

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение ремонтно-механических мастерских инструментального завода

УДК 658.26:621.715

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Регнер Сергей Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпунов Д.Ю.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселева Е.С.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И. о. зав. кафедрой-руководителя ОЭЭ ИШЭ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой- руководителя
ОЭЭ ИШЭ

А.С. Ивашутенко

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г5Б1	Регнеру Сергею Игоревичу

Тема работы:

Электроснабжение ремонтно-механических мастерских инструментального завода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№58-27/с от 27.02.2020г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2020г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документации
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общие сведения о предприятии 2. Определение расчетной нагрузки цеха 3. Определение расчетной нагрузки предприятия 4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок 5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 6. Компенсация реактивной мощности 7. Схема внешнего электроснабжения 8. Схема внутривозвратной сети выше 1000 В 9. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 10. Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В 11. Электроснабжение цеха 12. Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и

	<p>электроприемники</p> <p>13. Построение эпюры отклонения напряжения</p> <p>14. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В</p> <p>15. Построение карты селективности действия аппаратов защиты</p> <p>16. Релейная защита</p> <p>17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>18. Социальная ответственность</p>
Перечень графического материала	<p>1. Генплан предприятия. Распределение электроэнергии</p> <p>2. Картограмма нагрузок</p> <p>3. Схема электрическая принципиальная</p> <p>4. Схема силовой сети цеха экструзионных изделий</p> <p>5. Электроснабжение цеха экструзионных изделий. Однолинейная схема</p> <p>6. Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности.</p>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.03.2020г.
---	--------------

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпунов Д.Ю.	К.Т.Н.		20.03.2020г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г5Б1	Регнер Сергей Игоревич		20.03.2020г.

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Период выполнения весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2020г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.05.2020	Основная часть	60
15.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
18.05.2020	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпунов Д.Ю.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

И. о. зав. кафедрой- руководителя ОЭЭ ИШЭ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 120 с., 25 рис., 38 табл., 36 источников.

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

Цель работы – проектирование схемы электроснабжения предприятия, выбор оборудования.

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

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

Основные характеристики: схема электроснабжения состоит из кабельных и воздушных линий электропередачи. В высоковольтной сети применяются вакуумные выключатели, в низковольтной сети автоматические выключатели. Воздушные линии располагаются на опорах, кабельные – на лотках. Схема проста в эксплуатации и надежна по степени бесперебойности питания. Схема пригодна к эксплуатации.

Значимость проектирования схемы электроснабжения очень высокая, так как от правильной ее работы зависит работа всего предприятия и населенных пунктов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	11
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ.....	15
2.1 Распределение приёмников по пунктам питания	15
2.2 Определение расчетной нагрузки цеха	15
3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ	23
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия.....	23
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов	30
3.4 Составление схемы внешнего электроснабжения	32
3.5 Схема внутриводской сети выше 1000 В	35
3.6 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.....	38
4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В.....	43
4.1 Выбор выключателей и разъединителей	43
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока	45
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения	48
4.4 Учет электрической энергии.....	49
5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ....	52
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники	52
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения.....	59
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В	64
5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты.....	67
6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА.....	69
6.1 Защиты трансформатора.....	70
6.2 Токовые защиты трансформатора от коротких замыканий.....	70
6.3 Газовая защита.....	71
6.4 Дифференциальные токовые защиты трансформаторов	74
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	75
7.1 Анализ конкурентных технических решений	76
7.2 Анализ по технологии QuaD	78
7.3 SWOT-анализ работы монтажно-механических мастерских инструментального завода	80
7.4 Организация работ технического проекта.....	83

7.5 Структура работ в рамках технического проектирования.....	83
7.6 Определение трудоемкости выполнения работ	85
7.7 Составление сметы технического проекта	88
7.7.2 Полная заработная плата исполнителей	89
7.7.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	90
7.7.4. Накладные расходы.....	91
7.7.5 Формирование сметы затрат технического проекта.....	91
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	95
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	97
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	97
8.2 Производственная безопасность.....	99
8.2.1 Анализ опасных и вредных факторов	99
8.2.2 Поражение электрическим током.....	100
8.2.3. Механические травмы или движущиеся части машин и механизмов:.....	104
8.2.4. Отклонение параметров микроклимата:	104
8.2.5. Превышение уровня вибрации	105
8.2.6. Превышение уровня шума	106
8.2.8. Недостаточная освещенность	107
8.3 Экологическая безопасность.....	108
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	114
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	116

ВВЕДЕНИЕ

Целью ВКР является проектирование системы электроснабжения Инструментального завода, используя при проектировании реальные данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), детально проработать систему электроснабжения приемников в здании рассматриваемого цеха, сделать выводы.

Основной функцией инструментального производства является изготовления инструмента и оснастки, таких как, штампы, пресс-формы, режущий и мерительный инструмент...

Инструментальное производство разбито на несколько областей:

- заготовительный участок (обеспечение производства заготовками и черновая обработка);
- участок режущего и мерительного инструмента (изготовление нестандартного режущего инструмента, калибров, шаблонов, кондукторов, плашек и метчиков);
- участок штампов и пресс-форм (изготовление штампов и пресс-форм);
- участки термической обработки (закалка и отпуск заготовок и готового продукта);
- кузнечный участок;
- деревообработка (создание деревянных элементов инструмента);
- технологический отдел.

Основными задачами технологического отдела инструментального производства являются:

- разработка технологических процессов изготовления продукции;
- подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ;
- планирование производства.

На предприятии имеется своя испытательная станция для проверки и калибровки готового оборудования. А также компрессорная и насосная станции для обеспечения технологического производства сжатым воздухом и водой для гидравлических приводов оборудования.

Предприятие принимает следующие заказы:

- изготовление специального режущего и мерительного инструмента (фрезы, развертки, протяжки, кондуктора, калибры и шаблоны разного назначения);
- изготовление штампов (вырубных, гибочных, формовочных, совмещенного и последовательного действия);
- изготовление нестандартных приспособлений;
- любые виды механической обработки на имеющемся оборудовании.

Предприятие относится к потребителям II категории электропотребления. Обуславливается непрерывностью технологического процесса, остановка, которого понесёт значительный материальный ущерб, связанный с массовым недоотпуском продукции и простоем техники.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходными данными к проектированию являются:

1. Генеральный план предприятия (рисунок 1.1.);
2. Сведения об электрических нагрузках, характеристика среды производственных помещений, характеристика потребителей электроэнергии (таблица 1.1.);
3. План рассматриваемого цеха (рисунок 1.2.);
4. Сведения об электрических нагрузках цеха (таблица 1.2.).

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

Наименование объекта	Число смен	Категория ЭП	Среда	Уст. мощн., кВт
1 Пилорама	1	III	Пожароопасная	140
2 Литейный цех	2	II	Жаркая	2000
3 РММ	2	III	Жаркая	–
4 Склад	1	III	Нормальная	50
5 Подъемный цех	2	III	Нормальная	450
6 Колесный цех	2	III	Нормальная	2700
7 Инструментальный цех	2	III	Нормальная	1630
8 Покрасочный цех	2	III	Пожароопасная	80
9 Деревообрабатывающий цех	2	III	Пожароопасная	810
10 Котельная	3	II	Жаркая	60
11 Компрессорная 0,38 кВ 6 кВ (СД 2×635 кВт)	3	II	Нормальная	100 1270
12 Сварочный цех ПВ = 25%	2	III	Пожароопасная	320
13 Механический цех	2	III	Нормальная	770
14 Заготовительный цех	1	III	Нормальная	310

Генплан предприятия представлен на рисунке 1.1

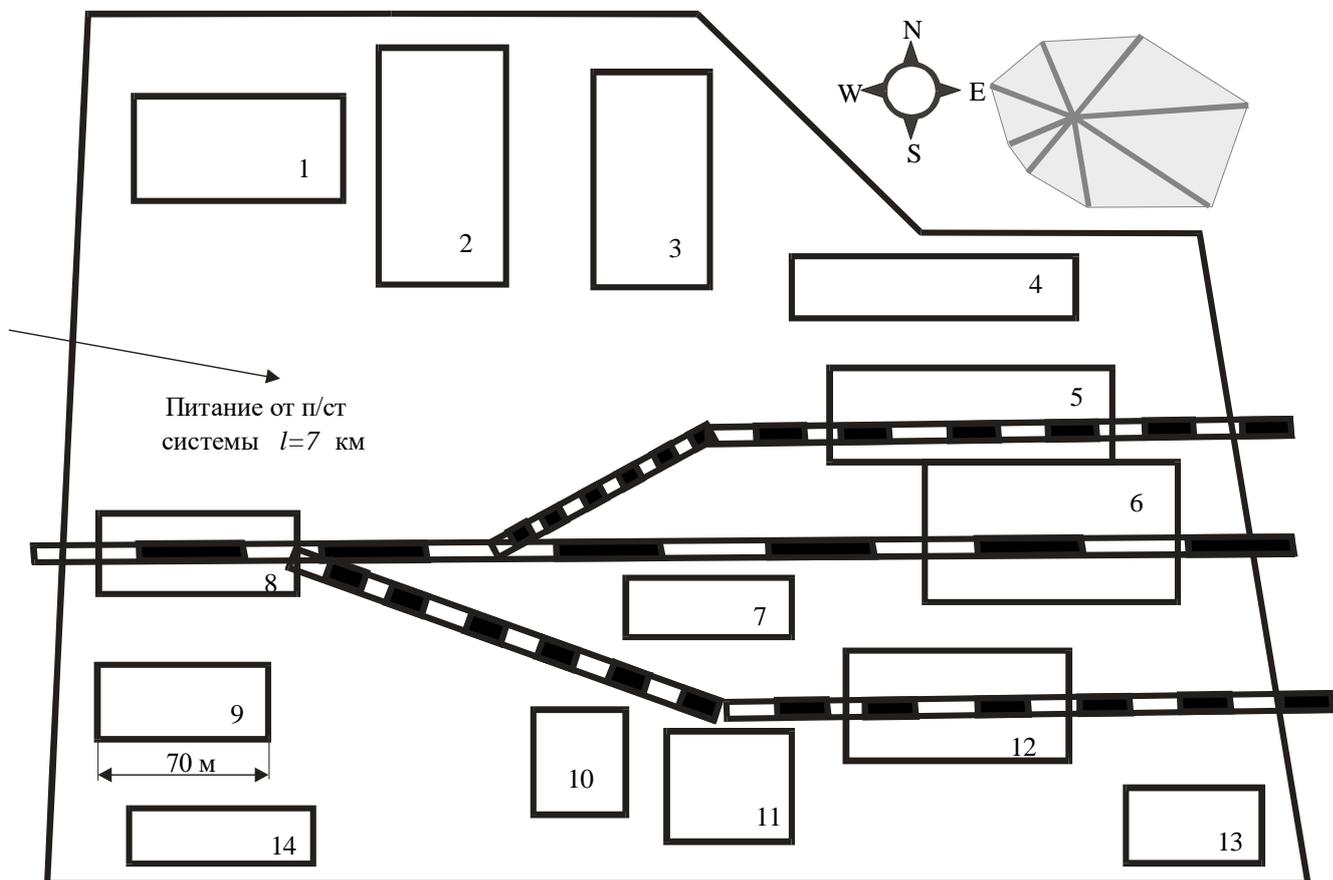


Рисунок 1.1 – Генплан предприятия

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках кузнечного цеха

Наименование объекта	$P_{уст},$ кВт	$K_{исп}$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	η	$K_{пуск}$	$I_{ном},$ А	$I_{пуск},$ А
1 Кран-балка ПВ = 40%	40,0	0,10	0,50	1,73	0,89	5	136,6	682,9
2 Кран-балка ПВ = 40%	40,0	0,10	0,50	1,73	0,89	5	136,6	682,9
3 Фрезерный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
4 Фрезерный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
5 Фрезерный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
6 Кран-балка ПВ = 40%	40,0	0,10	0,50	1,73	0,89	5	136,6	682,9
7 Трубогибочный станок	20,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	52,5	262,6
8 Сварочный трансформатор ПВ = 25%	40,0	0,20	0,40	2,29	0,95	3	159,9	479,8
9 Шлифовальный станок	16,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	42,0	210,1
10 Трубогибочный станок	20,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	52,5	262,6
11 Сварочный трансформатор ПВ = 25%	40,0	0,20	0,40	2,29	0,95	3	159,9	479,8
12 Сварочный трансформатор ПВ = 25%	40,0	0,20	0,40	2,29	0,95	3	159,9	479,8
13 Сварочный трансформатор ПВ = 25%	40,0	0,20	0,40	2,29	0,95	3	159,9	479,8
14 Сварочный трансформатор ПВ = 25%	40,0	0,20	0,40	2,29	0,95	3	159,9	479,8
15 Сушильный шкаф	44,0	0,75	0,95	0,33	1,00	–	70,4	–
16 Закалочная печь	60,0	0,75	0,95	0,33	1,00	–	96,0	–
17 Закалочная печь	60,0	0,75	0,95	0,33	1,00	–	96,0	–
18 Пресс	50,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	131,3	656,6
19 Токарный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
20 Токарный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
21 Токарный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
22 Токарный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
23 Токарный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
24 Сварочный трансформатор ПВ = 25%	40,0	0,20	0,40	2,29	0,95	3	159,9	479,8
25 Токарный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
26 Шлифовальный станок	16,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	42,0	210,1
27 Сушильный шкаф	44,0	0,75	0,95	0,33	1,00	–	70,4	–
28 Электрованна	60,0	0,75	0,95	0,33	1,00	–	96,0	–
29 Электрованна	60,0	0,75	0,95	0,33	1,00	–	96,0	–
30 Кран-балка ПВ = 40%	40,0	0,10	0,50	1,73	0,89	5	136,6	682,9
31 Вентилятор	28,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	59,1	413,6
32 Электромолот	32,0	0,30	0,60	1,33	0,89	5	91,0	455,2
33 Вентилятор горна	28,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	59,1	413,6
34 Токарный станок	22,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	57,8	288,9
35 Обдирочный станок	24,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	63,0	315,2
36 Электромолот	32,0	0,30	0,60	1,33	0,89	5	91,0	455,2
37 Сверлильный станок	16,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	42,0	210,1
38 Поворотный кран	16,0	0,10	0,50	1,73	0,89	5	54,6	273,1
39 Нагревательная плита	44,0	0,75	0,95	0,33	1,00	–	70,4	–
40 Вентилятор горна	28,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	59,1	413,6

План цеха с расположением оборудования представлен на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – План расположения электроприемников

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ

2.1 Распределение приёмников по пунктам питания

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

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

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

В качестве распределительных пунктов принимаем пункты марки ПР11-7123. Данный пункт рассчитан на количество отходящих линий до двенадцати штук.

На рисунке 2.1 изображен план цеха с расположением распределительных пунктов и питаемых от них электроприемников.

2.2 Определение расчетной нагрузки цеха

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок рассматриваемого цеха. Для этого воспользуемся методом упорядоченных диаграмм.

Паспортные мощности электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы (ПКР) приводятся к $P_B = 100\%$, то есть к номинальной установленной мощности.

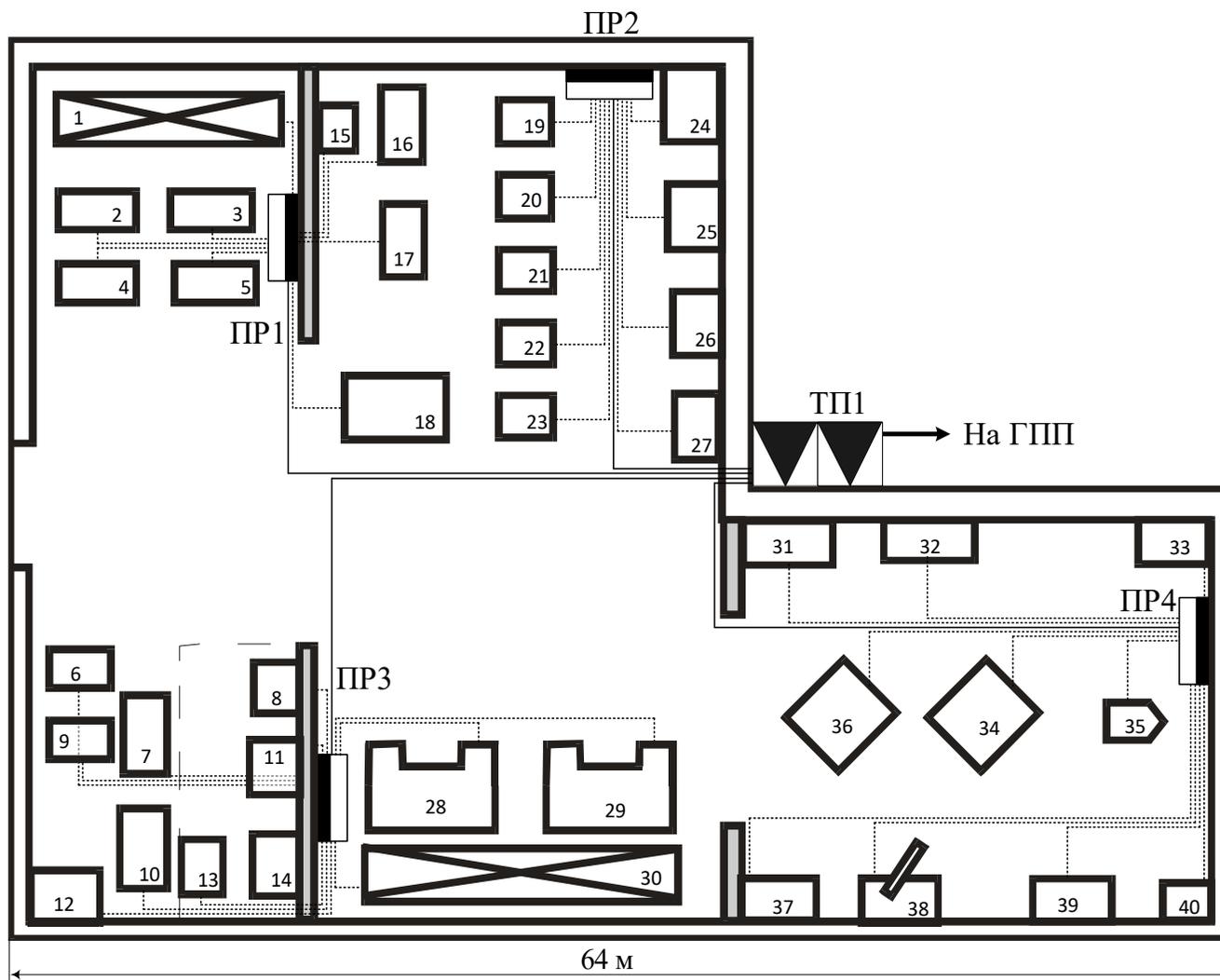


Рисунок 2.1 – План расположения распределительных пунктов в здании кузнечного цеха

Кран-балка ПВ = 40%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 40,0 \cdot \sqrt{0,4} = 25,298 \text{ кВт.}$$

Сварочный трансформатор ПВ = 25%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 40,0 \cdot \sqrt{0,25} = 20,000 \text{ кВт.}$$

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность электроприемников (на примере группы «А» ПР2)

$$P_{\text{НОМ.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ.}i} = 50,0 + 148,0 + 20,0 = 218,0 \text{ кВт.}$$

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

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

$$P_{\text{СМ}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{НОМ.}\Sigma} = 0,25 \cdot 50,0 = 12,5 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{СМ}} = P_{\text{СМ}} \cdot \text{tg}\varphi = 12,5 \cdot 1,17 = 14,6 \text{ кВт.}$$

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

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

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

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

$$P_{\text{СМ}}^{\text{«А»}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{СМ.}i} = 12,5 + 17,8 + 4,0 = 34,3 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{СМ}}^{\text{«А»}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{СМ.}i} = 14,6 + 20,8 + 9,2 = 44,5 \text{ кВАр.}$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{НОМ.max}}}{P_{\text{НОМ.min}}} = \frac{50,0}{16,0} = 3,1 > 3.$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{СМ}}^{\text{«А»}}}{P_{\text{НОМ.}\Sigma}} = \frac{34,3}{218,0} = 0,16.$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$\operatorname{tg}\varphi_{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{CM}}^{\text{A}}}{P_{\text{CM}}^{\text{A}}} = \frac{44,5}{34,3} = 1,30.$$

Для электроприемников группы «А» определим эффективное число электроприемников $n_э$,

$$n_э = \frac{[P_{\text{НОМ.}\Sigma}]^2}{\sum P_{\text{НОМ}}^2} = \frac{218,0^2}{6060} = 7,8 \text{ шт.},$$

принимаем $n_э = 7$ шт.

