

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

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение СДУ «Чирчикавтодор»

УДК 621.31.031:625.7.8..002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ1	Ибрагимов Назаржон Акрамович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ледовская А.М.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Дементьев Ю.Н.	Ph.D, доцент		

Томск – 2018 г.

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

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:

Зав. отделением

 (Подпись) _____ (Дата) Ю.Н. Дементьев
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5ГЗБ1	Ибрагимов Назаржону Акрамовичу

Тема работы:

Электроснабжение СДУ «Чирчикавтодор»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 856/с от 08.02.2018г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Получены по материалам преддипломной практики</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<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 внутривзаводской 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 электроприемники 13. Построение эпюры отклонения напряжения 14. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В 15. Построение карты селективности действия аппаратов защиты 16. Релейная защита 17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 18. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Генплан предприятия. Распределение электроэнергии 2. Картограмма нагрузок 3. Схема электрическая принципиальная 4. Схема силовой сети инструментального цеха 5. Электроснабжение инструментального цеха. Однолинейная схема 6. Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Ледовская Анна Михайловна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.04.2018г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ2	Ибрагимов Назаржон Акрамович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 129 с., 16 рис., 34 табл., 30 источников, 15 прил.

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

Объектом исследования является электрическая часть СДУ «Чирчикавтодор».

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	8
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	10
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХА	14
2.1 Распределение приёмников по пунктам питания	14
2.2 Определение расчетной нагрузки цеха	14
3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ	17
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия	17
3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок	19
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов	20
3.4 Компенсация реактивной мощности	21
3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения	23
3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП	25
3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП	29
3.8 Техничко-экономическое сравнение вариантов	31
3.9 Схема внутриводской сети выше 1000 В	31
3.10 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	34
4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В	39
4.1 Выбор выключателей и разъединителей	39
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока	40
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения	44
4.4 Учет электрической энергии	45
5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХА	49
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники	49
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения	53
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В	56
5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты	58
5.5 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от	

однофазного КЗ	58
6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА	61
Назначение РЗиА	61
6.2 Защиты трансформатора	62
6.3 Токовые защиты трансформатора от коротких замыканий	62
6.4 Газовая защита	63
6.5 Дифференциальные токовые защиты трансформаторов	64
6.6 Расчет дифференциальной защиты трансформатора ГПП	64
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	69
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	70
7.1 Смета затрат на проектирование	71
7.2 Заработная плата исполнителей проекта	74
7.3 Смета затрат на электрооборудование	75
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	78
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	80
8.1 Производственная безопасность	80
8.1.1 Анализ опасных и вредных факторов	80
8.1.2 Техника безопасности	81
8.1.3 Производственная санитария	83
8.2 Экологическая безопасность	88
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	97
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	101
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	102
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	103
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	104

ПРИЛОЖЕНИЕ 6	108
ПРИЛОЖЕНИЕ 7	109
ПРИЛОЖЕНИЕ 8	110
ПРИЛОЖЕНИЕ 9	111
ПРИЛОЖЕНИЕ 10	112
ПРИЛОЖЕНИЕ 11	113
ПРИЛОЖЕНИЕ 12	114
ПРИЛОЖЕНИЕ 13	115
ПРИЛОЖЕНИЕ 14	116
ПРИЛОЖЕНИЕ 15	117

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проекта является проектирование системы электроснабжения инструментального цеха СДУ «Чирчикавтодор», используя при проектировании реальные данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), детально проработать систему электроснабжения приемников в здании рассматриваемого цеха, сделать выводы.

Все потребители электроэнергии завода относятся по надежности электроснабжения ко II и III категории.

Компания предоставляет следующие услуги:

1. Проектирование.

Разработка проектной, конструкторской и другой технической документации, предназначенной для осуществления строительства, создания новых видов и образцов.

В процессе проектирования выполняются технические и экономические расчеты, схемы, графики, пояснительные записки, сметы, калькуляции и описания.

2. Строительство дорожных сооружений.

Возведение сооружений, являющихся конструктивными элементами дороги: искусственные сооружения (мосты, путепроводы, эстакады, трубы, тоннели и др.), защитные сооружения (снегозащитные лесонасаждения, постоянные снегозащитные заборы, шумозащитные устройства, устройства для защиты дорог от снежных лавин и обвалов и др.), элементы обустройства дорог (остановочные и посадочные площадки и павильоны для пассажиров, площадки отдыха, специальные площадки для остановки или стоянки автомобилей и др.).

3. Ремонт автомобильных дорог.

Это комплекс работ по восстановлению транспортно-эксплуатационных и технических характеристик дорог и дорожных сооружений, улучшению ровности дорожных покрытий, повышению прочности дорожных одежд и земляного полотна, восстановлению изношенных конструкций и деталей дорожных сооружений или их замене на более прочные и экономичные, а также работы по улучшению обустройства и благоустройства дорог.

4. Содержание дорог.

Это осуществляемый в течение всего года комплекс работ по уходу за дорогой, дорожными сооружениями и полосой отвода, элементами обстановки дорог, организации и безопасности движения, предупреждению появления и устранению деформаций и повреждений, в результате которых поддерживается транспортно-эксплуатационное состояние дороги. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения".

Сегодня СДУ «Чирчикавтодор» - это стремительно развивающаяся компания в области строительства автомобильных дорог. Одним из основных направлений развития является строительство и ремонт автомобильных дорог федерального значения. Высокая оперативность и качество в проведении ремонтно-строительных дорожных работ - те черты, которые отличают работу предприятия. Трудовой коллектив составляют высококвалифицированные специалисты со

стажем работы в дорожно-строительной отрасли не менее 7 лет. Технический надзор за ходом выполняемых работ, а также работы по испытанию материалов осуществляется отделом технического контроля. Благодаря собственному парку дорожно-строительной техники, высокому профессионализму сотрудников, применению в технологическом процессе последних достижений науки, организация в кратчайшие сроки выполняет любые работы по асфальтированию объектов заказчика.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

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

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование объекта</i>	<i>Число смен</i>	<i>Категория ЭП</i>	<i>Среда</i>	<i>Установленная мощность, кВт</i>
1	Механический участок	2	II	Нормальная	1670
2	Ремонтный участок	1	III	Нормальная	720
3	Заводоуправление	2	III	Нормальная	340
4	Сборочный цех	2	II	Нормальная	410
5	Столовая	2	III	Нормальная	320
6	Электрический цех	1	II	Нормальная	485
7	Участок обработки валов	2	II	Нормальная	810
8	Обмоточный участок	2	II	Нормальная	650
9	Штамповочный цех	2	II	Нормальная	1420
10	Инструментальный цех	1	III	Нормальная	—
11	Компрессорная	2	II	Нормальная	—
	0,38 кВ				525
	6,0 кВ СД 2 × 630 кВт				1260
12	Корпус электродвигателей	2	II	Нормальная	1800
13	Склады	1	III	Нормальная	150
14	Фреоновые двигатели	2	II	Нормальная	885
15	Цех спецоборудования	2	II	Нормальная	700
16	Заготовительный цех	2	III	Нормальная	560

Генплан предприятия представлен в приложении 9.

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках инструментального цеха

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование</i>	<i>P_{уст} кВт</i>	<i>K_{исп}</i>	<i>cosφ</i>	<i>tgφ</i>	<i>η</i>	<i>K_{пуск}</i>	<i>I_{ном} А</i>	<i>I_{пуск} А</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Заточный станок	5,3	0,14	0,65	1,17	0,89	5	13,9	69,6
2	Электропечь сопротивления	34,0	0,80	1,00	0,00	0,95	—	54,4	—
3	Таль электрическая ПВ=25%	5,0	0,06	0,50	1,73	0,89	5	17,1	85,4
4	Универсально-фрезерный станок	5,1	0,14	0,65	1,17	0,89	5	13,4	67,0
5	Заточный станок	5,3	0,14	0,65	1,17	0,89	5	13,9	69,6
6	Электропечь сопротивления	34,0	0,80	1,00	0,00	0,95	—	54,4	—
7	Вертикально-фрезерный станок	13,9	0,14	0,65	1,17	0,89	5	36,5	182,5

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Универсально-фрезерный станок	5,7	0,14	0,65	1,17	0,89	5	15,0	74,9
9	Прошивочный станок	30,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	78,8	394,0
10	Заточно-полировальный станок	2,9	0,14	0,65	1,17	0,89	5	7,6	38,1
11	Электроэрозионный станок	10,0	0,20	0,70	1,02	0,85	5	25,5	127,7
12	Универсально-фрезерный станок	12,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	31,5	157,6
13	Плоскошлифовальный станок	3,6	0,14	0,65	1,17	0,89	5	9,5	47,3
14	Горизонтально-фрезерный станок	7,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	20,5	102,4
15	Электропечь сопротивления	34,0	0,80	1,00	0,00	0,95	–	54,4	–
16	Электропечь сопротивления	34,0	0,80	1,00	0,00	0,95	–	54,4	–
17	Электропечь сопротивления	34,0	0,80	1,00	0,00	0,95	–	54,4	–
18	Электропечь сопротивления	34,0	0,80	1,00	0,00	0,95	–	54,4	–
19	Электропечь шахтная	37,0	0,75	0,95	0,33	0,95	–	62,3	–
20	Плавильная печь	1,7	0,75	0,95	0,33	0,95	–	2,9	–
21	Плавильная печь	1,7	0,75	0,95	0,33	0,95	–	2,9	–
22	Плавильная печь	1,7	0,75	0,95	0,33	0,95	–	2,9	–
23	Плавильная печь	1,7	0,75	0,95	0,33	0,95	–	2,9	–
24	Плавильная печь	1,7	0,75	0,95	0,33	0,95	–	2,9	–
25	Плавильная печь	1,7	0,75	0,95	0,33	0,95	–	2,9	–
26	Электропечь шахтная	37,0	0,75	0,95	0,33	0,95	–	62,3	–
27	Электропечь сопротивления	34,0	0,80	1,00	0,00	0,95	–	54,4	–
28	Электропечь сопротивления	34,0	0,80	1,00	0,00	0,95	–	54,4	–
29	Электропечь шахтная	37,0	0,75	0,95	0,33	0,95	–	62,3	–
30	Электропечь шахтная	37,0	0,75	0,95	0,33	0,95	–	62,3	–
31	Плоскошлифовальный станок	3,6	0,14	0,65	1,17	0,89	5	9,5	47,3
32	Плоскошлифовальный станок	1,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	4,7	23,6
33	Вертикально-сверлильный станок	2,9	0,14	0,65	1,17	0,89	5	7,6	38,1
34	Токарный станок	5,5	0,14	0,65	1,17	0,89	5	14,4	72,2
35	Долбежный станок	3,5	0,14	0,65	1,17	0,89	5	9,2	46,0
36	Координатно-расточной станок	7,2	0,14	0,65	1,17	0,89	5	18,9	94,5
37	Кран-балка ПВ=40%	30,5	0,06	0,50	1,73	0,89	5	104,1	520,7
38	Координатно-расточной станок	2,5	0,14	0,65	1,17	0,89	5	6,6	32,8
39	Электроэрозионный станок	10,0	0,20	0,70	1,02	0,85	5	25,5	127,7
40	Обдирочно-шлифовальный станок	1,7	0,14	0,65	1,17	0,89	5	4,5	22,3
41	Универсально-заточной станок	1,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	4,6	23,0
42	Универсально-фрезерный станок	1,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	4,7	23,6
43	Горизонтально-фрезерный станок	9,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	25,7	128,7
44	Плоскошлифовальный станок	2,9	0,14	0,65	1,17	0,89	5	7,6	38,1
45	Координатно-расточной станок	7,2	0,14	0,65	1,17	0,89	5	18,9	94,5
46	Универсально-фрезерный станок	1,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	4,7	23,6
47	Горизонтально-фрезерный станок	9,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	25,7	128,7

Продолжение таблицы 1.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
48	Кран-балка ПВ=40%	30,5	0,06	0,50	1,73	0,89	5	104,1	520,7
49	Вертикально-сверлильный станок	4,5	0,14	0,65	1,17	0,89	5	11,8	59,1
50	Профелешлифовальный станок	17,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	44,6	223,2
51	Универсально-фрезерный станок	3,4	0,14	0,65	1,17	0,89	5	8,9	44,6
52	Универсально-фрезерный станок	3,4	0,14	0,65	1,17	0,89	5	8,9	44,6
53	Универсально-фрезерный станок	3,4	0,14	0,65	1,17	0,89	5	8,9	44,6
54	Электроэрозионный станок	10,0	0,20	0,70	1,02	0,85	5	25,5	127,7
55	Электроискровой станок	2,5	0,20	0,70	1,02	0,92	–	5,9	–
56	Электроискровой станок	2,5	0,20	0,70	1,02	0,92	–	5,9	–
57	Плоскошлифовальный станок	2,9	0,14	0,65	1,17	0,89	5	7,6	38,1
58	Плоскошлифовальный станок	2,9	0,14	0,65	1,17	0,89	5	7,6	38,1
59	Токарно-винторезный станок	15,1	0,14	0,65	1,17	0,89	5	39,7	198,3
60	Токарно-винторезный станок	15,1	0,14	0,65	1,17	0,89	5	39,7	198,3
61	Токарно-винторезный станок	15,1	0,14	0,65	1,17	0,89	5	39,7	198,3
62	Токарно-винторезный станок	4,6	0,14	0,65	1,17	0,89	5	12,1	60,4
63	Токарно-винторезный станок	4,6	0,14	0,65	1,17	0,89	5	12,1	60,4
64	Кран-балка ПВ=40%	30,5	0,06	0,50	1,73	0,89	5	104,1	520,7
65	Вертикально-фрезерный станок	3,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	7,9	39,4
66	Копировально-фрезерный станок	2,9	0,14	0,65	1,17	0,89	5	7,6	38,1
67	Внутришлифовальный станок	8,3	0,14	0,65	1,17	0,89	5	21,7	108,3
68	Обдирочно-шлифовальный станок	5,4	0,14	0,65	1,17	0,89	5	14,2	70,9
69	Внутришлифовальный станок	5,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	13,1	65,7
70	Плоскошлифовальный станок	4,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	10,5	52,5
71	Плоскошлифовальный станок	4,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	10,5	52,5
72	Токарно-винторезный станок	4,6	0,14	0,65	1,17	0,89	5	12,1	60,4
73	Токарно-винторезный станок	4,6	0,14	0,65	1,17	0,89	5	12,1	60,4
74	Токарно-винторезный станок	9,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	25,7	128,7
75	Токарно-винторезный станок	9,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	25,7	128,7
76	Вертикально-сверлильный станок	4,5	0,14	0,65	1,17	0,89	5	11,8	59,1
77	Вертикально-сверлильный станок	4,5	0,14	0,65	1,17	0,89	5	11,8	59,1
78	Оптико-профилешлифовальный станок	8,4	0,20	0,70	1,02	0,85	5	21,4	107,2
79	Оптико-профилешлифовальный станок	8,4	0,20	0,70	1,02	0,85	5	21,4	107,2
80	Полуавтомат для заточки	29,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	76,2	380,8
81	Токарно-винторезный станок	4,6	0,14	0,65	1,17	0,89	5	12,1	60,4
82	Круглошлифовальный станок	5,0	0,14	0,65	1,17	0,89	5	13,1	65,7
83	Оптико-профилешлифовальный станок	8,4	0,20	0,70	1,02	0,85	5	21,4	107,2
84	Токарно-винторезный станок	4,6	0,14	0,65	1,17	0,89	5	12,1	60,4

окончание таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
85	Сварочный автомат ПВ=40%	25,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	77,5	232,6
86	Сварочный автомат ПВ=40%	25,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	77,5	232,6
87	Вентиляция	3,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	6,4	32,0
88	Вертикально-фрезерный станок	4,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	12,6	63,0
89	Токарный станок	5,5	0,14	0,65	1,17	0,89	5	14,4	72,2
90	Координатно-шлифовальный станок	6,1	0,14	0,65	1,17	0,89	5	16,0	80,1
91	Вертикально-фрезерный станок	4,8	0,14	0,65	1,17	0,89	5	12,6	63,0
92	Токарный станок	5,5	0,14	0,65	1,17	0,89	5	14,4	72,2

План цеха с расположением электрического оборудования представлен в приложении 13.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ

МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

2.1 Распределение приёмников по пунктам питания

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

Питание отдельных электроприемников и распределительных пунктов осуществляем по радиальным линиям, проложенным открыто на лотках по стенам. 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 РП принимаем распределительные пункты марки ПР11-7123. Данный РП рассчитан на количество отходящих линий до двенадцати штук.

В приложении 13 изображен план цеха с расположением ПР 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 коэффициента максимума.

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

Таль ПВ = 25%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 32,0 \cdot \sqrt{0,25} = 16,000 \text{ кВт.}$$

Сварочный агрегат ПВ = 40%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 30,0 \cdot \sqrt{0,4} = 18,974 \text{ кВт.}$$

Кран-балка ПВ = 40%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 30,5 \cdot \sqrt{0,4} = 19,290 \text{ кВт.}$$

Сварочный автомат ПВ = 40%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 25,5 \cdot \sqrt{0,4} = 15,811 \text{ кВт.}$$

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность (на примере группы «А» ПР1)

$$P_{\text{НОМ.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ.}i} = 29,6 + 2,5 = 32,1 \text{ кВт.}$$

Коэффициент использования K_u , $\cos\phi$, $\text{tg}\phi$ 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 станков)

$$P_{\text{СМ}} = K_u \cdot P_{\text{НОМ.}\Sigma} = 0,14 \cdot 29,6 = 4,1 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 4,1 \cdot 1,17 = 4,8 \text{кВАр},$$

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

K_u – коэффициент использования активной мощности;

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

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

$$P_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см}.i} = 4,1 + 0,2 = 4,3 \text{кВт},$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см}.i} = 4,8 + 0,3 = 5,1 \text{кВАр},$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном.min}}} = \frac{13}{2,5} = 5,6 > 3.$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе

$$K_{u.\text{ср}} = \frac{P_{\text{см}}^{\text{А}}}{P_{\text{ном.}\Sigma}} = \frac{4,3}{32,1} = 0,13.$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$\text{tg}\varphi_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{А}}}{P_{\text{см}}^{\text{А}}} = \frac{5,1}{4,3} = 1,19.$$

Для приемников группы «А» определим эффективное число электроприемников

$$n_{\text{э}} = \frac{[P_{\text{ном.}\Sigma}]^2}{\Sigma P_{\text{ном}}^2} = \frac{32,1^2}{281,7} = 3,7 \text{ шт} \quad \text{принимаем } n_{\text{э}} = 4 \text{шт}$$

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

$$K_{\text{м}} = 2,91$$

Коэффициент максимума реактивной мощности

$$K'_{\text{м}} = 1,1.$$

Расчетная активная и реактивная максимальные мощности пункта

$$P_{\text{м}}^{\text{А}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}^{\text{А}} = 2,91 \cdot 4,3 = 12,5 \text{кВт},$$

$$Q_{\text{м}}^{\text{А}} = K'_{\text{м}} \cdot Q_{\text{см}}^{\text{А}} = 1,1 \cdot 5,1 = 5,6 \text{кВАр}.$$

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

$$P_{\text{м}}^{\text{Б}} = P_{\text{см}}^{\text{Б}} = 54,4 \text{кВ}, \quad Q_{\text{м}}^{\text{Б}} = Q_{\text{см}}^{\text{Б}} = 0,0 \text{кВАр}.$$

Определяем активную, реактивную и полную максимальные мощности электроприемников пункта

$$P_{\text{м}} = P_{\text{м}}^{\text{А}} + P_{\text{м}}^{\text{Б}} = 12,5 + 54,4 = 66,9 \text{кВт},$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{м}}^{\text{А}} + Q_{\text{м}}^{\text{Б}} = 5,6 + 0,0 = 5,6 \text{кВАр},$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2} = \sqrt{66,9^2 + 5,6^2} = 67,1 \text{кВА}.$$

Определение расчётного тока пункта

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{67,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 102,0 \text{А},$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение электроприемников, В.

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

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,016 \cdot 2308 = 36,9 \text{ кВт},$$

где $F_{ц}$ – площадь цеха, м²;

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

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{расч.о} = K_{со} \cdot P_{ном.о} = 0,95 \cdot 36,9 = 35,1 \text{ кВт},$$

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

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$S_M = \sqrt{(P_M + P_{расч.о})^2 + Q_M^2} = \sqrt{(541,9 + 35,1)^2 + 152,0^2} = 596,7 \text{ кВА}.$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{596,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 906,6 \text{ А},$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение электроприемников, В.

Определение пикового тока цеха

Номинальный ток самого мощного электроприемника (кран-балка)

$$I_{ном}^{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{35,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,50 \cdot 0,89} = 104,1 \text{ А},$$

где $P_{ном}$ – номинальная активная мощность электроприемника, кВт;

η – КПД электроприемника.

Пусковой ток самого мощного электроприемника

$$I_{пуск}^{max} = K_{пуск} \cdot I_{ном}^{max} = 5 \cdot 104,1 = 520,7 \text{ А},$$

где $K_{пуск}$ – кратность пускового тока.

Пиковый ток цеха

$$I_{пик.ц} = I_{пуск}^{max} + (I_M - K_{и.мах} \cdot I_{ном}^{max}) = 520,7 + (906,6 - 0,06 \cdot 104,1) = 1421,0 \text{ А},$$

где $K_{и.мах}$ – коэффициент использования самого мощного электроприемника.

Табличный расчет нагрузки цеха приведен в приложении 1.

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 (активная и реактивная) 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;

K_c – коэффициент спроса [1, стр. 13, табл. 1.6];

$\operatorname{tg}\varphi$ – 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 выше приведенным формулам и учитываются отдельно.

Результаты расчетов располагаются в приложении 2.

Пример расчета (Механический участок).

$$P_{уст} = 1670,0 \text{ кВт}; \quad K_c = 0,55; \quad \cos\varphi = 0,75; \quad \operatorname{tg}\varphi = 0,88.$$

Расчетные активная и реактивная мощности корпуса

$$P_p = K_c \cdot P_{уст} = 0,55 \cdot 1670,0 = 918,5 \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 918,5 \cdot 0,88 = 810,0 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,016 \cdot 4649 = 74,4 \text{ кВт},$$

где $F_{ц}$ – площадь цеха, м²;

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

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

$$P_{расч.о} = K_{со} \cdot P_{ном.о} = 0,95 \cdot 74,4 = 70,7 \text{ кВт},$$

где $K_{со}$ – коэффициент спроса [1, стр. 22, табл. 1.10].

Полная максимальная мощность корпуса

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{расч.о})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(918,5 + 70,7)^2 + 810,0^2} = 1278,5 \text{ кВА}.$$

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов

ЭП до 1000 В

ЭП выше 1000 В

$$\sum P_p^H = 6811,4 \text{ кВт},$$

$$\sum P_p^B = 819,0 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_p^H = 5740,9 \text{ кВАр},$$

$$\sum Q_p^B = 0,0 \text{ кВАр}$$

$$\sum P_{расч.о} = 593,2 \text{ кВт},$$

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

$$S_p^H = \sqrt{(\sum P_p^H + \sum P_{\text{расч.о}})^2 + (\sum Q_p^H)^2} = \sqrt{(6811,4 + 593,2)^2 + 5740,9^2} = 9369,4 \text{кВа.}$$

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

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{тр}} &= 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 9369,4 = 187,4 \text{кВт}, \\ \Delta Q_{\text{тр}} &= 0,10 \cdot S_p^H = 0,10 \cdot 9369,4 = 936,9 \text{кВАр}, \\ \Delta P_{\text{л}} &= 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 9369,4 = 281,1 \text{кВт},\end{aligned}$$

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

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

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

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

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_p^H + \sum P_p^B) \cdot K_{p,m} + P_{\text{расч.о}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{л}} = (6811,4 + 819,0) \cdot 0,95 + 593,2 + 187,4 + 281,1 = 8310,5 \text{кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_p^H + \sum Q_p^B) \cdot K_{p,m} + \Delta Q_{\text{тр}} = (5740,9 + 0,0) \cdot 0,95 + 936,9 = 3390,8 \text{кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{8310,5^2 + 3390,8^2} = 10483,7 \text{кВА.}$$

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

Приблизительные потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{\text{тр.ГПП}} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 10483,7 = 209,7 \text{кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр.ГПП}} = 0,10 \cdot S_{p\Sigma} = 0,10 \cdot 10483,7 = 1048,4 \text{кВАр},$$

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

$$\begin{aligned}S_p &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\text{тр.ГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{\text{тр.ГПП}})^2} = \\ &= \sqrt{(8310,5 + 209,7)^2 + (3390,8 + 1048,4)^2} = \sqrt{8520,2^2 + 7439,2^2} = 11310,8 \text{кВА.}\end{aligned}$$

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

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{10,0} + \frac{2500}{8,520}}} = 54,0 \text{ кВ},$$

где L – длина питающей линии, км;

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

С учетом рекомендаций принимаем к рассмотрению напряжение питающих линий

$$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$$

Реактивная мощность, передаваемая в сеть предприятия от системы

$$Q_3 = \alpha \cdot P_p = 0,24 \cdot 8520,2 = 2044,9 \text{ кВАр},$$

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

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_3 = 7439,2 - 2044,9 = 5394,3 \text{ кВАр}.$$

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

$$S_{\text{р,ГПП}} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{ку}})^2} = \sqrt{8520,2^2 + (7439,2 - 5394,3)^2} = \sqrt{8520,2^2 + 2044,9^2} = 8762,2 \text{ кВА}.$$

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 (Механический участок).

$$S_p = 1278,5 \text{ кВА}, \quad P_{\text{р.о}} = 70,7 \text{ кВт}, \quad x = 77,5 \text{ мм} \quad y = 29,7 \text{ мм}$$

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса

$$r = \sqrt{\frac{S_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{1278,5}{3,14 \cdot 0,550}} = 27,2 \text{ мм}$$

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

m – масштаб для определения площади круга нагрузки до 1000 В, кВА/мм²;

m – масштаб для определения площади круга нагрузки выше 1000 В, кВА/мм²;

Угол сектора нагрузки освещения корпуса

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o}}{S_p} = \frac{360^\circ \cdot 70,7}{1278,5} = 19,9 \text{ град.}$$

Тогда

$$S_p \cdot x = 1278,5 \cdot 77,5 = 99085,3 \text{кВА} \cdot \text{мм},$$

$$S_p \cdot y = 1278,5 \cdot 29,7 = 37972,0 \text{кВА} \cdot \text{мм}.$$

Результаты расчетов располагаются в приложении 3.

