплата за интенсивность труда; К₁ – коэффициент, учитывающий отпуск; К₂ – районный коэффициент (1,3 для Томской области).

Заработная плата научного руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$\text{И}_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{\text{И}_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{38454,0}{21} \cdot 11,0 = 20142,6 \text{ руб},$$

где n – количество рабочих дней по факту.

б) Месячная заработная плата инженера

$$\text{И}_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (\text{ЗП}_0 + \text{Д}) \cdot \text{K}_2 \cdot \text{K}_1 = 14500,0 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 20735,0 \text{ руб},$$

Заработная плата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{ЗП}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{ЗП}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{20735,0}{21} \cdot 102,0 = 100712,86 \text{ руб},$$

в) Итого ФЗП приведен

$$I_{\text{ФЗП}} = 20142,6 + 100712,86 = 120855,46 \text{ руб},$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 29.

Таблица 29 – Расчет ФЗП

Должность	ЗП, руб	Д, руб	К1	К2	$I_{\text{ЗП}}^{\text{мес}}$, руб	n, дн	$I_{\text{ФЗП}}$
Руководитель	23300,0	2200,0	1,16	1,3	38454,0	11	20142,6
Инженер	14500,0	-	1,10	1,3	20735,0	102	100712,86
Итого							120855,46

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

$$I_{\text{со}} = 0,3 \cdot 120855,46 = 36256,64 \text{ руб},$$

Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах.

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.КТ}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{КТ}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} \quad (30)$$

$$I_{\text{ам}} = \frac{102}{365} \cdot 35000,0 \cdot \frac{1}{5} = 1953 \text{ руб},$$

где $T_{\text{исп.КТ}}$ – время использования компьютерной техники на проект; $T_{\text{кал}} = 365$ – годовой действительный фонд рабочего времени используемого оборудования;

$C_{\text{КТ}}$ – первоначальная стоимость оборудования, руб; $T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники (время окупаемости 5 лет).

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 30.

Таблица 30 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб	Количество	Тз, дне	Иам, руб
Компьютер инженера	35000,0	1	102	1953
Компьютер руководителя	25000,0	1	11	150,68
Принтер	7500,0	1	2	7,67
Итого Иам, руб	-	-		2111,35

5) Прочие расходы (услуги связи, затраты на ремонт оборудования и т.д.) в размере 10% от ФЗП, затраты на материалы, амортизацию и отчисления в социальные фонды

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

$$= 0,1 \cdot (120855,46 + 1450,0 + 2111,35 + 36595,9) = 16101,37 \text{ руб,}$$

6) Накладные расходы (затраты на отопление, свет, обслуживание помещений и т.д.)

$$I_{\text{накл}} = 2 \cdot I_{\text{ФЗП}} = 241710,92 \text{ руб,}$$

7) Затраты на разработку проекта (себестоимость проекта)

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

$$= 120855,46 + 1450 + 2111,35 + 36256,64 + 16101,37 + 241710,92 =$$

$$= 418485,74 \text{ руб,}$$

Расчет сметы затрат на разработку проекта сводится в таблицу 31.

Таблица 31 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб.
1	$I_{\text{ФЗП}}$	120855,46
2	Материалы $I_{\text{мат}}$	1450
3	Амортизация основных фондов $I_{\text{ам}}$	2111,35
4	Социальные отчисления $I_{\text{со}}$	36256,64
5	Прочие расходы $I_{\text{пр}}$	16101,37
6	Накладные расходы $I_{\text{накл}}$	241710,92
Цена проекта $\sum I$		418485,74

11.4 Формирование варианта оборудования

Таблица 32–Матрица структурного решения выбора

№ параметра	Морфологический признак (параметр)	Вид (способ) исполнения		
		1	2	3
1	Вид тока	Постоянный	импульсный	переменный
2	Охлаждение трансформаторов	сухой, воздушное охлаждение	охлаждение с принудительной циркуляцией масла	охлаждение с естественной циркуляцией воздуха и масла
3	Материал кабеля	Алюминий	Медь	-
4	Марка кабеля	АПвВнг(А)-ХЛ-10	ППГнг (А)-LS	АСБ
5	Защитная аппаратура	Плавкие предохранители	Автоматические выключатели	-
6	Силовые распределительные пункты	Щиты распределительные	Типовое РП	-
7	Схема внутрицехового электроснабжения	Радиальная	Магистральная	Смешанная
Вариант решения				

11.5 Смета затрат на электрооборудование

Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха приведена в таблице 33.

Таблица 33 – Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Единицы измерения	Количество	Сметная стоимость, руб.		Общая стоимость, руб.	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	TS3R36-4000/35	шт	2	3180000	65000	6360000	130000
	Кабель АПвВнг(А)	км	1	310000	8100	310000	8100
	2КТП-ВЦ-АТ-630/10/0,4	шт	1	656517	112000	656517	112000
	ТСГЛ-630/10-УЗ	шт	2	759639	45000	1519278	90000
	ВА-13-29	шт	38	3315	600	125970	22800
	ВА-51-26	шт	7	4200	600	29400	4200
	ВА-51-31	шт	2	5140	600	10280	1200
	ВА-57-35	шт	4	6300	600	25200	2400
	Кабель ППГнг (А)-LS	км	0,41	254000	7700	104140	3157
Итого по цеху, руб.						9140785	373857

Полная стоимость затрат на разработку проекта, оборудование и монтаж

$$K = \sum И + K_{об} + K_{монт} = 418485,74 + 9140785 + 373857 = 9933127,74 \text{ руб}$$

11.6 Оценка целесообразности исследования.

11.6.1 Оценка научно-технического уровня следования.

Для определения научно - технического уровня проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности необходимо, рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ).

Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок. Метод основан на присвоении каждому из признаков НТУ определенного числа баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик.

Формула для определения общей оценки:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i * П_i \quad (31)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака; $П_i$ – количественная оценка i – го признака.

Таблица 34 - Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,8
Теоретический уровень	0,6
Возможность реализации	0,3

Таблица 35 - Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 36 - Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Разработка нового метода	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ	8
Разработка численных экспериментов	6
Элементарный анализ результатов исследования	3

Таблица 37 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	5
Свыше 10 лет	3

Расчет НТУ:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i * \Pi_i$$

где $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,6$; $k_3 = 0,3$; $\Pi_1 = 9$; $\Pi_2 = 6$; $\Pi_3 = 4$;

$$\text{НТУ} = 0,8*9+0,6*6+0,3*4 = 12.$$

По полученным значениям коэффициент научно-технического уровня (НТУ) можно сказать о достаточно высоком научно - техническом уровне исследования, его научной ценности, технической значимости и эффективности.

11.6.2 Оценка возможных рисков

Произведем оценку возможных рисков. Определение рисков является одним из ключевых моментов при создании проекта. Учет рисков даст возможность избежать опасных факторов, которые могут негативно отразиться на реализации проекта.