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

$$K_M = 2,31.$$

Коэффициент максимума реактивной мощности

$$K'_M = 1,1.$$

Расчетная активная и реактивная мощности пункта

$$P_p^{\text{A}} = K_M \cdot P_{\text{CM}}^{\text{A}} = 2,31 \cdot 34,3 = 79,2 \text{ кВт},$$

$$Q_p^{\text{A}} = K'_M \cdot Q_{\text{CM}}^{\text{A}} = 1,1 \cdot 44,5 = 49,0 \text{ кВАр.}$$

С учетом того, что в группе "Б" количество приемников не превышает трех штук, расчетные активная и реактивная мощности рассчитываются по суммарной номинальной мощности приемников группы

$$P_p^{\text{B}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ.}i}^{\text{B}} = 44,0 \text{ кВт}, \quad Q_p^{\text{B}} = \sum_{i=1}^n (P_{\text{НОМ.}i}^{\text{B}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i) = 14,5 \text{ кВАр.}$$

Определяем активную, реактивную и полную расчетные мощности электроприемников пункта

$$P_p = P_p^{\text{A}} + P_p^{\text{B}} = 79,2 + 44,0 = 123,2 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_p^{\text{A}} + Q_p^{\text{B}} = 49,0 + 14,5 = 63,5 \text{ кВАр},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{123,2^2 + 63,5^2} = 138,6 \text{ кВА.}$$

Определение расчётного тока пункта

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{138,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 210,6 \text{ А},$$

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

Определение пикового тока пункта

Номинальный ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{\text{НОМ}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{50,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65 \cdot 0,89} = 131,3 \text{ А,}$$

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

η – КПД электроприемника.

Пусковой ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{\text{ПУСК}}^{\text{max}} = K_{\text{ПУСК}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{max}} = 5 \cdot 131,3 = 656,6 \text{ А,}$$

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

Пиковый ток пункта

$$I_{\text{ПИК.П}} = I_{\text{ПУСК}}^{\text{max}} + (I_p - K_{\text{и.макс}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{max}}) = 656,6 + (210,6 - 0,25 \cdot 131,3) = 834,4 \text{ А,}$$

где $K_{\text{и.макс}}$ – коэффициент использования самого мощного электроприемника.

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

$$P_{\text{НОМ.О}} = P_{\text{уд.О}} \cdot F_{\text{ц}} = 0,006 \cdot 2378 = 14,3 \text{ кВт,}$$

где $F_{\text{ц}}$ – площадь цеха, м²;

$P_{\text{уд.О}}$ – удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл. 1.11], кВт/м².

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{\text{р.О}} = K_{\text{СО}} \cdot P_{\text{НОМ.О}} = 0,95 \cdot 14,3 = 13,6 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{р.О}} = P_{\text{р.О}} \cdot \text{tg}\varphi_0 = 13,6 \cdot 0,48 = 6,6 \text{ кВАр,}$$

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

$\text{tg}\varphi_0$ – для светодиодных ламп.

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_p + P_{\text{р.О}})^2 + (Q_p + Q_{\text{р.О}})^2} = \\ &= \sqrt{(670,9 + 13,6)^2 + (344,2 + 6,6)^2} = 769,1 \text{ кВА.} \end{aligned}$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{769,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1168,5 \text{ А.}$$

Определение пикового тока цеха

Расчетный ток самого мощного пункта цеха

$$I_p^{\max.ПР} = 328,4 \text{ А.}$$

Пиковый ток самого мощного пункта цеха

$$I_{\text{пик}}^{\max.ПР} = 997,6 \text{ А.}$$

Пиковый ток цеха

$$I_{\text{пик.ц}} = I_{\text{пик}}^{\max.ПР} + I_p - I_p^{\max.ПР} = 997,6 + 1168,5 - 328,4 = 1837,7 \text{ А.}$$

Распределение электроприемников по пунктам питания и расчет электрических нагрузок по пунктам питания сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Определение расчетных нагрузок кузнечного цеха

Наименование узлов питания и групп ЭП	Количество ЭП, п	Установленная мощность		$m = P_{\text{ном. max}} / P_{\text{ном. min}}$	Коэффициент использования $K_{\text{и}}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число электроприемников $n_{\text{э}}$	Коэффициент максимума $K_{\text{м}}$	Расчетная нагрузка			$I_{\text{р}}$, А	$I_{\text{пик}}$, А
		$P_{\text{ном}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ном}}$, кВт					$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}$, кВт	$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi$, кВАр			$P_{\text{р}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}$, кВт	$Q_{\text{р}} = (1 + 1,1) \cdot Q_{\text{см}}$, кВАр	$S_{\text{р}} = \sqrt{(P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2)}$, кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Пункт распределительный ПР-1																
Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$																
1 Кран-балка ПВ = 40%	2	25,3 ÷ 25,3	50,6		0,10	0,50	1,73	5,1	8,8							
2 Станки разные	3	22,0 ÷ 22,0	66,0		0,12	0,65	1,17	7,9	9,3							
Итого по группе "А"	5	22,0 ÷ 25,3	116,6	<3	0,11	0,58	1,39	13,0	18,0	5	2,90	37,6	19,8	42,5		
Электроприемники группы "Б" $K_{\text{и}} \geq 0,6$																
3 Нагревательные приборы	3	44,0 ÷ 60,0	164,0		0,75	0,95	0,33	123,0	40,4							
Итого по группе "Б"	3	44,0 ÷ 60,0	164,0		0,75	0,95	0,33	123,0	40,4			164,0	53,9	172,6		
Итого по ПР-1	8	22,0 ÷ 60,0	280,6		0,48	0,92	0,43	136,0	58,5			201,6	73,7	214,6	326,1	995,3
Пункт распределительный ПР-2																
Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$																
1 Пресс	1	50,0 ÷ 50,0	50,0		0,25	0,65	1,17	12,5	14,6							
2 Станки разные	7	16,0 ÷ 22,0	148,0		0,12	0,65	1,17	17,8	20,8							
3 Сварочный трансформатор	1	20,0 ÷ 20,0	20,0		0,20	0,40	2,29	4,0	9,2							
Итого по группе "А"	9	16,0 ÷ 50,0	218,0	>3	0,16	0,61	1,30	34,3	44,5	7	2,31	79,2	49,0	93,2		
Электроприемники группы "Б" $K_{\text{и}} \geq 0,6$																
4 Сушильный шкаф	1	44,0 ÷ 44,0	44,0		0,75	0,95	0,33	33,0	10,8							
Итого по группе "Б"	1	44,0 ÷ 44,0	44,0		0,75	0,95	0,33	33,0	10,8			44,0	14,5	46,3		
Итого по ПР-2	10	16,0 ÷ 50,0	262,0		0,26	0,77	0,82	67,3	55,4			123,2	63,5	138,6	210,6	834,4

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Пункт распределительный ПР-3																
Электроприемники группы "А" $K_n < 0,6$																
1 Кран-балка ПВ = 40%	2	25,3 ÷ 25,3	50,6		0,10	0,50	1,73	5,1	8,8							
2 Станки разные	3	16,0 ÷ 20,0	56,0		0,12	0,65	1,17	6,7	7,9							
3 Сварочный трансформатор	5	20,0 ÷ 20,0	100,0		0,20	0,40	2,29	20,0	45,8							
Итого по группе "А"	10	16,0 ÷ 25,3	206,6	<3	0,15	0,45	1,96	31,8	62,4	10	2,11	67,1	68,7	96,0		
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
4 Электрованна	2	60,0 ÷ 60,0	120,0		0,75	0,95	0,33	90,0	29,6							
Итого по группе "Б"	2	60,0 ÷ 60,0	120,0		0,75	0,95	0,33	90,0	29,6			120,0	39,4	126,3		
Итого по ПР-3	12	16,0 ÷ 60,0	326,6		0,37	0,80	0,76	121,8	92,0			187,1	108,1	216,1	328,4	997,6
Пункт распределительный ПР-4																
Электроприемники группы "А" $K_n < 0,6$																
1 Электромолот	2	32,0 ÷ 32,0	64,0		0,30	0,60	1,33	19,2	25,6							
2 Станки разные	3	16,0 ÷ 24,0	62,0		0,12	0,65	1,17	7,4	8,7							
3 Поворотный кран	1	16,0 ÷ 16,0	16,0		0,10	0,50	1,73	1,6	2,8							
Итого по группе "А"	6	16,0 ÷ 32,0	142,0	<3	0,20	0,61	1,31	28,2	37,1	6	2,23	62,9	40,8	75,0		
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
4 Вентиляторы	3	28,0 ÷ 28,0	84,0		0,75	0,80	0,75	63,0	47,3							
5 Нагревательная плита	1	44,0 ÷ 44,0	44,0		0,75	0,95	0,33	33,0	10,8							
Итого по группе "Б"	4	28,0 ÷ 44,0	128,0		0,75	0,86	0,61	96,0	58,1		1	96,0	58,1	112,2		
Итого по ПР-4	10	16,0 ÷ 44,0	270,0		0,46	0,79	0,77	124,2	95,2			158,9	98,9	187,2	284,4	712,3
Итого силовая нагрузка	40	16,0 ÷ 60,0	1139,2		0,39	0,83	0,67	449,3	301,0			670,9	344,2	756,6		
Электрическое освещение			14,3	$K_{co} = 0,95$	0,90	0,48	13,6	6,6				13,6	6,6			
Итого по цеху	40	16,0 ÷ 60,0	1153,5		0,40	0,83	0,66	462,8	307,6			684,5	350,8	769,1	1168,5	1837,7

3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия

Расчет электрических нагрузок предприятия производится по установленной мощности и коэффициенту спроса [3]. Расчетная нагрузка силовых приемников цехов (кроме рассмотренного) определяются из соотношений

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

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

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

Расчет осветительной нагрузки цехов идентичен расчету осветительной нагрузки рассчитанного цеха.

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

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.1.

Пример расчета (Пилорама)

$$P_{уст} = 140 \text{ кВт}, \quad K_c = 0,50, \quad \cos\varphi = 0,75, \quad \operatorname{tg}\varphi = 0,88.$$

Расчетные активная и реактивная мощности корпуса

$$P_p = K_c \cdot P_{уст} = 0,50 \cdot 140 = 70 \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 70 \cdot 0,88 = 61,7 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_{н.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,006 \cdot 3778 = 22,7 \text{ кВт}.$$

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

$$P_{p.o} = K_{co} \cdot P_{ном.o} = 0,95 \cdot 22,7 = 21,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \operatorname{tg}\varphi_o = 21,5 \cdot 0,48 = 10,4 \text{ кВАр}.$$

Полная максимальная мощность корпуса

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + (Q_p + Q_{p.o})^2} = \\ \sqrt{(70 + 21,5)^2 + (61,7 + 10,4)^2} = 116,6 \text{ кВА}.$$

Таблица 3.1 – Определение расчетных нагрузок по цехам предприятия

Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка						Суммарная нагрузка		
	P_n , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	F , м ²	$P_{уд\ o}$, Вт/м ²	$P_{но}$, кВт	K_{co}	P_{po} , кВт	Q_{po} , кВАр	P_p+P_{po} , кВт	Q_p+Q_{po} , кВт	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Потребители электроэнергии до 1000 В															
1 Пилорама	140,0	0,50	0,75	0,88	70,0	61,7	3778	6	22,7	0,95	21,5	10,4	91,5	72,2	116,6
2 Литейный цех	2000,0	0,60	0,70	1,02	1200,0	1224,2	5149	5	25,7	0,95	24,5	11,8	1224,5	1236,1	1739,9
3 РММ	1139,2	–	0,83	0,67	670,9	344,2	2378	6	14,3	0,95	13,6	6,6	684,5	350,8	769,1
4 Склад	50,0	0,40	0,85	0,62	20,0	12,4	3053	5	15,3	0,60	9,2	4,4	29,2	16,8	33,7
5 Подъемный цех	450,0	0,65	0,75	0,88	292,5	258,0	4574	5	22,9	0,95	21,7	10,5	314,2	268,5	413,3
6 Колесный цех	2700,0	0,70	0,75	0,88	1890,0	1666,8	6021	5	30,1	0,95	28,6	13,9	1918,6	1680,7	2550,6
7 Инструментальный цех	1630,0	0,60	0,70	1,02	978,0	997,8	1722	6	10,3	0,95	9,8	4,8	987,8	1002,5	1407,4
8 Покрасочный цех	80,0	0,60	0,80	0,75	48,0	36,0	2787	5	13,9	0,95	13,2	6,4	61,2	42,4	74,5
9 Деревообрабатывающий цех	810,0	0,45	0,75	0,88	364,5	321,5	2201	5	11,0	0,95	10,5	5,1	375,0	326,5	497,2
10 Котельная	60,0	0,75	0,75	0,88	45,0	39,7	1692	5	8,5	0,95	8,0	3,9	53,0	43,6	68,6
11 Компрессорная	100,0	0,75	0,75	0,88	75,0	66,1	2392	5	12,0	0,95	11,4	5,5	86,4	71,6	112,2
12 Сварочный цех ПВ = 25%	320,0	0,60	0,90	0,48	192,0	93,0	4198	6	25,2	0,95	23,9	11,6	215,9	104,6	239,9
13 Механический цех	770,0	0,65	0,80	0,75	500,5	375,4	1798	6	10,8	0,95	10,2	5,0	510,7	380,3	636,8
14 Заготовительный цех	310,0	0,55	0,80	0,75	170,5	127,9	1774	6	10,6	0,95	10,1	4,9	180,6	132,8	224,2
Территория завода	0	–	–	–	0	0	144447	0,16	23,1	1	23,1	7,6	23,1	7,6	24,3
Итого по 0,38 кВ	10559,2	–	–	–	6516,9	5624,6	$\Sigma F_{\text{ц}} = 43517$		256,3	–	239,3	112,3	6756,2	5737,0	8863,4
Потребители электроэнергии выше 1000 В															
11 Компрессорная	1270,0	0,75	0,75	0,88	952,5	840,0	–	–	–	–	–	–	952,5	840,0	1270,0
Итого по 6 кВ	1270,0	–	–	–	952,5	840,0	–	–	–	–	–	–	952,5	840,0	1270,0

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов

$$\begin{aligned} \sum P_p^H &= 6516,9 \text{ кВт}, & \sum Q_p^H &= 5624,6 \text{ кВАр}, \\ \sum P_{p.o} &= 239,3 \text{ кВт}, & \sum Q_{p.o} &= 112,3 \text{ кВАр}. \\ \sum P_p^B &= 952,5 \text{ кВт}, & \sum Q_p^B &= 840,0 \text{ кВАр}, \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} S_p^H &= \sqrt{\left(\sum P_p^H + \sum P_{p.o}\right)^2 + \left(\sum Q_p^H + \sum Q_{p.o}\right)^2} = \\ &= \sqrt{(6516,9 + 239,3)^2 + (5624,6 + 112,3)^2} = 8863,4 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

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

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 8863,4 = 177,3 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot S_p^H = 0,1 \cdot 8863,4 = 886,3 \text{ кВАр},$$

$$\Delta P_{л} = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 8863,4 = 265,9 \text{ кВт},$$

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

$\Delta Q_{тр}$ – потери реактивной мощности в цеховых трансформаторах, кВАр;

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

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

$$\begin{aligned} P_{p\Sigma} &= \left(\sum P_p^H + \sum P_p^B\right) \cdot K_{p.m} + P_{p.o} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{л} = \\ &= (6516,9 + 952,5) \cdot 0,95 + 239,3 + 177,3 + 265,9 = 7778,4 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{p\Sigma} &= \left(\sum Q_p^H + \sum Q_p^B\right) \cdot K_{p.m} + Q_{p.o} + \Delta Q_{тр} = \\ &= (5624,6 + 840,0) \cdot 0,95 + 112,3 + 886,3 = 7140,1 \text{ кВАр}, \end{aligned}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{7778,4^2 + 7140,1^2} = 10558,7 \text{ кВА}.$$

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

Приблизительные потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{\text{тр.ГПП}} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 10558,7 = 211,2 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр.ГПП}} = 0,10 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 10558,7 = 1055,9 \text{ кВАр},$$

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

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

Определяем полную расчетную мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\text{тр.ГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{\text{тр.ГПП}})^2} = \\ &= \sqrt{(7778,4 + 211,2)^2 + (7140,1 + 1055,9)^2} = \\ &= \sqrt{7989,6^2 + 8196,0^2} = 11445,9 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Т.о., произведен расчет нагрузки предприятия без учета компенсации реактивной мощности. Чтобы учесть компенсацию реактивной мощности необходимо определиться с уровнем напряжения питающих линий.

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

- напряжение 35 кВ имеет экономические преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВА;
- напряжение 110 кВ целесообразно применять при потребляемой предприятием мощности 10 – 120 МВА;
- при мощностях, превышающих 120 – 150 МВА, для электроснабжения предприятия возможно применение напряжения 220 кВ.

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

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{7,0} + \frac{2500}{7,990}}} = 51,0 \text{ кВ},$$

где L – длина питающей линии, км;

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

С учетом рекомендаций принимаем напряжение $U_{\text{ном}} = 35$ кВ.

Реактивная мощность, передаваемая в сеть предприятия от системы

$$Q_3 = \alpha \cdot P_p = 0,24 \cdot 7989,6 = 1917,5 \text{ кВАр},$$

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

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств

$$Q_{\text{кУ}} = Q_p - Q_3 = 8196,0 - 1917,5 = 6278,4 \text{ кВАр}.$$

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

$$S_{\text{р.ГПП}} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{кУ}})^2} = \sqrt{7989,6^2 + (8196,0 - 6278,4)^2} = \\ \sqrt{7989,6^2 + 1917,5^2} = 8216,5 \text{ кВА}.$$

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

3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

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

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

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

Пример расчета (Пилорама)

$$S_p = 116,6 \text{ кВА}, \quad S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = \sqrt{21,5^2 + 10,4^2} = 23,9 \text{ кВА},$$

$$x = 35,0 \text{ мм}, \quad y = 137,3 \text{ мм},$$

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса

$$r = \sqrt{\frac{S_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{116,6}{\pi \cdot 2,0}} = 4,3 \text{ мм},$$

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

m – масштаб для определения площади круга нагрузки, кВА/мм².

Угол сектора нагрузки освещения корпуса

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot S_{p.o}}{S_p} = \frac{360^\circ \cdot 23,9}{116,6} = 73,9 \text{ град.}$$

Тогда

$$S_p \cdot x = 116,6 \cdot 35,0 = 4079,6 \text{ кВА} \cdot \text{мм},$$

$$S_p \cdot y = 116,6 \cdot 137,3 = 16003,7 \text{ кВА} \cdot \text{мм}.$$

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.2.

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot x_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{1316011,5}{10154,0} = 129,6 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot y_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{698361,5}{10154,0} = 68,8 \text{ мм}.$$

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

$$x_0 = 91,0 \text{ мм}, \quad y_0 = 90,4 \text{ мм}.$$

Картограмма нагрузок приведена на рисунке 3.1.