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot x_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{1338985,6}{10252,1} = 130,6 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot y_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{975905,4}{10252,1} = 95,2 \text{ мм}.$$

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

$$x_0 = 144,6 \text{мм}, \quad y_0 = 125,0 \text{мм}.$$

Картограмма нагрузок приведена в приложении 11.

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]

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{ц}} = \frac{9369,4}{37244,0} = 0,251 \frac{\text{кВА}^2}{\text{м}} \text{ принимаем } S_{\text{ном.тр}} = 1000 \text{кВа}.$$

Таблица 3.1 – Данные по трансформаторам [1, стр. 157, табл. 7.3]

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

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$n_{\text{тр.0}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.o})}{\beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{7404,6}{0,7 \cdot 1000} = 10,58 \text{ шт, принимаем } n_{\text{тр}} = 11$$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.o})}{n_{\text{тр}}} = \frac{7404,6}{11} = 673,1 \text{ кВт}.$$

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

$$n_{\text{тр.i}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.o})}{P_1} = \frac{989,2}{673,1} = 1,469 \text{ шт}.$$

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

Результаты расчетов располагаются в приложении 4.

На основании расчетов и группирований нагрузок на генплане предприятия производим расстановку цеховых трансформаторных подстанций, приложение 10.

3.4 Компенсация реактивной мощности

При выборе средств компенсации реактивной мощности решающее значение имеет количество установленных трансформаторов, наличие синхронных и асинхронных двигателей и нагрузки со стороны напряжения выше 1000 В.

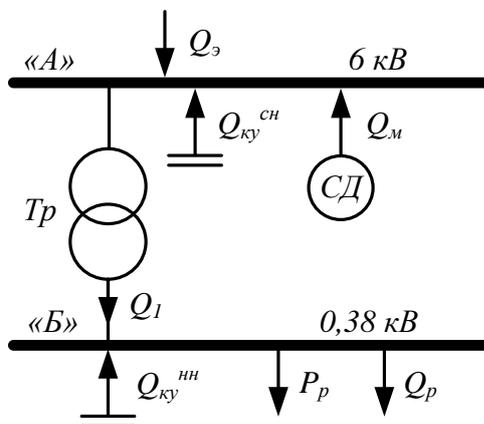


Рисунок 3.1 – Схема распределения реактивной мощности

На данном предприятии имеется синхронная высоковольтная нагрузка. Принимаем к рассмотрению двигатели типа СД с параметрами [5, стр. 172, табл. П7.3.]

- номинальная напряжение двигателя $U_{ном} = 6 \text{ кВ}$;
- номинальная активная мощность $P_{СД} = 630 \text{ кВт}$;
- номинальная реактивная мощность $Q_{СД} = 320 \text{ кВАр}$;
- КПД $\eta = 96,17\%$;
- коэффициент $D_1 = 2,22 \text{ кВт}$;
- коэффициент $D_2 = 2,95 \text{ кВт}$;
- число двигателей $n_{СД} = 2$

Коэффициент загрузки синхронных двигателей по активной мощности

$$\beta_{СД} = \frac{P_{снх}}{P_{СД} \cdot n_{СД}} = \frac{1260,0}{630 \cdot 2} = 1,00,$$

где $P_{снх}$ – синхронная нагрузка на стороне ВН, кВт.

Напряжение на зажимах синхронного двигателя

$$U_{СД} = \frac{U_{ном}^{сн}}{U_{ном}} = \frac{6,0}{6,0} = 1,00.$$

Наибольшая допустимая перегрузка двигателя по реактивной мощности [5, стр. 173, табл. П7.5.]

$$\alpha_m = 1,23.$$

Суммарная располагаемая реактивная мощность двигателей

$$Q_m = \frac{n_{СД} \cdot \alpha_m \cdot Q_{СД}}{\eta} = \frac{2 \cdot 1,23 \cdot 320 \cdot 100}{96,17} = 818,6 \text{ кВАр}.$$

Наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана со стороны сети выше 1000 В в сеть до 1000 В

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тр} \cdot \beta \cdot S_{ном.тр})^2 - (P_p^H + P_{p.o})^2} = \sqrt{(11 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 7404,6^2} \\ = 2112,3 \text{кВАр.}$$

Баланс реактивной мощности в узле «А»

$$Q_A = Q_3 + Q_M - Q_1 = 2044,9 + 818,6 - 2112,3 = 751,1 \text{кВАр.}$$

Компенсация со стороны среднего напряжения не требуется.

Баланс реактивной мощности в узле «Б»

$$Q_B = Q_1 - Q_{p.H} = 2112,3 - 5740,9 = -3628,6 \text{кВАр.}$$

Мощность конденсаторных установок на напряжении 0,4 кВ

$$Q_{ку.расч}^{HH} = Q_{p.H} - Q_1 = 5740,9 - 2112,3 = 3628,6 \text{кВАр.}$$

Намечаем установку комплектных конденсаторных установок типа УКБ-0,38-450-УЗс параметрами [5, стр. 167, табл. П6.2]:

–номинальное напряжение $U_{ном.ку}=0,38 \text{кВ}$;

–номинальная мощность $Q_{ном.ку}=450 \text{кВАр}$;

Полная реактивная мощность, генерируемая одной комплектной конденсаторной установкой

$$Q_{ку} = \left(\frac{U_{ном}^{CH}}{U_{ном.ку}} \right)^2 \cdot Q_{ном.ку} = \left(\frac{0,38}{0,38} \right)^2 \cdot 450 = 450 \text{кВАр.}$$

Необходимое количество комплектных конденсаторных установок для установки на стороне СН

$$n_{ку.расч} = \frac{Q_{ку.расч}^{CH}}{Q_{ку}} = \frac{3628,6}{450,0} = 8,1 \text{шт, принимаем } n_{ку} = 5 \text{шт.}$$

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конденсаторными установками

$$Q_{ку}^{CH} = Q_{ку} \cdot n_{ку} = 450 \cdot 8 = 3600,0 \text{кВАр.}$$

Мощность, генерируемая синхронными двигателями

$$Q = Q_1 - Q_3 = 2112,3 - 2044,9 = 67,5 \text{кВАр.}$$

Суммарная генерируемая мощность компенсирующих устройств

$$Q_{ку} = Q_{ку}^{CH} + Q_{ку}^{HH} + Q = 0,0 + 3600,0 + 67,5 = 3667,5 \text{кВАр.}$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП с учетом точного значения реактивной мощности компенсирующих устройств

$$S_{p.ГПП} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{ку})^2} = \sqrt{8520,2^2 + (7439,2 - 3667,5)^2} \\ = \sqrt{8520,2^2 + 3771,7^2} = 9317,7 \text{кВА.}$$

3.5 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 переемычки. Причем сначала включается переемычка, а затем отключаются цепи трансформатора.

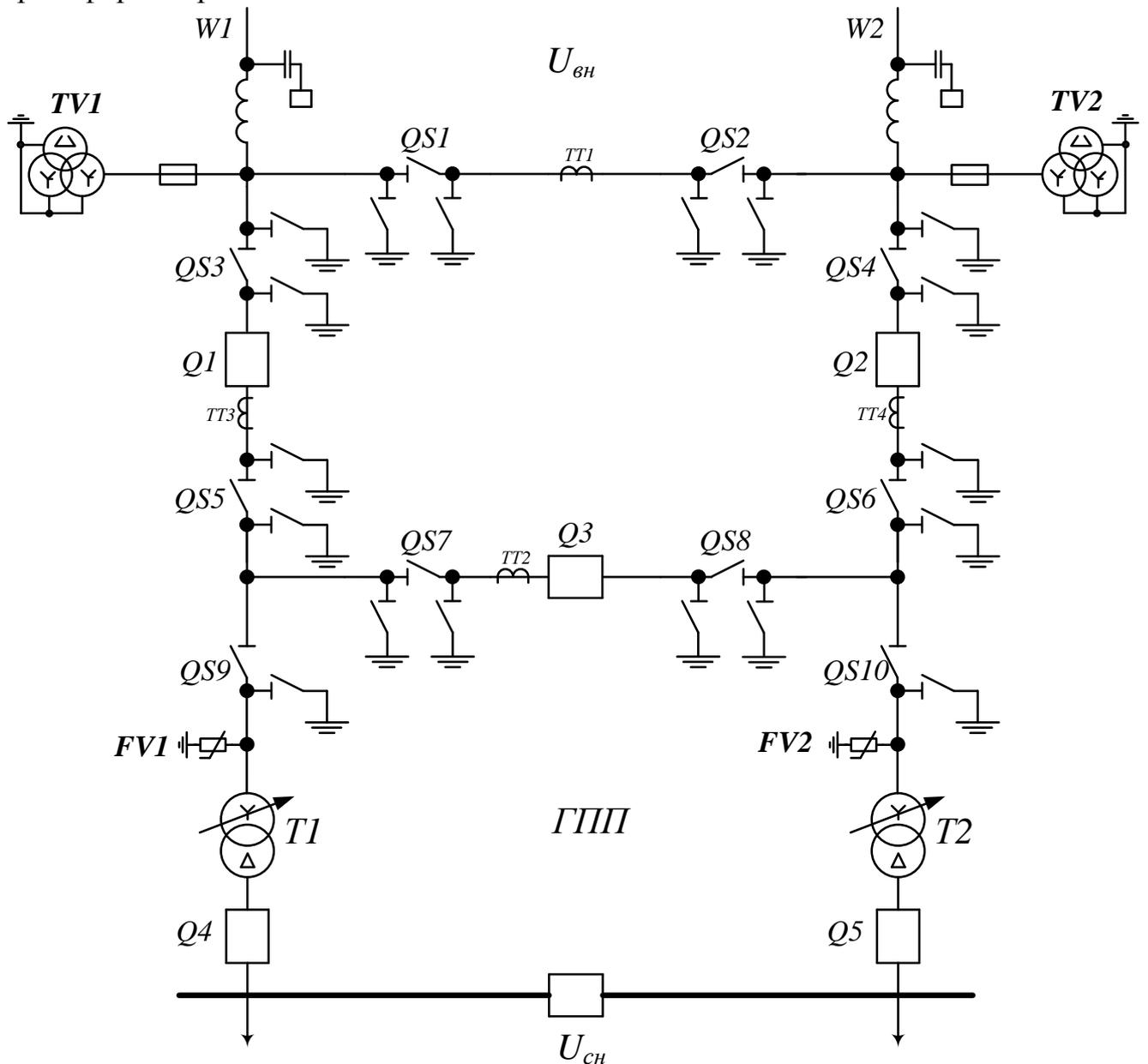


Рисунок 3.2 – Схема внешнего электроснабжения

W1, W2 - воздушная линия; TV1, TV2 - трансформаторы напряжения; FV1, FV2 - ограничители перенапряжения; QS1 ÷ QS10 - разъединители; Q1 ÷ Q5 - выключатели; T1, T2 - силовые трансформаторы.

Произведем расчет капитальных затрат на сооружение схемы внешнего электроснабжения.

При расчетах рационально учитывать повышающий зональный коэффициент на базисную стоимость электроэнергетических объектов. Для Сибири данный коэффициент [6, стр. 279, табл. 7.2]

$$\gamma = 1,2.$$

Капитальные затраты на сооружение блочных и мостиковых схем указываются в целом с учетом затрат на выключатели, разъединители, отделители, короткозамкатель, трансформаторы тока и напряжения, разрядники, аппаратуру

управления, сигнализации, релейной защиты и автоматики, а так же строительные конструкции, фундаменты и соответствующие строительные-монтажные работы

$$K_{cx}^a = K_{cx} \cdot \gamma = 1749300,0 \cdot 1,2 = 2099160,0 \text{руб},$$

где K_{cx} – капитальные затраты на сооружение схемы [6, стр. 291, табл. 7.15.], руб.

Годовые эксплуатационные расходы

$$И_{cx}^a = K_{cx}^a \cdot (E_{ам} + E_{об}) = 209916,0 \cdot (0,067 + 0,059) = 264494,2 \text{руб/год},$$

где $E_{ам}$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6, стр. 258, табл. 6.1.];

$E_{об}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6, стр. 258, табл. 6.2.].

Суммарные приведенные затраты

$$\begin{aligned} Z_{cx}^a &= K_{cx}^a \cdot (E_n + E_{ам} + E_{об}) = 2099160,0 \cdot (0,193 + 0,067 + 0,059) \\ &= 669632,0 \text{руб/год}, \end{aligned}$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для силового оборудования [5, стр. 76].

3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП

Мощность трансформатора выберем с учетом известного суточного графика нагрузки предприятия, рисунок 3.3.

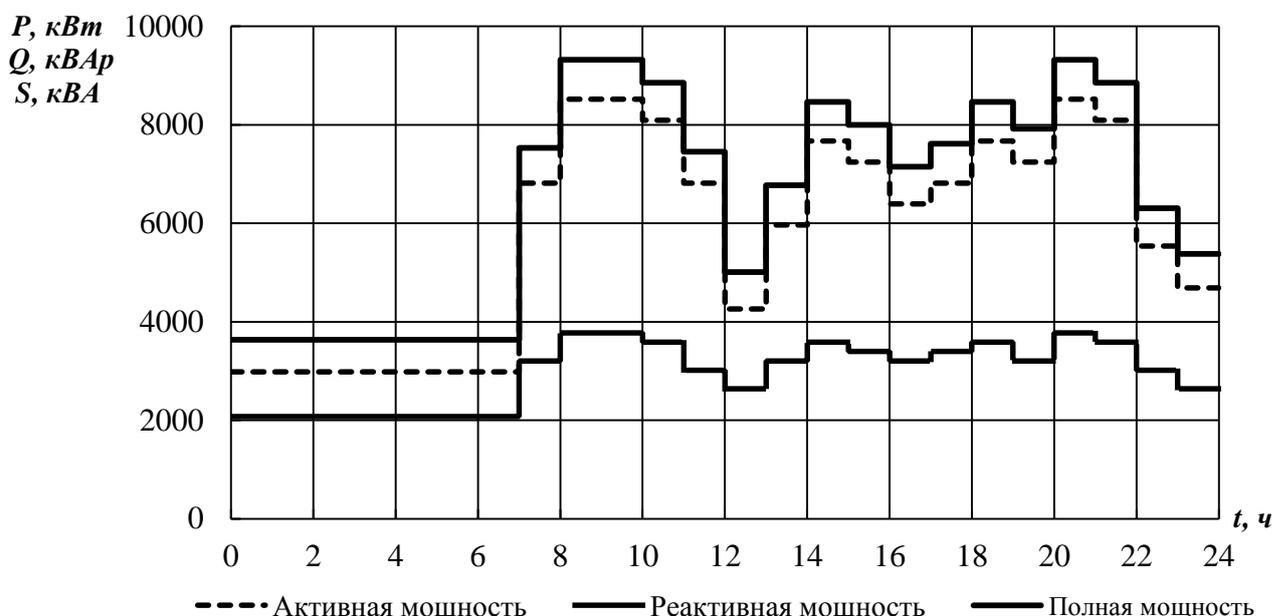


Рисунок 3.3 – Суточный график нагрузок предприятия

Из суточного графика можно определить

$$S_{max} = 9317,7 \text{кВА}.$$

Потребляемая за сутки активная и реактивная энергия

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 139731,6 \text{кВт} \cdot \text{ч}, \quad V = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i = 71096,1 \text{кВАр} \cdot \text{ч}.$$

Средняя за сутки нагрузка предприятия

$$S_{cp} = \frac{\sqrt{W^2 + V^2}}{24} = \frac{\sqrt{139731,6^2 + 71096,1^2}}{24} = 6532,4 \text{кВА}.$$

Суточный график активной нагрузки перестраиваем в годовой график нагрузок по продолжительности, рисунок 3.4.

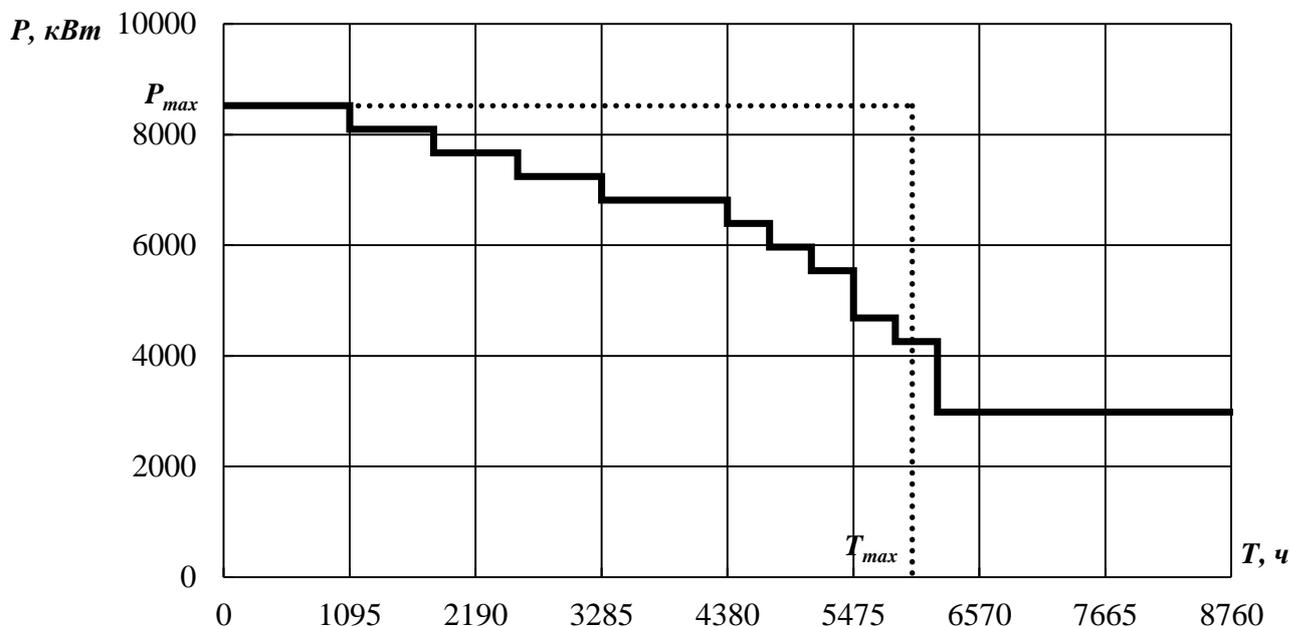


Рисунок 3.4 – Годовой график нагрузки по продолжительности
Количество потребленной за год электрической энергии

$$W_{\text{год}} = 51002033,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Число часов использования максимальной нагрузки

$$T_{\text{max}} = \frac{W_{\text{год}}}{P_{\text{max}}} = \frac{51002033,4}{8520,2} = 5986,0 \text{ ч}.$$

Время максимальных потерь

$$\tau_{\text{max}} = (0,124 + T_{\text{max}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 5986,0 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 4574,0 \text{ ч}.$$

Выбор трансформаторов по перегрузочной способности производится по продолжительности максимума нагрузки t_{max} и коэффициенту заполнения графика нагрузки $k_{\text{зап.гр}}$, который определяется по суточному графику нагрузки

$$k_{\text{зап.гр}} = \frac{S_{\text{ср}}}{S_{\text{max}}} = \frac{6532,4}{9317,7} = 0,70.$$

Продолжительность максимума нагрузки из суточного графика нагрузок предприятия

$$t_{\text{max}} = 3 \text{ ч}.$$

Кратность допустимой нагрузки трансформатора с учетом коэффициента заполнения графика и продолжительности максимума нагрузки [5, стр. 70, рис. 3.9.]

$$k_{\text{нагр}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном.тр}}} = 1,16.$$

Номинальная мощность трансформаторов

$$S_{\text{тр.расч}} = \frac{S_{\text{max}}}{k_{\text{нагр}}} = \frac{9317,7}{1,16} = 8032,5 \text{ кВА}.$$

Принимаем к установке на ГПП по два трансформатора мощностью

$$S_{\text{ном.тр}} = 6300 \text{ кВА}, \quad S_{\text{ном.тр}} = 10000 \text{ кВА},$$

1) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{max}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{9317,7}{2 \cdot 6300} = 0,74.$$

Проверяем установленную мощность трансформатора в послеаварийном режиме при отключении одного из трансформаторов

$$1,4 \cdot S_{ном.тр} = 1,4 \cdot 6300 = 8820,0 \text{кВА} >$$

$$k_{I-II} \cdot S_{max} = 0,78 \cdot 9317,7 = 7231,1 \text{кВА}.$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия как в нормальном, так и в послеаварийном режимах.

2) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{max}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{9317,7}{2 \cdot 10000} = 0,47.$$

Проверяем установленную мощность трансформатора в послеаварийном режиме при отключении одного из трансформаторов

$$1,4 \cdot S_{ном.тр} = 1,4 \cdot 10000 = 14000,0 \text{кВа} >$$

$$k_{I-II} \cdot S_{max} = 0,78 \cdot 9317,7 = 7231,1 \text{кВа}.$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия как в нормальном, так и в послеаварийном режимах.

Таблица 3.2 – Параметры трансформаторов [II, стр. 207, табл. 5.12], [II, стр. 209, табл. 5.13], [II, стр. 212, табл. 5.17]

<i>Tun</i>	$S_{ном},$ МВА	$U_{вн},$ кВ	$U_{нн},$ кВ	$P_{xx},$ кВт	$Q_{xx},$ кВАр	$P_{кз},$ кВт	$Q_{кз},$ кВАр	$U_{к},$ %	$I_{xx},$ %	Цена руб
ТМН-6300/35	6,3	35,0	6,3	9,2	56,7	46,5	472,5	7,5	0,90	3391500
ТМН-10000/35	10,0	36,75	6,3	14,5	80,0	65,0	750,0	7,5	0,80	3570000

Трансформатор ТМН-6300/35

Приведенные потери мощности в трансформаторах

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + k_{эк} \cdot \Delta Q_{xx} = 9,2 + 0,07 \cdot 56,7 = 13,2 \text{кВт},$$

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + k_{эк} \cdot \Delta Q_{кз} = 46,5 + 0,07 \cdot 472,5 = 79,6 \text{кВт},$$

где $k_{эк}$ – экономический эквивалент реактивной мощности, коэффициент, который учитывает потери активной мощности, связанные с производством и распределением 1 кВАр реактивной мощности, кВт/кВАр [8].

Полные потери мощности в двух трансформаторах

$$\Delta P_{тр}^a = n_{тр} \cdot (\Delta P'_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{кз}) = 2 \cdot (13,2 + 0,74^2 \cdot 79,6) = 113,4 \text{кВт}.$$

Потери активной энергии

$$\begin{aligned} \Delta W_{тр}^a &= n_{тр} \cdot (\Delta P'_{xx} \cdot t_{год} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{кз} \cdot \tau_{max}) \\ &= 2 \cdot (13,2 \cdot 8760 + 0,74^2 \cdot 79,6 \cdot 4574,0) = 628813,2 \text{кВт} \cdot \text{ч} \end{aligned}$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах

$$\Delta C_{тр}^a = \Delta W_{тр}^a \cdot \Delta C_э = 628813,2 \cdot 0,216 = 135754,5 \text{руб},$$

где $\Delta C_э$ – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч).

Капитальные затраты на установку трансформаторов

$$K_{тр}^a = K_{тр} \cdot n_{тр} \cdot \gamma = 3391500 \cdot 2 \cdot 1,2 = 8139600,0 \text{руб}.$$

где $K_{тр}$ – капитальные затраты на установку одного трансформатора [6, стр. 293, табл. 7.17.], руб.

Годовые эксплуатационные расходы

$$I_{тр}^a = K_{тр}^a \cdot (E_{ам} + E_{об}) + \Delta C_{тр}^a = 8139600,0 \cdot (0,067 + 0,059 + 0,059) + 135754,5 = 1161344,1 \text{ руб/год,}$$

где $E_{ам}$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6, стр. 258, табл. 6.1.];

$E_{об}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6, стр. 258, табл. 6.2.].