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления (P_i). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблицах 38-42.

Таблица 38 – Социальные риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Низкая квалификация персонала	0	2	0,061	0
2	Непросвещенность предприятий о данном методе	50	4	0,168	8,928
3	Несоблюдение техники безопасности	25	6	0,23	6,25
4	Увеличение нагрузки на персонал	50	4	0,168	8,928
	Сумма		16	0,627	24,1

Таблица 39 – Экономические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Инфляция	100	2	0,029	1,960
2	Экономический кризис	25	3	0,049	0,980
3	Непредвиденные расходы в плане работ	25	5	0,126	5,862
4	Сложность выхода на мировой рынок	75	6	0,136	10,29
	Сумма		16	0,34	19,92

Таблица 40 – Технологические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Возможность поломки оборудования	25	6	0,24	5,25
2	Низкое качество поставленного оборудования	25	8	0,313	7,0357
	Сумма		14	0,553	12,2857

Таблица 41 – Научно-технические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Развитие конкурентных методов	50	5	0,135	8,936
2	Отсутствие результата в установленные сроки	25	6	0,123	6,25
3	Несвоевременное патентование	25	8	0,176	3,657
	Сумма		19	0,434	18,843

Таблица 42 – Общие риски

№ п/п	Риски	b_i	w_i	$b_i \cdot w_i$
1	Социальные	16	0,627	10,03
2	Экономические	16	0,34	5,44
3	Технологические	14	0,553	7,742
4	Научно-технические	19	0,434	8,246
Итого:				31,458

При оценке возможных рисков получен результат - 31,458. Это говорит о том, что несмотря на некоторые риски, в целом реализация проекта возможна и имеет право на существование.

11.7 Заключение по разделу

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

- 1) Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования, результат которого показал большой потенциал применения методики;
- 2) Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план. Общее содержание работ для проведения исследования составило 16 позиций. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности. С помощью данных показателей был разработан календарный план график проведения НИР по теме, что указывает на целесообразность проведения данного исследования. Общая продолжительность дней на проведение исследования – 113 дня;
- 3) Суммарный бюджет затрат НИР составил –9933127,74 рублей;
- 4) Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического уровня и приемлемый уровень рисков.

Раздел выполнен на основании [27, 28, 29].

12 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Целью данного раздела является анализ вредных , опасных факторов, влияющих на работника, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов экологической безопасности, выявление наиболее вероятных ЧС. Выше указанные цели рассмотри для ремонтно-механического цеха ЗАО "Нефтеоборудования".

Ремонтно-механический цех вышеуказанного завода выполняет следующие функции:

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

12.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основными документами, регулирующими правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности касательно специфики данного проекта – это Трудовой кодекс РФ. Трудовой кодекс устанавливает права и обязанности работника и работодателя, регулирует вопросы охраны труда, переподготовки и повышения квалификации, трудоустройства. В нем закрепляются правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров.

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

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

12.2 Анализ опасных и вредных факторов производства.

Ремонтно-механический цех является производственным помещением, которое предназначено для выполнения различных работ по изготовлению металлоизделий и оснащен металлорежущими станками и вспомогательным оборудованием. Работа на металлорежущих станках не всегда безопасна и имеет ряд вредных факторов, оказывающих на рабочего неблагоприятное воздействие. Также возможно выделение различной пыли, вредных веществ и избыточного тепла. В связи с этим, необходимы дополнительные меры защиты и мероприятия, обеспечивающие безопасность эксплуатации оборудования.

12.3 Шум и вибрация

Предельно допустимые значения уровней звукового давления – это значения шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю не должен вызывать отклонений здоровья либо заболеваний. Допустимый уровень шума – уровень, не вызывающий у человека значительного беспокойства и существенных изменений состояния. Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах не должен превышать значений определенных [20].

Мероприятия по борьбе с шумом [25]:

1. Правильная организация труда и отдыха (устройство кратковременных перерывов в работе).
2. Применение звукоизолирующих преград. Звукоизолирующая способность преград возрастает с увеличением их веса и частоты звуковых волн.
3. Применение средств индивидуальной защиты (беруши, протившумные наушники, шлемофоны и др.).

Вибрации, как шум, вредно действуют на организм человека. Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации не должны превышать значений определенных [22].

Мероприятия по борьбе с вибрацией [26]:

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

12.4 Запыленность воздуха

В условиях машиностроительного производства выделение пыли связано с процессами механического измельчения, приготовления формовочных смесей, механической обработки твердых и хрупких материалов и т.д. Пыли возникают также при горении, плавлении, ряде химических и термических процессов и носят название дымов. Пыли и дымы имеют также общее название - аэрозоли.

Степень вредного воздействия пыли на человека зависит от ее концентрации, механических свойств, химического состава и размера частиц. В результате длительного воздействия металлической пыли на организм человека развивается профессиональное заболевание - сидероз, как разновидность пневмокониозов. Поэтому воздух в рабочей зоне должен соответствовать требованиям [18].

Мероприятия по борьбе с запыленностью воздуха:

1. применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадание их в рабочую зону, что достигается применением нетоксичных материалов изготовления и пылеподавлением (увлажнением) смазывающе-охлаждающей жидкостью образовавшейся во время механической обработки деталей;
2. организация воздухообмена в производственном помещении посредством вентиляции.

12.5 Освещение

Оценка освещенности рабочего места необходима для обеспечения оптимальных условий работы в цехах, поскольку грамотно спроектированное и выполненное освещение на рабочем месте обеспечивает комфортную рабочую деятельность. В проектируемом цехе выполняются работы средней точности с эквивалентным размером объекта различения свыше 0,5 до 1,0 мм (разряд зрительной работы IVб) , отсюда, согласно [19] необходимый уровень освещенности, при системе общем освещения, равен 300 лк.

Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Поэтому в соответствии с [19] все цеха завода имеют естественное освещение. Но так как дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течении всего рабочего дня, а так же зависит от погодных условий в проекте предусмотрено дополнительное искусственное освещение на основе светильников с LCD.

12.6 Электробезопасность

Электрический ток представляет значительную опасность для здоровья человека непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

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

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

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

При наиболее неблагоприятном исходе воздействие электрического тока может привести к смерти человека.

Основным документом, регламентирующим воздействие электрического тока в производственных условиях, является ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [21].

Для защиты персонала от поражения электрическим током в цехах завода используются следующие меры: защита от случайного прикосновения, защитное заземление и зануление. Цеха ЗАО "Нефтеоборудование", согласно [11] относятся к категории 3в по степени опасности от поражения людей электрическим током, относящейся к особо опасным помещениям при наличии химически активной или органической среды.