Таблица 3.2 – Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

Наименование цеха	S_{pi} , кВА	$S_{po.i}$, кВАр	r, мм	α , град	x_i , мм	y_i , мм	$S_{pi} \cdot x_i$, кВА·мм	$S_{pi} \cdot y_i$, кВА·мм
Потребители электроэнергии до 1000 В								
1 Пилорама	116,6	23,9	4,3	73,9	35,0	137,3	4079,6	16003,7
2 Литейный цех	1739,9	27,2	16,6	5,6	73,0	134,5	127011,9	234015,2
3 РММ	769,1	15,1	11,1	7,0	111,5	132,0	85755,0	101521,6
4 Склад	33,7	10,2	2,3	108,8	164,5	111,0	5538,4	3737,1
5 Подъемный цех	413,3	24,1	8,1	21,0	170,5	87,5	70468,6	36164,3
6 Колесный цех	2550,6	31,8	20,1	4,5	185,5	66,5	473141,1	169616,6
7 Инструментальный цех	1407,4	10,9	15,0	2,8	123,0	51,5	173111,8	72481,8
8 Покрасочный цех	74,5	14,7	3,4	71,1	28,1	61,5	2093,2	4581,2
9 Деревообрабатывающий цех	497,2	11,6	8,9	8,4	24,6	33,5	12231,1	16656,2
10 Котельная	68,6	8,9	3,3	46,8	98,0	23,0	6727,1	1578,8
11 Компрессорная	112,2	12,6	4,2	40,5	125,5	18,5	14082,7	2075,9
12 Сварочный цех ПВ = 25%	239,9	26,6	6,2	39,9	168,0	32,5	40306,7	7797,4
13 Механический цех	636,8	11,4	10,1	6,4	212,2	10,5	135130,2	6686,5
14 Заготовительный цех	224,2	11,2	6,0	18,0	31,0	8,7	6949,1	1950,2
Потребители электроэнергии выше 1000 В								
11 Компрессорная	1270,0	–	22,5	–	125,5	18,5	159385,0	23495,0
Итого	10154,0	–	–	–	–	–	1316011,5	698361,5

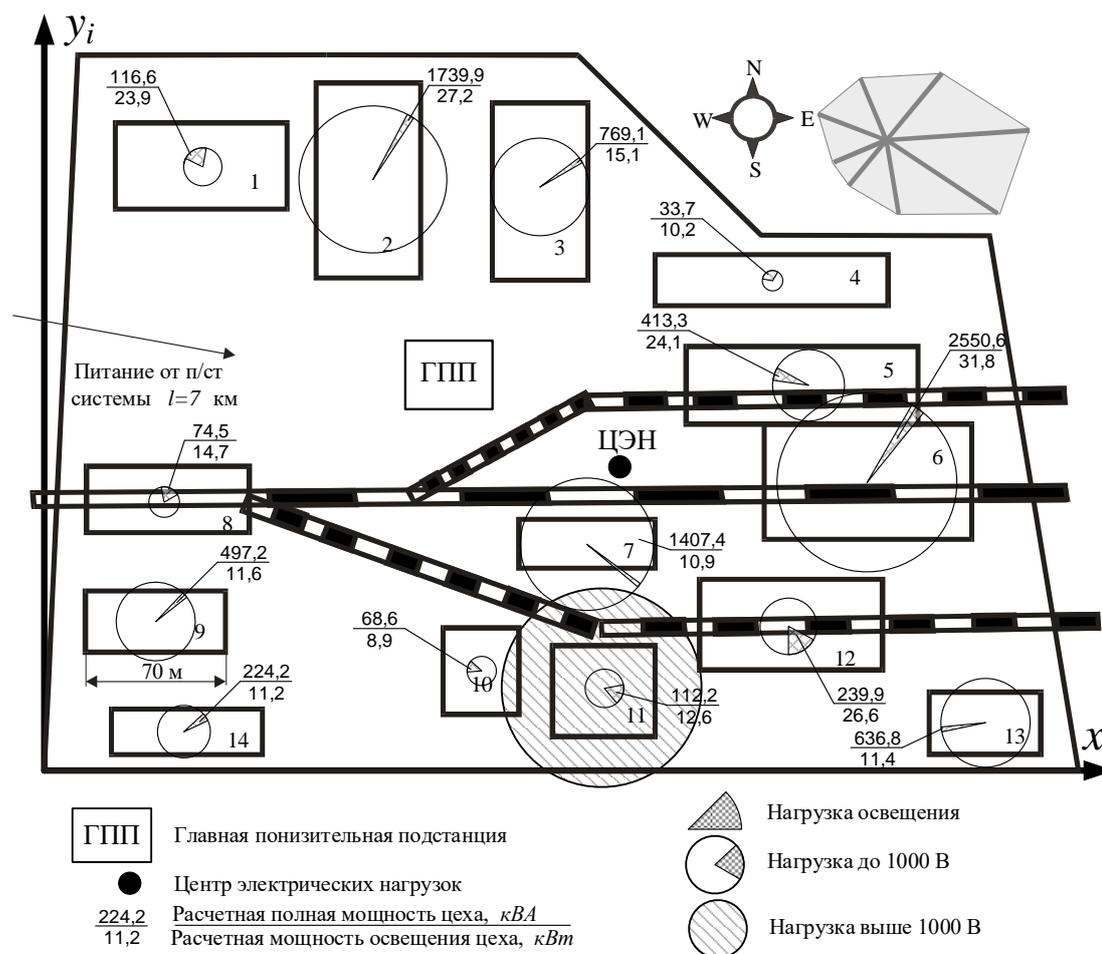


Рисунок 3.1 – Картограмма нагрузок

3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов

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

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{ц}} = \frac{8863,4}{43517,0} = 0,204 \text{ кВА/м}^2,$$

принимаяем $S_{\text{ном.тр}} = 1000 \text{ кВА}$.

Таблица 3.3 – Данные по трансформаторам [1, стр. 157, табл. 7.3]

Тип	$S_{\text{ном}}$, МВА	$U_{\text{вн}}$, кВ	$U_{\text{нн}}$, кВ	P_{xx} , кВт	Q_{xx} , кВАр	$P_{\text{кз}}$, кВт	$Q_{\text{кз}}$, кВАр	$U_{\text{к}}$, %	I_{xx} , %
ТМ-1000/10	1,00	6	0,4	2,45	14,0	12,2	55,0	5,5	1,40

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$n_{\text{тр.0}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{\beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{6756,2}{0,7 \cdot 1000} = 9,65 \text{ шт.}$$

принимаяем $n_{\text{тр}} = 10 \text{ шт.}$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{n_{\text{тр}}} = \frac{6756,2}{10} = 675,6 \text{ кВт.}$$

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

$$n_{\text{тр.i}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{P_1} = \frac{91,5}{675,6} = 0,135 \text{ шт.}$$

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

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Число трансформаторов в цехах предприятия

Наименования цехов	$P_p+P_{p.o}$, кВт	Количество тр-ов n_i , шт
1	2	3
1 Пилорама	91,5	0,135
2 Литейный цех	1224,5	1,812
3 РММ	684,5	1,013
4 Склад	29,2	0,043
5 Подъемный цех	314,2	0,465
6 Колесный цех	1918,6	2,840
7 Инструментальный цех	987,8	1,462
8 Покрасочный цех	61,2	0,091
9 Деревообрабатывающий цех	375,0	0,555
10 Котельная	53,0	0,079
11 Компрессорная	86,4	0,128
12 Сварочный цех ПВ = 25%	215,9	0,320
13 Механический цех	510,7	0,756
14 Заготовительный цех	180,6	0,267

На основании расчетов и группирований нагрузок на генплане предприятия производим расстановку цеховых трансформаторных подстанций, таблица 3.5, рисунок 3.2.

Таблица 3.5 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

Наименование пункта питания и количество трансформаторов	Потребители энергии (номер по генплану)	Суммарная мощность, кВт	Место расположения на генплане
ТП1 2 трансф.	1, 2	1316,0	Цех №2
ТП2 1 трансф.	3	684,5	Цех №3
ТП3 1 трансф.	8, 9, 14	616,8	Цех №9
ТП4 2 трансф.	7, 10, 11, 12	1343,1	Цех №11
ТП5 2 трансф.	4, 5, 6	1302,7	Цех №6
ТП6 2 трансф.	6, 13	1470,0	Цех №6

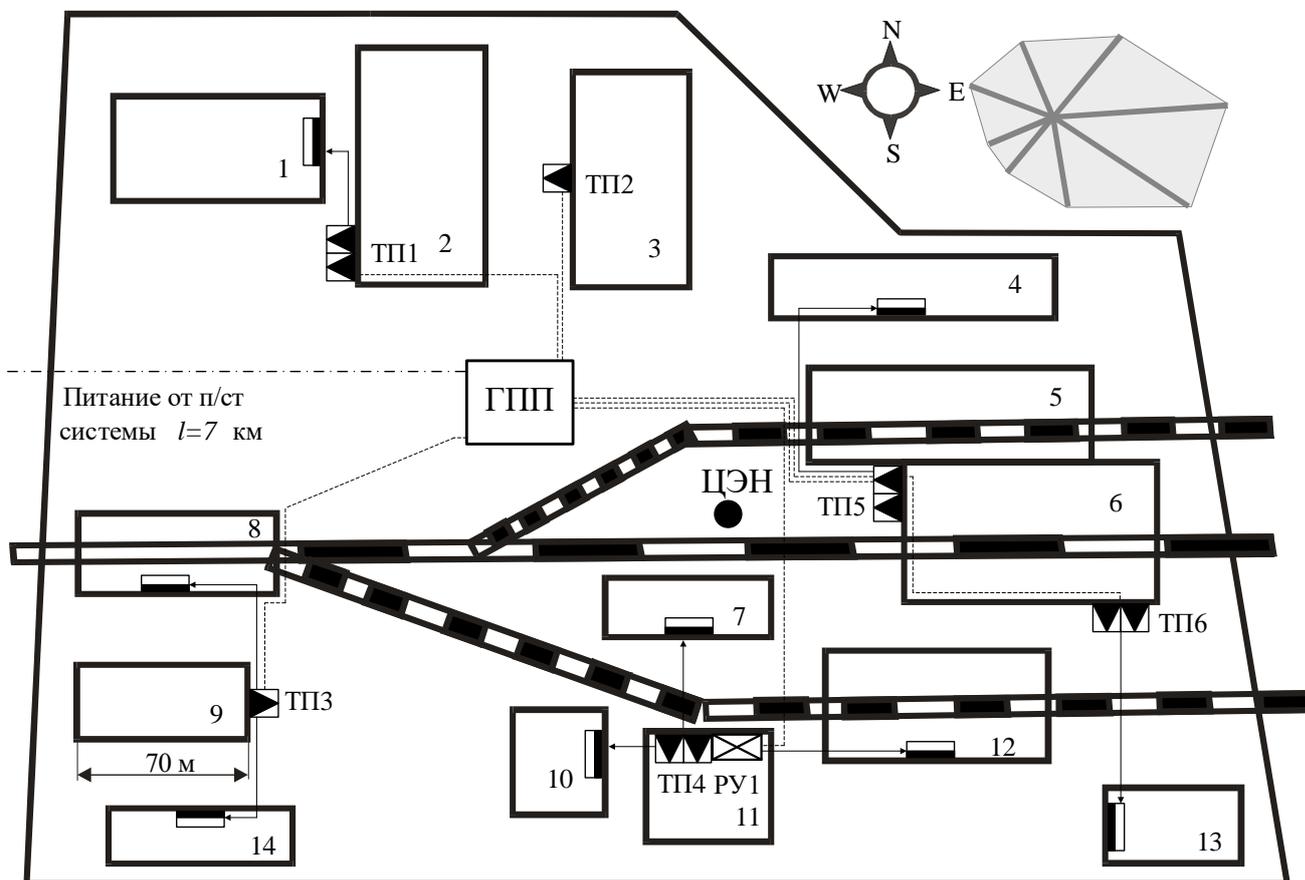


Рисунок 3.2 – Предварительное размещение трансформаторных подстанций

3.4 Составление схемы внешнего электроснабжения

Принимаем схему внешнего электроснабжения в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. При нарушении в трансформаторе, сработает защита и подаст сигнал на отключение выключателя в цепях трансформатора на низкой и высокой стороне. Секционный выключатель низкой стороны подключит секцию, оставшуюся без напряжения. Разъединители в ремонтной перемычке нормально отключены. В случае вывода в ремонт трансформатора или выключателя в цепи трансформатора есть возможность оставить в работе обе питающие линии путем включения разъединителей перемычки. Причем сначала включается перемычка, а затем отключаются цепи трансформатора. Схема представлена на рисунке 3.3

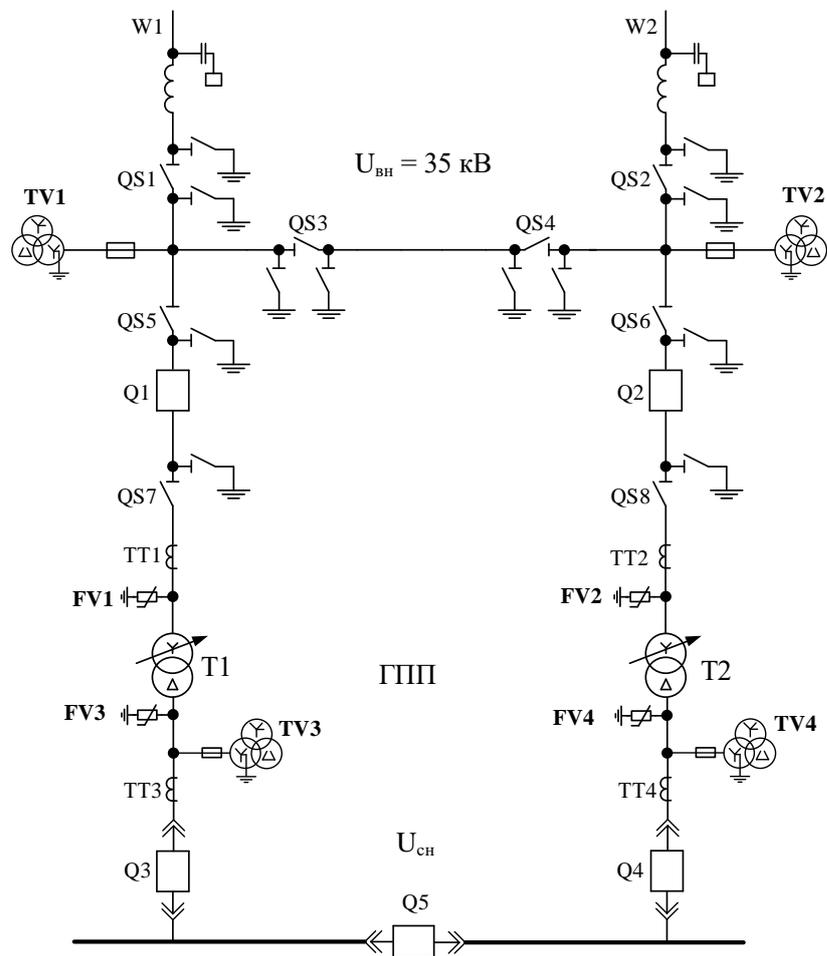


Рисунок 3.3 – Схема внешнего электроснабжения

При двух установленных на подстанции трансформаторов, при аварии с одним из параллельно работающих трансформаторов, оставшийся в работе принимает на себя его нагрузку.

С учетом того, что на предприятии применяются приемники II категории, примем двухтрансформаторную подстанцию.

Расчетная мощность трансформаторов

$$S_{\text{тр.расч}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{n_{\text{тр}} \cdot \beta_{\text{тр}}} = \frac{8216,5}{2 \cdot 0,7} = 5868,9 \text{ кВА.}$$

Полученное значение $S_{\text{тр.расч}}$ округляется до ближайшего большего стандартного значения. Исходя из расчета принимаем к установке на главной понизительной подстанции двухобмоточные трансформаторы марки ТМН-6300/35. Проверяем установленную мощность трансформатора в послеаварийном режиме при отключении одного из трансформаторов

$$S_{\text{р.ГПП}} = 8216,5 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{\text{НОМ.тр}} = 1,4 \cdot 6300 = 8820,0 \text{ кВА.}$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия в послеаварийном режиме.

Таблица 3.6 – Параметры трансформаторов [6, стр. 207, табл. 5.12], [6, стр. 209, табл. 5.13], [6, стр. 212, табл. 5.17]

Тип	$S_{ном}$, МВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	$P_{хх}$, кВт	$Q_{хх}$, кВАр	$P_{кз}$, кВт	$Q_{кз}$, кВАр	U_k , %	$I_{хх}$, %
ТМН-6300/35	6,3	35	6,3	9,2	56,7	46,5	472,5	7,5	0,90

Выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока.

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{расч} = \frac{S_{р.ГПП}}{n_{ц} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{8216}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 67,8 \text{ А.}$$

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{расч.п/ав} = \frac{S_{тр.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{8216}{\sqrt{3} \cdot 35} = 135,5 \text{ А.}$$

Экономическое сечение

$$F_{эк} = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{67,8}{1} = 67,8 \text{ мм}^2,$$

где $j_{эк}$ – нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки [15, табл. 1.3.36], А/мм².

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

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

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

проверка выполняется.

– Проверка по условию механической прочности: согласно ПУЭ, воздушные линии напряжением 35 кВ и выше, сооружаемые на двухцепных опорах с применением сталеалюминевых проводов, должны иметь сечение не менее 120 мм². Таким образом, проверка выполняется.

– Проверка по допустимой потере напряжения

$$L_{доп} < L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{доп} \cdot \frac{I_{доп}}{I_{расч}} = 2,05 \cdot 5 \cdot \frac{390}{67,8} = 59,0 \text{ км} > L_{факт} = 7,0 \text{ км,}$$

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

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

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

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

проверка выполняется.

– Проверка на корону: для линий 35 кВ не проводится.

3.5 Схема внутриводской сети выше 1000 В

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполняется трёхжильными кабелями марки АПвВнг с прокладкой по эстакадам. Питание высоковольтных двигателей осуществляем кабельными линиями той же марки, с прокладкой в коробах.

Упрощенная схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена на рисунке 3.4.

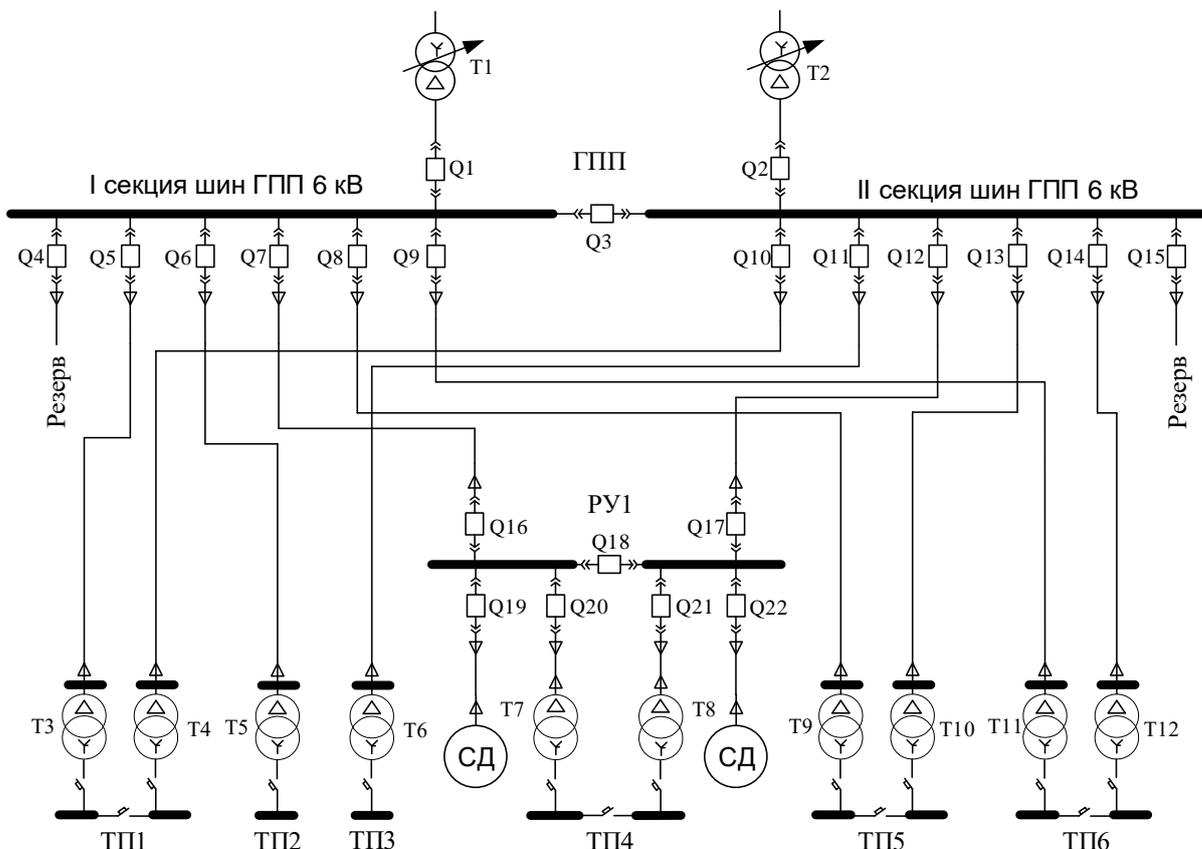


Рисунок 3.4 – Упрощенная схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников

Для кабелей с алюминиевыми жилами экономическое сечение при работе предприятия с $T_{\max} > 5000$ час/год определяется для экономической плотности тока $j_{\text{ЭК}} = 1,2 \text{ А/мм}^2$ [1, стр. 72, табл. 3.16].

ГПП – ТП1

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{НОМ.тр}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{2 \cdot 1000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 96,2 \text{ А},$$

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

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

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{НОМ.тр}}}{(n_{\text{ц}} - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{2 \cdot 1000}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 192,5 \text{ А}.$$

Экономическое сечение

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{96,2}{1,2} = 80,2 \text{ мм}^2.$$

Намечаем кабель марки АПВВнг-2(3×120) с $I_{\text{доп}} = 200 \text{ А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 0,85 \cdot 200 = 170,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 96,2 \text{ А},$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам;

$$1,3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 170 = 221,0 \text{ А} > I_{\text{расч.п/ав}} = 192,5 \text{ А}.$$

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

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

Участок	Мощность участка, кВА	n _ц , шт	U _{ном} , кВ	L, км	Расчетная нагрузка		F _{эк} , мм ²	K _{пр}	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
					I _{расч} , А	I _{расч.ав} , А				Г _{доп} , А	1,3 · Г _{доп} , А
ГПП – ТП1	2000,0	2	6	0,127	96,2	192,5	80,2	0,85	АПВВнг - 2 (3 × 120)	170,0	221,0
ГПП – ТП2	1000,0	1	6	0,076	96,2	–	80,2	0,85	АПВВнг - 1 (3 × 95)	144,5	–
ГПП – ТП3	1000,0	1	6	0,179	96,2	–	80,2	1,00	АПВВнг - 1 (3 × 95)	170,0	–
РУ1 – ТП4	2000,0	2	6	0,015	96,2	192,5	80,2	0,90	АПВВнг - 2 (3 × 95)	153,0	198,9
ГПП – ТП5	2000,0	2	6	0,170	96,2	192,5	80,2	0,75	АПВВнг - 2 (3 × 120)	150,0	195,0
ГПП – ТП6	2000,0	2	6	0,336	96,2	192,5	80,2	0,75	АПВВнг - 2 (3 × 120)	150,0	195,0
ГПП – РУ1	5270,0	4	6	0,257	126,8	253,6	105,6	0,75	АПВВнг - 4 (3 × 185)	202,5	263,3
ГПП – СД	846,7	1	6	0,060	81,5	–	67,9	1,00	АПВВнг - 1 (3 × 70)	140,0	–

Выбранная схема распределения электроэнергии по территории предприятия приведена на рисунке 3.5.