Суммарные приведенные затраты

$$Z_{тр}^a = K_{тр}^a \cdot (E_n + E_{ам} + E_{об}) + \Delta C_{тр}^a = 8139600,0 \cdot (0,193 + 0,067 + 0,059) + 135754,5 = 2732286,9 \text{ руб/год,}$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для силового оборудования [5, стр. 76].

Расчет по другим трансформаторам сведем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования

$U_{ном},$ кВ	Тр-тор	$\Delta P_{кз},$ кВт	$\Delta P_{хх},$ кВт	β	$K_{тр},$ руб	$C_{пот},$ руб/год	$C_{ам},$ руб/год	$C_{об},$ руб/год	$Z_{тр},$ руб/год
35	ТМН-6300/35	79,6	13,2	0,74	8139600,0	135754,5	545353,2	480236,4	2732286,9
	ТМН-10000/35	117,5	20,1	0,47	8568000,0	126394,6	574056,0	505512,0	2859586,6

3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП

Выбор сечения линии производится для двух видов трансформаторов с последующим технико-экономическим сравнением двух вариантов.

Выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока.

ВЛЭП 35 кВ, трансформаторы ТМН–6300/35

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{расч} = \frac{n_{тр} \cdot S_{тр.ГПП}}{n_{ц} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot 6300}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 103,9 \text{ А.}$$

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{расч.п/ав} = \frac{n_{тр} \cdot S_{тр.ГПП}}{n_{ц} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot 6300}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 207,8 \text{ А.}$$

Экономическое сечение

$$F_{эк} = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{103,9}{1,0} = 103,9 \text{ мм}^2,$$

где $j_{эк}$ – нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки [6, стр. 78, табл. 3.12], А/мм².

Из стандартного ряда сечений принимаем сталеалюминевый провод 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

$$L_{\text{доп}} < L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_{\text{расч}}} = 2,05 \cdot 5 \cdot \frac{390}{103,9} = 38,5 \text{ км} > L_{\text{факт}} = 10,0 \text{ км},$$

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 загрузке, на которой потеря напряжения равна 1%, [3, стр. 89, табл. П.2.7].

–Проверка на корону: при номинальном напряжении 35 кВ не производится.

Потери активной энергии

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{лэп}}^a &= n_{\text{ц}} \cdot \Delta p_{\text{уд}} \cdot k_3^2 \cdot L \cdot \tau_{\text{max}} = n_{\text{ц}} \cdot \Delta p_{\text{уд}} \cdot \left(\frac{I_{\text{расч}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2 \cdot L \cdot \tau_{\text{max}} \\ &= 2 \cdot 140 \cdot \left(\frac{103,9}{390} \right)^2 \cdot 10,0 \cdot 4575,0 = 909395,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \end{aligned}$$

где k_3 – коэффициент загрузки линии по току;

$\Delta p_{\text{уд}}$ – удельные потери в линии при номинальной загрузке [3, стр. 89, табл. П.2.7], кВт/км.

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии

$$\Delta C_{\text{лэп}}^a = \Delta W_{\text{лэп}}^a \cdot \Delta C_3 = 909395,1 \cdot 0,216 = 196329,3 \text{ руб},$$

где ΔC_3 – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч).

Капитальные затраты на сооружение линии

$$K_{\text{лэп}}^a = K_{\text{лэп}} \cdot L \cdot \gamma = 1999200 \cdot 10,0 \cdot 1,2 = 23990400,0 \text{ руб},$$

где $K_{\text{лэп}}$ – капитальные затраты на строительство одного километра ВЛЭП, для двухцепной линии на стальных опорах, для I района по гололеду [6, стр. 282, табл. 7,5.], руб.

Годовые эксплуатационные расходы

$$\begin{aligned} I_{\text{лэп}}^a &= K_{\text{лэп}}^a \cdot (E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) + \Delta C_{\text{лэп}}^a = 23990400,0 \cdot (0,100 + 0,008) + 196329,3 \\ &= 2787292,5 \text{ руб/год}, \end{aligned}$$

где $E_{\text{ам}}$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6, стр. 258, табл. 6.1.];

$E_{\text{об}}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6, стр. 258, табл. 6.2.].

Суммарные приведенные затраты

$$Z_{\text{лэп}}^a = K_{\text{лэп}}^a \cdot (E_{\text{н}} + E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) + \Delta C_{\text{лэп}}^a = 23990400,0 \cdot (0,152 + 0,100 + 0,008) + 196329,3 = 6433833,3 \text{ руб/год},$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для линий электропередачи [5, стр. 76].

Расчет по другим ЛЭП сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Определение суммарных приведенных затрат на сооружение ЛЭП, питающих ГПП

$U_{ном},$ кВ	Тр-тор	Сечение мм ²	k_3	$K_{ЛЭП},$ руб	$K_{об},$ руб	$C_{пот},$ руб/год	$C_{ам},$ руб/год	$C_{об},$ руб/год	$Z_{ЛЭП},$ руб/год
35	ТМН-6300/35	АС 120/19	0,266	23990400,0	2099160,0	196329,3	2399040,0	191923,2	6433833,3
	ТМН-10000/35	АС 150/24	0,367	23990400,0		395427,1	2399040,0	191923,2	6632931,1

3.8 Технико-экономическое сравнение вариантов

Для удобства сравнения сведем результаты технико-экономических расчетов в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Сравнение суммарных приведенных затрат

$U_{ном},$ кВ	Тр-тор	Сечение мм ²	$Z,$ руб/год
35	ТМН-6300/35	АС 120/19	9166120,2
	ТМН-10000/35	АС 150/24	9492517,7

Исходя из сравнения расчетов, можно сделать вывод, что по приведенным затратам наиболее целесообразен вариант с трансформаторами мощностью 6300 кВА.

3.9 Схема внутриваровской сети выше 1000 В

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполняется трёхжильными кабелями марки АВБбШв (кабель с медными жилами, с оболочкой из вулканизированного полиэтилена, бронированный, с наружным покровом из поливинилхлоридного шланга) с прокладкой по эстакадам. Питание высоковольтных двигателей осуществляем кабельными линиями той же марки, с прокладкой по эстакадам.

Схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена в приложении 12.

ГПП – ГПП

Расчетный ток на одну цепь

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

где $S_{ном.тр}$ – номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

S_p – расчетная мощность высоковольтной нагрузки РУ, кВА;

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

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{расч.п/ав} = \frac{n_{тр} \cdot S_{ном.тр} + S_p^B}{n_{ц} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot 1000 + 2400,0}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 254,0 \text{ А.}$$

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

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

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АВБШв

$$F = 95 \text{ мм}^2 \text{ с } I_{\text{доп}} = 170 \text{ А. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].}$$

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 170 = 170,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 96,2 \text{ А},$$

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

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

ГПП – ТП2

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 при работе предприятия с $T_{\text{max}} > 5000$ час/год и питания кабелями с алюминиевыми жилами определяется для экономической плотности тока $j_{\text{ЭК}} = 1,2$ А/мм² [1, стр. 72, табл. 3.16]

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

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВБШв

$$F = 95 \text{ мм}^2 \text{ с } I_{\text{доп}} = 170 \text{ А. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].}$$

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 170 = 170,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 96,2 \text{ А},$$

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.

РУ1 – СД 630 кВт

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{СД}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 1,00} = 60,7 \text{ А},$$

где $P_{\text{СД}}$ – номинальная мощность печи, кВт;

Экономическое сечение при работе предприятия с $T_{\max} > 5000$ час/год и питании кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{\text{ЭК}} = 1,2$ А/мм² [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{60,7}{1,2} = 50,6 \text{ мм}^2.$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АВБбШв $F = 50 \text{ мм}^2$ с $I_{\text{доп}} = 110 \text{ А}$. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 110 = 110,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 60,7 \text{ А},$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам; Выбранное сечение проходит по результатам проверок.

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

№ п/п	Участок	Мощность участка, кВА	$n_{\text{ц}}$, шт	$U_{\text{ном}}$, кВ	L , км	Расчетная нагрузка		$F_{\text{ЭК}}$, мм ²	Способ прокладки	$K_{\text{пр}}$	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
						$I_{\text{расч}}$, А	$I_{\text{расч.ав}}$, А					$I'_{\text{доп}}$, А	$1,3 \cdot I'_{\text{доп}}$, А
1	ГПП – ТП1	1000,0	1	6	0,278	96,2	–	80,2	Эстакады	1,00	АВБбШв - 1 (3 × 95)	170,0	–
2	ГПП – ТП2	2000,0	2	6	0,039	96,2	192,5	80,2		1,00	АВБбШв - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
3	ГПП – ТП3	2000,0	2	6	0,092	96,2	192,5	80,2		1,00	АВБбШв - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
4	ГПП – ТП4	2000,0	2	6	0,062	96,2	192,5	80,2		1,00	АВБбШв - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
5	ГПП – ТП5	2000,0	2	6	0,271	96,2	192,5	80,2		1,00	АВБбШв - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
6	ГПП – ТП6	2819,0	2	6	0,230	135,6	271,3	113,0		1,00	АВБбШв - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
7	ГПП – СД	630,9	1	6	0,068	60,7	–	50,6		1,00	АВБбШв - 1 (3 × 50)	110,0	–

Выбранная схема распределения электроэнергии по территории предприятия приведена в приложении 10. Схема электрическая принципиальная приведена в приложении 12.

3.10 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

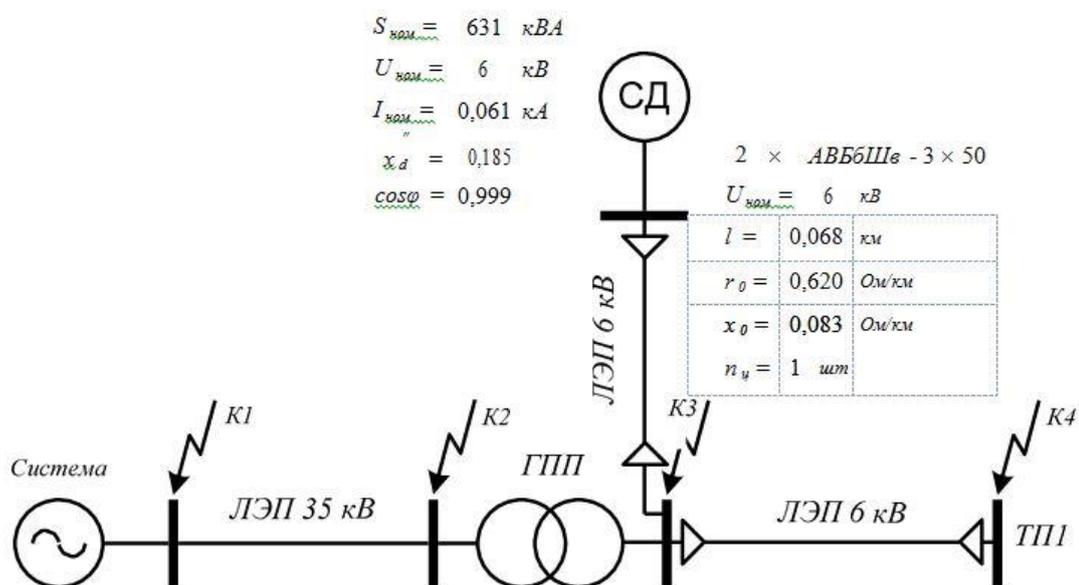
В электрических установках могут возникать различные виды КЗ, сопровождающихся резким увеличением тока. Поэтому электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам КЗ и выбираться с учетом величин этих токов.

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 3.5 и на её основе схему замещения рисунок 3.6. 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 – ТП1.



$S_c = 270 \text{ МВА}$	2×АС-120/19	ТМН-6300/35	ВББШВ-1(3×25)
	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$S_{ном} = 6,3 \text{ МВА}$	$U_{ном} = 6 \text{ кВ}$
	$l = 10,0 \text{ км}$	$U_k = 7,5\%$	$l = 0,278 \text{ км}$
	$r_0 = 0,244 \text{ Ом/км}$		$r_0 = 0,326 \text{ Ом/км}$
	$x_0 = 0,414 \text{ Ом/км}$		$x_0 = 0,078 \text{ Ом/км}$
	$n_{ц} = 2 \text{ шт}$		$n_{ц} = 1 \text{ шт}$

Рисунок 3.5 – Расчетная схема рассматриваемого участка

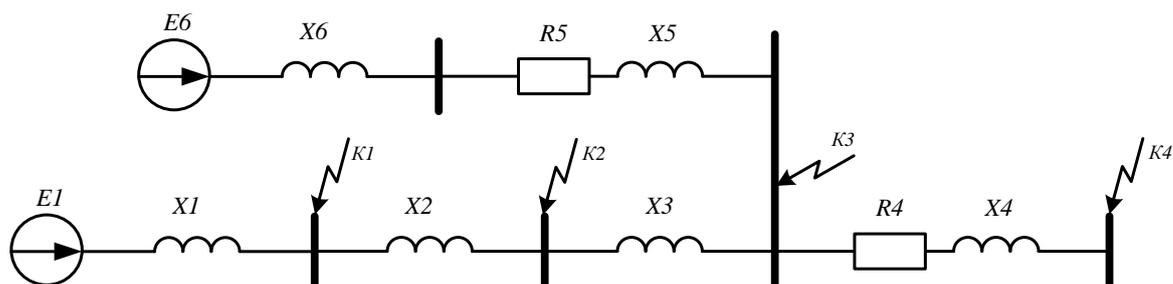


Рисунок 3.6 – Схема замещения рассматриваемого участка

По исходным данным определяем мощность системы. Приблизительно принимаем за мощность системы мощность отключения выключателя на присоединении подстанции к системе

$$S_c = 270 \text{ МВА.}$$

Принимаем за базисные величины

$$S_6 = 100 \text{ МВА, } U_{61} = 37,0 \text{ кВ, } U_{62} = 6,3 \text{ кВ.}$$

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37,0} = 1,560 \text{ кА, } I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,164 \text{ кА.}$$

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

Сопротивления элементов

Система

$$X_c = X_1 = \frac{S_6}{S_c} = \frac{100}{270} = 0,370.$$

Воздушная линия

$$X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{61}^2} = 0,414 \cdot 10,0 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37,0^2} = 0,302.$$

Трансформаторы

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

Кабельная линия

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,326 \cdot 0,278 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6,3^2} = 0,228,$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,078 \cdot 0,278 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6,3^2} = 0,055.$$

Кабельная линия

$$R_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,620 \cdot 0,068 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6,3^2} = 0,107,$$

$$X_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,083 \cdot 0,068 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6,3^2} = 0,014.$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$R_6 = \frac{R'_6}{n_{сд}} = \frac{0,107}{2} = 0,053,$$

$$X_6 = \frac{X'_6}{n_{сд}} = \frac{0,014}{2} = 0,0072.$$

Синхронный двигатель

сопротивление одного двигателя

$$X'_7 = \frac{x''_d \cdot S_6}{S_{ном}} = \frac{0,185 \cdot 100}{0,631} = 29,323;$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$X_7 = \frac{X'_7}{n_{сд}} = \frac{29,323}{2} = 14,662,$$

$$U_{\text{НОМ}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{U_{62}} = \frac{6,0}{6,3} = 0,952, \quad I_{\text{НОМ}} = \frac{I_{\text{НОМ}}}{I_{62}} = \frac{0,061}{9,2} = 0,007,$$

$$E_7 = \sqrt{(U_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_{\text{НОМ}})^2 + (U_{\text{НОМ}} \cdot \sin \varphi_{\text{НОМ}} + I_{\text{НОМ}} \cdot X_7')^2} \\ = \sqrt{(0,952 \cdot 0,999)^2 + (0,952 \cdot 0,053 + 0,007 \cdot 29,323)^2} = 0,982.$$

Расчет короткого замыкания для точки К1.

Эквивалентное сопротивление цепочки СД относительно точки К1

$$Z_{\text{СД}} = \sqrt{(R_6 + R_5)^2 + (X_7 + X_6 + X_5 + X_3 + X_2)^2} \\ = \sqrt{(0,053)^2 + (14,662 + 0,0072 + 1,190 + 0,302)^2} = 16,162.$$

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К1

$$Z_{\text{С}} = X_1 = 0,370.$$

Результирующее сопротивление в точке К1

$$Z_{\Sigma 1} = \frac{Z_{\text{СД}} \cdot Z_{\text{С}}}{Z_{\text{СД}} + Z_{\text{С}}} = \frac{16,162 \cdot 0,370}{16,162 + 0,370} = 0,362.$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{\text{К1}} = \frac{I_{61}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{1,560}{0,362} = 4,310 \text{ кА}.$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{К1}} = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 4,310 = 9,8 \text{ кА},$$

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 3.7.

Таблица 3.7 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	$U_{\delta},$	$I_{\delta},$	Z_{Σ}	$k_{\text{уд}}$	$T_a,$	$I_{\text{к}},$	$i_{\text{уд}},$
	кВ	кА	–	–	сек	кА	кА
К1	37,0	1,560	0,362	1,608	0,02	4,310	9,8
К2	37,0	1,560	0,645	1,608	0,02	2,418	5,5
К3	6,3	9,164	1,653	1,869	0,01	5,543	14,7
К4	6,3	9,164	1,888	1,869	0,01	4,855	12,8

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

$$B_{\text{к}} = I_{\text{к}}^2 \cdot t_{\text{пр}} = 5543,2^2 \cdot 0,3 = 9218029,4 \text{ А}^2 \cdot \text{сек}.$$

где $I_{\text{к}}$ – ток короткого замыкания на низкой стороне трансформаторов ГПП.

Термически стойкое сечение равно

$$F_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C} = \frac{9218029,4}{85} = 35,7 \text{ мм}^2 < F_{\text{real}} = 95 \text{ мм}^2,$$

где C – (для кабелей до 10 кВ с медными жилами) – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при коротком замыкании и материала проводника [3, стр. 42], $A \cdot c^{1/2} / \text{мм}^2$;

$F_{\text{реал}}$ – сечение линии, питающей подстанцию, мм^2 .

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 работы 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 $I_{\text{тер}} = 40,0\text{кА}$;

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 $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$

$$U_{\text{уст}} = 35,0\text{кВ} = U_{\text{ном}} = 35,0\text{кВ};$$

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

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{9317,7}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 153,7\text{А} < I_{\text{ном}} = 2000,0\text{А};$$

–по отключающей способности $I_{\text{n,t}} \leq I_{\text{отк.ном}}$

$$I_{\text{n,t}} = 4,310\text{кА} < I_{\text{отк.ном}} = 40,0\text{кА};$$

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

$$I_{\text{n,0}} = 4,310\text{кА} < I_{\text{дин}} = 40\text{кА},$$

$$i_{\text{уд}} = 9,8\text{кА} < i_{\text{дин}} = 100\text{кА};$$

–по термической стойкости $B_{\text{к}} \leq I_{\text{тер}} \cdot t_{\text{тер}}$

$$B_{\text{к}} = I_{\text{n,0}}^2 \cdot (t_{\text{р.з.}} + t_{\text{отк.в}} + T_{\text{а}}) = 4,310^2 \cdot (1,2 + 0,07 + 0,020) = 23,959\text{кА}^2 \cdot \text{с},$$

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

$$B_{\text{к}} = 23,959\text{кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 4800,0\text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-35/1000

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

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

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

амплитуда предельного сквозного тока $i_{\text{пр.с}} = 51\text{кА}$;

ток термической стойкости $I_{\text{тер}} = 20,0\text{кА}$;

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

Проверка разъединителя

–по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$
 $U_{уст} = 35,0 \text{ кВ} = 35 \text{кВ};$

–по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = 153,7 \text{А} < I_{ном} = 1000,0 \text{А};$$

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

$$i_{уд} = 9,8 \text{кА} < i_{пр.с} = 51 \text{кА};$$

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

$$B_k = 23,959 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 20,0^2 \cdot 4 = 1600,0 \text{кА}^2 \cdot \text{с};$$

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

<i>Расчетные данные</i>	<i>Выключатель ВВУ-35-40/2000</i>	<i>Разъединитель РДЗ-35/1000</i>
$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$
$I_{max} = 153,7 \text{ А}$	$I_{ном} = 2000 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{n,t} = 4,3 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 40 \text{ кА}$	—
$I_{n,o} = 4,3 \text{ кА}$	$I_{дин} = 40 \text{ кА}$	—
$i_{уд} = 9,8 \text{ кА}$	$i_{дин} = 100 \text{ кА}$	$i_{пр.с} = 51 \text{ кА}$
$B_k = 24,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
<i>Расчетные данные</i>	<i>Выключатель ВЭ-10-20/630</i>	<i>Разъединитель</i>
$U_{уст} = 6 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	Используется выкатная тележка
$I_{max} = 450,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$	
$I_{n,t} = 5,5 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА}$	
$I_{n,o} = 5,5 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$	
$i_{уд} = 14,7 \text{ кА}$	$i_{дин} = 51 \text{ кА}$	
$B_k = 17,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

Трансформаторы тока предназначены для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а так же 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	–
	Ваттметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Варметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Счетчик W	ЦЭ36805	2,5	–	2,5
	Счетчик V	ЦЭ36805	2,5	–	2,5
Итого:			6,0	0,5	6,0
Сторона НН трансформатора	Амперметр	Э – 350	–	0,5	–
	Ваттметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Варметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Счетчик W	ЦЭ36805	2,5	–	2,5
	Счетчик V	ЦЭ36805	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 ТФЗМ35

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

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

номинальный ток $I_{ном} = 200 \text{ А}$;

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

ток электродинамической стойкости $i_{дин} = 42 \text{ кА}$;

ток термической стойкости $I_{тер} = 10,6 \text{ кА}$;

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

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

класс точности 0,5.

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

$$U_{уст} = 35,0 \text{ кВ} = U_{ном} = 35,0 \text{ кВ};$$

– проверка трансформатора тока по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{9317,7}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 153,7 \text{ А} < I_{ном} = 200,0 \text{ А};$$

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

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору тока

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{6,0}{5^2} = 0,24 \text{ Ом},$$

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

Допустимое сопротивление проводников

$$r_{пр.доп} = Z_{2ном} - r_{приб} - r_k = 1,2 - 0,24 - 0,10 = 0,86 \text{ Ом},$$

где r_k – 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

$$q_{\text{расч}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0238 \cdot 8}{0,86} = 0,26 \text{ мм}^2$$

где $\rho = 0,0283 \text{ Ом/мм}^2$ — удельное сопротивление алюминиевого провода [9, стр. 374];

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

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

Тогда сопротивление кабеля

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{q} = \frac{0,0283 \cdot 8}{4} = 0,0570 \text{ Ом.}$$

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} = 0,24 + 0,057 + 0,10 = 0,3970 \text{ Ом} < Z_{2\text{ном}} = 1,2000 \text{ Ом.}$$

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

$$i_{\text{уд}} = 9,8 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 42 \text{ кА};$$

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

$$B_{\text{к}} = 23,959 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 10,6^2 \cdot 3 = 337,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

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

<i>Тип ТТ</i>	<i>Расчетные данные</i>	<i>Каталожные данные</i>
<i>ТА1 ТШЛ 10 Сторона НН трансформатора</i>	$U_{\text{уст}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 450,8 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 17,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 14700 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 14,7 \text{ кА}$	<i>не проверяется</i>
	$r_2 = 0,375 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 0,800 \text{ Ом}$
<i>ТА2 ТФЗМ35 Сторона ВН трансформатора</i>	$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 153,7 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 200 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 24,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 337,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 9,8 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 42 \text{ кА}$
	$r_2 = 0,397 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 1,200 \text{ Ом}$

4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения высокого напряжения до стандартного значения 100 вольт, а так же 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	$S_{обм}, B \cdot A$	$n_{обм}$	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$n_{приб}$	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
	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	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	1	0,02	0,0
	Счетчик V	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	1	0,02	0,0
Итого:								25,0	0,0
Сторона НН 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	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	8	0,16	0,0
	Счетчик V	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	8	0,16	0,0
Итого:								10,3	0,0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-6

Параметры трансформатора напряжения

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

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

класс точности 0,5.

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

$$U_{уст} = 6кВ = U_{ном} = 6кВ;$$

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10,3^2 + 0,0^2} = 10,3В \cdot А < S_{ном} = 75В \cdot А.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

б) Выбор трансформаторов напряжения на стороне ВН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа ЗНОМ-35

Параметры трансформатора напряжения

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

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

класс точности 0,5.

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

$$U_{уст} = 35кВ = U_{ном} = 35кВ;$$

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{25,0^2 + 0,0^2} = 25,0В \cdot А < S_{ном} = 150В \cdot А.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель АКРВГ с сечением жил $q = 4мм^2$ 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.

В системе общего учёта расхода электроэнергии на промышленном предприятии важное место занимает технический учёт, то есть контроль расхода электроэнергии по цехам, энергоёмким агрегатам и линиям. Технический учёт позволяет осуществлять контроль за соблюдением режимов электропотребления и является основой для составления электробалансов на промышленном предприятии. Наличие такого учёта позволяет определить удельный расход электроэнергии на различные виды выпускаемой продукции.