Защита от случайного прикосновения предназначена для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям в цехах предприятия обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

Ограждения применяются как сплошные, в виде кожухов и крышек, применяемые в электроустановках до 1000 В, так и сетчатые, которые имеют двери, запирающиеся на замок.

в электроустановках до 1000 В ограждаются – неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением части ЭД, пусковая аппаратура и т.д.

В электроустановках выше 1000 В – все без исключения токоведущие части (изолированные и неизолированные) должны быть надежно ограждены сетками, закрыты металлическими дверями, заключены в металлические ящики или расположены на недоступной высоте.

Блокировки применяются в электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях и электрических аппаратах. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях кожух. Блокировки применяются также для предупреждения ошибочных действий персонала при переключениях.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетокведущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Основное назначение защитного заземления – устранение опасности поражения персонала электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования. Стоит отметить, что защитное заземление не всегда может быть эффективным. Тогда прибегают к занулению.

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

Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью. При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом.

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

12.6.1 Расчет защитного заземления для цеховой ТП

Согласно [11] в электроустановках без компенсации емкостных токов сопротивление заземляющего устройства при протекании расчетного тока замыкания на землю в любое время года должно быть при одновременном использовании для электроустановок напряжением до 1000В не более $R < 125 / J$ Ом, где J - ток замыкания на землю для установок свыше 1000В.

В тоже время сопротивление для электроустановок напряжением до 1000В с глухим заземлением нейтрали трансформаторов должно быть не более 4 Ом согласно [11].

Для защиты ТП применимо контурное заземление.

Для выравнивания потенциала внутри контура прокладывают горизонтальные полосы. Чтобы уменьшить шаговое напряжение за пределами контура, вдоль проходов в грунт закладывают специальные шины.

Длина кабельных линий со стороны 10 кВ : $L = 334,1$ м; грунт-суглинок;
 $\rho_{уд} = 100$ Ом/м.

Измерения проводились при средней влажности грунта $\gamma_2 = 1,5$.

В качестве вертикальных заземлителей принимаем стальные стержни диаметром 18 мм и длиной 2,5 м. В качестве соединительной полосы стальная шина сечением 40 х 5 мм.

Расчетный ток замыкания на землю на стороне 10 кВ (однофазный):

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (35 \cdot L_K + L_B)}{350} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 35 \cdot 0,3341}{350} = 0,578 \text{ кА}$$

Сопротивление заземляющего устройства принимаем $R_3 = 4$ Ом.

Рассчитываем удельное сопротивление грунта:

$$\rho_{расч} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Сопротивление естественного заземления: $R_e = 6$ Ом, - общее сопротивление фундамента.

Сопротивление искусственного заземлителя должно быть:

$$R_{II} = \frac{R_E \cdot R_3}{R_E - R_3} = \frac{6 \cdot 4}{6 - 4} = 12 \text{ Ом}$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя:

$$R_{ст.од} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + L}{5 \cdot H - L} \right) =$$

$$= \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 2,5}{5 \cdot 2 - 2,5} \right) = 76 \text{ Ом}$$

Длина соединительной полосы равна периметру прямоугольника 5 х 4 м, т.е. 18 м.

Вертикальные стержни размещаются через каждые 2-2,5 м, всего 8 стержней. Сопротивление соединительной полосы:

$$R_{II} = \frac{\rho_{II}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot H} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 18} \cdot \ln \frac{2 \cdot 18^2}{0,04 \cdot 0,8} = 11,6 \text{ Ом}$$

С учетом коэффициента использования соединительной полосы: $r_{II} = 0,32$

$$R_{IIK} = \frac{R_{II}}{r_{II}} = \frac{11,6}{0,32} = 36 \text{ Ом}$$

Требуемое сопротивление растеканию вертикальных стержней:

$$R_{CT} = \frac{R_{IIK} \cdot R_{II}}{R_{IIK} - R_{II}} = \frac{36 \cdot 12}{36 - 12} = 18 \text{ Ом}$$

Окончательно определяется число вертикальных стержней. Принимая предварительно их число равным 8, длину 2,5 м, расстояние между ними 2,5 м, находим коэффициент использования: $R_{CT} = 0,52$

$$n = \frac{R_{CT.ОД.}}{R_{CT} \cdot R_{CT}} = \frac{76}{0,52 \cdot 18} = 8,11 \text{ шт}$$

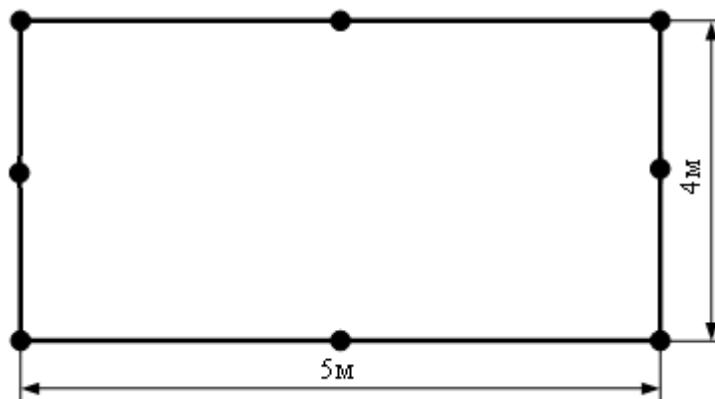


Рисунок 15 – Расположение заземляющих электродов

Окончательно принимаем к установке 8 вертикальных электродов расположенных по контуру ТП.

12.7 Защита от действия выявленных опасных производственных факторов

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

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

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

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

Станочное оборудование обязательно должно иметь защитное ограждение и предохранительные устройства.

12.8 Экологическая безопасность

Требования по охране окружающей среды описаны в соответствии с [24].

Важную роль в защите окружающей среды отводят мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнения: оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом местности; установление санитарно-защитных зон вокруг промышленных предприятий.

Наиболее распространенными техногенными загрязнителями атмосферного воздуха в данном проекте является различного рода пыль, содержащаяся в отходящих вентиляционных и промышленных газах. В связи с этим очевидна актуальность очистки отходящих газов от пыли (особенно от мелкодисперсной) во всех технологических процессах, при которых происходит пылевыделение, с помощью инерционно-центробежных пылеуловителей.

Воздействие на литосферу обусловлено образованием отходов I, II, III, IV, V классов опасности.

К I классу относится - трансформаторы, конденсаторы.

Ко II классу относится - аккумуляторные батареи, автошины, автомасла.

К III классу относится - отработанные медные провода, обтирочные материалы, песок, загрязненные автомобильным топливом.

К IV классу относится - строительный мусор, упаковки от оргтехники, битое стекло.

К V классу относится - бумага, мусор образующийся при уборки помещений, лампы LSD (кроме энергосберегающих), лом металла, изоляция проводов и кабелей.

Вследствие использования работниками душевых и туалетов образуются жидкие отходы для удаления, которых применяют канализационную систему.