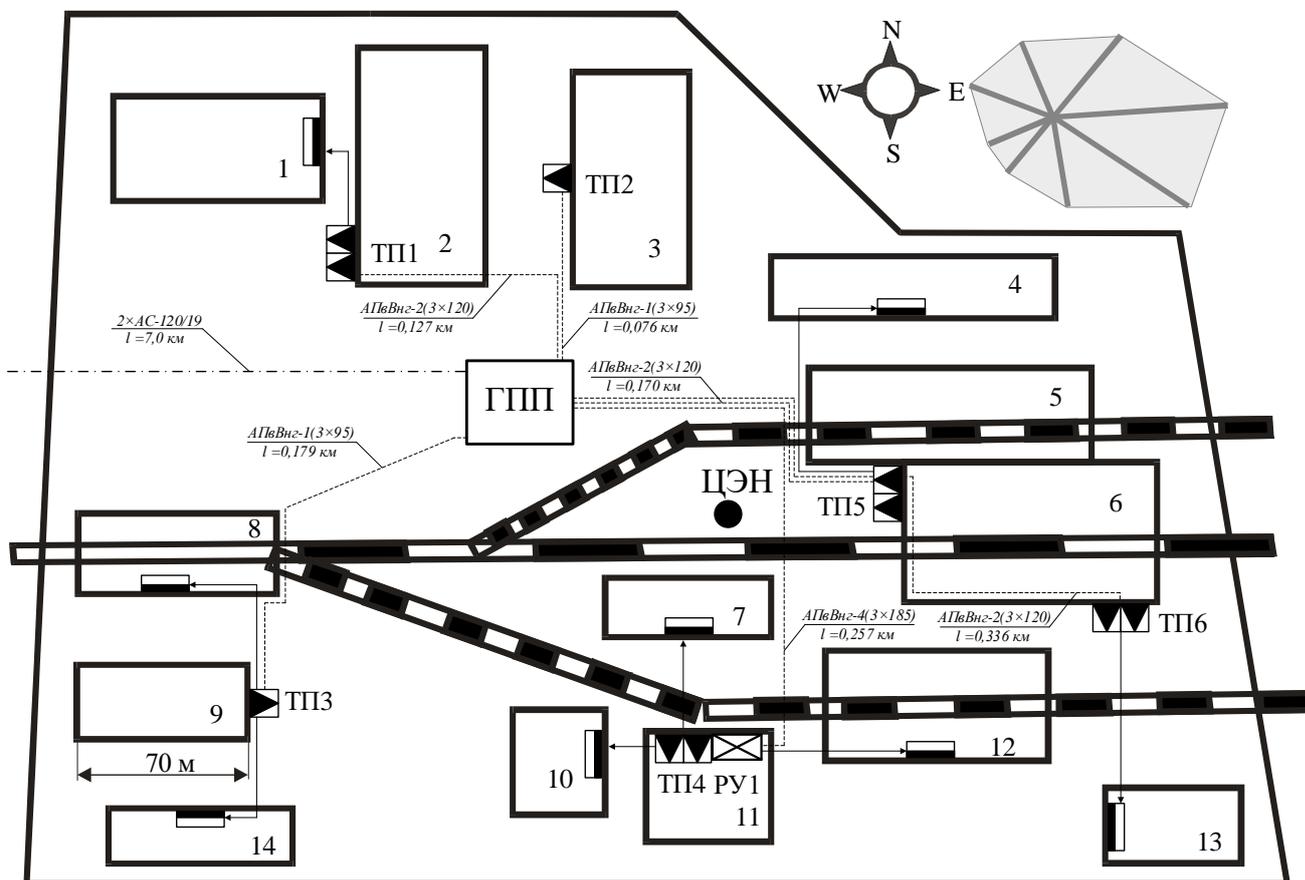


Рисунок 3.5 – Схема распределения электроэнергии по территории предприятия

3.6 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

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

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

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

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения рисунок 3.6 и на её основе схему замещения рисунок 3.7. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток КЗ. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ.

Расчет токов КЗ ведем на участке Система – ГПП – ТП5.

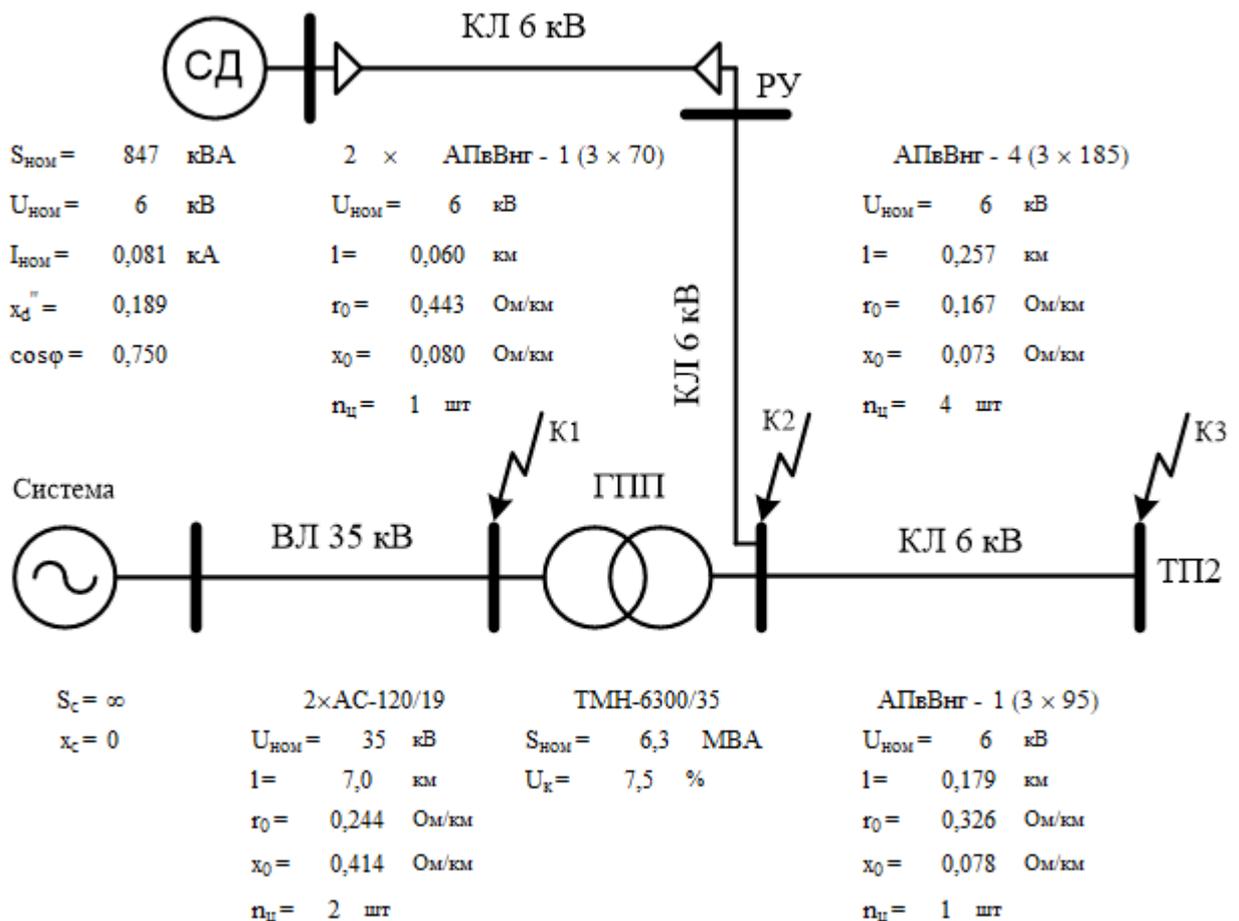


Рисунок 3.6 – Расчетная схема рассматриваемого участка

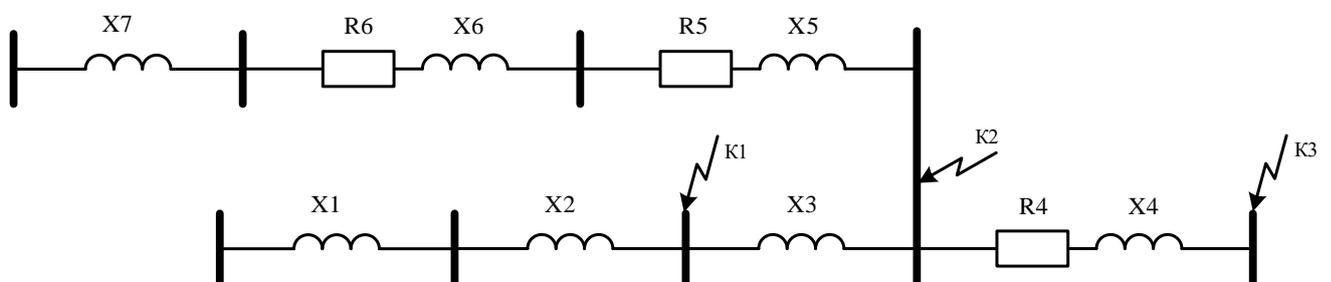


Рисунок 3.7 – Схема замещения рассматриваемого участка

Принимаем за базисные величины

$$S_6 = 100 \text{ МВА}, \quad U_{61} = 37 \text{ кВ}, \quad U_{62} = 6,3 \text{ кВ},$$
$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,560 \text{ кА}, \quad I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,164 \text{ кА}.$$

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

Сопротивления элементов

Система

$$S_c = \infty, \quad Z_1 = X_c = X_1 = \frac{S_6}{S_c} = 0.$$

Воздушная линия

$$Z_2 = X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{61}^2} = 0,414 \cdot 7,0 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37^2} = 0,212.$$

Трансформаторы

$$Z_3 = X_3 = \frac{U_{\text{к, \%}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 1,190.$$

Кабельная линия, питающая ПС

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,326 \cdot 0,179 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6,3^2} = 0,147,$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,078 \cdot 0,179 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6,3^2} = 0,035,$$

$$Z_4 = \sqrt{R_4^2 + X_4^2} = \sqrt{0,147^2 + 0,035^2} = 0,151.$$

Кабельная линия, питающая РУ

$$R_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,167 \cdot 0,257 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6,3^2} = 0,108,$$

$$X_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,073 \cdot 0,257 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6,3^2} = 0,047,$$

$$Z_5 = \sqrt{R_5^2 + X_5^2} = \sqrt{0,108^2 + 0,047^2} = 0,118.$$

Кабельная линия, питающая СД

$$R'_6 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,443 \cdot 0,060 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,067,$$

$$X'_6 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,080 \cdot 0,060 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,012,$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$R_6 = \frac{R'_6}{n_{\text{СД}}} = \frac{0,067}{2} = 0,033, \quad X_6 = \frac{X'_6}{n_{\text{СД}}} = \frac{0,012}{2} = 0,006,$$

$$Z_6 = \sqrt{R_6^2 + X_6^2} = \sqrt{0,033^2 + 0,006^2} = 0,034.$$

Синхронный двигатель

сопротивление одного двигателя

$$X'_7 = \frac{x'_d \cdot S_6}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{0,189 \cdot 100}{0,847} = 22,323,$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$Z_7 = X_7 = \frac{X'_7}{n_{\text{СД}}} = \frac{22,32}{2} = 11,161.$$

Расчет короткого замыкания для точки К1.

Эквивалентное сопротивление цепочки СД относительно точки К1

$$Z_{\text{СД}} = Z_7 + Z_6 + Z_5 + Z_3 = 11,161 + 0,034 + 0,118 + 1,190 = 12,504.$$

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К1

$$Z_{\text{С}} = Z_1 + Z_2 = 0 + 0,212 = 0,212.$$

Результирующее сопротивление в точке К1

$$Z_{\Sigma 1} = \frac{Z_{\text{СД}} \cdot Z_{\text{С}}}{Z_{\text{СД}} + Z_{\text{С}}} = \frac{12,504 \cdot 0,212}{12,504 + 0,212} = 0,208.$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{\text{К1}} = \frac{I_{61}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{1,560}{0,208} = 7,496 \text{ кА}.$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{К1}} = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 7,496 = 17,0 \text{ кА},$$

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

Расчеты токов КЗ для других точек сведем в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	U _б , кВ	I _б , кА	Z _Σ	k _{уд}	T _а , сек	I _к , кА	i _{уд} , кА
К1	37,0	1,560	0,208	1,608	0,02	7,496	17,0
К2	6,3	9,164	1,248	1,869	0,01	7,346	19,4
К3	6,3	9,164	1,398	1,869	0,01	6,554	17,3

Полученное по экономической плотности тока сечение высоковольтных линий необходимо проверить на термическую стойкость при коротком замыкании.

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

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

Тепловой импульс тока короткого замыкания

$$B_{\text{к}} = I_{\text{к}}^2 \cdot t_{\text{пр}} = 7345,9^2 \cdot 0,2 = 10792317,7 \text{ A}^2 \cdot \text{сек.}$$

где I_к – ток короткого замыкания на низкой стороне трансформаторов ГПП.

Термически стойкое сечение равно

$$F_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C} = \frac{\sqrt{10792317,7}}{85} = 38,6 \text{ мм}^2 < F_{\text{реал}} = 95 \text{ мм}^2,$$

где C – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при коротком замыкании и материала проводника [3, стр. 42], А·с^{1/2}/мм²;

F_{реал} – сечение линии, питающей подстанцию, мм².

Таким образом, предварительно выбранное сечение по термической стойкости проходит. Оставляем ранее выбранное сечение.

4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

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

4.1 Выбор выключателей и разъединителей

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

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

Параметры выключателя [9, стр. 630, табл. П4.4]

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

номинальный ток $I_{\text{НОМ}} = 2000 \text{ А}$;

номинальный ток отключения $I_{\text{ОТК.НОМ}} = 40 \text{ кА}$;

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

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

ток термической стойкости $I_{\text{ТЕР}} = 40 \text{ кА}$;

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

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

Проверка выключателя

– по напряжению установки $U_{\text{УСТ}} \leq U_{\text{НОМ}}$

$$U_{\text{УСТ}} = 35 \text{ кВ} = U_{\text{НОМ}} = 35 \text{ кВ};$$

– по току $I_{\text{МАХ}} \leq I_{\text{НОМ}}$

$$I_{\text{МАХ}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{8216,5}{\sqrt{3} \cdot 35} = 135,5 \text{ А} < I_{\text{НОМ}} = 2000 \text{ А};$$

– по отключающей способности $I_{\text{н,т}} \leq I_{\text{ОТК.НОМ}}$

$$I_{\text{н,т}} = 7,5 \text{ кА} < I_{\text{ОТК.НОМ}} = 40 \text{ кА};$$

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

$$I_{п,0} = 7,5 \text{ кА} < I_{дин} = 40 \text{ кА};$$

$$i_{уд} = 17,0 \text{ кА} < i_{дин} = 100 \text{ кА};$$

– по термической стойкости $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$

$$B_k = I_{п,0}^2 \cdot (t_{р.з.} + t_{отк.в} + T_a) = 7,5^2 \cdot (1,2 + 0,07 + 0,020) = 72,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

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

$$B_k < I_{тер}^2 \cdot t_{тер}.$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-35/1000

Параметры разъединителя [9, стр. 630, табл. П4.4]

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

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

пик тока электродинамической стойкости $i_{пр.с} = 63 \text{ кА}$;

ток термической стойкости $I_{тер} = 25,0 \text{ кА}$;

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

Проверка разъединителя

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

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

– по току $I_{мах} \leq I_{ном}$

$$I_{мах} = 135,5 \text{ А} < I_{ном} = 1000 \text{ А};$$

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

$$i_{уд} = 17,0 \text{ кА} < i_{пр.с} = 63 \text{ кА};$$

– по термической стойкости $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$

$$B_k = 72,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 25,0^2 \cdot 4 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

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

Дальнейший расчет сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Выбор выключателей и разъединителей

Расчетные данные	Выключатель ВВУ-35-40/2000	Разъединитель РДЗ-35/1000
$U_{уст} = 35$ кВ	$U_{ном} = 35$ кВ	$U_{ном} = 35$ кВ
$I_{max} = 135,5$ А	$I_{ном} = 2000$ А	$I_{ном} = 1000$ А
$I_{н,t} = 7,5$ кА	$I_{отк.ном} = 40$ кА	–
$I_{н,0} = 7,5$ кА	$I_{дин} = 40$ кА	–
$i_{уд} = 17,0$ кА	$i_{дин} = 100$ кА	$i_{пр.с} = 63$ кА
$В_k = 72,5$ кА ² · с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 4800$ кА ² · с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 2500$ кА ² · с
Расчетные данные	Выключатель ВЭ-10-20/1000	Разъединитель
$U_{уст} = 6$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ	Используется выкатная тележка
$I_{max} = 790,6$ А	$I_{ном} = 1000$ А	
$I_{н,t} = 7,3$ кА	$I_{отк.ном} = 20$ кА	
$I_{н,0} = 7,3$ кА	$I_{дин} = 20$ кА	
$i_{уд} = 19,4$ кА	$i_{дин} = 51$ кА	
$В_k = 30,2$ кА ² · с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 1200$ кА ² · с	

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

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

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

Таблица 4.2 – Нагрузка трансформаторов тока

Место установки	Прибор	Тип	Нагрузка, В·А		
			А	В	С
Сторона ВН трансформатора	Амперметр	Э – 350	0,5	–	0,5
	Амперметр	Э – 350	0,5	–	0,5
Итого:			1,0	–	1,0
Сторона НН трансформатора	Амперметр	Э – 350	–	0,5	–
	Ваттметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Варметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Счетчик W	СЭТ-4ТМ	2,5	–	2,5
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	2,5	–	2,5
Итого:			6,0	0,5	6,0

Пример выбора трансформатора тока на стороне ВН трансформатора ГПП. Из таблицы 4.2 видно, что наиболее загружены фазы А и С. Для них ведем расчет.

Намечаем к установке трансформатор тока типа ТФЗМ-35Б

Параметры трансформатора тока [8, стр. 295, табл. 5-9]

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

номинальный ток $I_{\text{ном}} = 150 \text{ А}$;

вторичный номинальный ток трансформатора тока $I_2 = 5 \text{ А}$;

ток электродинамической стойкости $i_{\text{дин}} = 31 \text{ кА}$;

ток термической стойкости $I_{\text{тер}} = 7,0 \text{ кА}$;

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

вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока $Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$;

класс точности 0,5.

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

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

– по току $I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{8216,5}{\sqrt{3} \cdot 35} = 135,5 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 150 \text{ А};$$

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

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору тока

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{1,0}{5^2} = 0,04 \text{ Ом},$$

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

Допустимое сопротивление проводников

$$r_{\text{пр.доп}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} = 1,2 - 0,04 - 0,10 = 1,06 \text{ Ом},$$

где $r_{\text{к}}$ – сопротивления контактов (0,05 Ом при двух-трех приборах; 0,1 Ом при большем количестве приборов) [9, стр. 374].

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

$$q_{\text{расч}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{пр}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0283 \cdot 10}{1,06} = 0,27 \text{ мм}^2,$$

где ρ – удельное сопротивление алюминиевого провода [9, стр. 374], Ом/мм²;

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

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

Тогда сопротивление кабеля

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

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} = 0,04 + 0,071 + 0,10 = 0,211 \text{ Ом} < Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом.}$$

– проверка трансформатора тока на электродинамическую стойкость $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$

$$i_{\text{уд}} = 17,0 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 31 \text{ кА};$$

– проверка трансформатора тока на термическую стойкость $B_{\text{к}} \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$

$$B_{\text{к}} = 72,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 7,0^2 \cdot 3 = 147,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

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

Таблица 4.3 – Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

Тип ТТ	Расчетные данные	Каталожные данные
ТА1 ТШЛ 10 Сторона НН трансформатора	$U_{\text{уст}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 790,6 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 30,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 14700 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 19,4 \text{ кА}$	не проверяется
	$r_2 = 0,375 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 0,800 \text{ Ом}$
ТА2 ТФЗМ110 Сторона ВН трансформатора	$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 135,5 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 150 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 72,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 147,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 17,0 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 31 \text{ кА}$
	$r_2 = 0,211 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$

4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения

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

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам напряжения на понизительных подстанциях являются вольтметры, ваттметры, варметры, частотомеры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов напряжения представлена в таблице 4.4 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 4.4 – Нагрузка трансформаторов напряжения

Место установки	Прибор	Тип	$S_{обм},$ В · А	$n_{обм},$ шт	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$n_{приб},$ шт	Потр. мощн.	
								P, Вт	Q, ВАр
Сторона ВН трансформатора	Вольтметр	Э – 335	2,0	1	1	0	1	2,0	0,0
	Вольтметр	Н – 393	10,0	1	1	0	1	10,0	0,0
	Частотомер	Н – 397	7,0	1	1	0	1	7,0	0,0
Итого:								19,0	0,0
Сторона ВН трансформатора	Вольтметр	Э – 335	2,0	1	1	0	2	4,0	0,0
	Ваттметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Варметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Счетчик W	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	6	0,12	0,0
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	6	0,12	0,0
Итого:								10,2	0,0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-6

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном} = 6$ кВ;

номинальная мощность $S_{ном} = 75$ В · А;

класс точности 0,5.