Основными функциями АСКУЭ является:

- Непрерывный опрос счетчиков электроэнергии устройством сбора данных;
- дистанционная запись тарифных расписаний в приборы учета по отложенному заданию;
- автоматическая коррекция текущего времени для каждого счетчика по внутренним часам сервера сбора данных;
- хранение даты и времени начала эксплуатации;
- возможность дистанционного отключения нагрузки;
- организация прозрачного канала связи для работы со счетчиками при помощи конфигурационного программного обеспечения;
- определение и регистрация фактов безучетного потребления электроэнергии в системе, на основе сведения балансов отпущенной и потребленной энергии за интервалы времени;
- передача данных о потребленной электроэнергии в биллинговые системы;
- технический учет расхода электроэнергии.

Система АСКУЭ дает возможность связать планирование энергозатрат с планом выпуска готовой продукции, 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.

Система является рациональным решением для:

- повышения точности учета электроэнергии;
- снижения потребляемой мощности на предприятии в часы пиковых нагрузок энергосистемы;
- перехода на расчет за электроэнергию с энергосистемой по дифференцированным тарифам;
- контроля за качеством электроэнергии.

Распространенным на сегодняшний день являются организация связи между точками учёта и УСПД (устройство сбора и передачи данных) посредством связи RS-485, PLC(связь по силовой сети) и RF (радио связь) которая часто используется как дублирующая основного канала связи.

На рассматриваемом предприятии используется организация системы АСКУЭ с применением PCL.

В случае применения в системе АСКУЭ интерфейса PLC установленные приборы учета объединяются в единую сеть (или в несколько не зависящие друг от друга сети) по средствам канала PLC. Замыкающим и ключевым звеном такой сети могут является GSM/GPRS коммуникатор, который передает данные на сервер, где они обрабатываются и хранятся.

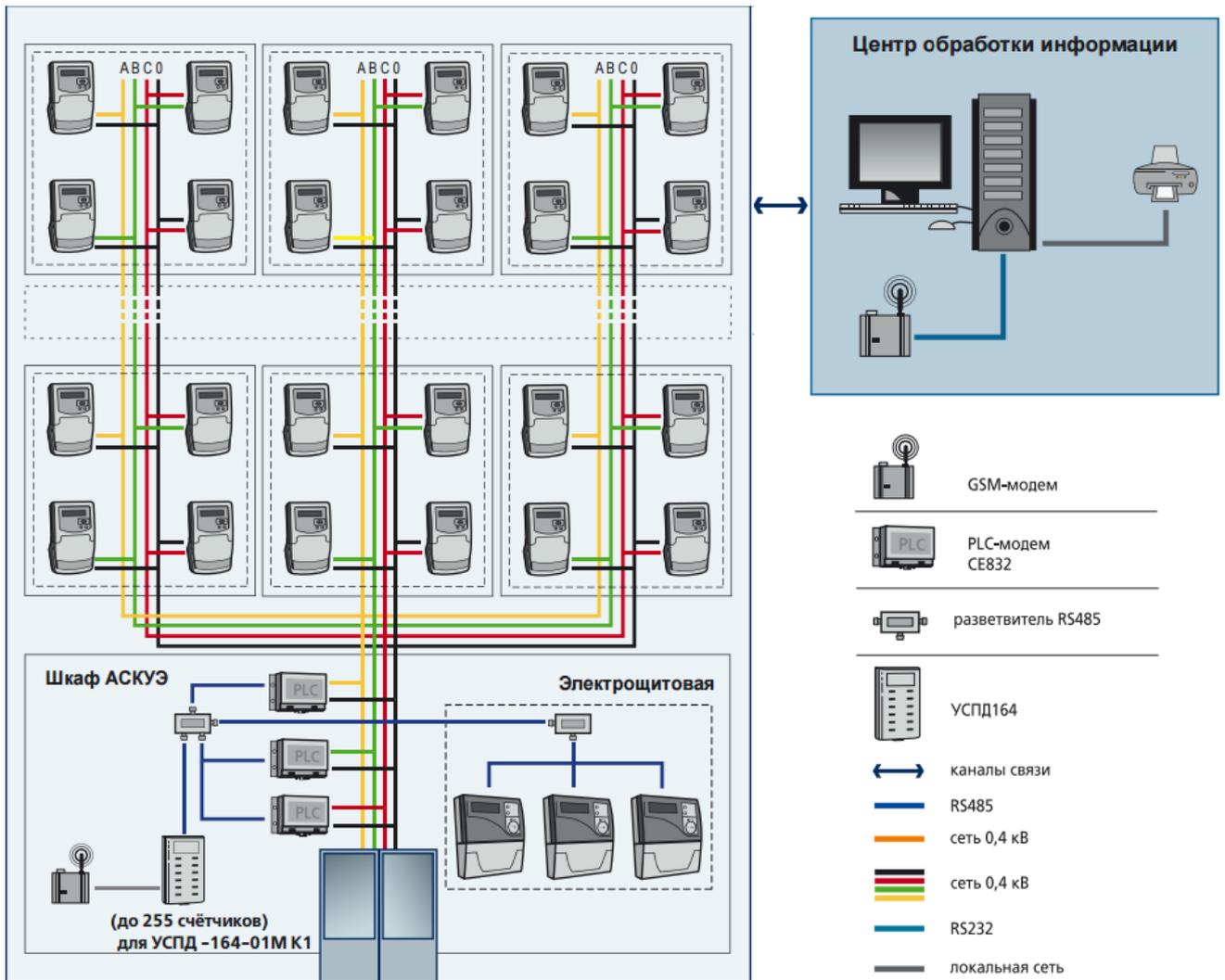


Рисунок 4.1 – Структурная схема АСКУЭ по средствам связи канала PLC

В случае использования связи по средствам PLC технологий, контроль потребления электроэнергии осуществляется непосредственно по самой распределительной силовой сети 0,4 кВ, т.е. для связи УСПД с точками учёта не используется никаких дополнительных каналов связи, что влечет за собой снижение себестоимости точки учёта. При идеальных условиях и отсутствии большего количества помех в силовой сети потребителя скорость обмена данных по силовой сети можно достичь до 10-15 Мб/сек.

В настоящий момент более обоснованным является применение технологий PLC передачи данных нежели организация связи между точками учёта и УСПД посредством, например, RS-485 интерфейса. Несмотря на то, что технология PLC немного уступает в скорости передачи данных её хватает на выполнения основных задач системы АСКУЭ, а также стоимость монтажа и обслуживания точки учёта при использовании PLC технологии значительно меньше, т.к. часто прокладка дополнительного канала связи в точку учёта электроэнергии просто невозможна или слишком дорогостоящая.

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХА

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 электроприёмники

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 электроприёмников принимаем кабель марки АВВГ 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

$$S_{м.ПС} = 577,0 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{р.ПС} = \frac{S_{м.ПС}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{577,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 876,7 \text{ А.}$$

Номинальный ток трансформаторов подстанции

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

Пиковый ток подстанции

$$I_{пик.ПС} = I_{пик}^{max.ПР} + I_{ном.тр} - I_{м}^{ПР} = 964,9 + 1519,3 - 582,0 = 1902,3 \text{ А.}$$

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

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

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 1,25 \cdot 1902,3 = 2377,8 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{пик.ПС}}{I_{тепл}} = \frac{2377,8}{2000} = 1,2, \text{ принимаем } K = 2,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = K \cdot I_{тепл} = 2,0 \cdot 200 = 4000,0 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 2377,8 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ШМА-I

Расчетный и пиковый ток нагрузки ШМА-I

$$I_{р} = 582,6 \text{ А, } I_{пик} = 964,9 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА51 – 29 с параметрами

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

–проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 630 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{р} = 1,1 \cdot 582,0 = 628,5 \text{ А.}$$

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 964,9 = 1206,1 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{1206,1}{630} = 1,9, \quad \text{принимаем } K = 4,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{з.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 4,0 \cdot 630 = 2520,0\text{А} > 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1206,1\text{А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор шинпровода марки ШМА-73 – 2(90 × 8) + 2(90 × 710) $I_{\text{доп}} = 1600\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 1600\text{А} > I_{\text{р}} = 628,5\text{А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 1600\text{А} > \frac{K_{\text{з}} \cdot I_{\text{з}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 630}{1} = 630,0\text{А},$$

где $I_{\text{з}}$ – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

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

$k_{\text{з}}$ – кратность защиты (отношение длительно допустимого тока для кабеля к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ).

Принятый провод проходит по результатам проверок.

в) Участок ШМА-I – ПР1

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1

$$I_{\text{р}} = 102,0\text{А}, \quad I_{\text{пик}} = 279,4\text{А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА57 – 35 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 250\text{А}, \quad I_{\text{тепл}} = 125\text{А} \quad [3, \text{стр. 87, табл. П.2.3}].$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 125\text{А} > 1,1 \cdot I_{\text{р}} = 1,1 \cdot 102,0 = 112,2\text{А}.$$

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 279,4 = 349,3\text{А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пуск}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{349,3}{125} = 2,8, \quad \text{принимаем } K = 4,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 4,0 \cdot 125 = 500,0\text{А} > 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 349,3\text{А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ – 1(4 × 70) $I_{\text{доп}} = 140\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

–проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 140\text{А} > I_{\text{р}} = 112,2\text{А.}$$

–согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 140\text{А} > \frac{K_{\text{з}} \cdot I_{\text{з}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 125}{1} = 125,0\text{А.}$$

–проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_0 \cdot I_{\text{м}} \cdot l = 0,203 \cdot 102,0 \cdot 0,007 = 0,15\% < 5\%.$$

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 – Заточный станок

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{\text{ном}} = 13,9\text{А.} \quad I_{\text{пуск}} = 69,6\text{А.}$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА13 – 29 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 63\text{А}, \quad I_{\text{тепл}} = 16\text{А} \quad [3, \text{стр. 87, табл. П.2.3}].$$

–проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{\text{тепл}} = 16\text{А} > 1,1 \cdot I_{\text{ном}} = 1,1 \cdot 13,9 = 15,3\text{А.}$$

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,5 \cdot 69,6 = 104,4\text{А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{I_{кз}}{I_{тепл}} = \frac{104,4}{16} = 6,5 \text{ принимаем } K = 12,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{кз} = K \cdot I_{тепл} = 12,0 \cdot 16 = 192,0\text{А} > I_{кз} = 104,4\text{А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ – 1(4×2,5) $I_{доп} = 19\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

–проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{доп} = 19\text{А} > I_{ном} = 15,3\text{А}.$$

–согласование с действием аппарата защиты

$$I_{доп} = 75\text{А} > \frac{K_з \cdot I_з}{K_{прокл}} = \frac{1 \cdot 16}{1} = 16,0\text{А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

г) Участок ПР1 – Электродпечь сопротивления

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{ном} = 54,4\text{А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА13 – 29 с параметрами

$$I_{ном.ав} = 63\text{А}, \quad I_{тепл} = 63\text{А} \quad [3, \text{стр. 87, табл. П.2.3}].$$

–проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{тепл} = 63\text{А} > 1,1 \cdot I_{ном} = 1,1 \cdot 54,4 = 59,8\text{А}.$$

Так как у данного электроприемника нет пускового тока, то проверку по условию перегрузки пусковым током делать не надо. Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ – 1(4 25) $I_{доп} = 75\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

–проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{доп} = 75\text{А} > I_{ном} = 59,8\text{А}.$$

–согласование с действием аппарата защиты

$$I_{доп} = 35\text{А} > \frac{K_з \cdot I_з}{K_{прокл}} = \frac{1 \cdot 63}{1} = 63,0\text{А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Выбор аппаратов защиты и кабельных линий приведен в приложении 5.

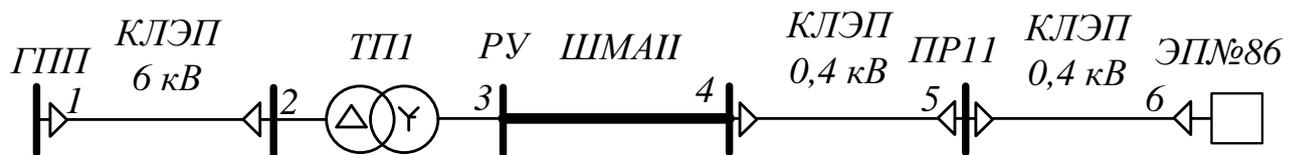
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

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 ТП1 – ШМА-П – ПР11 – ЭП №86.

Расчетные данные приемника №86

$$P_{\text{НОМ}} = 25,0 \text{ кВт}; \quad Q_{\text{НОМ}} = 43,3 \text{ кВАр}; \quad S_{\text{НОМ}} = 50,0 \text{ кВА}.$$



АВБ6ШВ -	ТМ-1000/10	ШМА-73	АВВГ	ВВГнг-
1(3 × 95)	$S_{\text{НОМ}} = 1,00 \text{ МВА}$	2(90 × 8) + 2(90 × 710)	1(4 × 70)	1(4 × 50)
$l = 277,5 \text{ м}$	$U_{\text{к}} = 5,5\%$	$l = 53,3 \text{ м}$	$l = 14,7 \text{ м}$	$l = 4,1 \text{ м}$
$r_0 = 0,326 \text{ мОм/м}$	$P_{\text{кз}} = 12,2 \text{ кВт}$	$r_0 = 0,031 \text{ мОм/м}$	$r_0 = 0,443 \text{ мОм/м}$	$r_0 = 0,620 \text{ мОм/м}$
$x_0 = 0,078 \text{ мОм/м}$	$n_{\text{тр}} = 1 \text{ шт}$	$x_0 = 0,017 \text{ мОм/м}$	$x_0 = 0,061 \text{ мОм/м}$	$x_0 = 0,063 \text{ мОм/м}$
$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$		$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$	$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$	$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$

Рисунок 5.1 – Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,326 \cdot 277,5}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0900 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,078 \cdot 277,5}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0220 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{ц,ТП} = 577,0 \text{ кВт}, \quad Q_{12} = \sum Q_{ц,ТП} = 152,0 \text{ кВар}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12, \%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{577,0 \cdot 0,090 + 152,0 \cdot 0,022}{10 \cdot 6,3^2} = 0,140\%$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12, \%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,140 \cdot \frac{6300}{100} = 8,8 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 6300 - 8,8 = 6291,2 \text{ В}.$$

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

$$\beta = \frac{P_{12}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{577,0}{1 \cdot 1000} = 0,577.$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot P_{12} = 0,02 \cdot 577,0 = 11,5 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,10 \cdot P_{12} = 0,10 \cdot 577,0 = 57,7 \text{ кВар}.$$

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

$$P_{23} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 577,0 - 11,5 = 565,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 152,0 - 57,7 = 94,3 \text{ кВар}.$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{565,5^2 + 94,3^2} = 573,3 \text{ кВА}.$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{565,5}{573,3} = 0,986, \quad \sin \varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{94,3}{573,3} = 0,164,$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\begin{aligned}\Delta U_{23,\%} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) \\ &= 0,577 \cdot (1,220 \cdot 0,986 + 5,363 \cdot 0,164) + \frac{0,577^2}{200} \\ &\quad \cdot (1,220 \cdot 0,164 - 5,363 \cdot 0,986) = 1,195\%.\end{aligned}$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 1,195 \cdot \frac{6291,2}{100} = 75,2\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 6291,2 - 75,2 = 6216,0\text{В}.$$

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

$$U_3^{\text{НН}} = U_3 = 400 \cdot \frac{6216,0}{6300} = 394,7\text{В}.$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,031 \cdot 53,3}{1} \cdot 10^{-3} = 0,00170\text{Ом},$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,017 \cdot 53,3}{1} \cdot 10^{-3} = 0,00090\text{Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 163,3\text{кВт}, \quad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 94,0\text{кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{163,3 \cdot 0,0017 + 94,0 \cdot 0,0009}{10 \cdot 0,395^2} = 0,228\%$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 0,228 \cdot \frac{394,7}{100} = 0,9\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 394,7 - 0,9 = 393,8\text{В}.$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{ц}} = \frac{0,443 \cdot 14,7}{1} \cdot 10^{-3} = 0,006\text{м},$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{ц}} = \frac{0,061 \cdot 14,7}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0010\text{м}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{НОМ}} = 34,1\text{кВт}, \quad Q_{45} = Q_{\text{НОМ}} = 27,6\text{кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{34,1 \cdot 0,006 + 27,6 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,394^2} = 0,159\%.$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0,159 \cdot \frac{393,8}{100} = 0,6\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 393,8 - 0,6 = 393,1\text{В}.$$

Участок 5-6

Активное и реактивное сопротивление участка 5-6

$$R_{56} = \frac{r_{56} \cdot l_{56}}{n_{ц}} = \frac{0,620 \cdot 4,1}{1} \cdot 10^{-3} = 0,00250\text{м},$$

$$X_{56} = \frac{x_{56} \cdot l_{56}}{n_{ц}} = \frac{0,063 \cdot 4,1}{1} \cdot 10^{-3} = 0,00030\text{м}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 5-6

$$P_{56} = P_{\text{НОМ}} = 25,0\text{кВт}, \quad Q_{56} = Q_{\text{НОМ}} = 43,3\text{кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 5-6

$$\Delta U_{56,\%} = \frac{P_{56} \cdot R_{56} + Q_{56} \cdot X_{56}}{10 \cdot U_5^2} = \frac{25,0 \cdot 0,0025 + 43,3 \cdot 0,0003}{10 \cdot 0,393^2} = 0,048\%.$$

Потеря напряжения на участке 5-6 в именованных единицах

$$\Delta U_{56} = \Delta U_{56,\%} \cdot \frac{U_5}{100\%} = 0,048 \cdot \frac{393,1}{100} = 0,2\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 5-6

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 393,1 - 0,2 = 393,0\text{В}.$$

Результаты расчетов приведены в приложении 15.

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 ТП1 – ШМА-П – ПР11 – ЭП №86.

ТМ 1000/6	ВА74-43	ВА51-29	ШМА-73	ВА57-35	АВВГ	ВА13-29	ВВГ _{нг}
$S_{\text{ном}} = 1,00 \text{ МВА}$	<u>2000</u>	<u>630</u>	$2(90 \times 8) + 2(90 \times 710)$	<u>125</u>	$1(4 \times 70)$	<u>100</u>	$1(4 \times 50)$
$U_a = 1,2\%$	4000,0	2520,0	$l = 53,3 \text{ м}$	500,0	$l = 14,7 \text{ м}$	400,0	$l = 4,1 \text{ м}$
$U_p = 5,4\%$			$r_0 = 0,031 \text{ мОм/м}$		$r_0 = 0,443 \text{ мОм/м}$		$r_0 = 0,620 \text{ мОм/м}$
$P_{\text{кз}} = 12,2 \text{ кВт}$	ТШМС-0,66	ТШ-20	$x_0 = 0,017 \text{ Ом/м}$		$x_0 = 0,061 \text{ мОм/м}$		$x_0 = 0,063 \text{ мОм/м}$
$I_{\text{ном.тр}} = 1,52 \text{ кА}$	2000/5	800/5	$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$		$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$		$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$

Рисунок 5.2 – Расчетная схема

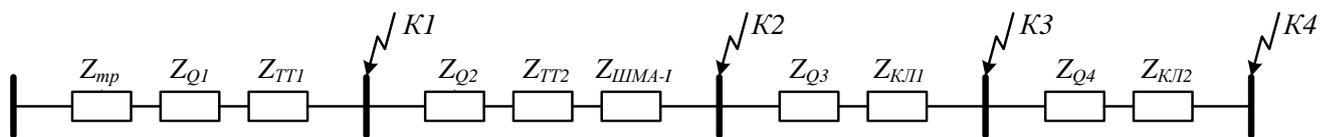


Рисунок 5.3 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

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

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

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

Автоматы Q2, Q3, Q4

$$\begin{aligned} R_{Q2} &= 0,12\text{мОм}, & X_{Q2} &= 0,09\text{мОм}, \\ R_{Q3} &= 0,74\text{мОм}, & X_{Q3} &= 0,55\text{мОм}, \\ R_{Q4} &= 1,30\text{мОм}, & X_{Q4} &= 0,86\text{мОм}. \end{aligned}$$

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

Трансформатор тока ТТ2

$$R_{ТТ2} = 0,05\text{мОм}, \quad X_{ТТ2} = 0,07\text{мОм},$$

Магистральный шинопровод ШМА-II

$$\begin{aligned} R_{ШМА} &= \frac{r_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,031 \cdot 53,3}{1} = 1,7\text{мОм}, \\ X_{ШМА} &= \frac{x_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,017 \cdot 53,3}{1} = 0,9\text{мОм}. \end{aligned}$$

Кабельная линия КЛ1

$$\begin{aligned} R_{кЛ1} &= \frac{r_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,443 \cdot 14,7}{1} = 6,5\text{мОм}, \\ X_{кЛ1} &= \frac{x_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,061 \cdot 14,7}{1} = 0,9\text{мОм}. \end{aligned}$$

Кабельная линия КЛ2

$$\begin{aligned} R_{кЛ2} &= \frac{r_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,620 \cdot 4,1}{1} = 2,5\text{мОм}, \\ X_{кЛ2} &= \frac{x_0 \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,063 \cdot 4,1}{1} = 0,3\text{мОм}. \end{aligned}$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1

$$Z_{К1} = Z_{тр} = \sqrt{R_{тр}^2 + X_{тр}^2} = \sqrt{2,0^2 + 8,6^2} = 8,8\text{мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{К1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{К1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,8} = 26,2\text{кА}.$$

Постоянная времени

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

Ударный коэффициент

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

Ударный ток короткого замыкания в точке К1

$$i_{уд.к1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1,490 \cdot 26,2 = 55,3 \text{ кА}.$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

<i>Точка КЗ</i>	<i>Z_Σ</i> <i>мОм</i>	<i>k_{уд}</i>	<i>T_a</i> , <i>сек</i>	<i>I_к</i> <i>кА</i>	<i>i_{уд}</i> <i>кА</i>
К1	8,8	1,490	0,0140	26,2	55,3
К2	10,4	1,293	0,0081	22,3	40,7
К3	15,6	1,044	0,0032	14,8	21,8
К4	19,2	1,022	0,0026	12,0	17,4

5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

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

- номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- расчётный и пиковый ток 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, а так же сама карта селективности приведены в приложении 15.

5.5 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ

Обеспечение отключения аппаратами защиты токов трехфазного КЗ не является гарантией отключения однофазного КЗ, по той причине, что токи однофазного короткого замыкания в несколько раз меньше токов трехфазного КЗ. В сети напряжения 0,4 кВ необходимо быстрое отключение повреждения. Это достигается высокой проводимостью петли фаза ноль.

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП1–ШМА-II–ПР11–ЭП№86.

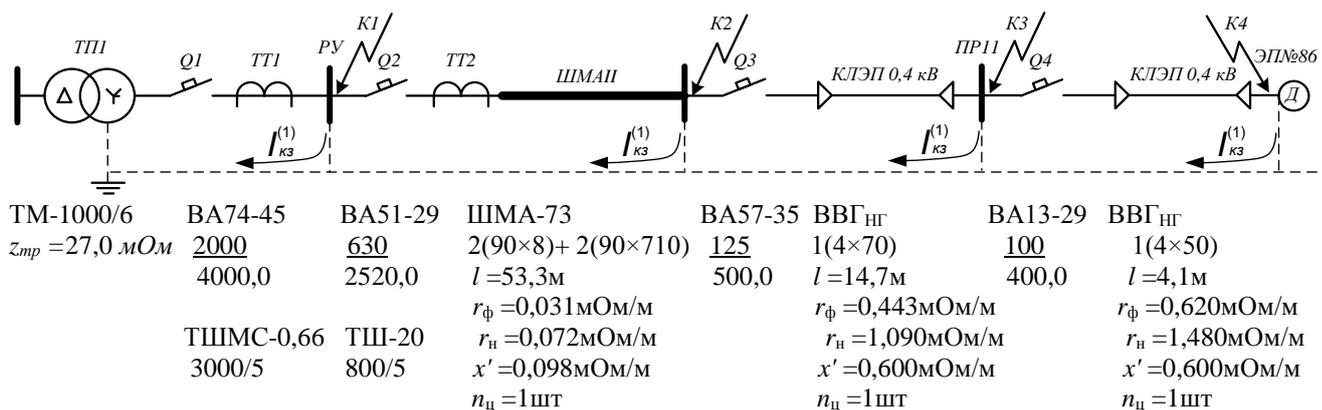


Рисунок 5.4 – Расчетная схема

Сопротивления элементов.