Твердые отходы, образованные в течении рабочей смены, собираются в контейнеры, и в конце смены очищаются.

При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются категории опасности и вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д.).

12.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является возникновение пожара.

Производственные помещения данного проекта, согласно [23] , относятся к категории В3. Согласно классификации, к категориям В1 - В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Наличие противопожарной защиты обусловлено необходимостью создания эффективных методов предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом. Согласно техническому регламенту эффективная система обеспечения пожаробезопасности должна включать в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Система противопожарной защиты подразумевает такие меры как: использование не горючих и трудногорючих веществ и материалов в производстве, ограничение количества горючих веществ и их надлежащее размещение; изоляция горючей среды; использование средств коллективной и индивидуальной защиты от огня и средств пожарной сигнализации. Все производственные помещения оснащены автоматической пожарной сигнализацией, проводящей круглосуточный пожарный мониторинг и служащей для быстрого извещения службы пожарной безопасности о возгорании.

Также в помещениях, в местах установленных пожарной охраной, должны быть размещены пожарные щиты со следующим набором пожарного оборудования: топоров – 2 шт; ломов и лопат – 2 шт; багров железных – 2 шт; ведер, окрашенных в красный цвет – 2 шт; огнетушителей ОУ-5 – 4 шт.

На предприятии должен быть разработан оперативный план пожаротушения. Оперативный план пожаротушения – это документ, в котором спрогнозирована обстановка на объекте при возникновении пожара и намечены организационные мероприятия по его тушению. Оперативный план должен разрабатываться квалифицированными специалистами и утверждаться в территориальных Управлениях МЧС РФ.

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

1. Вызвать пожарную команду, единый телефон пожарных и спасателей – 101;

2. Обесточить электрооборудование, электрические сети;
3. Проконтролировать включение установки аэрозольного пожаротушения (для блочно-контейнерного блока автоматизированной электростанции);
4. Поставить в известность вышестоящее руководство;
5. Принять меры по эвакуации людей и тушению пожара первичными средствами пожаротушения;
6. Организовать встречу подразделения пожарной охраны.

В каждом цеху должна находиться инструкция о конкретных мерах пожарной безопасности, противопожарном режиме и план эвакуации персонала из цеха (рисунок 16).

Пути эвакуации рабочих запрещено загромождать оборудованием. На путях эвакуации устанавливаются указатели и световые табло. Каждый случай пожара (возгорания) должен быть расследован согласно «Инструкцией по расследованию и учету пожаров, происшедших на объектах энергетики» специально назначенной комиссией для установления причин, убытков, виновников возникновения пожара (возгорания).

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОЖАРА И ДРУГИХ ЧЕРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ИЗ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА ЗАО «НЕФТЕОБОРУДОВАНИЕ»

ПРИ ПОЖАРЕ 01 с местного
ЗВОНИТЬ: 112 с мобильного

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

-  - ОГНЕТУШИТЕЛЬ
-  - ПОЖАРНЫЙ КРАН
-  - АПТЕЧКА ПЕРВОЙ ПОМОЩИ
-  - ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЩИТ
-  - ЭВАКУАЦИОННЫЙ ВЫХОД
-  - РУЧНОЙ ПОЖАРНЫЙ ИЗВЕЩАТЕЛЬ
-  - ВЫ НАХОДИТЕСЬ ЗДЕСЬ
-  - ОСНОВНОЙ ПУТЬ ЭВАКУАЦИИ
-  - РЕЗЕРВНЫЙ ПУТЬ ЭВАКУАЦИИ

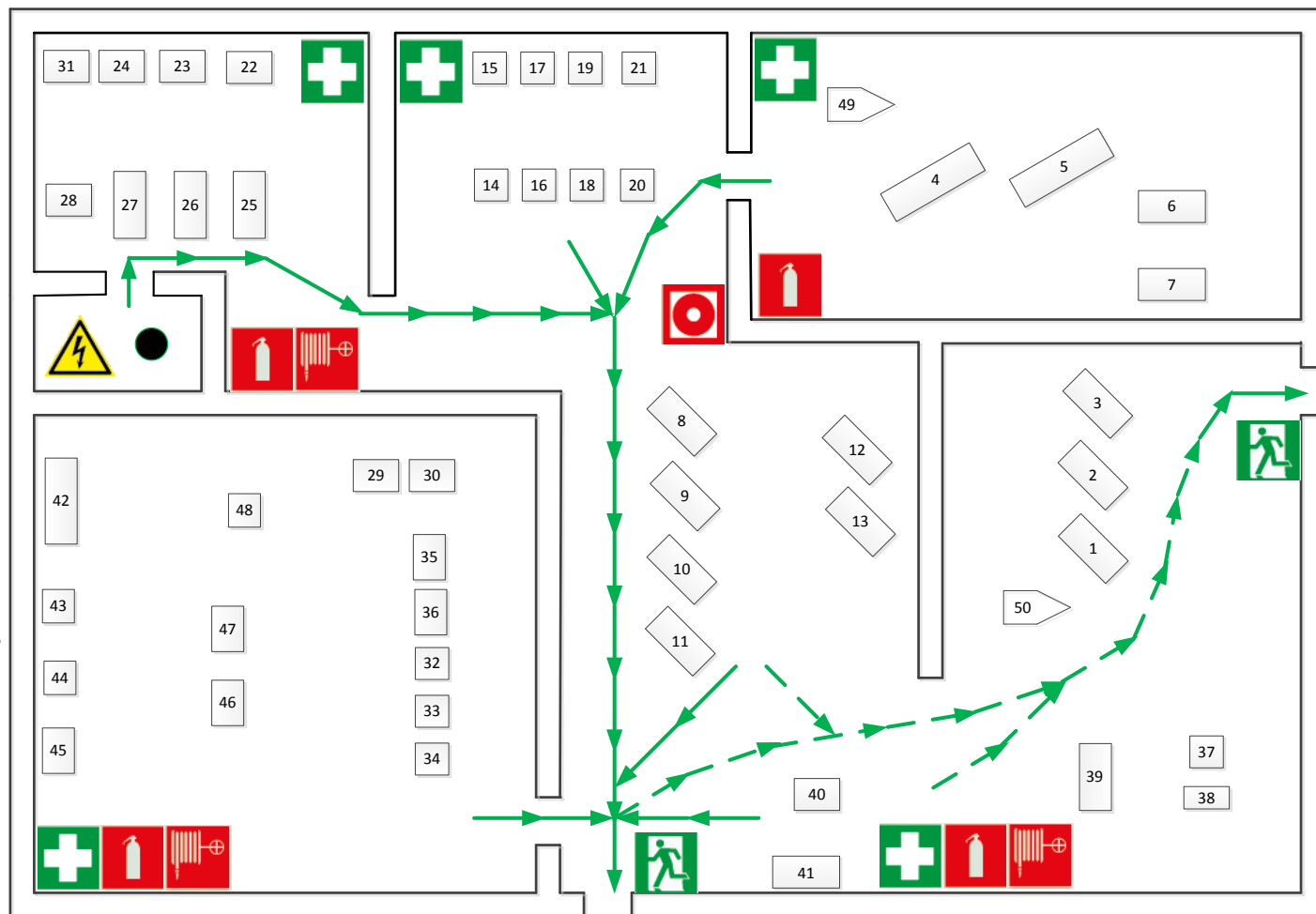


Рисунок 16- План эвакуации персонала ремонтно-механического цеха

12.10 Социальная защита пострадавших на производстве

Принципы возмещения причиненного вреда. Понятие вины работодателя. Социальное страхование. Виды обеспечения по страхованию. Пособие по временной нетрудоспособности. Единовременные и ежемесячные выплаты. Установление вины застрахованного.