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

$$U_{уст} = 6 \text{ кВ} < U_{ном} = 10 \text{ кВ};$$

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10,2^2 + 0^2} = 10,2 \text{ В} \cdot \text{А} < S_{ном} = 75 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

б) Выбор трансформаторов напряжения на стороне ВН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа ЗНОЛ-35

Параметры трансформатора напряжения

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

номинальная мощность $S_{\text{НОМ}} = 150 \text{ В} \cdot \text{А}$;

класс точности 0,5.

– по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{НОМ}}$

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

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{19,0^2 + 0^2} = 19,0 \text{ В} \cdot \text{А} < S_{\text{НОМ}} = 150 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

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

4.4 Учет электрической энергии

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

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

АСКУЭ – иерархическая система, представляющая собой техническое устройство, функционально объединяющее совокупность измерительно-информационных комплексов точек измерений, информационно-вычислительных комплексов электроустановок, информационно-вычислительного комплекса и системы обеспечения единого времени, выполняющее функции проведения измерений, сбора, обработки и хранения результатов измерений, информации о состоянии объектов и средств измерений, а также передачи полученной информации в интегрированную автоматизированную систему управления коммерческим учетом на оптовом рынке электроэнергии в автоматизированном режиме.

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

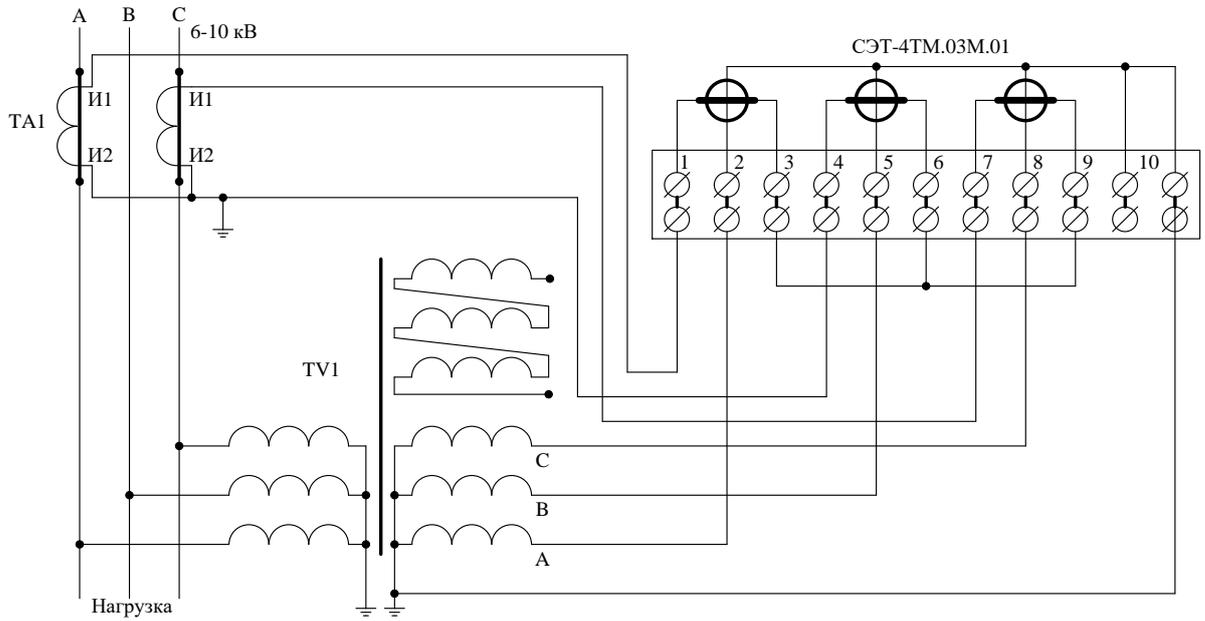
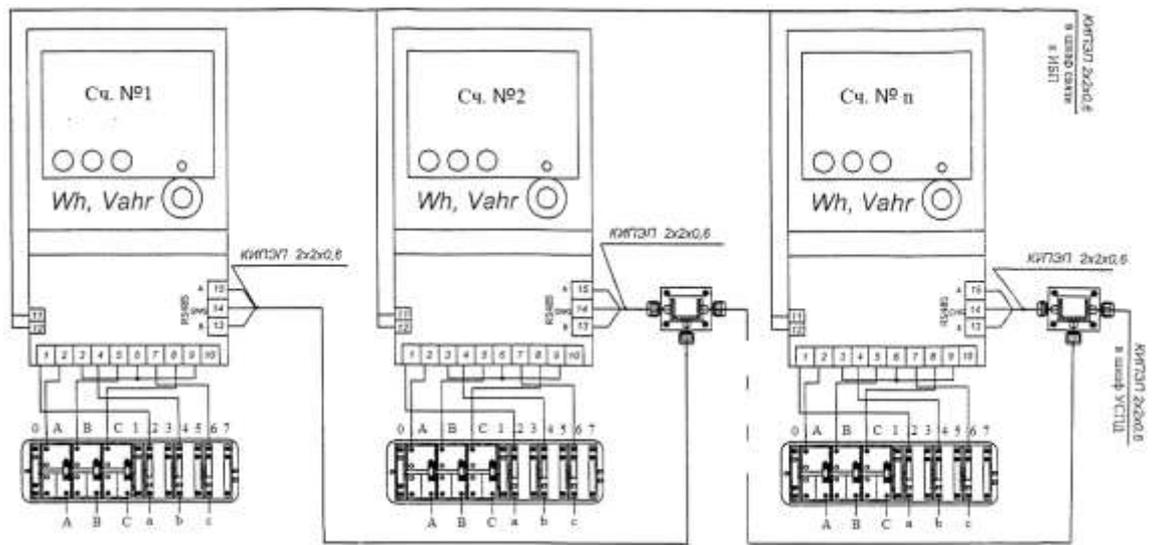


Рисунок 4.1 – Схема учета электроэнергии

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ

Электроснабжение выполняется в следующей последовательности.

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

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

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

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

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

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

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

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

Выбор сечений питающей линий производится по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева. Линии, питающие распределительные пункты, проверяются по допустимой потере напряжения. Сечения кабелей согласовываются с действием аппаратов защиты.

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

Примеры выбора аппаратуры и кабелей.

а) Выбор отходящего выключателя ТП

Расчетная мощность нагрузки подстанции

$$S_{p.ПС} = 769,1 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{p.ПС} = \frac{S_{p.ПС}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{769,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1168,5 \text{ А.}$$

Номинальный ток трансформаторов подстанции

$$I_{ном.тр} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1519,3.$$

Ток послеаварийного режима трансформаторов подстанции

$$I_{п/ав.тр} = 1,4 \cdot I_{ном.тр} = 1,4 \cdot 1519,3 = 2127,1 \text{ А.}$$

Пиковый ток подстанции

$$I_{пик.ПС} = I_{пик}^{max.ПР} + I_{p.ПС} - I_p^{max.ПР} = 997,6 + 1519,3 - 328,4 = 2188,5 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74 – 45 с параметрами:

$$I_{ном.ав} = 3000 \text{ А, } I_{тепл} = 2000 \text{ А [3, стр. 87, табл. П.2.3].}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 2000 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{p.ПС} = 1,1 \cdot 1519,3 = 1671,3 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву послеаварийным током

$$I_{пер} = 2 \cdot I_{тепл} = 2 \cdot 2000 = 4000 \text{ А} > I_{п/ав.тр} = 2127,1 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 1,25 \cdot 2188,5 = 2735,7 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{пик.ПС}}{I_{тепл}} = \frac{2735,7}{2000} = 1,4, \quad \text{принимаем } K = 4,0.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = K \cdot I_{тепл} = 4,0 \cdot 2000 = 8000 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 2735,7 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ПР1

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1

$$I_p = 326,1 \text{ А}, \quad I_{\text{пик}} = 995,3 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат марки ВА52 – 39 с параметрами:

$$I_{\text{ном.ав}} = 630 \text{ А}, I_{\text{тепл}} = 400 \text{ А} [3, \text{ стр. 87, табл. П.2.3}].$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 400 \text{ А} > 1,1 \cdot I_p = 1,1 \cdot 326,1 = 358,7 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 995,3 = 1244,1 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{1244,1}{400} = 3,1, \quad \text{принимаем } K = 10,0.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 10,0 \cdot 400 = 4000 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1244,1 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГнг-LS– 2(5×150), $I_{\text{доп}} = 470 \text{ А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 470 \text{ А} > I_p = 358,7 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 470 \text{ А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 400}{0,9} = 444,4 \text{ А},$$

где I_3 – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

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

k_3 – кратность защиты (отношение длительно допустимого тока для кабеля к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ).

– проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_0 \cdot I_p \cdot l = 0,050 \cdot 326,1 \cdot 0,038 = 0,61\% < 5\%,$$

где l – длина рассматриваемой линии, км;

5% – допустимое значение потерь напряжения;

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

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

в) Участок ПР1 – Кран-балка

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{\text{ном}} = 136,6 \text{ А}, \quad I_{\text{пуск}} = 682,9 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат марки ВА57 – 35 с параметрами:

$$I_{\text{ном.ав}} = 250 \text{ А}, \quad I_{\text{тепл}} = 160 \text{ А} [3, \text{ стр. 87, табл. П.2.3}].$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 160 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\text{ном}} = 1,1 \cdot 136,6 = 150,2 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 682,9 = 1024,3 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пуск}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{1024,3}{160} = 6,4, \quad \text{принимаем } K = 8,0.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 8,0 \cdot 160 = 1280 \text{ А} > 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 1024,3 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГнг-LS – 1(5×120), $I_{\text{доп}} = 200 \text{ А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 150,2 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ А} > \frac{K_z \cdot I_z}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 160}{0,90} = 177,8 \text{ А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Так как расчет по выбору аппаратов защиты и кабельных линий для всех распределительных пунктов и электроприемников аналогичен, то остальные расчеты сведем в таблицу 5.1 (для распределительных пунктов) и таблицу 5.2 (для отдельных электроприемников).

Таблица 5.1 – Выбор марки и сечений проводников питающей сети, аппаратов защиты

Участок	I_p , А	$I_{пик}$, А	$1,1 \cdot I_p$, А	$1,25 \cdot I_{пик}$, А	К	Автомат			K_3	$K_{пр}$	$K_3 \cdot I_3 / K_{пр}$, А	Кабель		L, км	cosφ	ΔU_0 , %	ΔU_p , %
						$I_{тепл}$, А	$I_{э.о.}$, А	Тип				$I_{доп}$, А	Марка				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ТП	1519,3	2188,5	1671,3	2735,7	4,0	2000	8000	ВА74 – 45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТП – ПР1	326,1	995,3	358,7	1244,1	10,0	400	4000	ВА52 – 39	1,0	0,9	444	470	АВВГнг-LS-2(5 × 150)	0,038	0,92	0,050	0,61
ТП – ПР2	210,6	834,4	231,7	1043,0	10,0	260	2600	ВА52 – 39	1,0	0,9	289	340	АВВГнг-LS-2(5 × 95)	0,029	0,77	0,071	0,43
ТП – ПР3	328,4	997,6	361,2	1247,0	10,0	400	4000	ВА52 – 39	1,0	0,9	444	470	АВВГнг-LS-2(5 × 150)	0,040	0,80	0,049	0,63
ТП – ПР4	284,4	712,3	312,8	890,4	10,0	320	3200	ВА52 – 39	1,0	0,9	356	400	АВВГнг-LS-2(5 × 120)	0,037	0,79	0,059	0,62

Таблица 5.2 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

Приемник	Р _{ном} , кВт	I _{ном} , А	I _{пуск} , А	1,1·I _{ном} , А	1,5·I _{пик} , А	Автомат				К _{пр}	К _з	K _з ·I _з /K _{пр} , А	Кабель	
						К	I _{тепл} , А	I _{з.о.} , А	Тип				I _{доп} , А	Марка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 1 ПР11-7123														
Кран-балка ПВ = 40%	40,0	136,6	682,9	150,2	1024,3	8,0	160,0	1280,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	177,8	200	АВВГнг-LS - 1(5 × 120)
Фрезерный станок	22,0	57,8	288,9	63,6	433,3	6,0	80,0	480,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)
Сушильный шкаф	44,0	70,4	–	77,4	–	–	80,0	–	ВА57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)
Закалочная печь	60,0	96,0	–	105,6	–	–	125,0	–	ВА57 – 35	0,9	1,00	138,9	140	АВВГнг-LS - 1(5 × 70)
ПР – 2 ПР11-7123														
Пресс	50,0	131,3	656,6	144,4	984,9	8,0	160,0	1280,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	177,8	200	АВВГнг-LS - 1(5 × 120)
Токарный станок	22,0	57,8	288,9	63,6	433,3	6,0	80,0	480,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)
Сварочный трансформатор ПВ = 25%	40,0	159,9	479,8	175,9	719,7	4,0	200,0	800,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	222,2	235	АВВГнг-LS - 1(5 × 150)
Шлифовальный станок	16,0	42,0	210,1	46,2	315,2	8,0	50,0	400,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	55,6	60	АВВГнг-LS - 1(5 × 16)
Сушильный шкаф	44,0	70,4	–	77,4	–	–	80,0	–	ВА57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)
ПР – 3 ПР11-7123														
Кран-балка ПВ = 40%	40,0	136,6	682,9	150,2	1024,3	8,0	160,0	1280,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	177,8	200	АВВГнг-LS - 1(5 × 120)
Трубогибочный станок	20,0	52,5	262,6	57,8	394,0	8,0	63,0	504,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	70,0	75	АВВГнг-LS - 1(5 × 25)
Сварочный трансформатор ПВ = 25%	40,0	159,9	479,8	175,9	719,7	4,0	200,0	800,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	222,2	140	АВВГнг-LS - 1(5 × 70)
Шлифовальный станок	16,0	42,0	210,1	46,2	315,2	8,0	50,0	400,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	55,6	60	АВВГнг-LS - 1(5 × 16)
Трубогибочный станок	20,0	52,5	262,6	57,8	394,0	8,0	63,0	504,0	ВА57 – 35	0,9	1,00	70,0	75	АВВГнг-LS - 1(5 × 25)
Электрованна	60,0	96,0	–	105,6	–	–	125,0	–	ВА57 – 35	0,9	1,00	138,9	140	АВВГнг-LS - 1(5 × 70)

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 4 ПР11-7123														
Вентилятор	28,0	59,1	413,6	65,0	620,4	8,0	80,0	640,0	BA57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)
Электромолот	32,0	91,0	455,2	100,2	682,9	6,0	125,0	750,0	BA57 – 35	0,9	1,00	138,9	140	АВВГнг-LS - 1(5 × 70)
Вентилятор горна	28,0	59,1	413,6	65,0	620,4	8,0	80,0	640,0	BA57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)
Токарный станок	22,0	57,8	288,9	63,6	433,3	6,0	80,0	480,0	BA57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)
Обдирочный станок	24,0	63,0	315,2	69,3	472,7	6,0	80,0	480,0	BA57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)
Сверлильный станок	16,0	42,0	210,1	46,2	315,2	8,0	50,0	400,0	BA57 – 35	0,9	1,00	55,6	60	АВВГнг-LS - 1(5 × 16)
Поворотный кран	16,0	54,6	273,1	60,1	409,7	8,0	63,0	504,0	BA57 – 35	0,9	1,00	70,0	75	АВВГнг-LS - 1(5 × 25)
Нагревательная плита	44,0	70,4	–	77,4	–	–	80,0	–	BA57 – 35	0,9	1,00	88,9	90	АВВГнг-LS - 1(5 × 35)

5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

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

Рассмотрим цепочку ГПП – ТП2 – ПР3 – ЭП №30.

Расчетные данные приемника №30

$$P_{\text{НОМ}} = 40,0 \text{ кВт}; \quad Q_{\text{НОМ}} = 69,3 \text{ кВАр}; \quad S_{\text{НОМ}} = 80,0 \text{ кВА}.$$

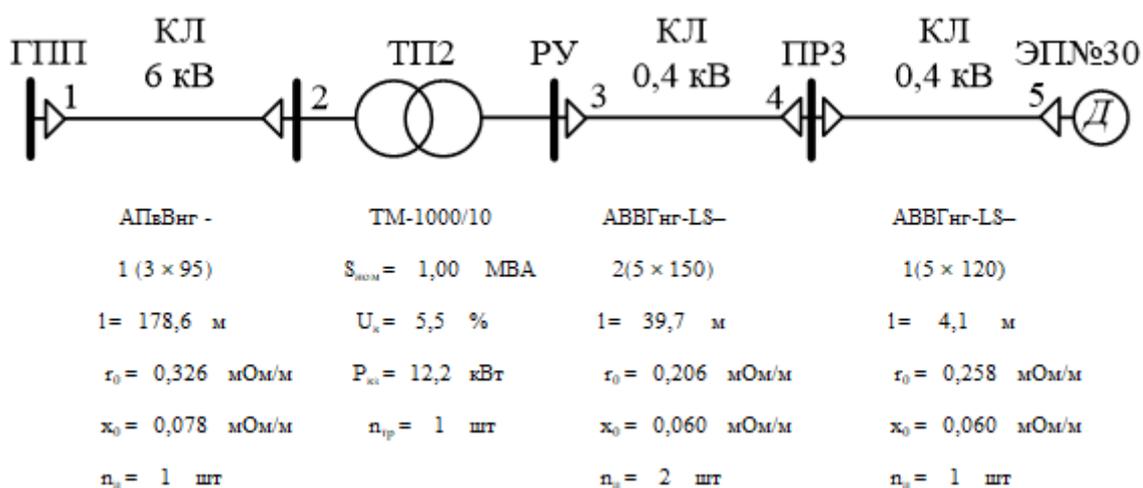


Рисунок 5.1 – Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,326 \cdot 178,6}{1} \cdot 10^{-3} = 0,058 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,078 \cdot 178,6}{1} \cdot 10^{-3} = 0,014 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{\text{ц.ТП}} = 684,5 \text{ кВт}, \quad Q_{12} = \sum Q_{\text{ц.ТП}} = 350,8 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{684,5 \cdot 0,058 + 350,8 \cdot 0,014}{10 \cdot 6,3^2} = 0,113 \%$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12,\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,113 \cdot \frac{6300}{100} = 7,1 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 6300 - 7,1 = 6292,9 \text{ В.}$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{ном.тр}} = \frac{12,2 \cdot 100}{1000} = 1,220,$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 + U_a^2} = \sqrt{5,5^2 + 1,220^2} = 5,363.$$

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta = \frac{P_{12}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{684,5}{2 \cdot 1000} = 0,684.$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta P_{тр} = n_{тр} \cdot (\Delta P_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P_{кз}) = 2 \cdot (2,45 + 0,684^2 \cdot 12,2) = 8,2 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{тр} = n_{тр} \cdot (\Delta Q_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta Q_{кз}) = 2 \cdot (14,0 + 0,684^2 \cdot 55,0) = 39,8 \text{ кВт,}$$

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

$$P_{23} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 684,5 - 8,2 = 676,3 \text{ кВт,}$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 350,8 - 39,8 = 311,0 \text{ кВАр,}$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{676,3^2 + 311,0^2} = 744,4 \text{ кВА.}$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{676,3}{744,4} = 0,91, \quad \sin \varphi = \frac{311,0}{744,4} = 0,42,$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\begin{aligned}\Delta U_{23,\%} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) = \\ &= 0,684 \cdot (1,220 \cdot 0,91 + 5,363 \cdot 0,42) + \frac{0,684^2}{200} \cdot (1,220 \cdot 0,42 - 5,363 \cdot 0,91) \\ &= \\ &= 2,282\%.\end{aligned}$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 2,282 \cdot \frac{6292,9}{100} = 143,6 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 6292,9 - 143,6 = 6149,3 \text{ В.}$$

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

$$U_3^{\text{нн}} = U_3 = 400 \cdot \frac{6149,3}{6300} = 390,4 \text{ В.}$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,206 \cdot 39,7}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0041 \text{ Ом,}$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 39,7}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0012 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 187,1 \text{ кВт,} \quad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 108,1 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{187,1 \cdot 0,0041 + 108,1 \cdot 0,0012}{10 \cdot 0,390^2} = 0,586 \%.$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 0,586 \cdot \frac{390,4}{100} = 2,3 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 390,4 - 2,3 = 388,1 \text{ В.}$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{ц}} = \frac{0,258 \cdot 4,1}{1} \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ Ом},$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{ц}} = \frac{0,060 \cdot 4,1}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0002 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{ном}} = 40,0 \text{ кВт}, \quad Q_{45} = Q_{\text{ном}} = 69,3 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{40,0 \cdot 0,001 + 69,3 \cdot 0,0002}{10 \cdot 0,388^2} = 0,039 \text{ \%}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0,039 \cdot \frac{388,1}{100} = 0,2 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 388,1 - 0,2 = 388,0 \text{ В}.$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

Максимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	684,5	676,3	187,1	40,0
Q_i , кВАр	350,8	311,0	108,1	69,3
S_i , кВА	769,1	744,4	216,1	80,0
R_i , Ом	0,058	—	0,004	0,001
X_i , Ом	0,014	—	0,001	0,000
$\cos\varphi$	—	0,909	—	—
$\sin\varphi$	—	0,418	—	—
β_T	—	0,684	—	—
U_a , %	—	1,220	—	—
U_p , %	—	5,363	—	—
ΔU_i , %	0,113	2,282	0,586	0,039
ΔU_i , В	7,1	143,6	2,3	0,2

окончание таблицы 5.3

Минимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	410,7	406,2	112,3	40,0
Q_i , кВАр	210,5	187,2	64,9	69,3
S_i , кВА	461,5	447,2	129,7	80,0
R_i , Ом	0,058	—	0,0041	0,001
X_i , Ом	0,014	—	0,0012	0,000
$\cos\varphi$	—	0,908	—	—
$\sin\varphi$	—	0,419	—	—
β_T	—	0,411	—	—
U_a , %	—	1,220	—	—
U_p , %	—	5,363	—	—
ΔU_i , %	0,068	1,373	0,345	0,038
ΔU_i , В	4,3	86,5	1,4	0,2

По результатам расчетов строим эюру отклонения напряжения. Эюра представлена на рисунке 5.2.