Сопротивление трансформатора току однофазного замыкания на корпус [2, стр. 60, табл. 4.6]

$$\frac{Z_{\text{ТР}}}{3} = \frac{27,0}{3} = 9,0 \text{ мОм.}$$

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

Автоматы Q2, Q3, Q4

$$\begin{aligned} R_{Q2} &= 0,12 \text{ мОм}, & X_{Q2} &= 0,09 \text{ мОм}, \\ R_{Q3} &= 0,74 \text{ мОм}, & X_{Q3} &= 0,55 \text{ мОм}, \\ R_{Q4} &= 1,30 \text{ мОм}, & X_{Q4} &= 0,86 \text{ мОм} \end{aligned}$$

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

Трансформатор тока ТТ2

$$R_{\text{ТТ}2} = 0,05 \text{ мОм}, \quad X_{\text{ТТ}2} = 0,07 \text{ мОм},$$

Кабельная линия КЛ1

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 1} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,031 \cdot 53,3}{1} = 1,7 \text{ мОм},$$

активное сопротивление нулевого проводника [1, стр. 143, табл. 6.22]

$$R_{н1} = \frac{r_{н} \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,072 \cdot 53,3}{1} = 3,8 \text{ мОм},$$

внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль [2, стр. 61]

$$X'_1 = \frac{x' \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,098 \cdot 53,3}{1} = 5,2 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 1} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,443 \cdot 14,7}{1} = 6,5 \text{ мОм},$$

активное сопротивление нулевого проводника [1, стр. 143, табл. 6.22]

$$R_{\text{н}2} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,090 \cdot 14,7}{1} = 16,0 \text{ мОм},$$

внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль [2, стр. 61]

$$X'_2 = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,600 \cdot 14,7}{1} = 8,8 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛЗ

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 3} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,620 \cdot 4,1}{1} = 2,5 \text{ мОм},$$

активное сопротивление нулевого проводника [1, стр. 143, табл. 6.22]

$$R_{\text{н}3} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{1,480 \cdot 4,1}{1} = 6,1 \text{ мОм},$$

внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль [2, стр. 61]

$$X'_3 = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,600 \cdot 4,1}{1} = 2,5 \text{ мОм}.$$

Сопротивление дуги в точке КЗ [2, стр. 61]

$$R_{\text{д}} = 0,03 \text{ мОм}.$$

Сопротивление питающей системы [2, стр. 61]

$$X_{\text{с}} = 3,2 \text{ мОм}.$$

Внутреннее индуктивное сопротивление проводов зануления X'' учитывается только для проводов выполненных из стали [2, стр. 61].

Для расчета тока однофазного КЗ рекомендуется упрощенная формула

$$I_{\text{К}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}}{3} + Z_{\text{н}}},$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В.

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Сопротивление петли фаза ноль до точки К1

$$Z_{\text{н}1} = \sqrt{R_{\text{д}}^2 + X_{\text{с}}^2} = \sqrt{0,03^2 + 3,2^2} = 3,2 \text{ мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{\text{К}1}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}}{3} + Z_{\text{н}1}} = \frac{220}{9,0 + 3,2} = 18,0 \text{ кА}.$$

Проверка условия

$$I_{\text{К}1}^{(1)} = 18,0 \text{ кА} > 3 \cdot I_{\text{ном.расц}} \Rightarrow 3 \cdot 2,000 = 6,0 \text{ кА},$$

следовательно, в случае однофазного КЗ в точке К1 автомат, защищающий отходящую линию на ТП, должен безотказно сработать.

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

<i>Точка КЗ</i>	<i>Z_{Σ} мОм</i>	<i>$I_{к}$ кА</i>	<i>$3 \cdot I$ ном.расц. кА</i>
К1	3,2	18,0	6,0
К2	10,3	11,40	1,89
К3	34,0	5,11	0,38
К4	44,3	4,13	0,30

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Назначение РЗА

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.

6.2 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.

6.3 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. Примеры схем защит приведены в приложении 6 (рисунок 1. а,б,в).

6.4 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 (приложение 6, рисунок 1. г) 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.

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. Так же, 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.

6.5 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 – быстрое действие 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.

6.6 Расчет дифференциальной защиты трансформатора ГПП

Дифференциальная защита трансформатора является основной быстродействующей защитой от межфазных КЗ и замыканий между витками одной фазы. Схема расчета дифференциальной защиты приведена на рисунке 6.1.

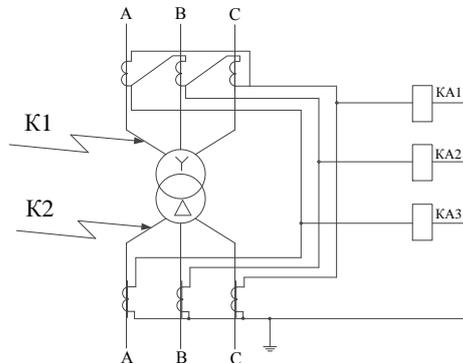


Рисунок 6.3 – Дифференциальная токовая защита трансформатора

При создавшемся аварийном режиме в зоне защиты в работу вступает дифференциальная защита и отключает повреждение без выдержки времени со стороны НН и ВН одновременно.

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчета дифференциальной защиты

<i>Числовое значение для стороны</i>	
35,0	6,0
Номинальные токи защищаемого трансформатора	
$I_{ВН} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{ВН}} = \frac{1,4 \cdot 6300}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 145,5\text{А.}$	$I_{НН} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{НН}} = \frac{1,4 \cdot 6300}{\sqrt{3} \cdot 6,0} = 848,7\text{А.}$
Схема соединения обмоток трансформаторов	
Y	Δ
Схема соединения обмоток трансформаторов тока	
Δ	Y
Коэффициент схемы	
$K_{\text{сх}}^{(3)} = \sqrt{3}$	$K_{\text{сх}}^{(3)} = 1$
Принятый стандартный коэффициент трансформации трансформаторов тока	
$K_{\text{А.ВН}} = \frac{150}{5} = 30,0$	$K_{\text{А.НН}} = \frac{2000}{5} = 400,0$
Расчетный коэффициент трансформации трансформаторов тока	
$K_{\text{АΔ}} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{ВН}}{5} = \frac{\sqrt{3} \cdot 145,5}{5} = 50,4$	$K_{\text{AY}} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{НН}}{5} = \frac{1 \cdot 848,7}{5} = 169,7$
Вторичный ток в плечах защиты	
$I_{2ВН} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{ВН}}{K_{\text{А.ВН}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 145,5}{30,0} = 8,4\text{А.}$	$I_{2НН} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{НН}}{K_{\text{А.НН}}} = \frac{1 \cdot 848,7}{400,0} = 2,1\text{А.}$
Токи КЗ	
$I_{\text{КЗ.ВН}} = 2417,7\text{А.}$	$I_{\text{КЗ.НН}} = 5543,2\text{А.}$

Ток небаланса, обусловленный погрешностью трансформаторов тока

$$I'_{нб} = I_{нб.тр} = K_a \cdot K_{одн} \cdot \Psi_i \cdot I_{кз.вн.мах} = 1 \cdot 1,0 \cdot 0,1 \cdot 2417,7 = 241,8\text{А},$$

где K_a – коэффициент, учитывающий наличие апериодической составляющей [11, стр. 156];

$K_{одн}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока [11, стр. 156];

Ψ_i – относительное значение полной погрешности трансформаторов тока [11, стр. 156].

Ток небаланса, обусловленный наличием РПН у силового трансформатора

$$I''_{нб} = I_{нб.рег} = \Delta U_{*a} \cdot K_{ток} \cdot I_{кз.вн.мах} = 0,09 \cdot 1,0 \cdot 2417,7 = 217,6\text{А},$$

где ΔU_{*a} – относительная погрешность, обусловленная регулированием напряжения, равная половине диапазона регулирования силового трансформатора;

$K_{ток}$ – коэффициент токораспределения (для двухобмоточного трансформатора) [11, стр. 157].

Первичный расчетный ток небаланса при внешнем КЗ

$$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} = 241,8 + 217,6 = 459,4\text{А}.$$

Предварительный ток срабатывания защиты по условию отстройки от тока небаланса

$$I_{с.з} \geq K_{над} \cdot I_{нб} = 1,3 \cdot 459,4 = 597,2\text{А},$$

где $K_{над}$ – коэффициент надежности, учитывающий ошибку реле и необходимый запас [11, стр. 158].

Предварительный ток срабатывания защиты по условию от броска тока намагничивания

$$I_{с.з} \geq K_{над} \cdot I_{вн} = 1,3 \cdot 145,5 = 189,1\text{А}.$$

Принимаем расчетный ток срабатывания защиты

$$I_{с.з} = 597,2\text{А}.$$

Расчетный ток в реле [11, стр. 27, табл. 2.1]

$$I_p = 1,5 \cdot \frac{I_{кз.вн.мин}}{K_{А.вн}} = 1,5 \cdot \frac{2417,7}{30,0} = 120,9\text{А}.$$

При двухфазном КЗ на стороне НН ток повреждения проходит через обмотки трансформатора тока стороны ВН, соединенные в треугольник. Предварительный ток срабатывания реле

$$I_{с.р} = \frac{K_{сх}^{(3)} \cdot I_{с.з}}{K_{А.вн}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 597,2}{30,0} = 34,5\text{А}.$$

Предварительное значение коэффициента чувствительности при двухфазном КЗ

$$K_{ч}^{(2)} = \frac{I_p}{I_{с.р}} = \frac{120,9}{34,5} = 3,51 > 2.$$

Проверка выполняется, можно вести расчет дальше. Необходимо определить число витков обмоток реле. Расчет начинается с определения числа витков обмотки ВН, так как это питающая сторона с регулируемым напряжением.

Таблица 6.2 – Определение числа витков насыщающегося трансформатора

Расчетный ток срабатывания реле на стороне ВН
$I_{с.р.вн.расч} = \frac{K_{сх}^{(3)} \cdot I_{с.з}}{K_{А.вн}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 597,2}{30,0} = 34,5А.$
Расчетное число витков обмотки реле для стороны ВН
$W_{вн.расч} = \frac{F_{ср}}{I_{с.р.вн.расч}} = \frac{100}{34,5} = 2,9шт, \text{ принимаем } W_{вн} = 2,0шт.$
Фактический ток срабатывания реле на стороне ВН
$I_{с.р.вн} = \frac{F_{ср}}{W_{вн}} = \frac{100}{2,0} = 50,0А.$
Фактический расчетный ток срабатывания защиты на стороне ВН
$I_{с.з.вн} = \frac{I_{с.р.вн} \cdot K_{А.вн}}{K_{сх}^{(3)}} = \frac{50,0 \cdot 30,0}{\sqrt{3}} = 866,0А.$
Расчетный ток срабатывания защиты на стороне НН
$I_{с.р.нн.расч} = \frac{I_{с.з.вн} \cdot U_{вн}}{U_{нн}} = \frac{866,0 \cdot 35,0}{6,0} = 505185А.$
Расчетное число витков обмотки реле для стороны НН
$W_{нн.расч} = \frac{W_{вн} \cdot I_{2вн}}{I_{2нн}} = \frac{2 \cdot 8,4}{2,1} = 7,9шт, \text{ принимаем } W_{нн} = 8,0шт.$

Окончание таблицы 6.2

Ток небаланса, составляющая $I''''_{нб}$
$I''''_{нб} = \frac{W_{нн.расч} - W_{нн}}{W_{нн.расч}} \cdot I_{кз.вн.мах} = \frac{7,9 - 8,0}{7,9} \cdot 2417,7 = 25,1А.$
Первичный расчетный ток небаланса
$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} + I''''_{нб} = 241,8 + 217,6 + 25,1 = 484,4А.$
Ток срабатывания защиты по условию отстройки от тока небаланса
$I_{с.з} \geq K_{над} \cdot I_{нб} = 1,3 \cdot 484,4 = 629,8А.$
Расчетное число витков обмотки реле для стороны ВН
$W_{вн.расч} = \frac{F_{ср}}{I_{с.р.вн}} = \frac{100}{5,0} = 2,0шт, \text{ принимаем } W_{вн} = 2,0шт.$
Фактический ток срабатывания реле на стороне ВН
$I_{с.р.вн} = \frac{F_{ср}}{W_{вн}} = \frac{100}{2,0} = 50,0А.$
Фактический расчетный ток срабатывания защиты на стороне ВН
$I_{с.з.вн} = \frac{I_{с.р.вн} \cdot K_{А.вн}}{K_{сх}^{(3)}} = \frac{50,0 \cdot 30,0}{\sqrt{3}} = 866,0А.$
Расчетный ток срабатывания защиты на стороне НН
$I_{с.р.нн.расч} = \frac{I_{с.з.вн} \cdot U_{вн}}{U_{нн}} = \frac{866,0 \cdot 35,0}{6,0} = 5051,8А.$

Расчетное число витков обмотки реле для стороны НН
$W_{\text{НН.расч}} = \frac{W_{\text{ВН}} \cdot I_{2\text{ВН}}}{I_{2\text{НН}}} = \frac{2 \cdot 8,4}{2,1} = 7,9 \text{ шт, принимаем } W_{\text{НН}} = 8,0 \text{ шт.}$
Ток небаланса, составляющая $I''''_{\text{нб}}$
$I''''_{\text{нб}} = \frac{W_{\text{НН.расч}} - W_{\text{НН}}}{W_{\text{НН.расч}}} \cdot I_{\text{кз.вн.max}} = \frac{7,9 - 8,0}{7,9} \cdot 2417,7 = 25,1 \text{ А.}$
Первичный расчетный ток небаланса
$I_{\text{нб}} = I'_{\text{нб}} + I''_{\text{нб}} + I''''_{\text{нб}} = 241,8 + 217,6 + 25,1 = 484,4.$
Ток срабатывания защиты по условию отстройки от тока небаланса
$I_{\text{с.з}} \geq K_{\text{над}} \cdot I_{\text{нб}} = 1,3 \cdot 484,4 = 629,8 \text{ А.}$
Уточненный ток срабатывания реле на стороне ВН
$I_{\text{с.р.вн}} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{\text{с.з}}}{K_{\text{А.вн}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 629,8}{30,0} = 36,4 \text{ А.}$
Окончательно принятое число витков
$W_{\text{ВН}} = 2,0 \text{ шт; } W_{\text{НН}} = 8,0 \text{ шт.}$
Проверка по уравнению
$I_{2\text{ВН}} \cdot W_{\text{ВН}} = 8,4 \cdot 2,0 = 16,8 \cong I_{2\text{НН}} \cdot W_{\text{НН}} = 2,1 \cdot 8,0 = 17,0$

Расчетный ток в реле [11, стр. 27, табл. 2.1]

$$I_{\text{р}} = 1,5 \cdot \frac{I_{\text{кз.вн.min}}}{K_{\text{А.вн}}} = 1,5 \cdot \frac{2417,7}{30,0} = 120,9 \text{ А.}$$

Оценка значения коэффициента чувствительности при двухфазном КЗ

$$K_{\text{ч}}^{(2)} = \frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{с.р}}} = \frac{120,9}{36,4} = 3,32 > 2.$$

Рассчитанная защита достаточно чувствительна и может быть рекомендована к установке.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-9391	Исаков Игорь Владимирович

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПП
Уровень образования		Направление/специальность	140211.65 Электроснабжение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка сметной стоимости на проектирование	Расчет сметы затрат на проектирование
2. Формирование плана и графика разработки	Формирование плана и графика разработки ИР
3. Оценка сметной стоимости на оборудование	Расчет сметы затрат на оборудование

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9391	Исаков И.В.		

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1 Общие сведения

Целью данной работы является составление сметы на проектирование электрической части СДУ «Чирчикавтодор» и расчет сметы затрат на электрооборудование инструментального цеха предприятия.

Капитальные вложения в электрооборудование – это в первую очередь, стоимость электрооборудования и стоимость строительно-монтажных работ.

Смета – это документ, определяющий окончательную и предельную стоимость реализации проекта. Смета служит исходным документом капитального вложения, в котором определяются затраты, необходимые для выполнения полного объема необходимых работ.

Исходными материалами для определения сметной стоимости строительства объекта служат данные проекта по составу оборудования, объему строительных и монтажных работ; прейскуранты цен на оборудование и строительные материалы; нормы и расценки на строительные и монтажные работы; тарифы на перевозку грузов; нормы накладных расходов и другие нормативные документы.

Решение о проектировании электроснабжения принимается на основе технико-экономического обоснования.

На основе утвержденного ТЭО заказчик заключает договор с проектной организацией на проектирование и выдает ей задание, которое содержит:

1. Генплан предприятия;
2. Расположение источника питания;
3. Сведения об электрических нагрузках;
4. План размещения электроприемников на корпусах;
5. Площадь корпусов и всей территории завода.

Различают две стадии проектирования:

- а) Технический проект;
- б) Рабочий чертеж.

Если проектируемый объект в техническом отношении не сложный, то обе стадии объединяются в одну – технорабочий проект.

7.2 Смета на проектирование

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на проектирование электроснабжения объекта в срок при наименьших затратах средств, составляется план-график, в котором рассчитывается поэтапная трудоемкость всех работ. После определения трудоемкости всех этапов темы, назначается число участников работы по этапам (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – План разработки выполнения этапов проекта

№ n/n	Перечень выполненных работ	Исполнители	Прод- сть, дн.	СЗП, руб.	ЗП, руб.
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Руководитель	1	1809,4	1809,4
		Инженер	2	1041,2	2082,5
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инженер	5	1041,2	5206,2
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	8	1041,2	8329,9
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер	2	1041,2	2082,5
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Технико-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	3	1041,2	3123,7
6	Выбор трансформаторов ГПП. Технико-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Инженер	3	1041,2	3123,7
7	Расчет внутривзаводской сети предприятия	Инженер	12	1041,2	12494,9
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	2	1041,2	2082,5
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В	Инженер	2	1041,2	2082,5
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	Инженер	6	1041,2	6247,4
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Инженер	2	1041,2	2082,5
12	Расчет молниезащиты	Инженер	2	1041,2	2082,5
13	Расчет релейной защиты и автоматики	Инженер	3	1041,2	3123,7
14	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	2	1041,2	2082,5
15	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Инженер	2	1041,2	2082,5
16	Социальная ответственность	Инженер	2	1041,2	2082,5
17	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	4	1809,4	7237,4
		Инженер	22	1041,2	22907,2
18	Чертежные работы	Руководитель	4	1809,4	7237,4
		Инженер	20	1041,2	20824,8
Итого по каждой должности		Руководитель	9	1809,4	16284,2
		Инженер	100	1041,2	104123,8
Итого ФЗП сотрудников					120408,0

Затраты на разработку проекта

$$K_{пр} = I_{зп} + I_{мат} + I_{ам} + I_{со} + I_{пр} + I_{накл},$$

где $I_{зп}$ – заработная плата;

$I_{мат}$ – материальные затраты;

$I_{ам}$ – амортизация компьютерной техники;

$I_{со}$ – отчисления на социальные нужды;

$I_{пр}$ – прочие затраты;

$I_{накл}$ – накладные расходы.

1) Расчет зарплаты

а) Месячная зарплата руководителя проекта

$$I_{зп}^{мес} = (ЗП_о \cdot K_1 + Д) \cdot K_2 = (23300,0 \cdot 1,16 + 2200) \cdot 1,3 = 37996,4 \text{руб},$$

где $ЗП_о$ – месячный оклад;

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск (10% от $ЗП_о$);

K_2 – районный коэффициент (1,3 для Томской области).

Зарплата руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$I_{зп}^{\phi} = \frac{I_{зп}^{мес}}{21} \cdot n = \frac{37996,4}{21} \cdot 9,0 = 16284,2 \text{руб},$$

где n – количество отработанных дней по факту.

б) Месячная зарплата инженера

$$I_{зп}^{мес} = ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2 = 14500,0 \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 21866,0 \text{руб}.$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{зп}^{\phi} = \frac{I_{зп}^{мес}}{21} \cdot n = \frac{21866,0}{21} \cdot 100,0 = 104123,8 \text{руб}.$$

в) Итого ФЗП сотрудников

$$\text{ФЗП} = 16284,2 + 104123,8 = 120408,0 \text{руб}.$$

Расчет ФЗП приведен в таблице 7.2. Календарный план проекта и график занятости представлены в приложении 7.

Таблица 7.2 – Расчет ФЗП

Должность	ЗП _о , руб	Д, руб	K ₁	K ₂	I _{зп} ^{мес} , руб	Средняя зарплата за один день, руб.	n	ФЗП, руб
Руководитель	23300,0	2200,0	1,16	1,3	37996,4	1809,4	9,0	16284,2
Инженер	14500,0	–	1,16	1,3	21866,0	1041,2	100,0	104123,8
Итого	37800,0	–	–	–	59862,4	–	–	120408,0

2) Материальные затраты

Таблица 7.3 – Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб	I _м , руб
Флэш память	1	250,0	250,0
Упаковка бумаги А4 500 листов	1	188,0	188,0
Канцтовары	–	500,0	500,0
Картридж для принтера	1	2000,0	2000,0
Итого I_{мат}, руб	–	–	2938,0

3) Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах.

$$I_{ам} = \frac{T_{исп.КТ}}{T_{кал}} \cdot Ц_{КТ} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{50}{365} \cdot 32000,0 \cdot \frac{1}{5} = 876,7 \text{руб.}$$

где $T_{исп.КТ}$ – время использования компьютерной техники на проект;

$T_{кал}$ – годовой действительный фонд рабочего времени используемого оборудования;

$Ц_{КТ}$ – первоначальная стоимость оборудования, руб;

$T_{сл}$ – срок службы компьютерной техники (время окупаемости 5 лет).

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 7.4.

Таблица 7.4 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб	Количество	T , дней	$I_{ам}$, руб
Компьютер	32000,0	1	50	876,7
Принтер	2000,0	1	10	11,0
Итого $I_{ам}$, руб	–	–	–	887,7

- 4) Отчисления на социальные нужды (соц. страхование, пенсионный фонд, мед. страховка) в размере 30% от ФЗП

$$I_{со} = 0,3 \cdot 120408,0 = 36122,4 \text{руб.}$$

- 5) Прочие расходы (услуги связи, затраты на ремонт оборудования) в размере 10% от ФЗП, затрат на материалы, амортизации и отчислений на социальные нужды

$$\begin{aligned} I_{пр} &= 0,1 \cdot (\text{ФЗП} + I_{м} + I_{ам} + I_{со}) \\ &= 0,1 \cdot (120408,0 + 2938,0 + 887,7 + 36122,4) = 16035,6 \text{руб.} \end{aligned}$$

- 6) Накладные расходы (затраты на отопление, свет, обслуживание помещений...)

$$I_{накл} = 2,0 \cdot \text{ФЗП} = 2,0 \cdot 120408,0 = 240816,0 \text{руб.}$$

- 7) Затраты на разработку проекта

$$\begin{aligned} K_{пр} &= \text{ФЗП} + I_{мат} + I_{ам} + I_{со} + I_{пр} + I_{накл} \\ &= 120408,0 + 2938,0 + 887,7 + 36122,4 + 16035,6 + 240816,0 \\ &= 417207,6 \text{руб.} \end{aligned}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб.
1	ФЗП	120408,0
2	Материалы $I_{\text{мат}}$	2938,0
3	Амортизация основных фондов $I_{\text{ам}}$	887,7
4	Социальные отчисления $I_{\text{со}}$	36122,4
5	Прочие расходы $I_{\text{пр}}$	16035,6
6	Накладные расходы $I_{\text{н}}$	240816,0
Цена проекта $K_{\text{пр}}$, руб		417207,6

7.3 Смета затрат на электрооборудование

Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха приведена в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Единицы измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	2	3	4	5	6	7	8
1	КТП 1000/6 × 1	шт	1	299,53	59,91	299,53	59,91
2	ПР11-7123-21УЗ	шт	11	11,00	2,20	121,00	24,20
	ЯОУ 85-01	шт	6	2,45	0,49	14,70	2,94
3	Автомат ВА74 – 45	шт	1	5,10	1,02	5,10	1,02
	Автомат ВА57 – 35	шт	15	0,70	0,14	10,50	2,10
	Автомат ВА13 – 29	шт	92	0,41	0,08	37,72	7,54
4	Кабель АВВГ-4 × 4	км	0,421	6,50	1,30	2,74	0,55
	Кабель АВВГ-4 × 6	км	0,100	10,50	2,10	1,05	0,21
	Кабель АВВГ-4 × 10	км	0,089	19,10	3,82	1,70	0,34
	Кабель АВВГ-4 × 16	км	0,120	30,30	6,06	3,64	0,73
	Кабель АВВГ-4 × 25	км	0,069	49,90	9,98	3,44	0,69
	Кабель АВВГ-4 × 35	км	0,047	66,20	13,24	3,11	0,62
	Кабель АВВГ-4 × 50	км	0,155	87,10	17,42	13,50	2,70
	Кабель АВВГ-4 × 70	км	0,074	140,70	28,14	10,41	2,08
	Кабель АВВГ-4 × 95	км	0,096	171,70	34,34	16,48	3,30
	Кабель АВВГ-4 × 120	км	0,055	230,40	46,08	12,67	2,53
	Кабель АВВГ-4 × 150	км	0,014	267,40	53,48	3,74	0,75
	Кабель АВВГ-4 × 185	км	0,035	320,70	64,14	11,22	2,24
	Провод АПВ-2 × 2,5	км	1,452	1,60	0,32	2,32	0,46
Итого по цеху, тыс. руб						581,59	122,92

Результаты технико-экономического сравнения вариантов схемы внешнего электроснабжения приведены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Определение суммарных приведенных затрат на установку высоковольтного оборудования

Тр-тор –	Сечение мм ²	К _{лэп} , руб	К _{об} , руб	К _{тр} , руб	С _{пот} , руб/год	С _{ам} , руб/год	С _{об} , руб/год	З, руб/год
ТМН-6300/35	АС 120/19	23990400,0	2099160,0	8139600,0	332083,8	2944393,2	672159,6	9166120,2
ТМН-10000/35	АС 150/24	23990400,0		8568000,0	521821,7	2973096,0	697435,2	9492517,7

Исходя из сравнения расчетов, можно сделать вывод, что по приведенным затратам наиболее целесообразен вариант с трансформаторами мощностью 6300 кВА.