12.10.1 Общие принципы возмещения причиненного вреда

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

Если вред причинен не источником повышенной опасности, работодатель несет ответственность лишь при наличии своей вины и освобождается от ответственности, если докажет, что вред причинен не по его вине.

Понятие вины работодателя понимается в широком смысле, как не обеспечение работодателем здоровых и безопасных условий труда.

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

Заявление о возмещении вреда подается работодателю (администрации предприятия).

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

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

12.10.2 Социальное страхование

Страховщик – Фонд социального страхования РФ.

Страхователь – Юридические лица любой организационно-правовой формы (в том числе иностранные организации, осуществляющие свою деятельность на территории РФ и нанимающие граждан РФ) либо физические лица, нанимающие лиц, подлежащих обязательному социальному страхованию.

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

Сам пострадавший или лица, имеющие право на получение возмещения, должны предъявлять соответствующие требования не к работодателю, а к органам Фонда социального страхования РФ.

Если гражданин выполняет работу по гражданско-правовому договору, условия которого не предусматривают обязанность уплаты работодателем страховых взносов, то возмещение работнику утраченного заработка, в части

оплаты труда, осуществляется причинителем вреда.

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

Виды обеспечения по страхованию:

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

12.10.3 Пособие по временной нетрудоспособности

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

Размер единовременной страховой выплаты определяется в соответствии со степенью утраты застрахованным профессиональной трудоспособности исходя из максимальной суммы, установленной федеральным законом о бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на очередной финансовый год. Ежемесячные страховые выплаты подлежат выплате застрахованному работнику на протяжении всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности.

Если при расследовании страхового случая комиссией по расследованию страхового случая установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, размер ежемесячных страховых выплат уменьшается соответственно степени вины застрахованного, но не более чем на 25 процентов. Степень вины застрахованного устанавливается комиссией по расследованию страхового случая в процентах и указывается в акте о несчастном случае на производстве или в акте о профессиональном заболевании. При определении степени вины застрахованного рассматривается заключение профсоюзного комитета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассчитана сеть электроснабжения завода ЗАО "Нефтеоборудование".

В результате расчетов были определены:

- полная суммарная активная и реактивная нагрузка предприятия;
- полная расчетная мощность предприятия.
- полная расчетная нагрузка ремонтно-механического цеха методом упорядоченных диаграмм;

По результатам расчета нагрузки по цехам предприятия построена картограмма нагрузок для потребителей 0,4 кВ и для потребителей 10 кВ, определен центр нагрузок. Установка ГПП в центре электрических нагрузок оказалась невозможной, в результате ГПП смещено в сторону питающей линии.

Определены число и мощность цеховых силовых трансформаторов, и произведено их распределение по цехам завода.

При выборе электрооборудования учтены повышенные требования по пожарной безопасности, предъявляемые к предприятиям нефтяной отрасли.

Электроснабжение завода ЗАО "Нефтеоборудование" осуществляется от подстанции энергосистемы, которая находится на расстоянии 7 км от завода. Питание предприятие получает по двухцепной воздушной линии напряжением 35кВ. Линия выполнена проводом марки АС-50 на железобетонных опорах. На ГПП, с целью обеспечения надежности электроснабжения потребителей второй категории, установлены два трансформатора TS3R36–4000/35. ОРУ-35кВ выполнено блочного типа по схеме "мостика". На стороне 10 кВ ГПП используется одиночная секционированная вакуумным выключателем с устройством АВР система шин.

РУ 10 кВ выполняется закрытого типа из шкафов КРУ с вакуумными выключателями на каждое присоединение. Питание цеховых трансформаторов осуществляется по двух- и одноцепным кабельным линиям напряжением 10 кВ марки АПВнг(А)-ХЛ-10.

Произведен выбор автоматических выключателей для защиты распределительных пунктов и электроприемников. Выбраны кабели, питающие распределительные шкафы 0,4 кВ, типа ППГнг(А)-LS и провода ответвлений к электроприемникам того же типа.

По результатам расчетов построены эпюры отклонений напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов. Анализ эпюр показал, что во всех режимах отклонение напряжения не превышает максимально допустимого предела согласно ГОСТ 32144-2013.