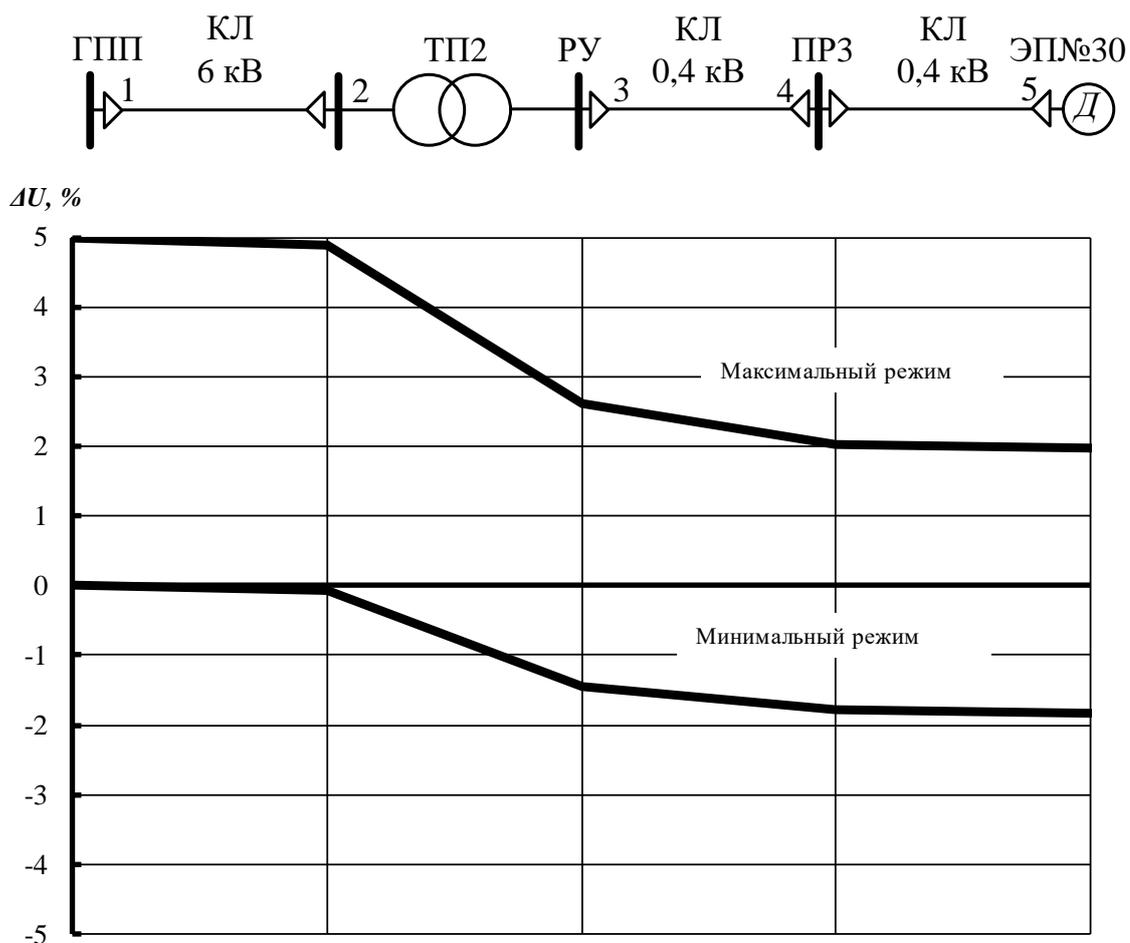


Рисунок 5.2 – Эюры отклонений напряжения

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

5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчет в сравнении с расчетом токов КЗ в сетях напряжением выше 1000 В обладает следующими особенностями:

- напряжение на шинах ЦТП считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- при расчете токов КЗ учитываем активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети;
- расчет ведем в именованных единицах;
- напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети.

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП2 – ПР3 – ЭП №30.

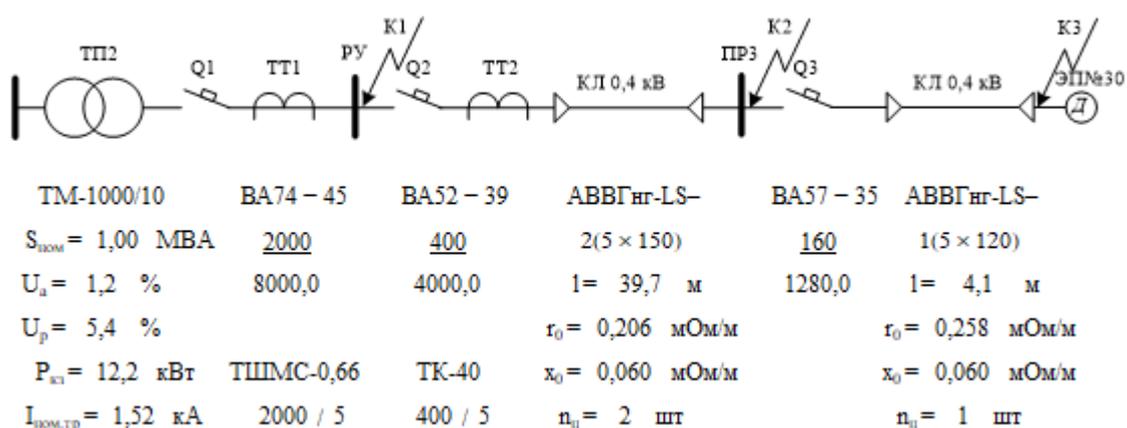


Рисунок 5.3 – Расчетная схема

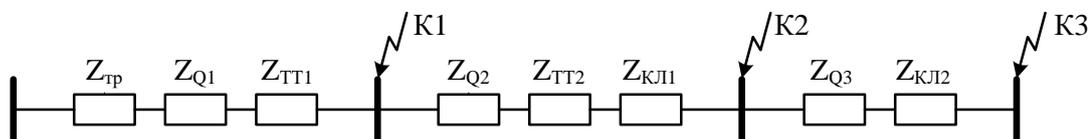


Рисунок 5.4 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

$$R_{тр} = \frac{U_a}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.тр}} = \frac{1,220}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 2,0 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_p}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ.тр}}} = \frac{5,363}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 8,6 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{тр}} = \sqrt{R_{\text{тр}}^2 + X_{\text{тр}}^2} = \sqrt{2,0^2 + 8,6^2} = 8,8 \text{ мОм}.$$

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

Автоматы Q2, Q3

$$Z_{Q2} = \sqrt{R_{Q2}^2 + X_{Q2}^2} = \sqrt{0,15^2 + 0,10^2} = 0,2 \text{ мОм},$$

$$Z_{Q3} = \sqrt{R_{Q3}^2 + X_{Q3}^2} = \sqrt{0,74^2 + 0,55^2} = 0,9 \text{ мОм}.$$

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

Трансформатор тока ТТ2

$$Z_{\text{ТТ2}} = \sqrt{R_{\text{ТТ2}}^2 + X_{\text{ТТ2}}^2} = \sqrt{0,11^2 + 0,17^2} = 0,2 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ1

$$R_{\text{КЛ1}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,206 \cdot 39,7}{2} = 4,1 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{КЛ1}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 39,7}{2} = 1,2 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{КЛ1}} = \sqrt{R_{\text{КЛ1}}^2 + X_{\text{КЛ1}}^2} = \sqrt{4,1^2 + 1,2^2} = 4,3 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{\text{КЛ2}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,258 \cdot 4,1}{1} = 1,1 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{КЛ2}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 4,1}{1} = 0,2 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{КЛ2}} = \sqrt{R_{\text{КЛ2}}^2 + X_{\text{КЛ2}}^2} = \sqrt{1,1^2 + 0,2^2} = 1,1 \text{ мОм}.$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1

$$Z_{K1} = Z_{тр} = 8,8 \text{ мОм.}$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,8} = 26,2 \text{ кА.}$$

Постоянная времени

$$T_{a1} = \frac{X_{\text{рез1}}}{\omega \cdot R_{\text{рез1}}} = \frac{8,6}{314 \cdot 2,0} = 0,0140 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент

$$k_{\text{уд1}} = 1 + e^{-0,01/T_{a1}} = 1 + e^{-0,01/0,0140} = 1,490.$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1

$$i_{\text{уд,К1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд1}} \cdot I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 1,490 \cdot 26,2 = 55,3 \text{ кА.}$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	Z_{Σ} , мОм	$k_{\text{уд}}$	T_a , с	I_k , кА	$i_{\text{уд}}$, кА
К1	8,8	1,490	0,0140	26,2	55,3
К2	13,4	1,139	0,0051	17,2	27,7
К3	15,5	1,095	0,0043	14,9	23,2

5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

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

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

Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности сведены в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности

Узел нагрузки	ТП2	ПР3	Кран-балка №30
Расчетный ток I_M , А	1519,3	328,4	–
Пиковый ток $I_{пик}$, А	2188,5	997,6	–
Номинальный ток $I_{ном}$, А	–	–	136,6
Пусковой ток $I_{пуск}$, А	–	–	682,9
Ток КЗ I_K , А	26243,2	17179,2	14946,4
Тип аппарата	ВА74 – 45	ВА52 – 39	ВА57 – 35
Условия срабатывания по току			
– при перегрузке $I_{ном,расц}$, А	2000	400	160,0
– при КЗ $I_{КЗ}$, А	8000,0	4000,0	1280,0
Условия срабатывания по времени, с	0,1	0,02	0

Карта селективности представлена на рисунке 5.5.

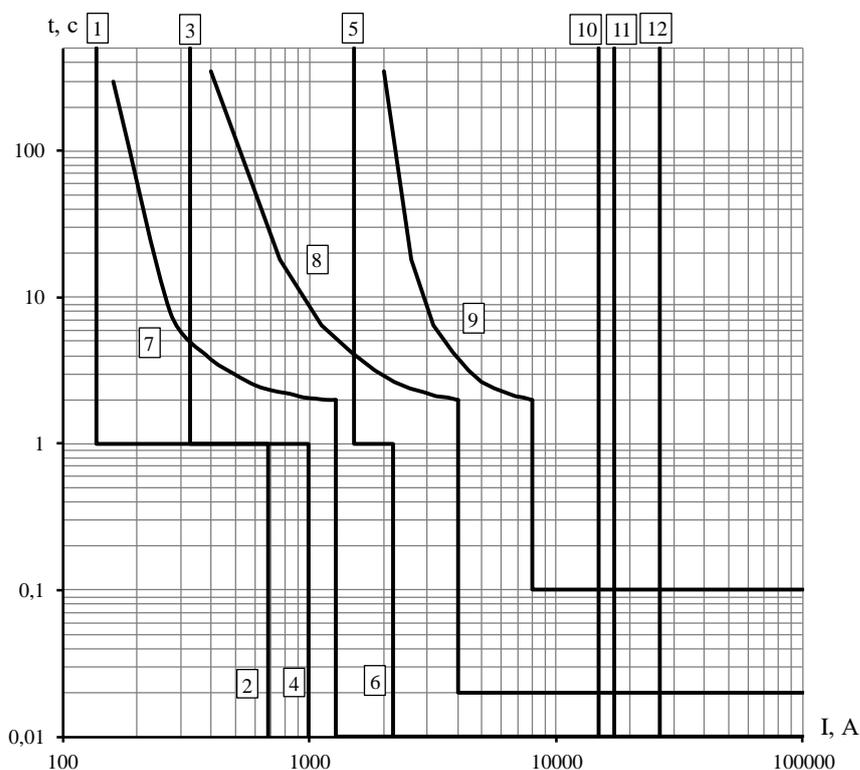


Рисунок 5.5 – Карта селективности действия аппаратов защиты

1 – номинальный ток электроприемника; 2 – пусковой ток электроприемника; 3 – расчетный ток ПР; 4 – пиковый ток ПР; 5 – расчетный ток ТП; 6 – пиковый ток ТП; 7 – автомат электроприемника; 8 – автомат ПР; 9 – автомат ТП; 10 – КЗ в точке К3; 11 – КЗ в точке К2; 12 – КЗ в точке К1.

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Устройства защиты и автоматики должны выполнять определенные функции. Для релейной защиты такими функциями являются ее срабатывания при повреждении защищаемого элемента и несрабатывания при КЗ за пределами этого элемента. С целью ограничения отказов функционирования защите придаются определенные свойства. Основные из них – селективность, устойчивость и надежность функционирования.

Основные условия надежной работы релейной защиты:

- обеспечение селективности, т.е. отключение только поврежденных участков. Время срабатывания защиты характеризуется выдержкой времени, обеспечивающей селективность;
- чувствительность ко всем видам повреждений на защищаемой линии и на линиях, питаемых от нее, а также к изменению, в связи с этим параметров, что оценивается коэффициентом чувствительности;
- максимальная простота схем с наименьшим числом аппаратов и достаточная надежность, и быстродействие;
- наличие сигнализации о неисправностях в цепях, питающих аппараты релейной защиты.

Релейная защита выполняется на реле различных типов. Реле, применяемые в релейной защите, классифицируются по следующим признакам:

- по способу воздействия на отключение – прямого и косвенного действия;
- по принципу действия – электромагнитные, электродинамические, тепловые, электронные и другие;
- по параметру действия – ток, напряжение, мощность, тепловые и другие.

6.1 Защиты трансформатора

Устройства релейной защиты для силовых трансформаторов предусматривают защиту от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- многофазных замыканий в обмотках и на выводах;
- однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;
- витковых замыканий в обмотках, токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ и перегрузкой, понижения уровня масла.

Виды защит трансформатора определяются его мощностью, назначением, режимом работы, местом установки, схемой включения.

6.2 Токовые защиты трансформатора от коротких замыканий

Для защиты трансформатора небольшой и средней мощности от коротких замыканий в его обмотках на выводах и в соединениях используют токовую отсечку без выдержки времени и токовую защиту со ступенчатой характеристикой выдержки времени. Защита устанавливается со стороны источника питания непосредственно у выключателя. При этом в зону действия защиты входят трансформатор и его соединения с выключателем. Срабатывая, защита действует на отключение выключателей.

Недостатком отсечки без выдержки времени является неполная защита трансформатора. В её зону действия входит только часть обмотки. Защита не реагирует на замыкания на выводах и в соединениях с выключателем со стороны низшего напряжения.

Для устранения этого недостатка токовую отсечку без выдержки времени дополняют максимальной токовой защитой, которая является вместе с тем защитой трансформатора от сверхтоков внешних коротких замыканий. При установке на трансформаторе защита действует на отключение выключателя со стороны высшего напряжения. Для повышения

чувствительности к повреждениям внутри бака защита со ступенчатой характеристикой дополняется газовой защитой.

Примеры схем защит приведены на рисунке 6.1.

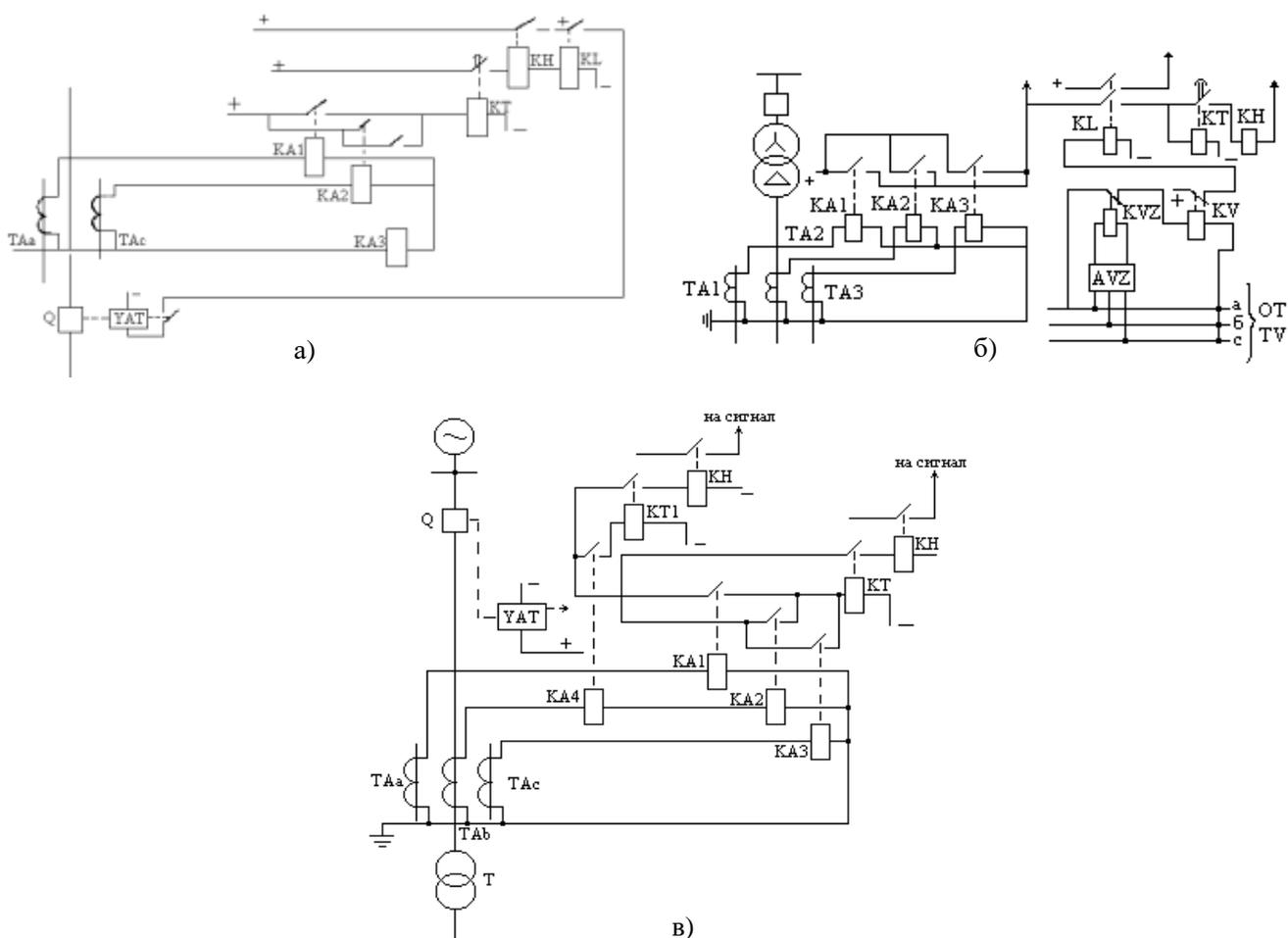


Рисунок 6.1 – Примеры схем защит энергетических объектов:

- а) МТЗ линии; б) МТЗ от внешних КЗ с комбинированным пусковым органом напряжения; в) МТЗ трансформатора от внешних КЗ и защита от перегрузок.

6.3 Газовая защита

Баки трансформаторов заполняются маслом. Ток короткого замыкания, проходящий через место установки токовой защиты при повреждении внутри бака трансформатора, определяется числом замкнувшихся витков и поэтому может оказаться недостаточным для ее действия. Однако витковые замыкания представляют опасность для трансформатора и должны отключаться.

Опасным внутренним повреждением является «пожар стали» магнитопровода, который возникает при нарушении изоляции между листами магнитопровода. Токовая и дифференциальная защиты на этот вид повреждения не реагируют. В этом случае применяют газовую защиту, фиксирующую появление в баке трансформатора газа. Образование газа является следствием разложения масла и других изолирующих материалов под действием электрической дуги или недопустимого нагрева.