Технико-экономическое сравнение вариантов схемы внешнего электроснабжения было выполнено в пунктах 3.6 - 3.8. Результаты технико-экономического сравнения и выбор оптимального варианта приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9391	Исаков Игорь Владимирович

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПП
Уровень образования		Направление/специальность	140211.65 Электроснабжение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Электроснабжение инструментального цеха СДУ «Чирчикавтодор».</p> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – низкая освещенность; – шум; – вибрации; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – климатическое состояние воздушной среды; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические травмы; – поражения электрическим током; – пожар; – взрыв; <p>опасность поражения током.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. РД 34.20.501-95. Правила устройства электроустановок и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н. «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00. ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.1.002 – 84 "Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах". СП.52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение». 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153-34.0-03.301-00. ВППБ 01-02-95. ГОСТ 17.0.001-86 «Основные положения», ГОСТ 17.2.1.01-86 «Атмосфера» и ГОСТ 17.11.02-86 «Гидросфера»</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты 	<p>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, ПУЭ Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н «Об утверждении Правил по охране труда</p>
--	---

<i>(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i>	при эксплуатации электроустановок”. Согласно Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках СО 153-34.03.603-2003 электрозащитные средства подразделяются на защитные средства для работы с электроустановками до и выше 1000 В.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Наиболее частыми в сетях напряжением выше 1000 В являются поражения, вызванные:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Случайным прикосновением или приближением на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением. 2. Появлением напряжения на металлических конструктивных частях электрического оборудования (корпусах, кожухах и т.п.) в результате повреждения изоляции и других причин. 3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Атмосфере – при работе компьютера выделяется озон (не значительно), а также энергетические отходы (вредное излучение). Гидросфере – выброс сточных вод. Литосфере – твердые отходы (бумага, пластмасса и т.д.).</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> - результат стихийных бедствий; - воздействие внешних природных факторов, приводящие к старению материалов; - технико-производственные дефекты сооружений; - нарушение правил эксплуатации сооружений и технологических процессов; - нарушение правил техники безопасности при ведении работ и во время технологических процессов.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Правовой основой обеспечения государственной безопасности является целый ряд законов: федеральные законы «О безопасности» (в ред. Указа Президента РФ от 24 декабря 1993 г. № 2288); «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ); «Об обороне» (в ред. Федерального закона от 30 декабря 1999 г. № 223-ФЗ); «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ);</p>
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	Расчет освещения на рабочем месте (ОПУ)

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9391	Исаков И.В		

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

8.1 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 рассмотрен инструментальный цех СДУ «Чирчикавтодор». 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.

8.2 Анализ опасных и вредных факторов

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти. Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или) отрицательному влиянию на здоровье потомства. В зависимости от количественной характеристики (уровня, концентрации и др.) и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

При выполнении своих профессиональных обязанностей персонал цеха может столкнуться со следующими опасными производственными факторами:

1. Опасные факторы:

- механические травмы;
- поражения электрическим током;
- пожар;
- взрыв.

2. Вредные факторы:

- низкая освещенность;
- шум;
- вибрации;
- климатическое состояние воздушной среды.

8.3 Техника безопасности

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» [14] 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, Правила устройства электроустановок [15] 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) [16].

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;
- слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

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;
- 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.

К основным организационным мероприятиям, обеспечивающим безопасность работ в электроустановках согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

- 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.

Механические травмы:

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 [16].

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.

8.4 Производственная санитария

Микроклимат:

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

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [17] и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [18].

Таблица 8.1 – Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, ф%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин $t_{\text{опт}}$				Если $t^{\circ} < t^{\circ}_{\text{опт}}$	Если $t^{\circ} > t^{\circ}_{\text{опт}}$
Холодный	IIa	17,0 – 18,9	21,1 – 23,0	16,0 – 24,0	15 – 75	0,1	0,3
Теплый	IIa	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 8.2 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

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

Вредные вещества:

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [17] вредные вещества разделяют на 4 класса опасности:

1. Чрезвычайно опасные (ПДК < 0,1 мг/ м³);
2. Высокоопасные (ПДК = 0,1, 1 мг/ м³);
3. Умеренно опасные (ПДК = 1, 10 мг/ м³);
4. Малоопасные (ПДК > 10 мг/ м³).

В рассматриваемом цехе используются малоопасные вредные вещества (керосин, соединения железа). Основной мерой борьбы с вредными веществами является применение системы вентилирования.

Производственная вентиляция:

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СНиП 2.04.05-91 [19].

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

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается на входе тепловыми завесами, а охлаждается с помощью приточно-вытяжной вентиляции.

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

Виброакустические вредные факторы:

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [20], Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [21].

Таблица 8.3 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, 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.

Шум:

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 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» [22]. 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, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Защита от электромагнитных полей:

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" [23].

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.

Освещение:

Искусственное освещение в производственных помещениях должно удовлетворять нормам, предусмотренным СП.52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [24]. 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.

Расчет системы искусственного освещения:

Воспользуемся методом коэффициента светового потока:

Размещение светильников в плане и разрезе помещения определяется следующими размерами:

A– длина цеха, м;

B– ширина цеха, м;

H– высота цеха, м;

h_c – расстояние от перекрытия до светильником (свес), м;

h_p – высота от пола до рабочей поверхности, м;

ρ_n – коэффициент отражения потолка для бетонного потолка [25, стр. 9, табл. 7];

ρ_m – коэффициент отражения для бетонных стен с окнами [25, стр. 9, табл. 7].

Высота светильников над полом (высота подвеса)

$$h_n = H - h_c = 8,0 - 0,5 = 7,5\text{ м.}$$

Расчетная высота (высота светильников над рабочей поверхностью)

$$H_p = h_n - h_p = 7,5 - 0,8 = 6,7\text{ м.}$$

Интегральный критерий оптимальности расположения люминесцентных светильников с защитной решеткой [25, стр. 6, табл. 4]

$$\lambda = \frac{L}{H_p} = 1,1.$$

Расстояние между соседними рядами светильников

$$L = \lambda \cdot H_p = 1,1 \cdot 6,7 = 7,4\text{м.}$$

Рекомендуемое расстояние от крайних рядов светильников до стены

$$L_{\text{рек}} = \frac{L}{3} = \frac{7,4}{3} = 2,5\text{м.}$$

Таким образом, принимаем число рядов светильников m : 4шт.

Число светильников каждом ряду: 43шт.

Общее количество светильников $N=172$ шт. (Тип ОДЛ-2-80)

Общее количество ламп $n = 2 \cdot N = 344$ шт. (Тип ЛБ-80)

Фактическое расстояние от крайних рядов светильников до стены с учетом выбранного количества рядов

$$L = \frac{B - L \cdot (m - 1)}{2} = \frac{28,8 - 7,4 \cdot (4 - 1)}{2} = 3,3\text{м.}$$

Индекс помещения

$$i = \frac{F_{\text{ц}}}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{2304,0}{6,7 \cdot (80,0 + 28,8)} = 3,2,$$

где $F_{\text{ц}}$ – площадь цеха, м^2 .

Коэффициент использования [25, стр. 11, табл. 8]

$$\eta = 0,62$$

Необходимый световой поток ламп в каждом ряду

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot F_{\text{ц}} \cdot Z}{\eta \cdot n} = \frac{200 \cdot 2,0 \cdot 2304,0 \cdot 1,1}{0,62 \cdot 344} = 4753,2\text{Лм,}$$

где E_n – нормируемое значение минимальной освещенности (разряд IV, подразряд "в"), лк [25, стр. 7, табл. 5];

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (ИС, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли [25, стр. 9, табл. 6];

$Z = E_{\text{ср}}/E_{\text{мин}}$ – коэффициент, характеризующий неравномерность освещения (для люминесцентных ламп) [25, стр. 8].

Согласно рекомендациям справочной литературы выбираем ближайшую стандартную лампу, поток которой не должен отличаться от Φ больше чем -10% ; $+20\%$.

Принимаем люминесцентные лампы типа ЛБ-80

Мощность принятых ламп $P_{\text{ном}}=80$ Вт, [25, стр. 9, табл. 6].

Световой поток принятых ламп $\Phi_{\text{л.станд}} = 5400$ Лм, [25, стр. 9, табл. 6].

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$
$$-10\% \leq 12,0\% \leq +20\%$$

проверка выполняется.

Электрическая мощность осветительной установки

$$P_o = n \cdot P_{\text{ном}} = 344 \cdot 80 = 27520,0 \text{ Вт.}$$

В рассматриваемом цехе был произведен расчет искусственного освещения с применением люминесцентных ламп. План размещения светильников приведен в приложении 8.

8.5 Пожарная безопасность

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" [26].

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 [27]) 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.

План эвакуации приведен в приложении 9.

8.6 Охрана окружающей среды

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

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

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения) [28], ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) [29] и ГОСТ 17.11.02-86 (Гидросфера) [30].

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 выносятся на свалки. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, можно сортировать и отправлять на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

Также для поддержания экологического равновесия в природе, на заводе проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия.

8.7 Чрезвычайные ситуации

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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы было осуществление электроснабжения всех электроприёмников инструментального цеха СДУ «Чирчикавтодор» 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 35кВ принята схема в виде мостика с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий. 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, минимальное расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно одиннадцати. 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 медными жилами, с оболочкой из вулканизированного полиэтилена, бронированного, с наружным покровом из поливинилхлоридного шланга марки АВБШв, с прокладкой по эстакадам.

Следующим этапом было осуществление электроснабжения цеха. Электроприёмники цеха запитываются от распределительных шкафов четырехжильными кабелями с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией марки АВВГ, 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.

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 (2001) ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
15. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
16. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок”
17. ГОСТ 12.1.005-88 (2001) ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
18. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

19. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция, кондиционирование.
20. ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
21. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
22. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
23. ГОСТ 12.1.002-84 (1999) ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
24. СП.52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
25. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2001.
26. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
27. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153-34.0-03.301-00. ВППБ 01-02-95.
28. ГОСТ 17.0.001-86 Охране окружающей среды. Основные положения.
29. ГОСТ 17.2.1.01-86 Атмосфера.
30. ГОСТ 17.11.02-86 Гидросфера.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1 – Определение расчетных нагрузок инструментального цеха по пунктам питания

№ п/п	Наименование узлов питания и групп ЭП	Количество ЭП n	Установленная мощность		$t = P_{\text{ном.мах}}/P_{\text{ном.мин}}$	Коэффициент использования $K_{\text{и}}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число электроприемников $n_{\text{э}}$	Коэффициент максимума $K_{\text{м}}$	Максимальная нагрузка			$I_{\text{м}},$ А	$I_{\text{пик}},$ А
			$P_{\text{ном}},$ кВт	$\Sigma P_{\text{ном}},$ кВт					$P_{\text{ср}}=K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}$ кВт	$Q_{\text{ср}}=P_{\text{ср}} \cdot \text{tg}\varphi,$ кВАр			$P_{\text{м}}=K_{\text{м}} \cdot P_{\text{ср}}$ кВт	$Q_{\text{м}}=(1 \div I, I) \cdot Q_{\text{ср}}$ кВАр ²	кВА ²		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Шкаф распределительный ПР-1																	
<i>Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$</i>																	
1	Станки разные	4	5,1 ÷ 13,9	29,6		0,14	0,65	1,17	4,1	4,8							
2	Таль электрическая ПВ=25%	1	2,5 ÷ 2,5	2,5		0,06	0,50	1,73	0,2	0,3							
Итого по группе "А"		5	2,5 ÷ 13,9	32,1	>3	0,13	0,64	1,19	4,3	5,1	4	2,91	12,5	5,6	13,7		
<i>Электроприемники группы "Б" $K_{\text{и}} \geq 0,6$</i>																	
3	Электропечь сопротивления	2	34,0 ÷ 34,0	68,0		0,80	1,00	0,00	54,4	0,0							
Итого по группе "Б"		2	34,0 ÷ 34,0	68,0		0,80	1,00	0,00	54,4	0,0		1	54,4	0,0	54,4		
Итого по ПР-1		7	2,5 ÷ 34,0	100,1		0,59	1,00	0,09	58,7	5,1			66,9	5,6	67,1	102,0	279,4
Шкаф распределительный ПР-2																	
<i>Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$</i>																	
1	Станки разные	6	2,9 ÷ 30,0	62,0		0,14	0,65	1,17	8,7	10,1							
2	Станки специализированные	1	10,0 ÷ 10,0	10,0		0,20	0,70	1,02	2,0	2,0							
Итого по группе "А"		7	2,9 ÷ 30,0	72,0	>3	0,15	0,66	1,14	10,7	12,2	4	2,80	29,9	13,4	32,7		
Итого по ПР-2		7	2,9 ÷ 30,0	72,0		0,15	0,66	1,14	10,7	12,2			29,9	13,4	32,7	49,7	432,7

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Шкаф распределительный ПР-3																	
Электроприемники группы "Б" $K_u \geq 0,6$																	
1	Электродпечь сопротивления	4	34,0 ÷ 34,0	136,0		0,80	1,00	0,00	108,8	0,0							
2	Электродпечь шахтная	1	37,0 ÷ 37,0	37,0		0,75	0,95	0,33	27,8	9,1							
Итого по группе "Б"		5	34,0 ÷ 37,0	173,0		0,79	1,00	0,07	136,6	9,1		1	136,6	9,1	136,9		
Итого по ПР-3		5	34,0 ÷ 37,0	173,0		0,79	1,00	0,07	136,6	9,1			136,6	9,1	136,9	207,9	207,9
Шкаф распределительный ПР-4																	
Электроприемники группы "Б" $K_u \geq 0,6$																	
3	Печи разные	9	1,7 ÷ 37,0	121,2		0,75	0,95	0,33	90,9	29,9							
4	Электродпечь сопротивления	2	34,0 ÷ 34,0	68,0		0,80	1,00	0,00	54,4	0,0							
Итого по группе "Б"		11	1,7 ÷ 37,0	189,2		0,77	0,98	0,21	145,3	29,9		1	145,3	29,9	148,3		
Итого по ПР-4		11	1,7 ÷ 37,0	189,2		0,77	0,98	0,21	145,3	29,9			145,3	29,9	148,3	225,4	225,4
Итого силовая нагрузка по ШМА-I		30	1,7 ÷ 37,0	534,3		0,66	0,99	0,16	351,2	56,3			378,6	58,0	383,0	582,0	964,9
Шкаф распределительный ПР-5																	
Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$																	
1	Станки разные	6	1,8 ÷ 7,2	24,5		0,14	0,65	1,17	3,4	4,0							
2	Кран-балка ПВ=40%	1	19,3 ÷ 19,3	19,3		0,06	0,50	1,73	1,2	2,0							
Итого по группе "А"		7	1,8 ÷ 19,3	43,8	>3	0,10	0,61	1,31	4,6	6,0	4	3,19	14,6	6,6	16,1		
Итого по ПР-5		7	1,8 ÷ 19,3	43,8		0,10	0,61	1,31	4,6	6,0			14,6	6,6	16,1	24,4	538,8
Шкаф распределительный ПР-6																	
Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$																	
1	Станки разные	9	1,7 ÷ 9,8	39,3		0,14	0,65	1,17	5,5	6,4							
2	Станки специализированные	1	10,0 ÷ 10,0	10,0		0,20	0,70	1,02	2,0	2,0							
Итого по группе "А"		10	1,7 ÷ 10,0	49,3	>3	0,15	0,66	1,13	7,5	8,5	7	2,34	17,5	9,3	19,8		
Итого по ПР-6		10	1,7 ÷ 10,0	49,3		0,15	0,66	1,13	7,5	8,5			17,5	9,3	19,8	30,2	155,2

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Шкаф распределительный ПР-7																	
Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$																	
1	Кран-балка ПВ=40%	1	19,3 ÷ 19,3	19,3		0,06	0,50	1,73	1,2	2,0							
2	Станки разные	5	3,4 ÷ 17,0	31,7		0,14	0,65	1,17	4,4	5,2							
3	Станки специализированные	3	2,5 ÷ 10,0	15,0		0,20	0,70	1,02	3,0	3,1							
Итого по группе "А"		9	2,5 ÷ 19,3	66,0	>3	0,13	0,64	1,19	8,6	10,3	5	2,73	23,5	11,3	26,1		
Итого по ПР-7		9	2,5 ÷ 19,3	66,0		0,13	0,64	1,19	8,6	10,3			23,5	11,3	26,1	39,6	554,0
Шкаф распределительный ПР-8																	
Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$																	
1	Станки разные	7	2,9 ÷ 15,1	60,3		0,14	0,65	1,17	8,4	9,9							
2	Кран-балка ПВ=40%	1	19,3 ÷ 19,3	19,3		0,06	0,50	1,73	1,2	2,0							
Итого по группе "А"		8	2,9 ÷ 19,3	79,6	>3	0,12	0,63	1,24	9,6	11,9	6	2,65	25,5	13,1	28,6		
Итого по ПР-8		8	2,9 ÷ 19,3	79,6		0,12	0,63	1,24	9,6	11,9			25,5	13,1	28,6	43,5	557,9
Шкаф распределительный ПР-9																	
Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$																	
1	Станки разные	9	2,9 ÷ 8,3	41,8		0,14	0,65	1,17	5,8	6,8							
Итого по группе "А"		9	2,9 ÷ 8,3	41,8	<3	0,14	0,65	1,17	5,8	6,8	9	2,24	13,1	7,5	15,1		
Итого по ПР-9		9	2,9 ÷ 8,3	41,8		0,14	0,65	1,17	5,8	6,8			13,1	7,5	15,1	22,9	148,0
Шкаф распределительный ПР-10																	
Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$																	
1	Станки разные	8	4,5 ÷ 29,0	71,8		0,14	0,65	1,17	10,1	11,8							
2	Станки специализированные	3	8,4 ÷ 8,4	25,2		0,20	0,70	1,02	5,0	5,1							
Итого по группе "А"		11	4,5 ÷ 29,0	97,0	>3	0,16	0,67	1,12	15,1	16,9	7	2,32	35,0	18,6	39,6		
Итого по ПР-10		11	4,5 ÷ 29,0	97,0		0,16	0,67	1,12	15,1	16,9			35,0	18,6	39,6	60,2	430,4

окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Шкаф распределительный ПР-11																	
Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$																	
1	Сварочный автомат ПВ=40%	2	15,8 ÷ 15,8	31,6		0,35	0,50	1,73	11,1	19,2							
2	Станки разные	5	4,8 ÷ 6,1	26,7		0,14	0,65	1,17	3,7	4,4							
Итого по группе "А"		7	4,8 ÷ 15,8	58,3	>3	0,25	0,53	1,59	14,8	23,5	5	2,15	31,8	25,9	41,0		
Электроприемники группы "Б" $K_u \geq 0,6$																	
3	Вентиляция	1	3,0 ÷ 3,0	3,0		0,75	0,80	0,75	2,3	1,7							
Итого по группе "Б"		1	3,0 ÷ 3,0	3,0		0,75	0,80	0,75	2,3	1,7		1	2,3	1,7	2,8		
Итого по ПР-11		8	3,0 ÷ 15,8	61,3		0,28	0,56	1,48	17,1	25,2			34,1	27,6	43,8	66,6	272,0
Итого силовая нагрузка по ШМА-II		62	1,7 ÷ 29,0	438,7		0,16	0,62	1,25	68,3	85,6			163,3	94,0	188,4	286,3	800,7
Итого силовая нагрузка		92	1,7 ÷ 37,0	973,0		0,43	0,95	0,34	419,5	141,9			541,9	152,0	562,9		
Электрическое освещение				36,9		$K_{co} = 0,95$			35,1				35,1				
Итого по цеху		92	1,7 ÷ 37	1009,9		0,45	0,95	0,31	454,6	141,9			577,0	152,0	596,7	906,6	1421,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 2 – Определение расчетных нагрузок по цехам предприятия

№ n/n	Наименование цеха	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка					Суммарная нагрузка		
		$P_{уст},$ кВт	K_c	$\cos\phi$	$tg\phi$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$F,$ м ²	$P_{уд.о},$ Вт/м ²	$P_{н.о},$ кВт	$K_{с.о}$	$P_{р.о},$ кВт	$P_p+P_{р.о},$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$S_p,$ кВА
Потребители электроэнергии до 1000 В															
1	Механический участок	1670,0	0,55	0,75	0,88	918,5	810,0	4649	16	74,4	0,95	70,7	989,2	810,0	1278,5
2	Ремонтный участок	720,0	0,50	0,75	0,88	360,0	317,5	2989	16	47,8	0,95	45,4	405,4	317,5	515,0
3	Заводоуправление	340,0	0,45	0,85	0,62	153,0	94,8	1943	20	38,9	0,90	35,0	188,0	94,8	210,5
4	Сборочный цех	410,0	0,55	0,80	0,75	225,5	169,1	2674	18	48,1	0,95	45,7	271,2	169,1	319,6
5	Столовая	320,0	0,45	0,85	0,62	144,0	89,2	930	18	16,7	0,90	15,1	159,1	89,2	182,4
6	Электрический цех	485,0	0,50	0,75	0,88	242,5	213,9	1384	16	22,1	0,95	21,0	263,5	213,9	339,4
7	Участок обработки валов	810,0	0,55	0,70	1,02	445,5	454,5	1993	16	31,9	0,95	30,3	475,8	454,5	658,0
8	Обмоточный участок	650,0	0,55	0,80	0,75	357,5	268,1	6725	16	107,6	0,95	102,2	459,7	268,1	532,2
9	Штамповочный цех	1420,0	0,60	0,70	1,02	852,0	869,2	4483	16	71,7	0,95	68,1	920,1	869,2	1265,8
10	Инструментальный цех	973,0	–	0,95	0,31	541,9	152,0	2308	16	36,9	0,95	35,1	577,0	152,0	596,7
11	Компрессорная	525,0	0,65	0,80	0,75	341,3	255,9	1007	16	16,1	0,95	15,3	356,6	255,9	438,9
12	Корпус электродвигателей	1800,0	0,55	0,75	0,88	990,0	873,1	1997	16	32,0	0,95	30,4	1020,4	873,1	1342,9
13	Склады	150,0	0,40	0,85	0,62	60,0	37,2	1328	18	23,9	0,60	14,3	74,3	37,2	83,1
14	Фреоновые двигатели	885,0	0,55	0,75	0,88	486,8	429,3	782	16	12,5	0,95	11,9	498,6	429,3	658,0
15	Цех спецоборудования	700,0	0,55	0,70	1,02	385,0	392,8	989	16	15,8	0,95	15,0	400,0	392,8	560,6
16	Заготовительный цех	560,0	0,55	0,70	1,02	308,0	314,2	1063	16	17,0	0,95	16,2	324,2	314,2	451,5
	Территория предприятия	0,0	–	–	–	0,0	0,0	133965	0,16	21,4	1	21,4	21,4	0,0	21,4
	Итого по 0,38 кВ	12418,0	–	–	–	6811,4	5740,9	$\Sigma F_{ц} = 37244$		635,0	–	593,2	7404,6	5740,9	9369,4
Потребители электроэнергии выше 1000 В															
11	Компрессорная	1260,0	0,65	1,00	0,00	819,0	0,0	–	–	–	–	–	819,0	0,0	819,0
	Итого по 6 кВ	1260,0	–	–	–	819,0	0,0	–	–	–	–	–	819,0	0,0	819,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3 – Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

<i>№ цеха</i>	<i>Наименование цеха</i>	$S_{p.i},$ <i>кВА</i>	$P_{p.o.i},$ <i>кВт</i>	$r,$ <i>мм</i>	$\alpha,$ <i>град</i>	$x_i,$ <i>мм</i>	$y_i,$ <i>мм</i>	$S_{p.i} \cdot x_i,$ <i>кВА \cdot мм</i>	$S_{p.i} \cdot y_i,$ <i>кВА \cdot мм</i>
<i>Потребители электроэнергии до 1000 В</i>									
1	Механический участок	1278,5	70,7	27,2	19,9	77,5	29,7	99085,3	37972,0
2	Ремонтный участок	515,0	45,4	17,3	31,8	112,6	29,7	57983,6	15294,1
3	Заводуправление	210,5	35,0	11,0	59,8	155,5	8,2	32738,3	1726,4
4	Сборочный цех	319,6	45,7	13,6	51,5	201,5	24,2	64406,4	7735,2
5	Столовая	182,4	15,1	10,3	29,7	201,5	46,2	36751,7	8426,4
6	Электрический цех	339,4	21,0	14,0	22,3	244,0	11,3	82812,7	3835,2
7	Участок обработки валов	658,0	30,3	19,5	16,6	204,0	87,7	134229,9	57705,7
8	Обмоточный участок	532,2	102,2	17,6	69,1	151,0	87,7	80361,7	46673,7
9	Штамповочный цех	1265,8	68,1	27,1	19,4	84,0	87,7	106325,3	111008,7
10	Инструментальный цех	596,7	35,1	18,6	21,2	24,0	60,0	14320,9	35802,3
11	Компрессорная	438,9	15,3	15,9	12,6	106,0	133,5	46523,8	58593,6
12	Корпус электродвигателей	1342,9	30,4	27,9	8,1	106,6	163,0	143154,8	218895,3
13	Склады	83,1	14,3	6,9	62,1	175,0	155,5	14546,6	12925,7
14	Фреоновые двигатели	658,0	11,9	19,5	6,5	185,7	139,0	122183,5	91456,7
15	Цех спецоборудования	560,6	15,0	18,0	9,7	185,7	168,0	104108,2	94185,1
16	Заготовительный цех	451,5	16,2	16,2	12,9	249,5	142,5	112638,7	64332,7
<i>Потребители электроэнергии выше 1000 В</i>									
11	Компрессорная	819,0	–	21,8	–	106,0	133,5	86814,0	109336,5
<i>Итого</i>		<i>10252,1</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>1338985,6</i>	<i>975905,4</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 4 – Число трансформаторов в цехах предприятия