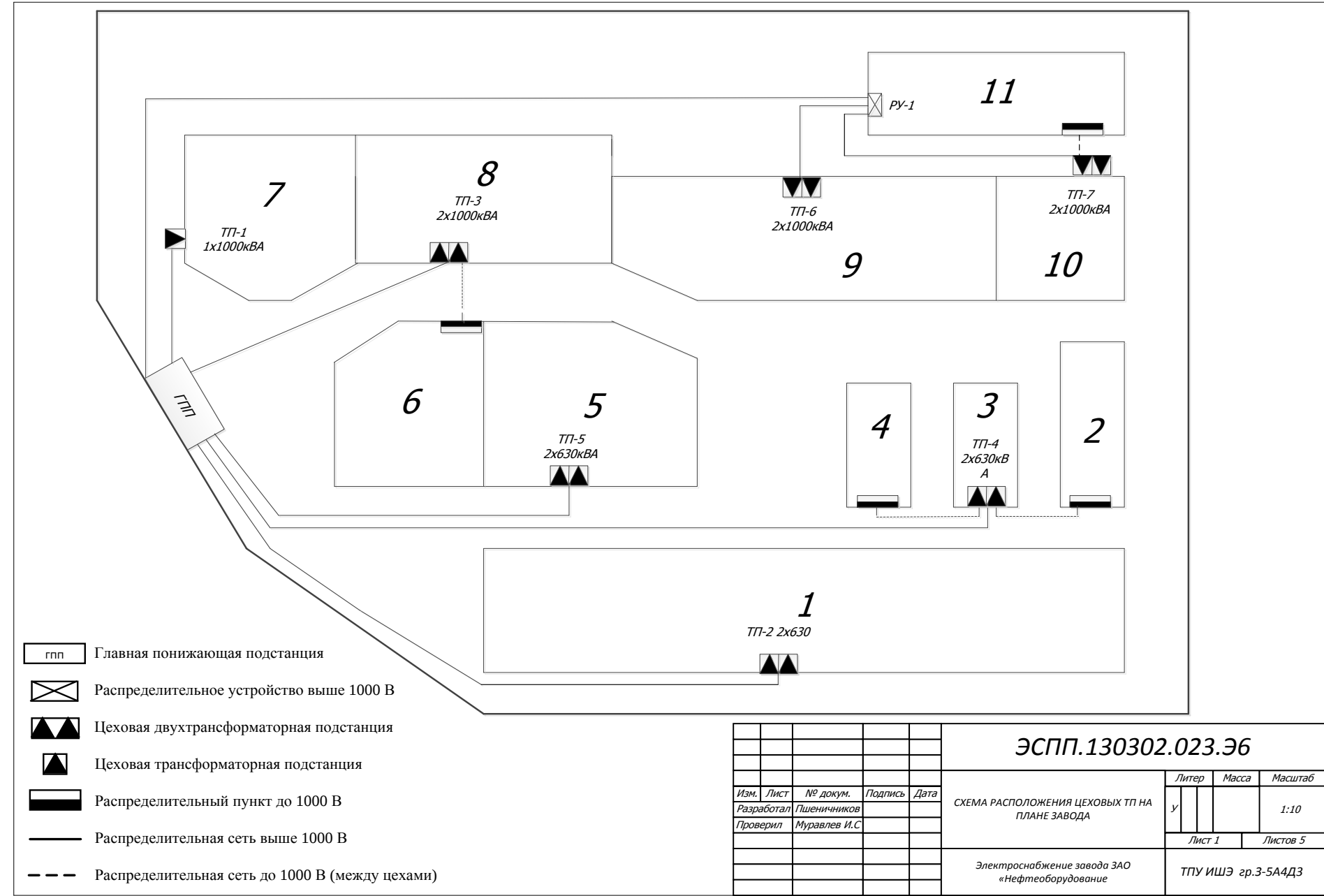
Для проверки селективной работы защитных аппаратов, по результатам расчетов токов КЗ в сети 0,4 кВ, построена карта селективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

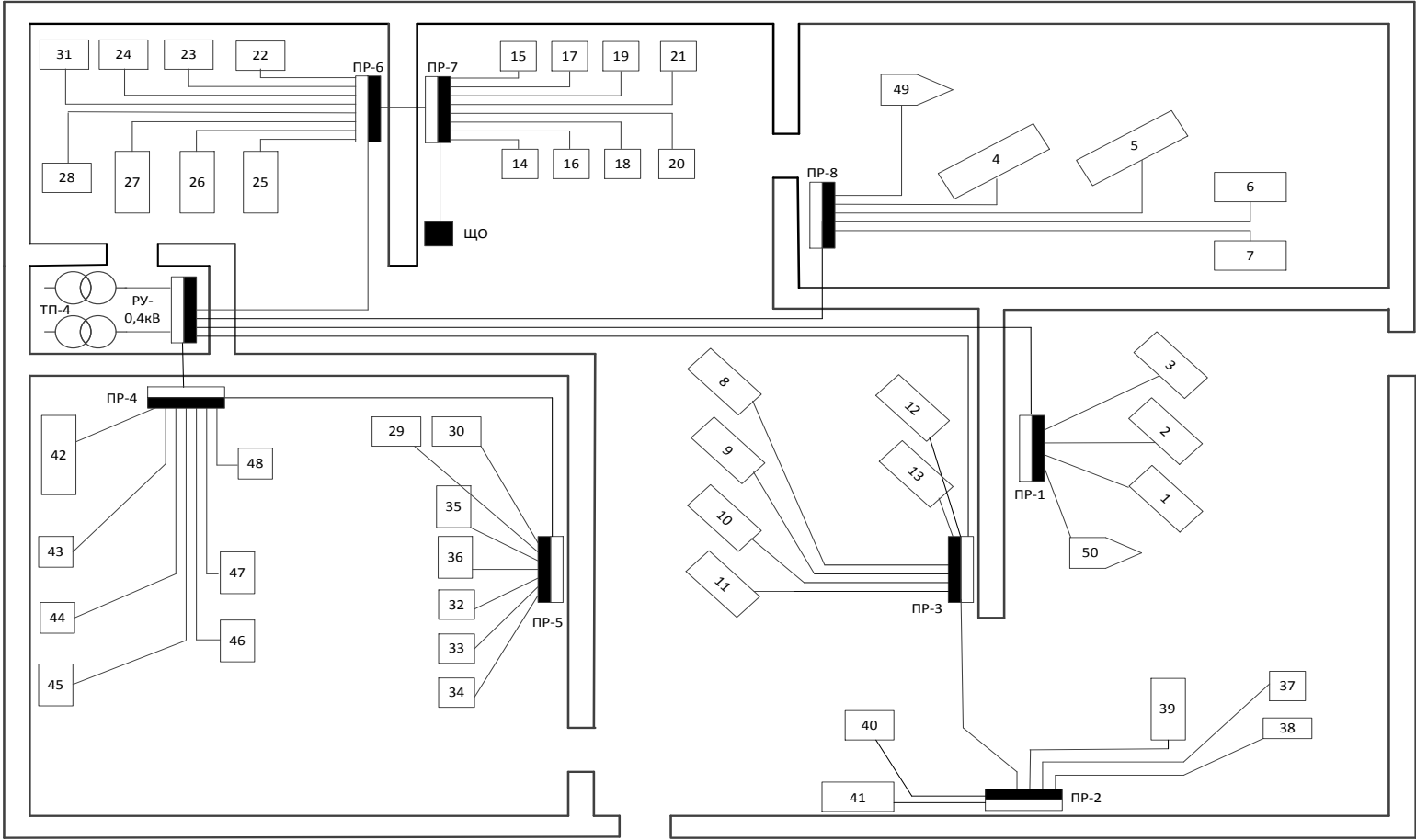
1. Справочник по проектированию электроснабжения/Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576с.
2. Барченко Т. Н., Закиров Р. И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С. М. Кирова, 1988.- 96 с.
3. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 100400 «Электроснабжение» (по отраслям) ИДО / Сост. А. И. Гаврилин, С. Г. Обухов, А. И. Озга; Том. политехн. ун-т.-Томск, 2004.-112 с.
4. Мельников М. А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб.пособие.- Томск: Изд. ТПУ, 2002.-143 с.
5. Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. Электрооборудование станций и подстанций.- М.: Энергоатомиздат, 1987.-646 с.
6. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения(EN 50160:2010, NEQ)ГОСТ 32144-2013/ Москва, Стандартформ, 2014.- 16 с.
7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий.- 2-е изд. перераб. и доп. / Под общей редакцией А. А. Федорова, Г. В. Сербиновского.- М.: Энергия, 1980.- 576 с.
8. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий.- М.: Энергоатомиздат, 1995.
9. А.А. Федоров, А.Г. Никульченко. Внутризаводское электроснабжение, 1976.
10. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб.пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
11. Правила устройства электроустановок (издание 7)/ Колл.авт.:.- М.: Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-технический центр по безопасности в промышленности", 2005. - 584с.
12. Инструкции и рекомендации по прокладке, монтажу и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6, 10, 15, 20 и 35 кВ ОАО "Электрокабель" Кольчугинский завод" - Кольчугино, 2014. - 48 с.
13. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие / Л.П. Сумарокова; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 288 с.
14. РД «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации» Государственной технической комиссии при Президенте Российской Федерации, исключая организацию физической охраны информации;
15. ГОСТ Р 50739. «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Общие требования»;