Основным элементом газовой защиты является газовое реле (рисунок 6.2) Корпус газового реле врезается в маслопровод между крышкой бака и расширителем, так чтобы не препятствовать циркуляции масла между ними. Элементы выполнены в виде плоскодонных алюминиевых чашек, вращающихся вместе с подвижными контактами 4 вокруг осей 3. Эти контакты замыкаются с неподвижными контактами 5 при опускании чашек.

В нормальном режиме при наличии масла в кожухе реле чашки удерживаются пружинами 6 в положении, указанном на рисунке. Система отрегулирована так, что масса чашки с маслом является достаточной для преодоления силы пружины при отсутствии масла в кожухе реле. Поэтому понижение уровня масла сопровождается опусканием чашек и замыканием соответствующих контактов. Сначала опускается верхняя чашка и реле действует на сигнал. При интенсивном газообразовании возникает сильный поток масла и газов из бака в расширитель через газовое реле. На пути потока находится лопасть 7, действующая вместе с нижней чашкой на общий контакт. Лопасть поворачивается и замыкает контакт в цепи отключения трансформатора.

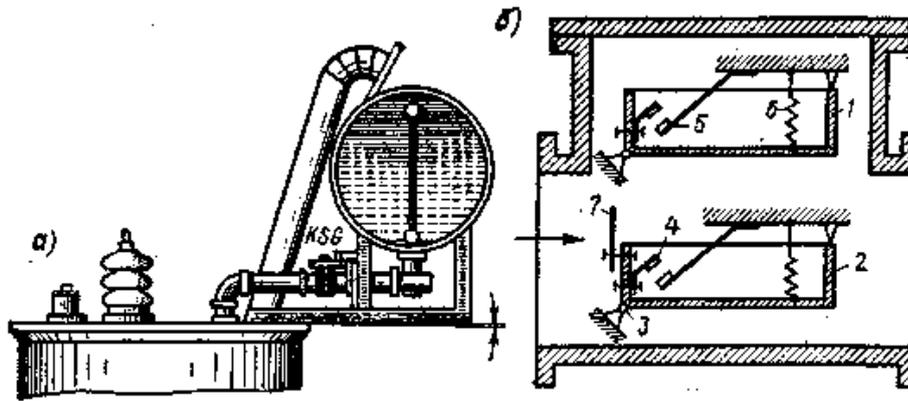


Рисунок 6.2 – Газовое реле защиты трансформатора

Достоинства газовой защиты: высокая чувствительность и реагирование практически на все виды повреждения внутри бака; сравнительно небольшое время срабатывания; простота выполнения.

Недостаток защиты – не реагирование на повреждения вне бака, в зоне между трансформатором и выключателями. Также, вследствие несовершенства конструкции современных газовых реле защиту приходится выводить из действия при попадании воздуха в бак трансформатора, что может быть, например, при доливке масла, после ремонта системы охлаждения и др.

6.4 Дифференциальные токовые защиты трансформаторов

Дифференциальные токовые защиты трансформаторов выполняются в виде: дифференциальной токовой отсечки; дифференциальной защиты с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока; дифференциальной токовой защиты с реле, имеющими торможение.

Дифференциальная токовая отсечка выполняется посредством максимальных реле тока КА1 и КА2, например РТ – 40 или РТМ, включаемых непосредственно в дифференциальную цепь схемы без каких-либо промежуточных устройств.

Достоинства – быстродействие и простота. Однако из-за большого тока срабатывания токовая отсечка иногда недостаточна чувствительна, поэтому она применяется на трансформаторах небольшой мощности.

Для выполнения дифференциальной токовой защиты с насыщающимися трансформаторами используются реле с НТТ типа РНТ – 565. Реле РНТ – 565 применяется при низкой чувствительности токовой отсечки или если требуются дополнительные устройства для выравнивания токов в схеме с реле косвенного действия. Благодаря НТТ защита отстраивается от бросков тока намагничивания. Если чувствительность защиты с реле типа РНТ недостаточна, то дифференциальная защита выполняется посредством реле с торможением.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г5Б1	Регнеру Сергею Игоревичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; Анализ по технологии QuaD; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - Организация работ НИ; - определение структуры работ в рамках НИ; - определение трудоемкости выполнения работ; - разработка диаграммы Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - расчет материальных затрат; - расчет заработной платы; - отчисления во внебюджетные фонды; - расчет накладных расходов; - формирование сметы затрат НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Анализ QuaD
3. Матрица SWOT
4. Диаграмма Гантта
5. Основные показатели эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	К.Э.Н.		20.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г5Б1	Регнер Сергей Игоревич		20.03.2020

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы является разработка схемы электроснабжения ремонтно-механических мастерских инструментального завода.

Целью раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является обоснование целесообразности проектирования и создания технологического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования схемы электроснабжения ремонтно-механического цеха инструментального завода.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- произвести анализ конкурентных технических решений;
- выполнить анализ по технологии QuaD (QUalityADvisor);
- произвести оценку технологического проекта при помощи SWOT-анализа;
- рассчитать затраты на проведение проектной работы;
- выполнить планирование проектно-конструкторских работ;
- Определить ресурсосберегающую эффективность проекта.

7.1 Анализ конкурентных технических решений

Развернутый анализ конкурентных альтернатив, имеющихся на рынке, необходимо проводить регулярно, так как условия на рынке изменчивы с течением времени. Как правило, анализ производят, прибегая к оценочной карте.

Оценочная карта делается для возможных альтернатив схем электроснабжения:

- 1) магистральной; 2) радиальной; 3) смешанной сети.

Таблица 7.1 — Оценочная карта для сравнения технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		№1	№2	№3	K_{k1}	K_{k2}	K_{k3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,3	5	3	4	1,5	0,9	1,2
2. Экономия электроэнергии	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
3. Лёгкость монтажа	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
4. Безопасность	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,2	3	3	4	0,6	0,6	0,8
2. Минимальные затраты при монтаже схемы	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
3. Простота монтажа	0,05	5	4	2	0,25	0,2	0,1
4. Долговечность оборудования	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
Итого	1	35	29	28	4,35	3,35	3,75

Любая позиция измеряется по каждому признаку по пятибалльной шкале, где 1 - наиболее низкая точка зрения, а 5 -наиболее мощная. Вес абсолютно всех характеристик в сумме 1.

Анализ альтернатив:

$$K = \sum B_i \cdot B_i ,$$

где K - конкурентоспособность разработки;

B_i - вес показателя;

B_i - балл i -го показателя.

Пример для 1варианта:

$$K_{k1}=0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 = 4,35.$$

По расчетным данным видно, что наиболее привлекательный вариант №1 – магистральная схема.

7.2 Анализ по технологии QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) дает возможность определять свойства, описывающих качество и перспективность исследования на рынке, и дают возможность решать задачу рационального вложения инвестиций в проектируемый труд.

Согласно технологии QuaD каждый коэффициент измеряется по столбальной шкале, где 1 - наиболее низкая точка зрения, а 100 -наиболее мощная. Вес абсолютно всех характеристик в сумме равен 1.

Таблица 7.2 - Магистральная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	60	100	0,6	0,09
2. Надёжность	0,2	100	100	1	0,2
3. Унифицированность	0,05	100	100	1	0,05
4. Простота монтажа	0,05	60	100	0,6	0,03
5. Безопасность	0,2	100	100	1	0,2
6. Расход материалов	0,05	30	100	0,3	0,015
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	85	100	0,85	0,085
8. Перспективность	0,1	85	100	0,85	0,085
9. Цена	0,1	60	100	0,6	0,06
Итого	1	680	-	6,8	0,815

Таблица 7.3 - Радиальная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	90	100	0,9	0,135
2. Надёжность	0,2	60	100	0,6	0,12
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	100	100	1	0,05
5. Безопасность	0,2	80	100	0,8	0,16
6. Расход материалов	0,05	90	100	0,9	0,045
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	80	100	0,8	0,08
8. Перспективность	0,1	85	100	0,85	0,085
9. Цена	0,1	80	100	0,8	0,08
Итого	1	735	-	7,35	0,79

Таблица 7.4 - Смешанная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	80	100	0,8	0,12
2. Надёжность	0,2	70	100	0,7	0,14
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	50	100	0,5	0,025
5. Безопасность	0,2	90	100	0,9	0,18
6. Расход материалов	0,05	50	100	0,5	0,025
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	70	100	0,7	0,07
8. Перспективность	0,1	70	100	0,7	0,049
9. Цена	0,1	50	100	0,5	0,05
Итого	1	600	-	6	0,694

По технологии QuaD качество и перспективность проектируемого варианта:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где P_{cp} -средневзвешенное значение;

B_i -вес показателя;

B_i -средневзвешенное значение i -го показателя.

Численное значение P_{cp} демонстрирует качество и перспективность альтернативы. Если $80 < P_{cp} < 100$ -альтернатива перспективна; $60 < P_{cp} < 79$ -альтернатива выше среднего; $40 < P_{cp} < 59$ -перспективность альтернативы средняя; $20 < P_{cp} < 39$ -перспективность альтернативы ниже среднего; $P_{cp} < 19$ -то перспективность альтернативы очень низкая.

Следовательно, $P_{cp} = 0,815 - 100 \% = 81,5\%$, это показывает перспективность разработки в данном направлении.

7.3 SWOT-анализ работы монтажно-механических мастерских инструментального завода

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Он представляет собой комплексное исследование технического проекта.[7] SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения: С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта; В – возможности; У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 9.5.

Таблица 7.5 - Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Высокая энергоэффективность и энергосбережение технологии С2. Экологичность технологии С3. Повышение безопасности производства С4. Снижение затрат на содержание и обслуживание	Слабые стороны проекта: Сл1. Высокая цена на оборудование и комплектующие Сл2. Отсутствие квалифицированного персонала Сл3. Большой срок поставки оборудования и комплектующих
Возможности: В1. Автоматизация технологического процесса В2. Энерго и ресурсоэффективность В3. Сокращение рабочих площадей В4. Повышение износостойкости деталей электрооборудования ремонтно-механического цеха	В1 С1С2С3С4 В2 С1С3С4 В3 С2С3С4 В4 С1С2С4	В1 Сл1Сл2Сл3 В2 Сл1Сл3 В4 Сл1Сл3
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на технологию производства У2. Развитая конкуренция технологии производства У3. Введение дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции У4. Риск несвоевременной поставки оборудования	У1 С4 У2 С4	У1 Сл3 У2 Сл3 У3 Сл2 У4 Сл3

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

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

«+» - сильное соответствие;

«-» - слабое соответствие.

Анализ интерактивных таблиц приведен в таблицах 9.6 и 9.7.

Таблица 7.6 - Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта			
	С1	С2	С3	С4
В1	+	+	+	+
В2	+	-	+	+
В3	-	+	+	+
В4	+	+	-	+
Возможности	Слабые стороны проекта			
	Сл1	Сл2	Сл3	-
В1	+	+	+	
В2	+	-	+	
В3	-	+	-	
В4	+	-	+	

Таблица 9.7 - Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта			
	С1	С2	С3	С4
У1	-	-	-	+
У2	-	-	-	+
У3	-	-	-	-
У4	-	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта			
	Сл1	Сл2	Сл3	-
У1	-	-	+	
У2	-	-	+	
У3	-	+	-	
У4	-	-	+	

В результате проведения SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны технического проекта. Вследствие автоматизации технологического процесса повышается безопасность производства. Как слабую сторону проекта, можно отметить рост конкуренции, появление схожих технологий.

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 8.2 и 8.3, показывает соответствие сильных сторон с возможностями, нежели с угрозами. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

7.4 Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение диаграммы Ганта проведения проектирования системы электроснабжения монтажно-механических мастерских инструментального завода.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 9.8.

Таблица 7.8 - Перечень этапов работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Исполнитель
Составление технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления технического проектирования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	3	Определение расчётной нагрузки ремонтно-механического цеха	Инженер
	4	Выбор защитных аппаратов и сечений линий	Инженер
	5	Построение эпюры отклонения напряжений	Инженер
	6	Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000В	Руководитель, инженер
	7	Построение карты селективности действия аппаратов защиты	Руководитель, инженер
Оформление отчета по техническому проектированию и защита ВКР	8	Проверка цеховых сетей 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	Руководитель, инженер
	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Проверка и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер

7.5 Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и инженер. Составлен перечень

этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 8.4.:

№1 – Составление и утверждение технического задания - выбор направления исследований научным руководителем и составление плана работ;

№2 – Подбор и изучение материалов по теме - ознакомление с предметом работы, изучение первичных источников информации об объекте исследования;

№3 – Определение расчётной нагрузки ремонтно-механического мастерских-расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№4 – Выбор защитных аппаратов и сечений линий - выбор автоматических выключателей для защиты от токов КЗ и перегрузки, выбор сечений питающей линии из учёта длительно допустимой токовой нагрузки;

№5 – Построение эпюры отклонения напряжений - построение эпюры в соответствии с ГОСТом для силовых сетей промышленных предприятий, где указано допустимое превышение от номинального значения;

№6 – Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000В - построение расчётной схемы и схемы замещения для расчёта токов КЗ;

№7 – Построение карты селективности действия аппаратов защиты- построение карты в логарифмической системе координат для проверки правильности выбора аппаратов защиты;

№8 – Проверка цеховых сетей 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ – составление расчётной схемы для расчёта токов КЗ.

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

№10 – Проверка и защита выпускной квалификационной работы - окончательная проверка руководителем, устранение недочетов инженером,

подготовка презентации, размещение пояснительной записки в электронно-библиотечной системе ТПУ, защита выпускной квалификационной работы.

7.6 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения технического проектирования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула[7]:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

Результаты продолжительности выполнения работ приведены в таблице 7.9.

Таблица 7.9 - Расчет продолжительности работ, чел. - дни

№ работы	Содержание работ	Исполнитель	Минимально возможная трудоемкость	Максимально возможная трудоемкость	Ожидаемая трудоемкость
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	8	10	9
3	Определение расчётной нагрузки ремонтно-механического цеха	Инженер	10	12	11
4	Выбор защитных аппаратов и сечений линий	Инженер	8	10	9
5	Построение эпюры отклонения напряжений	Инженер	8	10	9
6	Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000В	Руководитель	1	1	1
		Инженер	11	13	12
7	Построение карты селективности действия аппаратов защиты	Руководитель	1	1	1
		Инженер	12	14	13
8	Проверка цеховых сетей 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	Руководитель	1	1	1
		Инженер	11	13	12
9	Составление пояснительной записки	Инженер	8	12	10
10	Проверка и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель	1	3	2
		Инженер	4	6	5

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 11 декад, начиная с третьей декады февраля, заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составит 96 день. Из них:

90 дней – продолжительность выполнения работ инженера;

6 дней – продолжительность выполнения работ руководителя;

Таблица 7.10 – Диаграмма Гантта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{пр} раб. дн	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.	Март			Апрель			Май			Июнь		
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Р	1	-												
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	9	—												
3	Определение расчётной нагрузки ремонтно-механического цеха	И	11		—											
4	Выбор защитных аппаратов и сечений линий	И	9			—										
5	Построение эпюры отклонения напряжений	И	9				—									
6	Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000В	И	12					—								
		Р	1						-							
7	Построение карты селективности действия аппаратов защиты	И	13							—						
		Р	1								-					
8	Проверка цеховых сетей 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	И	12									—				
		Р	1										-			
9	Составление пояснительной записки	И	10												—	
10	Проверка и защита выпускной квалификационной работы	И	5												—	
		Р	2												-	-

7.7 Составление сметы технического проекта

При планировании сметы технического проекта (ТП) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования сметы ТП используется группировка затрат по следующим статьям:

- затраты на канцелярские принадлежности, флэш-карту, услуги типографии;
- полная заработная плата исполнителей ТП;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Материальные затраты на комплектующие, провода, шлейфы и т.д. не рассчитываются, так как они укомплектованы вместе с оборудованием.

7.7.1 Расчет материальных затрат

В материальные затраты включаются затраты на канцелярские принадлежности, информационные носители (флэш-карты), картриджи и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (2)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

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

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

Значения цен на материальные ресурсы установлены по данным, размещенным на сайте канцелярского магазина ТД «Канцелярский мир».

Привлечение сторонней организации «GRAFEX» для типографических работ.

Таблица 7.11 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	200	1.6	320
Ручка	1	30	30
Брошюровка	1	50	50
Калькулятор	1	220	220
Линейка	1	40	40
Печать листов в типографии	200	1.7	340
Итого			1000

7.7.2 Полная заработная плата исполнителей

В этом разделе рассчитывается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Полная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (3)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата исполнителей рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (4)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_{\text{д}}}, \quad (5)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{\text{р.к.}}$ – доплата с учетом районного коэффициента (30 %), руб.;

$F_{\text{д}}$ – количество рабочих дней в месяце (26 при 6 – дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 7.12.

Таблица 7.12- Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	Месячный основной оклад работника руб.	Средняя заработная плата работника руб.	Продолжитель ность работ, выполняемых работником раб. дн.	Основная заработная плата одного работника руб.
Руководитель	35120	45656	1756	12	21072
Инженер	12300	15990	615	103	63300

Оклад руководителя и инженера указан в положении об оплате труда.[8]

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (6)$$

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной. Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 9.13.

Таблица 7.13 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	0,15	21072	3161	24233
Инженер	0,12	63300	7600	70900
Итого		84372	10761	95133

7.7.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (7)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные страховые фонды составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0.302 \cdot (84372 + 10761) = 28730 \text{ руб.}$$

7.7.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

$$Z_{\text{накл}} = (\text{затраты на тех.проект}) \cdot k_{\text{нр}},$$

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16% от итоговых затрат на технический проект.

7.7.5 Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции [8].

Определение затрат на технический проект приведен в таблице 9.14.

Таблица 9.14 – Смета затрат технического проекта.

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
1. Материальные затраты ТП ($Z_{\text{м}}$)	1,0	0,8
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей темы ($Z_{\text{полн}}$)	95,1	64,0
3. Отчисления во внебюджетные фонды ($Z_{\text{внеб}}$)	28,7	19,2
4. Накладные расходы ($Z_{\text{нр}}$)	20	16,0
Итого	144,8	100

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 90 раб. дней для инженера

и 6 для руководителя. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 144.8тыс. руб, из которых более половины (64 %) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

9.8 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности[8]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (8)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент разработки;

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

Для оценки ресурсоэффективности проекта были подобраны критерии эффективности такие как:

-повышение производительности труда работников цеха осуществляется путем обновления единиц электрооборудования;

- удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)

- возможность диспетчеризации позволяет сократить количество осмотров системы за период эксплуатации;

- надежность – сокращение поломок электрооборудования и аварийных ситуаций путём своевременного проведения технического осмотра и текущего ремонта;

- уровень шума – использованиеработниками беруш и специальных наушников;

- безопасность – избежание случаев поражения человека электрическим током, путём оснащения цеха основными и дополнительными средствами защиты для работы с электроустановками до 1000В.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 7.15.

Таблица 7.15 – Сравнительная оценка характеристик проекта.

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Повышение производительности труда пользователя	0,20	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5
3. Энергоэкономичность	0,20	5
4. Надежность	0,20	5
5. Уровень шума	0,10	4
6. Безопасность	0,15	5
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 4 \cdot 0.2 + 5 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.2 + 5 \cdot 0.2 + 4 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.15 = 4.7;$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале) 4.7, что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе выпускной квалификационной работы были рассмотрены, раскрыты и рассчитаны следующие вопросы:

1. В результате проведения SWOT-анализа были выявлены как сильные, так и слабые стороны технического проекта. В итоге следует, что данный технический проект имеет такое преимущество, как высокая безопасность производства, которое обеспечит повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства;

2. При планировании технических работ была составлена ленточная диаграмма Ганта. Данная диаграмма позволяет оптимально спланировать время работы исполнителей проекта (руководителя и инженера).

3. В результате формирования сметы, была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 90 раб. дней для инженера и 6 для руководителя. Составлен календарный график выполнения работ. Смета

затрат на разработку технического проекта составляет 144,8 тыс. руб, из которых более половины (64 %) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

4. Оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала довольно высокий результат (4.7 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г5Б1	Регнер Сергей Игоревич

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Электроснабжение ремонтно- механического цеха инструментального завода

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</p>	<p><i>Объектом исследования является:</i> Система электроснабжения ремонтно-механических мастерских инструментального завода</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Разработка организационных мероприятий при компоновке рабочей зоне (в соответствии органическими требованиями). Правила внутреннего трудового распорядка предприятия.</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<p>Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Недостаточная освещенность; – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Повышенный уровень вибрации; – Отклонение параметров микроклимата на рабочем месте; - Повышенный уровень электромагнитных излучений. – Механические травмы или движущиеся части машин и механизмов; – Поражения электрическим током.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Анализ воздействия объекта на литосферу: образование отходов, связанных с заменой комплектующих; загрязнение трансформаторным маслом при авариях с маслонаполненным оборудованием на подстанциях, золоотвалы.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Наиболее типичная ЧС для рассматриваемого цеха – пожар. Разработка мероприятий по предупреждению и действию во время ЧС (в т.ч. по необходимому оснащению (первичные средства пожаротушения пожарная сигнализация, система автоматического пожаротушения),</p>

	инструкции по пожарной безопасности для работников, план эвакуации работников при пожаре).
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 5Г5Б1	Регнер Сергей Игоревич		

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. В нашей стране государство направляет средства на проведение мероприятий по охране здоровья трудящихся и в частности на обеспечение техники безопасности и производственной санитарии. Мероприятия, связанные с созданием безопасных условий труда осуществляются в плановом порядке.