<i>№ n/n</i>	<i>Наименования цехов</i>	<i>$P_p + P_{p.o},$ кВт</i>	<i>Количество тр-ов $n_i,$ шт</i>
1	Механический участок	989,2	1,469
2	Ремонтный участок	405,4	0,602
3	Заводоуправление	188,0	0,279
4	Сборочный цех	271,2	0,403
5	Столовая	159,1	0,236
6	Электрический цех	263,5	0,392
7	Участок обработки валов	475,8	0,707
8	Обмоточный участок	459,7	0,683
9	Штамповочный цех	920,1	1,367
10	Инструментальный цех	577,0	0,857
11	Компрессорная	356,6	0,530
12	Корпус электродвигателей	1020,4	1,516
13	Склады	74,3	0,110
14	Фреоновые двигатели	498,6	0,741
15	Цех спецоборудования	400,0	0,594
16	Заготовительный цех	324,2	0,482

Таблица 5 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование пункта питания и количество трансформаторов</i>	<i>Потребители энергии (номер по генплану)</i>	<i>Суммарная мощность, кВт</i>	<i>Место расположения на генплане</i>
1	ТП1 1 трансф.	10	577,0	Цех №10
2	ТП2 2 трансф.	11, 12	1376,9	Цех №11, 12
3	ТП3 2 трансф.	13 - 16	1297,2	Цех №14
4	ТП4 2 трансф.	8, 9	1379,9	Цех №8, 9
5	ТП5 2 трансф.	1, 2	1394,6	Цех №1
6	ТП6 2 трансф.	3 - 7	1357,6	Цех №5

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 6 – Выбор марки и сечений проводников питающей сети, аппаратов защиты

№ n/n	Участок	$\frac{I_{\text{н}}}{I_{\text{пнк}}}$	$1,1 \cdot I_{\text{р}}$	$1,25 \cdot I_{\text{пнк}}$	Автомат			Способ прокладки	Кабель				L км	cosφ	ΔU ₀ %	ΔU _р %
					K	$\frac{I_{\text{тепл}}}{I_{\text{э.о}}}$	Тип		I _{доп}	Марка						
											–	A				
		A	A	A	–	A		–	A	A		–	–	–	–	
1	Отходящий выключатель ТП	$\frac{1519,3}{1902,3}$	1671,3	2377,8	2,0	$\frac{2000}{4000,0}$	ВА74 – 45	На лотках	–	–	–	–	–	–	–	–
2	ТП - ШМА-I	$\frac{582,0}{964,9}$	628,5	1206,1	4,0	$\frac{630}{2520,0}$	ВА51 – 29		1	630	1600	ШМА – 73	0,027	0,99	–	–
3	ТП - ШМА-II	$\frac{286,3}{800,7}$	314,9	1000,9	4,0	$\frac{400}{1600,0}$	ВА51 – 29		1	400	1600	ШМА – 73	0,053	0,62	–	–
4	ШМА-I - ПР1	$\frac{102,0}{279,4}$	112,2	349,3	4,0	$\frac{125}{500,0}$	ВА57 – 35		1	125	140	АВВГ-1(4 × 70)	0,007	1,00	0,203	0,15
5	ШМА-I - ПР2	$\frac{49,7}{432,7}$	54,7	540,8	5,0	$\frac{125}{625,0}$	ВА57 – 35		1	125	140	АВВГ-1(4 × 70)	0,007	0,66	0,169	0,06
6	ШМА-I - ПР3	207,9	228,7	–	–	$\frac{250}{–}$	ВА57 – 35		1	250	270	АВВГ-1(4 × 185)	0,009	1,00	0,077	0,14
7	ШМА-I - ПР4	225,4	247,9	–	–	$\frac{250}{–}$	ВА57 – 35		1	250	270	АВВГ-1(4 × 185)	0,003	0,98	0,077	0,04
8	ШМА-II - ПР5	$\frac{24,4}{538,8}$	26,9	673,6	8,0	$\frac{160}{1280,0}$	ВА57 – 35		1	160	170	АВВГ-1(4 × 95)	0,007	0,61	0,119	0,02
9	ШМА-II - ПР6	$\frac{30,2}{155,2}$	33,2	194,0	10,0	$\frac{40}{400,0}$	ВА57 – 35		1	40	42	АВВГ-1(4 × 10)	0,010	0,66	1,030	0,31
10	ШМА-II - ПР7	$\frac{39,6}{554,0}$	43,6	692,5	8,0	$\frac{160}{1280,0}$	ВА57 – 35		1	160	170	АВВГ-1(4 × 95)	0,008	0,64	0,119	0,04
11	ШМА-II - ПР8	$\frac{43,5}{557,9}$	47,8	697,4	8,0	$\frac{160}{1280,0}$	ВА57 – 35		1	160	170	АВВГ-1(4 × 95)	0,006	0,63	0,119	0,03
12	ШМА-II - ПР9	$\frac{22,9}{148,0}$	25,2	185,0	10,0	$\frac{32}{315,0}$	ВА57 – 35		1	32	42	АВВГ-1(4 × 10)	0,006	0,65	1,030	0,14
13	ШМА-II - ПР10	$\frac{60,2}{430,4}$	66,3	538,0	5,0	$\frac{125}{625,0}$	ВА57 – 35		1	125	140	АВВГ-1(4 × 70)	0,002	0,67	0,169	0,02
14	ШМА-II - ПР11	$\frac{66,6}{272,0}$	73,3	340,0	4,0	$\frac{125}{500,0}$	ВА57 – 35		1	125	140	АВВГ-1(4 × 70)	0,015	0,56	0,152	0,15

Таблица 7 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

№ n/n	Приемник	P _{ном} кВт	I _{ном} А	I _{пуск} А	1,1·I _{ном} А	1,5·I _{пуск} А	Автомат				K _{пр} –	$\frac{K_3 \cdot I_3}{K_{пр}}$ А	Кабель		ПП
							K	I _{тепл} А	I _{о.э.} А	Тип			I _{доп} А	Марка	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПП – 1															
1	Заточный станок	5,3	13,9	69,6	15,3	104,4	12,0	16,0	192,0	ВА13 – 29	1,0	16,0	19	АВВГ - 4 × 2,5	ПП11-7123 I _{ном} = 250А
2	Электродпечь сопротивления	34,0	54,4	–	59,8	–	–	63,0	–	ВА13 – 29	1,0	63,0	75	АВВГ - 4 × 25	
3	Таль электрическая ПВ=25%	5,0	17,1	85,4	18,8	128,0	12,0	20,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	20,0	27	АВВГ - 4 × 4	
4	Универсально-фрезерный станок	5,1	13,4	67,0	14,7	100,5	12,0	16,0	192,0	ВА13 – 29	1,0	16,0	19	АВВГ - 4 × 2,5	
5	Заточный станок	5,3	13,9	69,6	15,3	104,4	12,0	16,0	192,0	ВА13 – 29	1,0	16,0	19	АВВГ - 4 × 2,5	
6	Вертикально-фрезерный станок	13,9	36,5	182,5	40,2	273,8	6,0	50,0	300,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	60	АВВГ - 4 × 16	
ПП – 2															
1	Универсально-фрезерный станок	5,7	15,0	74,9	16,5	112,3	6,0	20,0	120,0	ВА13 – 29	1,0	20,0	27	АВВГ - 4 × 4	ПП11-7123 I _{ном} = 250А
2	Прошивочный станок	30,0	78,8	394,0	86,7	590,9	6,0	100,0	600,0	ВА57 – 35	1,0	100,0	110	АВВГ - 4 × 50	
3	Заточно-полировальный станок	2,9	7,6	38,1	8,4	57,1	6,0	10,0	60,0	ВА13 – 29	1,0	10,0	19	АВВГ - 4 × 2,5	
4	Электроэрозионный станок	10,0	25,5	127,7	28,1	191,5	12,0	31,5	378,0	ВА13 – 29	1,0	31,5	32	АВВГ - 4 × 6	
5	Универсально-фрезерный станок	12,0	31,5	157,6	34,7	236,4	6,0	40,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	40,0	42	АВВГ - 4 × 10	
6	Плоскошлифовальный станок	3,6	9,5	47,3	10,4	70,9	6,0	12,5	75,0	ВА13 – 29	1,0	12,5	19	АВВГ - 4 × 2,5	
7	Горизонтально-фрезерный станок	7,8	20,5	102,4	22,5	153,6	12,0	25,0	300,0	ВА13 – 29	1,0	25,0	27	АВВГ - 4 × 4	
ПП – 3															
1	Электродпечь сопротивления	34,0	54,4	–	59,8	–	–	63,0	–	ВА57 – 35	1,0	63,0	75	АВВГ - 4 × 25	ПП11-7123 I _{ном} = 250А
2	Электродпечь шахтная	37,0	62,3	–	68,5	–	–	80,0	–	ВА57 – 35	1,0	80,0	90	АВВГ - 4 × 35	
ПП – 4															
1	Плавильная печь	1,7	2,9	–	3,1	–	–	40,0	–	ВА13 – 29	1,0	40,0	42	АВВГ - 4 × 10	ПП11-7123 I _{ном} = 250А
2	Электродпечь шахтная	37,0	62,3	–	68,5	–	–	80,0	–	ВА57 – 35	1,0	80,0	90	АВВГ - 4 × 35	
3	Электродпечь сопротивления	34,0	54,4	–	59,8	–	–	63,0	–	ВА57 – 35	1,0	63,0	75	АВВГ - 4 × 25	

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПП – 5															
1	Плоскошлифовальный станок	3,6	9,5	47,3	10,4	70,9	6,0	12,5	75,0	BA13 – 29	1,0	12,5	19	ABBГ - 4 × 2,5	ПП11-7123 <i>I_{ном}</i> = 250А
2	Плоскошлифовальный станок	1,8	4,7	23,6	5,2	35,5	6,0	6,3	37,8	BA13 – 29	1,0	6,3	19	ABBГ - 4 × 2,5	
3	Вертикально-сверлильный станок	2,9	7,6	38,1	8,4	57,1	6,0	10,0	60,0	BA13 – 29	1,0	10,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
4	Токарный станок	5,5	14,4	72,2	15,9	108,3	12,0	16,0	192,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
5	Долбежный станок	3,5	9,2	46,0	10,1	68,9	6,0	12,5	75,0	BA13 – 29	1,0	12,5	19	ABBГ - 4 × 2,5	
6	Координатно-расточной станок	7,2	18,9	94,5	20,8	141,8	6,0	25,0	150,0	BA13 – 29	1,0	25,0	27	ABBГ - 4 × 4	
7	Кран-балка ПВ=40%	30,5	104,1	520,7	114,5	781,0	8,0	125,0	1000,0	BA57 – 35	1,0	125,0	140	ABBГ - 4 × 70	
ПП – 6															
1	Координатно-расточной станок	2,5	6,6	32,8	7,2	49,2	12,0	8,0	96,0	BA13 – 29	1,0	8,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	ПП11-7123 <i>I_{ном}</i> = 250А
2	Электроэрозионный станок	10,0	25,5	127,7	28,1	191,5	12,0	31,5	378,0	BA13 – 29	1,0	31,5	32	ABBГ - 4 × 6	
3	Обдирочно-шлифовальный станок	1,7	4,5	22,3	4,9	33,5	12,0	5,0	60,0	BA13 – 29	1,0	5,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
4	Универсально-заточной станок	1,8	4,6	23,0	5,1	34,5	6,0	6,3	37,8	BA13 – 29	1,0	6,3	19	ABBГ - 4 × 2,5	
5	Универсально-фрезерный станок	1,8	4,7	23,6	5,2	35,5	6,0	6,3	37,8	BA13 – 29	1,0	6,3	19	ABBГ - 4 × 2,5	
6	Горизонтально-фрезерный станок	9,8	25,7	128,7	28,3	193,0	12,0	31,5	378,0	BA13 – 29	1,0	31,5	32	ABBГ - 4 × 6	
7	Плоскошлифовальный станок	2,9	7,6	38,1	8,4	57,1	6,0	10,0	60,0	BA13 – 29	1,0	10,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
8	Координатно-расточной станок	7,2	18,9	94,5	20,8	141,8	6,0	25,0	150,0	BA13 – 29	1,0	25,0	27	ABBГ - 4 × 4	
ПП – 7															
1	Кран-балка ПВ=40%	30,5	104,1	520,7	114,5	781,0	8,0	125,0	1000,0	BA57 – 35	1,0	125,0	140	ABBГ - 4 × 70	ПП11-7123 <i>I_{ном}</i> = 250А
2	Вертикально-сверлильный станок	4,5	11,8	59,1	13,0	88,6	6,0	16,0	96,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
3	Профелешлифовальный станок	17,0	44,6	223,2	49,1	334,9	12,0	50,0	600,0	BA13 – 29	1,0	50,0	60	ABBГ - 4 × 16	
4	Универсально-фрезерный станок	3,4	8,9	44,6	9,8	67,0	12,0	10,0	120,0	BA13 – 29	1,0	10,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
5	Электроэрозионный станок	10,0	25,5	127,7	28,1	191,5	12,0	31,5	378,0	BA13 – 29	1,0	31,5	32	ABBГ - 4 × 6	
6	Электроискровой станок	2,5	5,9	–	6,5	–	–	8,0	–	BA13 – 29	1,0	8,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	

окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПР – 8															
1	Плоскошлифовальный станок	2,9	7,6	38,1	8,4	57,1	6,0	10,0	60,0	BA13 – 29	1,0	10,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	ПР11-7123 $I_{ном} = 250A$
2	Токарно-винторезный станок	15,1	39,7	198,3	43,6	297,4	6,0	50,0	300,0	BA13 – 29	1,0	50,0	60	ABBГ - 4 × 16	
3	Токарно-винторезный станок	4,6	12,1	60,4	13,3	90,6	6,0	16,0	96,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
4	Кран-балка ПВ=40%	30,5	104,1	520,7	114,5	781,0	8,0	125,0	1000,0	BA57 – 35	1,0	125,0	140	ABBГ - 4 × 70	
ПР – 9															
1	Вертикально-фрезерный станок	3,0	7,9	39,4	8,7	59,1	6,0	10,0	60,0	BA13 – 29	1,0	10,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	ПР11-7123 $I_{ном} = 250A$
2	Копировально-фрезерный станок	2,9	7,6	38,1	8,4	57,1	6,0	10,0	60,0	BA13 – 29	1,0	10,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
3	Внутришлифовальный станок	8,3	21,7	108,3	23,8	162,5	12,0	25,0	300,0	BA13 – 29	1,0	25,0	27	ABBГ - 4 × 4	
4	Обдирочно-шлифовальный станок	5,4	14,2	70,9	15,6	106,4	12,0	16,0	192,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
5	Внутришлифовальный станок	5,0	13,1	65,7	14,4	98,5	12,0	16,0	192,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
6	Плоскошлифовальный станок	4,0	10,5	52,5	11,6	78,8	12,0	12,5	150,0	BA13 – 29	1,0	12,5	19	ABBГ - 4 × 2,5	
7	Токарно-винторезный станок	4,6	12,1	60,4	13,3	90,6	6,0	16,0	96,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
ПР – 10															
1	Токарно-винторезный станок	9,8	25,7	128,7	28,3	193,0	12,0	31,5	378,0	BA13 – 29	1,0	31,5	32	ABBГ - 4 × 6	ПР11-7123 $I_{ном} = 250A$
2	Вертикально-сверлильный станок	4,5	11,8	59,1	13,0	88,6	6,0	16,0	96,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
3	Оптико-профилешлифовальный станок	8,4	21,4	107,2	23,6	160,9	12,0	25,0	300,0	BA13 – 29	1,0	25,0	27	ABBГ - 4 × 4	
4	Полуавтомат для заточки	29,0	76,2	380,8	83,8	571,2	6,0	100,0	600,0	BA57 – 35	1,0	100,0	110	ABBГ - 4 × 50	
5	Токарно-винторезный станок	4,6	12,1	60,4	13,3	90,6	6,0	16,0	96,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
6	Круглошлифовальный станок	5,0	13,1	65,7	14,4	98,5	12,0	16,0	192,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
ПР – 11															
1	Сварочный автомат ПВ=40%	25,0	77,5	232,6	85,3	348,8	4,0	100,0	400,0	BA57 – 35	1,0	100,0	110	ABBГ - 4 × 50	ПР11-7123 $I_{ном} = 250A$
2	Вентиляция	3,0	6,4	32,0	7,0	48,0	6,0	8,0	48,0	BA13 – 29	1,0	8,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
3	Вертикально-фрезерный станок	4,8	12,6	63,0	13,9	94,5	6,0	16,0	96,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
4	Токарный станок	5,5	14,4	72,2	15,9	108,3	12,0	16,0	192,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
5	Координатно-шлифовальный станок	6,1	16,0	80,1	17,6	120,2	12,0	20,0	240,0	BA13 – 29	1,0	20,0	27	ABBГ - 4 × 4	
6	Вертикально-фрезерный станок	4,8	12,6	63,0	13,9	94,5	6,0	16,0	96,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	
7	Токарный станок	5,5	14,4	72,2	15,9	108,3	12,0	16,0	192,0	BA13 – 29	1,0	16,0	19	ABBГ - 4 × 2,5	

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

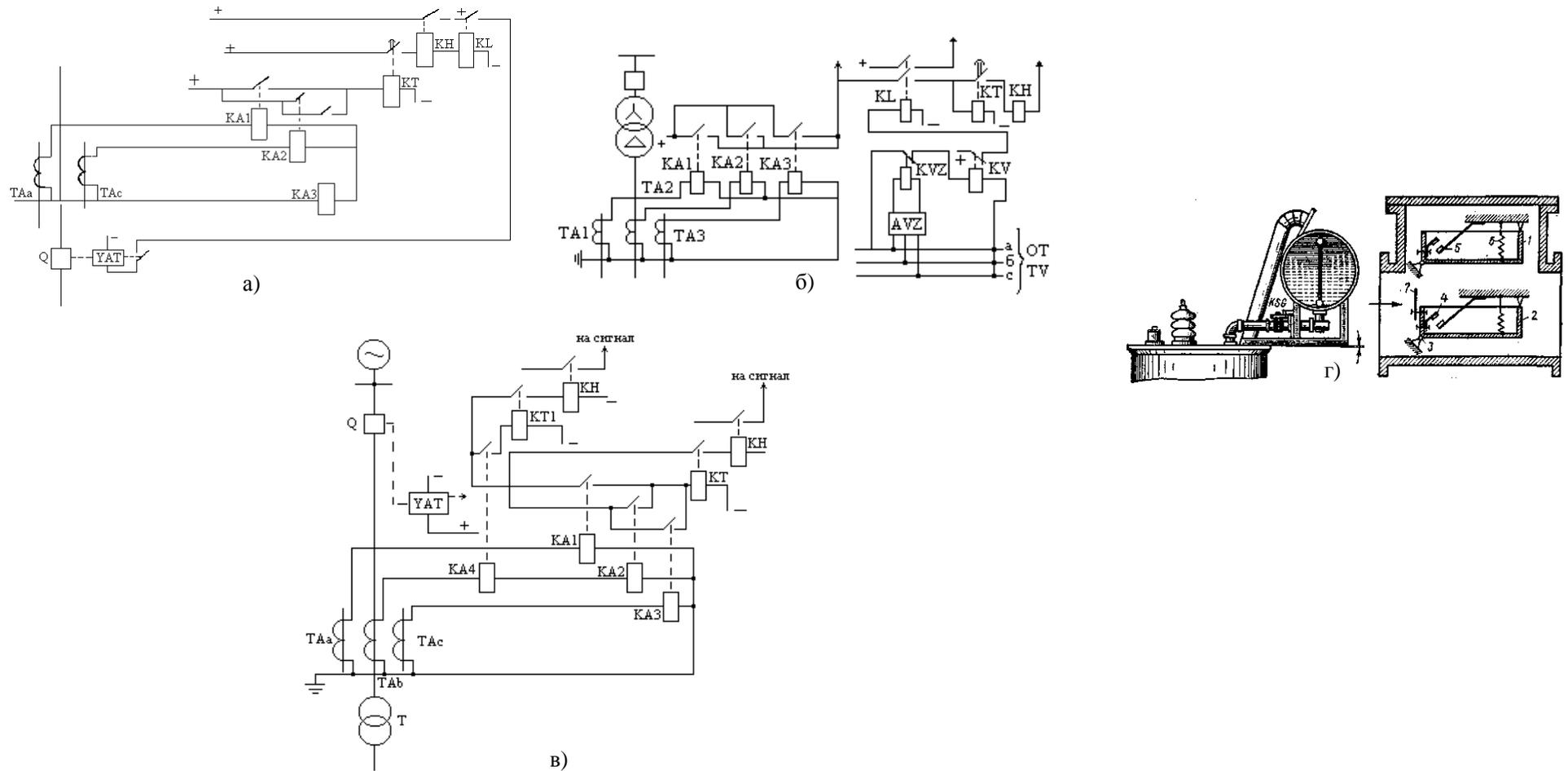


Рисунок 1 – Релейная защита

а) MTЗ линии; б) MTЗ от внешних КЗ с комбинированным пусковым органом напряжения;
 в) MTЗ трансформатора от внешних КЗ и защита от перегрузок; г) газовое реле защиты трансформатора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

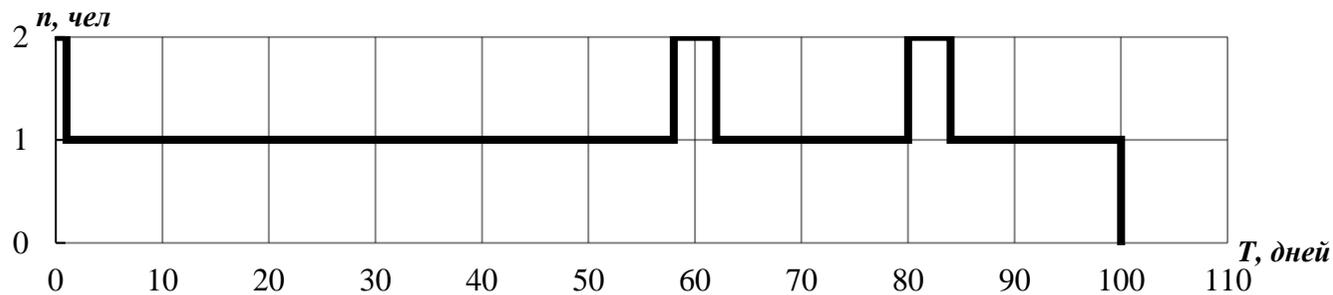
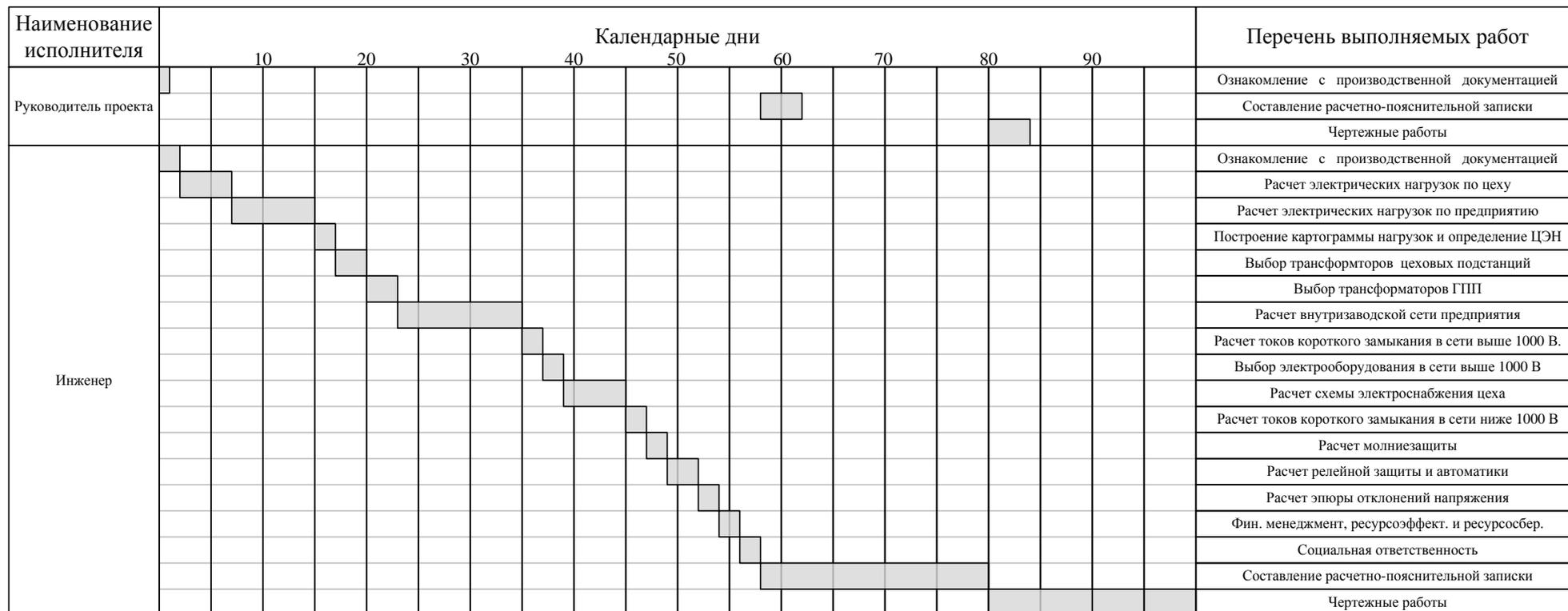