16. ГОСТ 51275. «Защита информации. Объект информатизации. Факторы воздействующие на информацию. Общие положения».
17. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.;
18. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.;
20. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.;
21. ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»;
22. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
23. Федеральный закон РФ №123-ФЗ от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
24. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ
25. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума. Классификация;
26. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования;
27. Кузьмин Е.А., Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.;
28. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.;
29. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 2006..

ПРИЛОЖЕНИЕ А

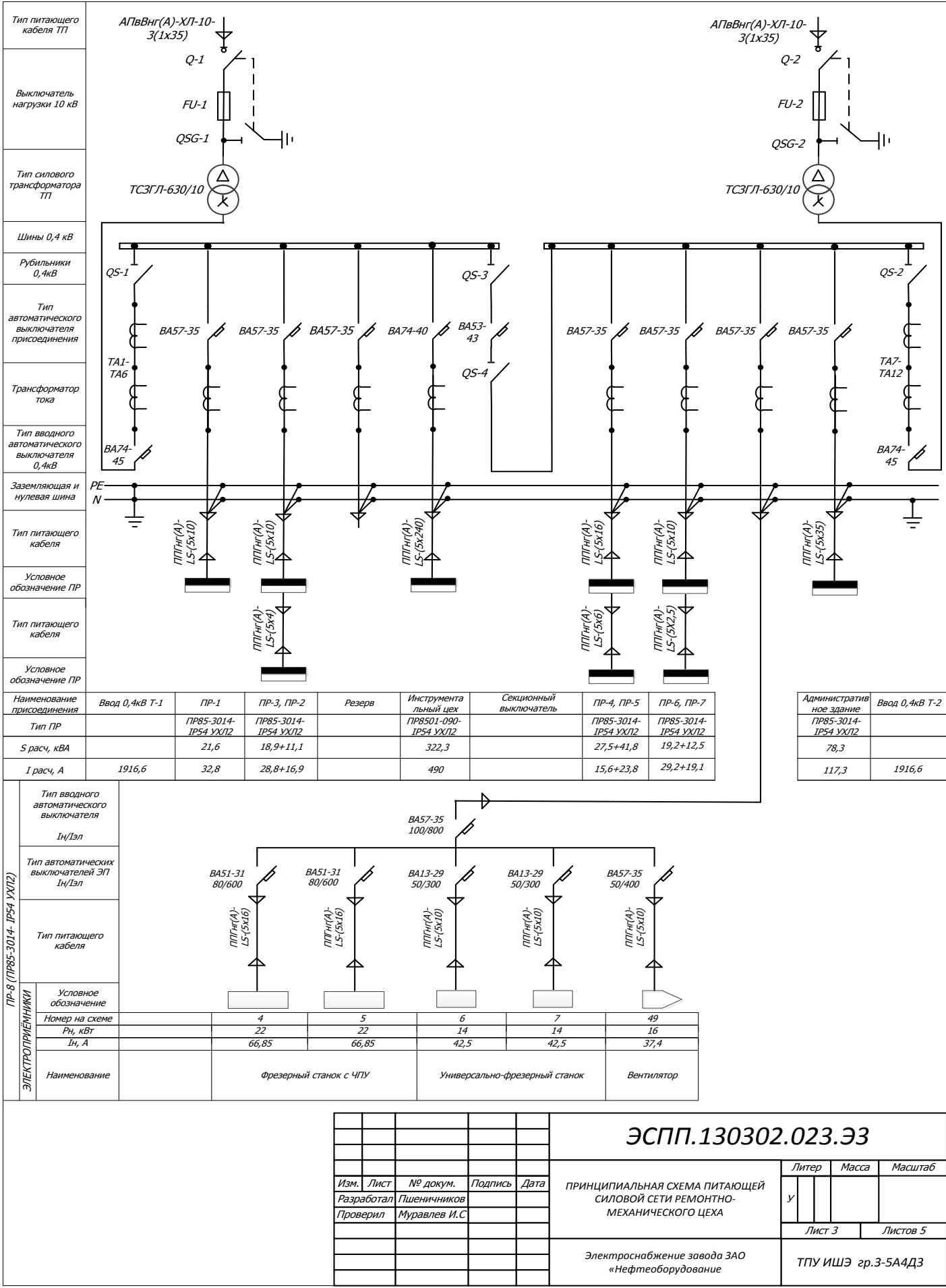


ПРИЛОЖЕНИЕ Б



					ЭСПП.130302.023.Э1				
					СХЕМА ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА	Литер	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		у			
Разработал	Пшеничников								
Проверил	Муравлев И.С								
						Лист 2		Листов 5	
					Электроснабжение завода ЗАО «Нефтеоборудование»	ТПУ ИШЭ гр.3-5А4Д3			