В данном разделе рассмотрены следующие вопросы охраны труда: проанализированы условия труда с точки зрения наличия возможности появления вредных факторов и их воздействие на работающих, рассмотрены мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, а также мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте электромонтера.

В данной работе рассмотрено электроснабжение ремонтно-механических мастерских инструментального завода. В данном цехе оборудование, которое создает множество опасных и вредных факторов. Необходимо строго соблюдать технику безопасности и применять различные меры для обеспечения безопасности рабочего персонала.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Под вредными условиями труда следует понимать присутствие на производстве таких факторов, которые наносят ущерб здоровью работников. То есть на рабочих местах не соблюдены определенные гигиенические требования, что может оказывать отрицательное воздействие на дееспособность служащих, а также на здоровье их возможных детей.

Работникам предприятия приходится часто выполнять различные операции, сопряженные с прямым риском здоровью (вредные условия труда). Такие сферы деятельности и специальности, связанные с вредными условиями труда,

указываются в Постановлении Правительства РФ от 29.03.2002 г. № 188 «Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки»[1], Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «Об специальной оценке условий труда»[2].

Люди, работающие на вредных производствах, обеспечиваются льготами и компенсациями, Трудовой кодекс РФ, ст. 165 «Случаи предоставления гарантий и компенсаций» [3].

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливаются на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия.

Ежегодно на социальные программы предприятие выделяет средства. Сюда входит:

- Организация санаторно-курортного лечения, оздоровление работников и их детей;
- Оказание медицинских услуг;
- Развитие корпоративного спорта и культурно-массовой деятельности;
- Материальное поощрение работников к юбилеям и знаменательным датам;
- материальная помощь работникам, нуждающимся в дополнительной социальной поддержке;
- единовременные компенсационные выплаты увольняющимся работникам в связи с выходом на пенсию;
- пенсионные социальные программы, предусматривающие досрочное оформление пенсии работникам;
- выплаты ежеквартальной материальной помощи для частичного покрытия расходов по квартплате, коммунальным услугам, приобретению угля на зимний период, а также единовременной материальной помощи на оплату

медикаментов и т.д.

Сотрудники предприятия имеют ряд социальных гарантий, а также спектр финансовых льгот, таких как социальное страхование, кредитование, материнские выплаты. Предусмотрено бесплатное обучение в ВУЗах, регулярное повышение квалификации.

К организационным мероприятиям, обеспечивающим, безопасность работ электромонтера согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

- инструктаж;
- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончание работы.

8.2 Производственная безопасность

8.2.1 Анализ опасных и вредных факторов

При выполнении своих профессиональных обязанностей персонал цеха может столкнуться со следующими опасными производственными факторами (таблица 8.1):

Таблица 8.1 - Опасные и вредные факторы производственной среды.

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Станки, силовые трансформаторы ремонтно-		Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82

механических мастерских инструментального завода		Механические травмы или движущиеся части машин и механизмов	ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00
	Превышение уровня вибрации		СН 2.2.4/2.1.8.566-96; ГОСТ 12.1.012 – 2004
	Превышение уровня шума		СН 2.2.4/2.1.8.562-96
	Повышенный уровень электромагнитных излучений		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
	Отклонение параметров микроклимата		СанПиН 2.2.4.548-96
	Недостаточная освещенность		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

8.2.2 Поражение электрическим током

Техника безопасности – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Электробезопасность:

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц [4], Правила устройства электроустановок и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» (вступил в силу 4 августа 2014 года) [5].

В отношении опасности поражения электрическим током рассматриваемый цех относится к помещению с повышенной опасностью, так как в цехе расположена трансформаторная подстанция. В цехе отсутствует токопроводящая пыль и влажность, но есть возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющего соединение с землей, технологическим аппаратам и механизмам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

1. Для работы с электроустановками выше 1000 В применяются:

а) Основные защитные средства:

– изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, устройства и приспособления для ремонтных работ;

– изолирующие устройства и приспособления для работ на ВЛ с непосредственным прикосновением электромонтера к токоведущим частям (изолирующие лестницы, площадки, изолирующие тяги, канаты, корзины телескопических вышек, кабины для работы у провода и др.).

б) Дополнительные защитные средства:

– диэлектрические перчатки;

– диэлектрические боты;

– диэлектрические ковры;

– индивидуальные экранирующие комплекты;

– изолирующие подставки и накладки;

– диэлектрические колпаки;

– переносные заземления;

– оградительные устройства;

– плакаты и знаки безопасности.

2. Для работы с электроустановками ниже 1000 В применяются

а) Основные защитные средства:

– изолирующие и электроизмерительные клещи;

– указатели напряжения;

– диэлектрические перчатки;

б) Дополнительные защитные средства:

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

На подстанция имеется комплект предупредительных плакатов.

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

1. Должностная инструкция дежурного данного района обслуживания.
2. Инструкция по производству оперативных переключений на подстанции данного района.
3. Инструкция действий оперативного персонала в случае аварии.
4. Инструкция по отысканию однофазных замыканий на землю в данном районе подстанций.
5. Инструкция дежурного персонала по технике безопасности.
6. Оперативный журнал.
7. Журнал производства работ.
8. Журнал телефонограмм.
9. Журнал закороток.

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

Основными мерами защиты на объекте от поражения током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения;
- электрическое разделение сети;
- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции,

выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и д.р.;

- применение специальных защитных средств переносных приборов и приспособлений;

- организация безопасной эксплуатации электроустановок;

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

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

- отключение электроустановки и электрическая изоляция токоведущих частей;

- ограждение и вывешивание запрещающих, указательных, предупреждающих и предписывающих плакатов;

- сигнализация и блокировка;

- использование малых напряжений;

- электрическое разделение сети;

- зануление;

- выравнивание потенциалов;

- защитное отключение;

- средства индивидуальной защиты и защитные средства: штанги изолирующие, диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие подставки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками, переносные заземления, предупредительные плакаты, предохранительные пояса.

8.2.3. Механические травмы или движущиеся части машин и механизмов:

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00 [6].

В рассматриваемом цехе большая доля вероятности получить механическую травму, так как используется большое количество оборудования. При необходимости принимаются меры для уменьшения вероятности травмирования персонала - предупредительные плакаты, ограждения, сигнализация.

8.2.4. Отклонение параметров микроклимата:

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

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [7] и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [8].

Таблица 8.2 – Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин $t_{\text{опт}}$	Диапазон выше оптимальных величин $t_{\text{опт}}$			Если $t^{\circ} < t^{\circ}_{\text{опт}}$	Если $t^{\circ} > t^{\circ}_{\text{опт}}$
Холодный	Па	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 - 75	0,1	0,3
Теплый	Па	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0	15 - 75	0,1	0,4

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период восьми часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Таблица 8.3 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па	19,0-21,0	18,0 - 22,0	60 - 40	0,2
Теплый	Па	20,0-22,0	19,0 - 23,0	60 - 40	0,2

Для рассматриваемого объекта установлены оптимальные величины показателей микроклимата. Для холодного периода года используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

8.2.5. Превышение уровня вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [9], Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566 – 96

«Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [10].

Таблица 8.4 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					
	2	4	8	16	32,5	63
Технологическая	108	99	93	92	92	92

Вибрацию в рассматриваемом цехе можно наблюдать при работе большинства оборудования. Для снижения уровня вибрации производится тщательное наблюдение за узлами оборудования, и, в случае необходимости, настройка оборудования и замена изношенных частей установок.

8.2.6. Превышение уровня шума

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

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [11]. Поэтому для рабочих мест цеха допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБ, а допустимый эквивалентный уровень звука 85 дБА. При данном производственном процессе уровень шумов не выходит за нормативы.

Основным источником шума на подстанции является гудение трансформатора. Шум, создаваемый трансформатором, не выходит за пределы норм. Никакие дополнительные средства защиты не предусмотрены.

Шум в рассматриваемом цехе может возникать только при использовании некоторых видов оборудования, поэтому применяются индивидуальные средства защиты от шума, а так же звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными конструкциями и укрытия в кожухи источников шума. В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют

специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

8.2.7. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 "Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах" [12].

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики.

В рассматриваемом цехе некоторое технологическое оборудование способно создавать напряженность электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м, при этом применяется рациональное размещение оборудования, излучающее электромагнитную энергию, а рабочие места персонала удалены от источников электромагнитных полей.

8.2.8. Недостаточная освещенность

Искусственное освещение в производственных помещениях должно удовлетворять нормам, предусмотренным СП.52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [13]. Для безопасного продолжения работы, или выхода людей из помещений при внезапном отключении должно быть предусмотрено аварийное освещение. Длительное снижение напряжения у наиболее удаленной лампы не должно быть более 5%. Питание аварийного освещения должно быть надежным и от независимого источника. Для аварийного освещения должны применяться светильники, отличающиеся от светильников рабочего освещения типом или размером, или на них должны быть нанесены специальные знаки.

На объекте предусмотрено четыре системы освещения: общее, аварийное, эвакуационное и ремонтное. При этом аварийное освещение представляет около 10% от общего освещения.

Вдоль всех главных коридоров, лестничным клеткам и над пожарным краном, предусмотрены эвакуационные светильники показывающие выход. Данные светильники оборудованы аккумуляторными батареями и приборами автоматики,

так что при исчезновении напряжения в сети, автоматически включаются с помощью собственного источника питания.

Ремонтное освещение предусматривается в технических помещениях, и осуществлено переносными светильниками напряжением питания 36 В. Светильники подключаются с помощью штепсельной розетки, которая размещена в отдельном корпусе вместе с трансформатором 220/36В.

8.3 Экологическая безопасность

Влияние электрических сетей на окружающую среду определяется воздействием электрического поля, использованием земельных ресурсов, нарушением природных ландшафтов.

Для исключения влияния на окружающую среду возможных разливах трансформаторного масла при авариях с маслonaполненным оборудованием, на подстанциях предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники, в которые также могут поступать воды из маслоприемников содержащие следы масла.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-76 (Основные положения) [14], ГОСТ 17.2.3.01-86 (Атмосфера)[15] и ГОСТ 17.1.1.03-86 (Гидросфера) [16].

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

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

В самом процессе производства не образуются сточные воды. Сточные воды появляются в результате мойки оборудования и текущей уборки и специальными сливами отводятся в технологическую канализационную сеть. Предварительная

обработка этой воды перед выливанием в общие сети достигается отведением в бассейн для нейтрализации.

Твердые отходы, к которым относятся первичная упаковка сырья, отработавшие фильтры, и т.д. сжигаются в собственных устройствах. Если правила допускают, эти отходы вывозятся на объекты размещения отходов. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, можно сортировать и отправлять на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

В процессе деятельности цеха предприятия образуются промышленные отходы. Отходы, которые в дальнейшем могут быть использованы в производстве собираются, складываются и по мере их накопления отправляются на переработку. Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию передаются специализированным организациям для дальнейшей утилизации и размещения на объектах размещения отходов.

Примеры отходов, связанных с эксплуатации подстанции, наименование отходов из приказа Росприроднадзора от 22.05.2017 №242 (таблица 8.5) [17].

Таблица 8.5 – Примеры отходов, связанные с эксплуатацией подстанций с кодами

Код	Наименование
4 82 305 11 52 3	кабель медно-жильный, утративший потребительские свойства
6 91 320 00 00 0	Отходы при маслonaполненного электрооборудования электрических станций, сетей
6 91 328 11 39 3	отходы зачистки маслоприемных устройств маслonaполненного электрооборудования

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

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

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия – явления природы, возникающие внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, гибели людей и уничтожению материальных ценностей. К стихийным бедствиям обычно относят землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы и др.

Большинство из перечисленных чрезвычайных ситуаций могут случиться на рассматриваемом предприятии. Для повышения устойчивости к ним предусмотрены различные меры:

1. Для обеспечения бесперебойной работы в случае ЧС предусмотрено питание от двух источников электроэнергии, удаленных на такое расстояние, чтобы исключить возможность разрушения их в военное время одним ядерным ударом, а в мирное время – стихийным бедствием или аварией, а также имеются резервные источники питания.

2. В целях снижения опасности взрыва применяют вентиляционные установки, автоматическая сигнализация, систематически контролируется температура узлов электрооборудования. На каждом этаже предприятия установлена радиоточка для оповещения людей о пожаре или другой ЧС.

3. От прямых ударов молнии установлена молниезащита. Молниеприемниками служат неизолированные стержневые молниеотводы. В качестве токоотводов используют наружные вертикальные стальные конструкции (пожарные лестницы). По каждому этажу проложены стальные пояса из полосовой стали, к которым присоединяются токоотводы, все металлические конструкции и оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

4. В качестве профилактики от сезонных вспышек вируса гриппа регулярно проводится вакцинация работающих.

5. Для снижения вероятности пожара предусмотрена автоматическая пожарная сигнализация. На случай возникновения пожара предусмотрены первичные средства пожаротушения.

Ликвидация последствий стихийных бедствий организуется, как правило, под руководством специально создаваемых чрезвычайных комиссий. Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на всех объектах формируются службы ГО.

На сводные отряды, помимо спасения людей, возлагаются неотложные аварийно-восстановительные работы, тушение пожаров, обеззараживание участков местности, транспорта, техники.

Важным условием быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на территории предприятия должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике. Для этого на предприятии несколько раз в году производятся теоретическая подготовка и практические тренинги.

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов. Основы противопожарной защиты определяются Федеральным законом от 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [18].

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальника цеха.

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства.

Согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности классифицируются на категории А, Б, В, Г и Д. Рассматриваемый цех относится пожароопасной категории В (в цехе применяются горючие и трудногорючие жидкости, твердые

горючие и трудно горючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Средства пожаротушения подразделяют на первичные, стационарные и передвижные (пожарные автомобили).

В помещении цеха устанавливается пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00 [19]) такие первичные средства пожаротушения, как (из расчета на 800 м² защищаемой площади):

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2 (2 шт.), ОУ-5 (1 шт.);
- пенный огнетушитель (2 шт.);
- ящик с песком;
- асбест;
- ведра;
- лопаты и багор.

Кроме того, в некоторых помещениях цеха используются стационарные установки пожаротушения.

В рассматриваемом цехе возможен пожар Классов В (пожар горючих жидкостей и плавящихся твердых веществ) и Е (пожар, связанный с горением электроустановок).

Для локализации небольших загораний обслуживающий персонал до прибытия передвижных средств пожаротушения должен использовать первичные средства пожаротушения, находящиеся на пожарных щитах.

Первичные средства пожаротушения размещаются вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, в безопасном при пожаре месте, с обеспечением к ним свободного доступа.

В цехе используются пожарные гидранты надземного типа. Гидранты обозначены указательной табличкой. Пожарный рукав и вся необходимая арматура располагается рядом с гидрантом в специальном шкафу.

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

появляются светящиеся табло с указанием аварийных выходов и схем эвакуации людей. Одновременно срабатывает система пожаротушения (порошковые устройства пожаротушения), а устройство связи, передает информацию на пульт централизованного наблюдения.

Выводы по разделу

В данном разделе были рассмотрены вопросы, которые обуславливают социальную ответственность организации и лично перед окружающей средой и природой.

Также были выявлены опасные факторы, влияющие на окружающую среду и человека такие как: поражение электрическим током, механические травмы или движущиеся части машин и механизмов, превышение уровня вибрации, превышение уровня шума, повышенный уровень электромагнитных излучений, отклонение параметров микроклимата, недостаточная освещенность. Каждый фактор соблюдается требованиями к этим факторам подтверждающиеся ГОСТ и СНИП, где предусматривается все ситуации, в которых могут произойти аварии, вредности и вред человеку.

Рассмотрены чрезвычайных ситуаций, которые могут возникать на установках. В результате, были выявлены факторы рабочего места, характеризующие процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой. Описано влияние этих факторов на организм человека. Кроме этого, были рассмотрены средства защиты от вредных и опасных факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы было осуществление электроснабжения всех электроприёмников ремонтно-механических мастерских Инструментального завода и всего предприятия в целом. Первым этапом для достижения цели было определение расчетной электрической нагрузки цеха «методом упорядоченных диаграмм», то есть методом коэффициента спроса и коэффициента максимума и определение расчетной нагрузки предприятия в целом, определяемая, по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

По расчетным нагрузкам цехов была построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия. Со смещением от центра электрических нагрузок в сторону ЛЭП, питающей предприятие, была установлена главная понизительная подстанция предприятия. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора марки ТМН-6300/35. Марка трансформаторов ГПП и напряжение питающих линий было выбрано на основании технико-экономического расчета. На стороне 35 кВ принята схема в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. На стороне 6 кВ принята одинарная секционированная система шин, с устройством АВР, оборудование установлено в закрытом помещении. Электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП 35 кВ.

Далее было определено число и мощность цеховых трансформаторов. Номинальная мощность цеховых трансформаторов принята равной 1000 кВА, расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно десяти. С учетом выбранного числа цеховых трансформаторов был произведен расчет и выбор компенсирующих устройств.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполнена трёхжильными кабелями с алюминиевыми жилами марки АПвВнг, с прокладкой по эстакадам.

Следующим этапом было осуществление электроснабжения цеха. Электроприёмники цеха запитываются от распределительных шкафов четырёхжильными кабелями с алюминиевыми жилами марки АВВГнг-LS, с прокладкой по лоткам. Защита электроприемников и кабельных линий осуществляется автоматическими выключателями марки ВА.

Карта селективности, построенная по результатам выбора аппаратов защиты, показала, что селективность обеспечивается. А эпюра отклонения напряжения, построенная для максимального и минимального режимов, показала, что во всех режимах работы у электроприёмников поддерживается напряжение в допустимых пределах и выбранные сечения пригодны для эксплуатации.

Кроме того, были рассмотрены виды релейной защиты трансформаторов.

В экономической части был произведен расчет сметы расходов на покупку, монтаж и техническое обслуживание электрооборудования, а также смета на разработку проекта.

Произведен анализ опасных и вредных факторов на предприятии, техника безопасности, производственная санитария и пожарная безопасность. Так же был произведен расчет искусственного освещения цеха.

По проводимым в процессе расчётов проверкам, по карте селективности и по эпюрам отклонения напряжения можно сделать вывод, что данная модель электроснабжения цеха и всего предприятия в целом надёжна и пригодна к эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
2. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра, Томск, ТПУ, 2001.
4. Барченко Т.Н., Закиров Р.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту, Томск, ТПИ, 1988.
5. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
6. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
7. Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособ. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978.
8. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособ. – ФОРУМ:ИНФРА-М, 2006.
10. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие /А.В. Кабышев. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006
11. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - 178 с.
12. Копьев В.Н. Релейная защита основного электрооборудования электростанций и подстанций. Вопросы проектирования: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп.– Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. - 107 с.

13. Борисова Л.М., Гершанович Е.А. Экономика энергетики: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006.
14. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
15. Правила устройства электроустановок – 7-е изд. Сибирское университетское издательство, 2011 г.
16. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328 н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»
17. Постановлении Правительства РФ от 29.03.2002 г .№ 188 «Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки». Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901814069>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).
18. Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г .№ 426-ФЗ «Об специальной оценке условий труда». Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).
19. "Трудовой кодекс Российской Федерации" N 197-ФЗ, 30.12.2001 (ред. от 16.12.2019), Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).
20. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).
21. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок”. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499037306>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

22. ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с Изменениями и дополнениями). Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200007226>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

23. ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

24. СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», 1996. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

25. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования, 2004. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200059881>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

26. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы», 1996. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901703281>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

27. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание). Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

28. ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200271>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

29. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95, 2016. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054197>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

30. ГОСТ 17.0.0.01-76 Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения (с Изменениями N 1, 2), 2008. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003894>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).

31. ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов, 2005. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200012789>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 16.04.2020).

32. ГОСТ 17.1.1.03-86 Охрана природы (ССОП). Гидросфера., 1986. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200006391>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 16.04.2020).

33. Приказ Росприроднадзора Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов (с изменениями на 2 ноября 2018 года), 2018. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/542600531>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 16.04.2020).

34. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями на 27 декабря 2018 года), 2018. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902111644>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 16.04.2020).

35. ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00 «Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий», 2000. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <https://sudact.ru/law/rd-153-340-03301-00-vppb-01-02-95-pravila->

pozharnoi-bezopasnosti/pravila/, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 16.04.2020).

36. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением № 1), 2015. Электрон. версия печ. публ. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200224>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.04.2020).