ПРИЛОЖЕНИЕ В



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

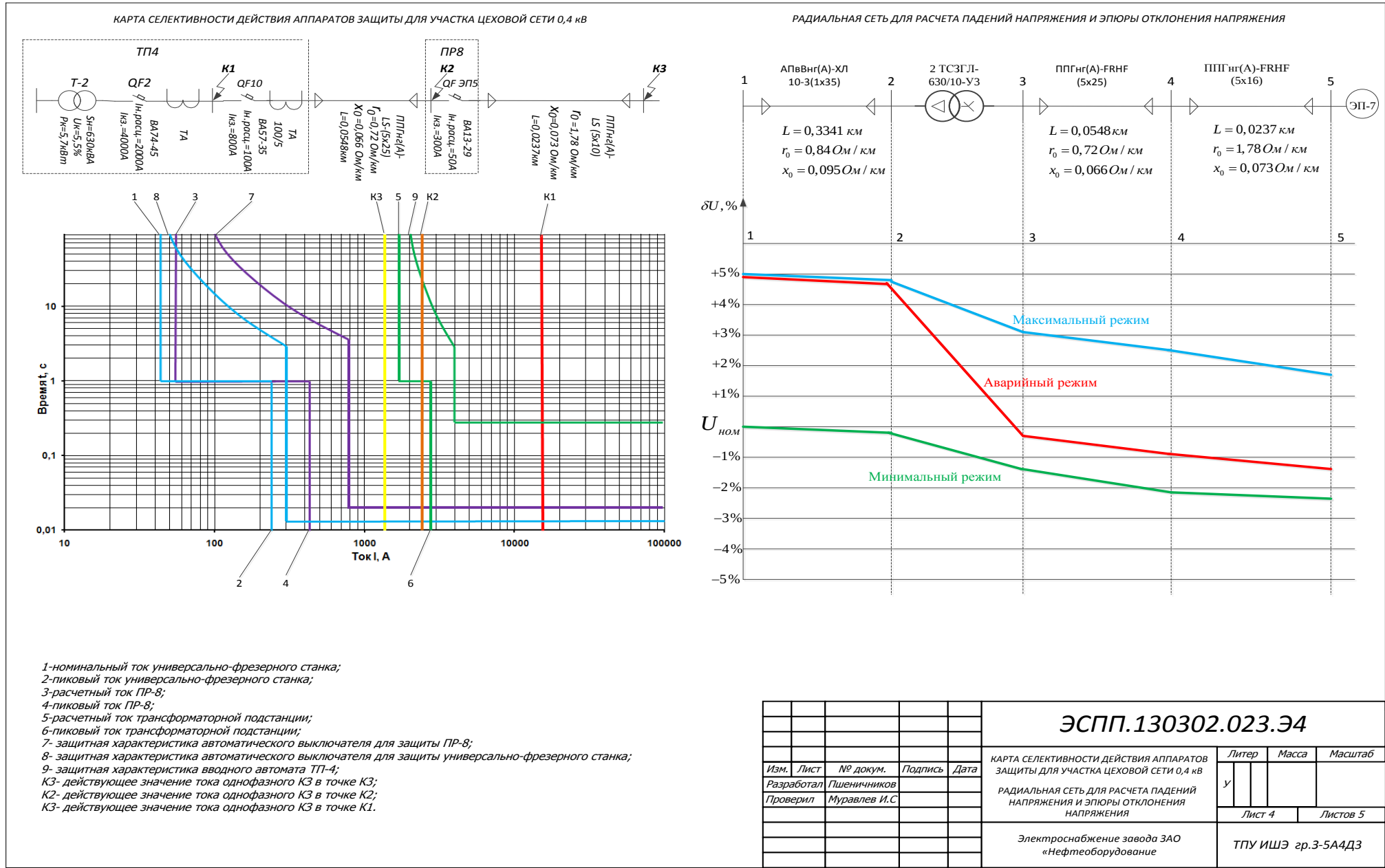
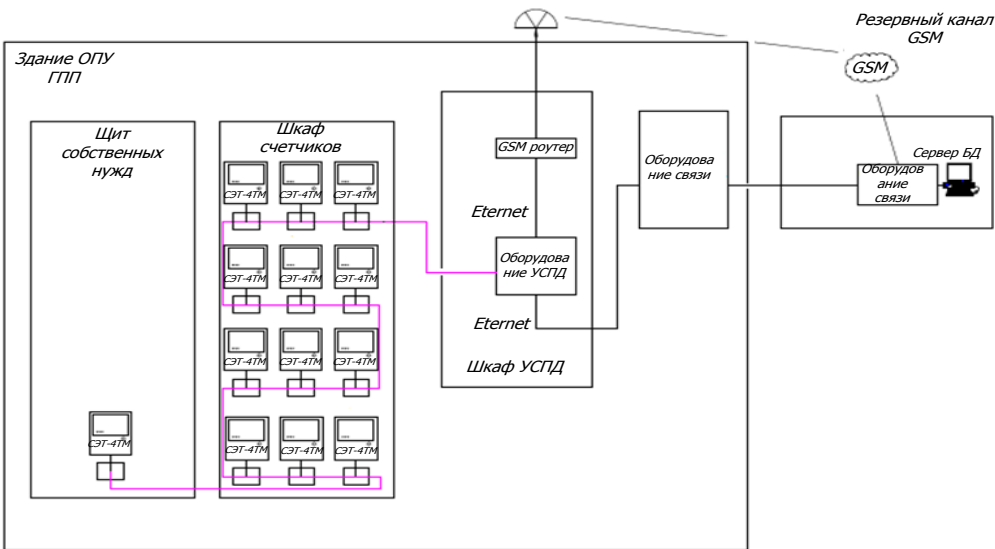
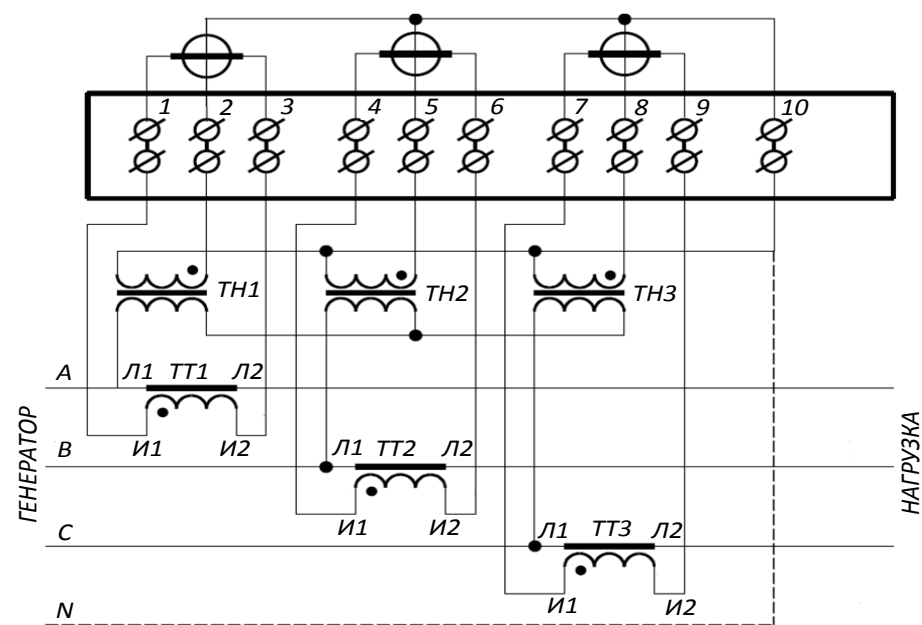


СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ СЧЕТЧИКА СЭТ-4ТМ



					ЭСПП.130302.023.Э1				
					СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ СЧЕТЧИКА СЭТ-4ТМ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АИИС КУЭ Электроснабжение завода ЗАО «Нефтеоборудование»	Литер		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		у			
Разработал	Пшеничников								
Проверил	Муравлев И.С								
						Лист 5		Листов 5	