Рисунок 2 – Календарный план проекта и график занятости в выполнении проекта

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

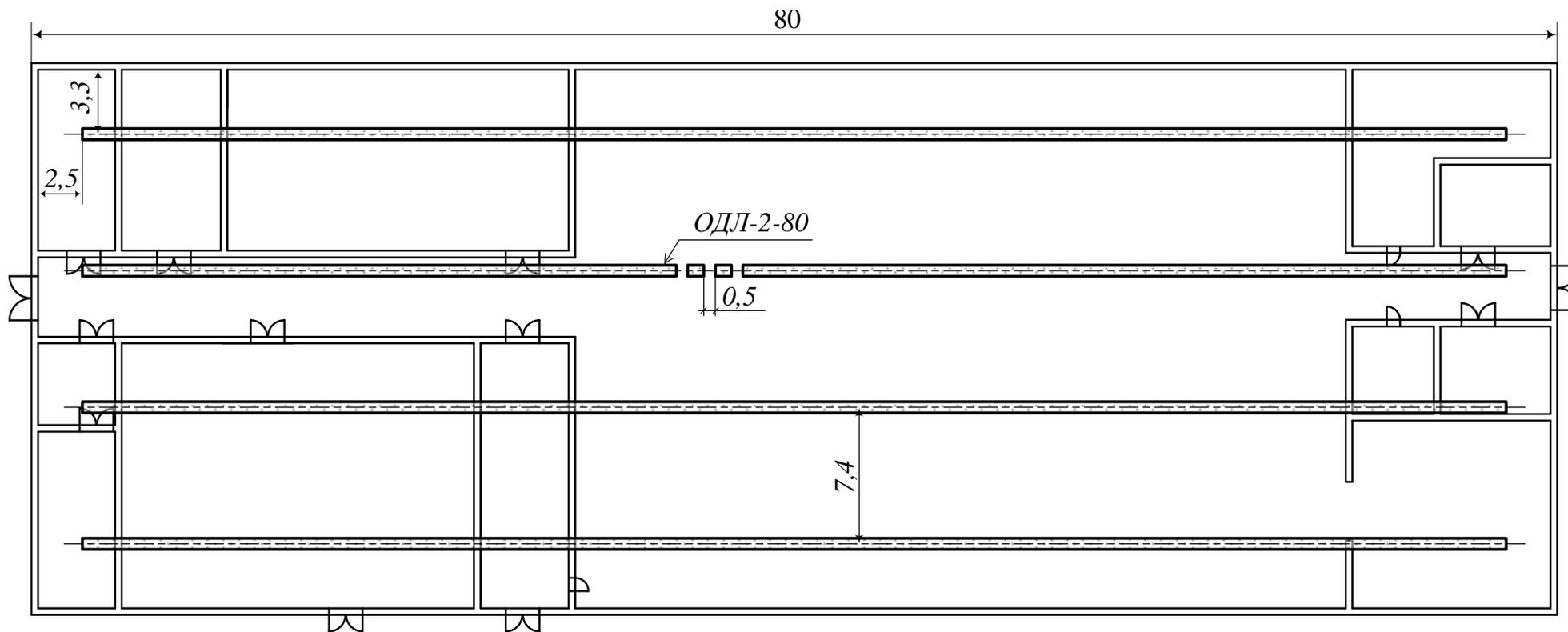


Рисунок 3 – План размещения светильников

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

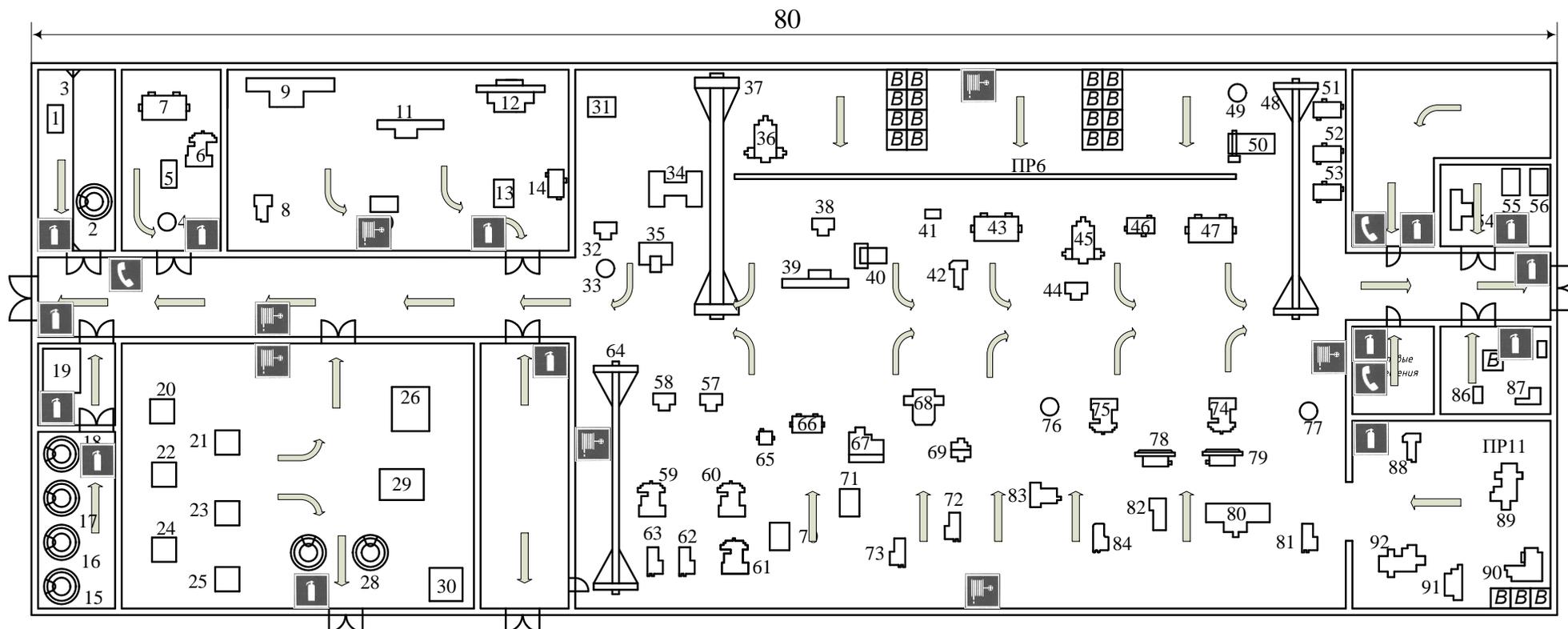


Рисунок 4 – План эвакуации

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

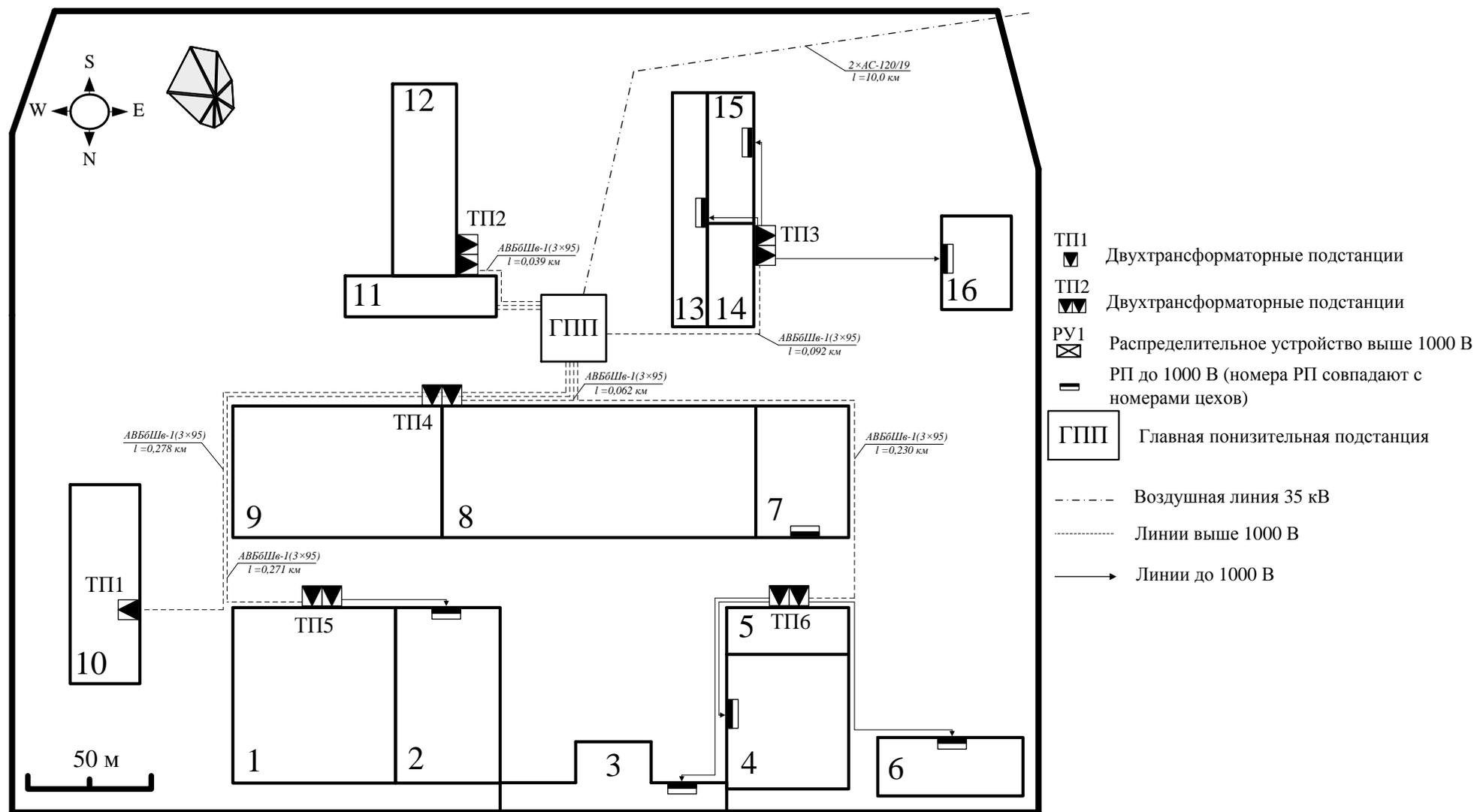


Рисунок 5 – Генплан предприятия. Распределение электроэнергии

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

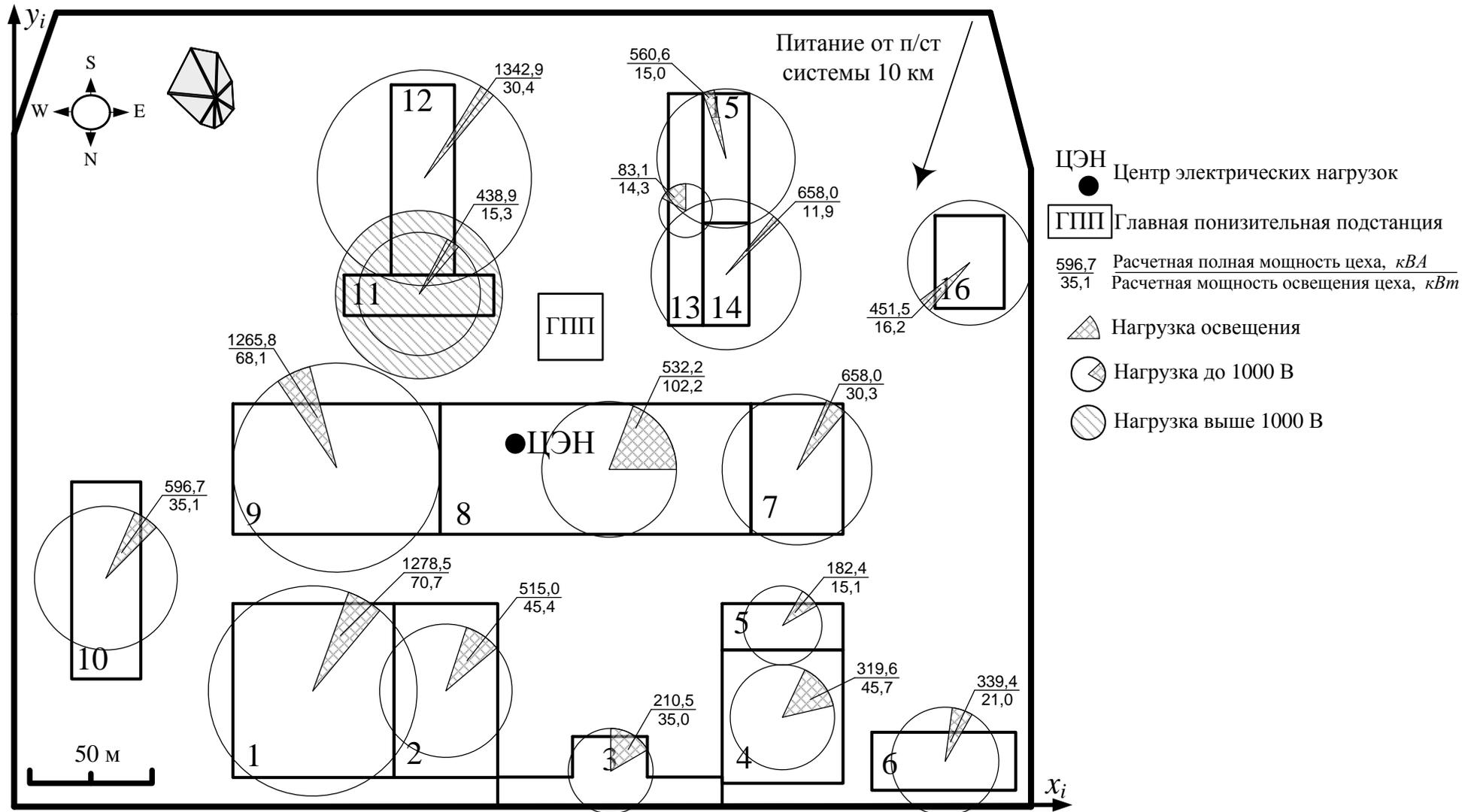


Рисунок 6 – Картограмма нагрузок

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

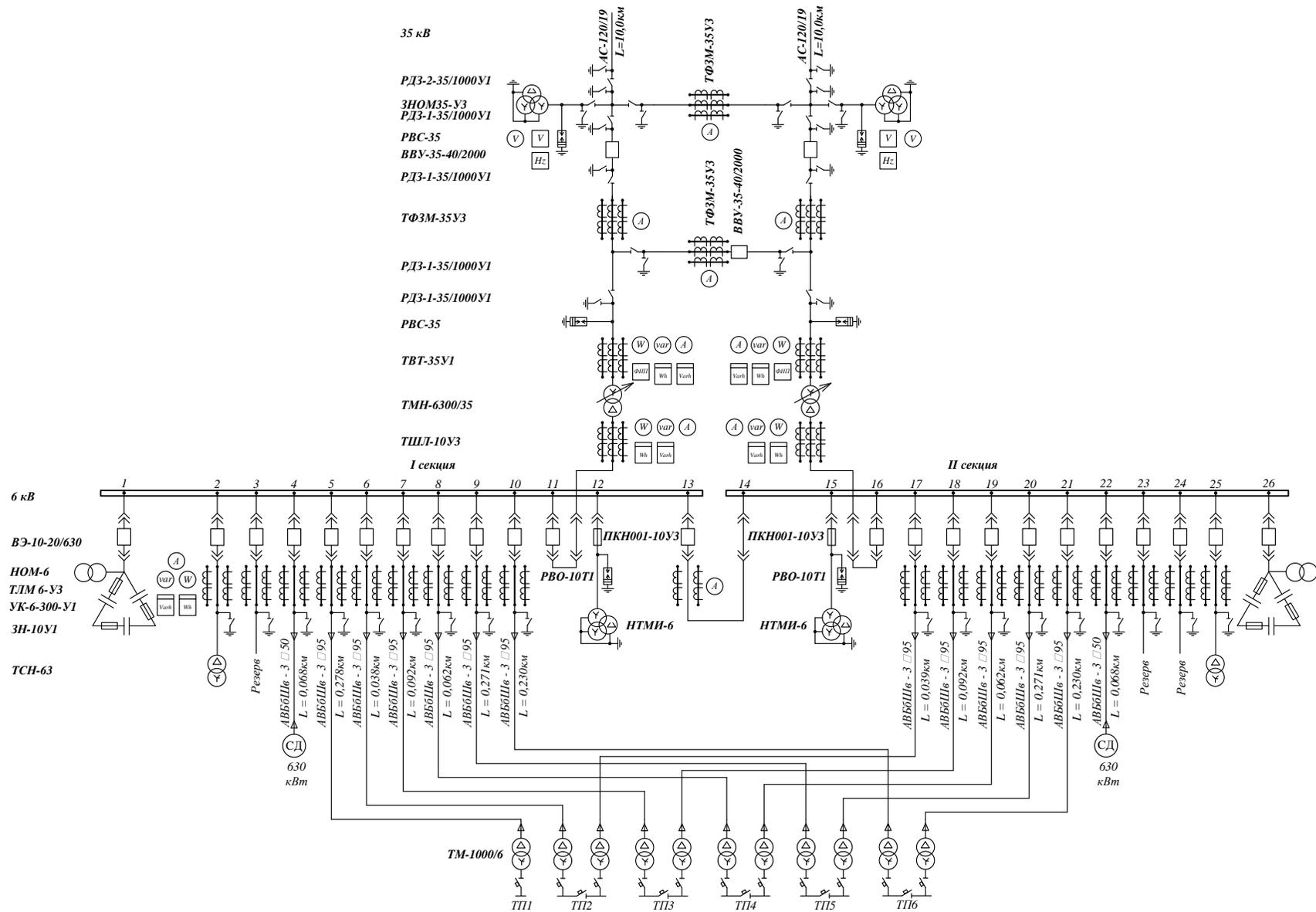


Рисунок 7 – Схема электрическая принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ 13



Рисунок 8 – Схема силовой сети механического цеха

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

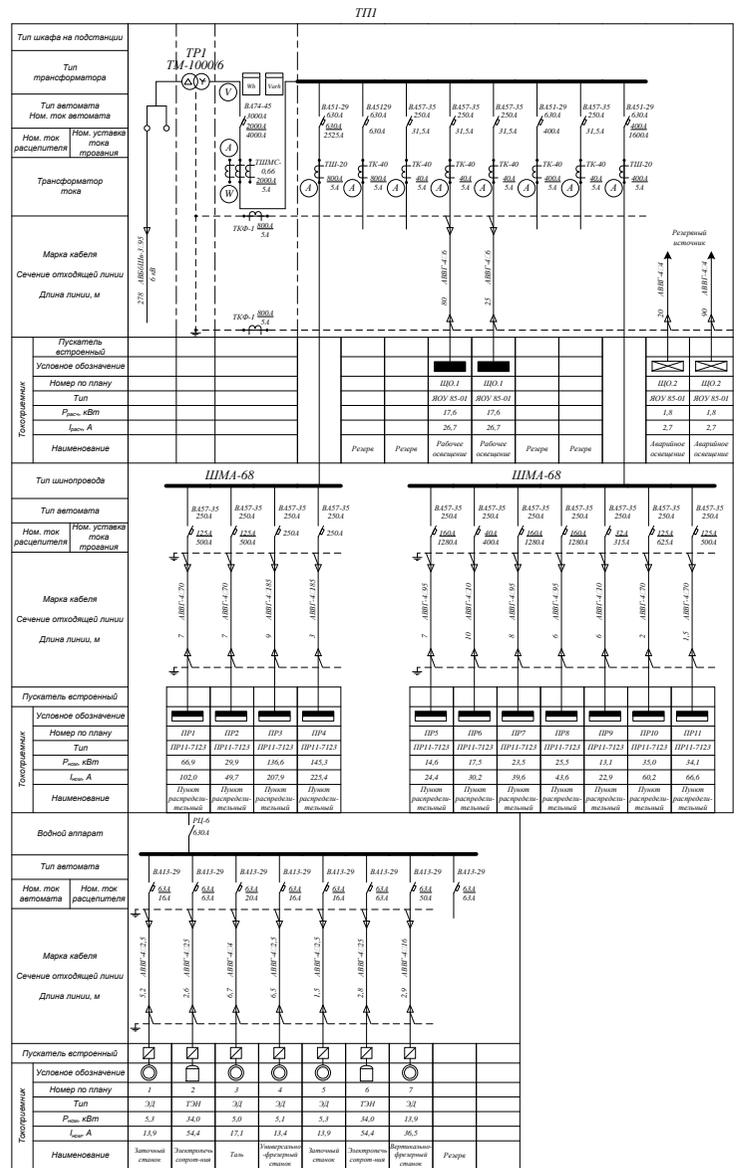
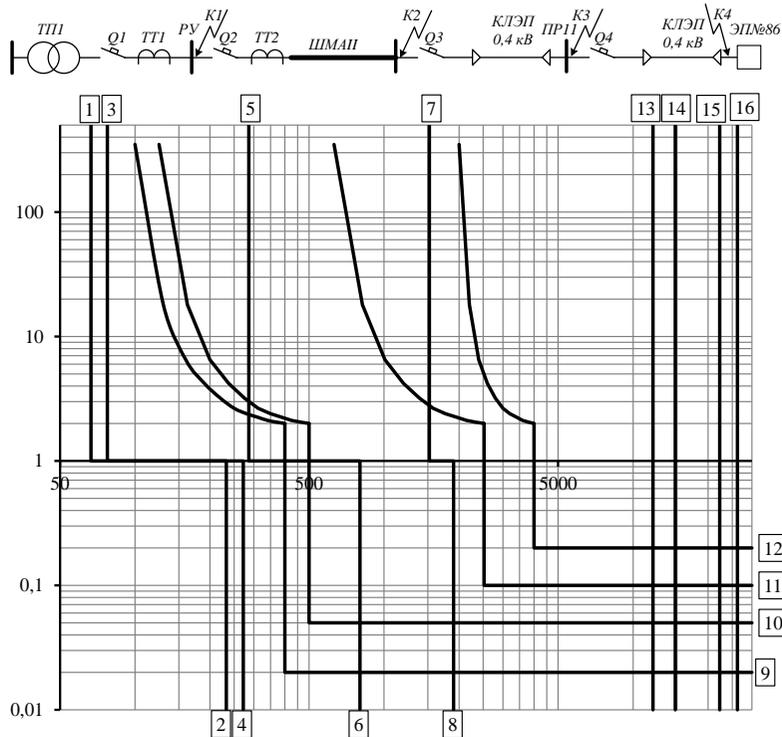


Рисунок 9 – Электроснабжение механического цеха

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Карта селективности действия защитных аппаратов



Узел нагрузки	ТПП	ШМА-II	ПР11	Автомат №86
Расчетный ток $I_{рн}, A$	1519,3	286,3	66,6	-
Пиковый ток $I_{пик}, A$	1902,3	800,7	272,0	-
Номинальный ток $I_{ном}, A$	-	-	-	77,5
Пусковой ток $I_{пуск}, A$	-	-	-	232,6
Ток КЗ $I_{кз}, A$	26243,2	22285,2	14769,9	12007,8
Тип аппарата	ВА74 – 45	ВА51 – 29	ВА57 – 35	ВА57 – 35
Условия срабатывания по току				
- при перегрузке $I_{ном.расч}, A$	2000	630	125	100,0
- при КЗ $I_{кз}, A$	4000,0	2520,0	500,0	400,0
Условия срабатывания по времени, с				
	0,2	0,1	0,05	0,02

Эпюра отклонений напряжения

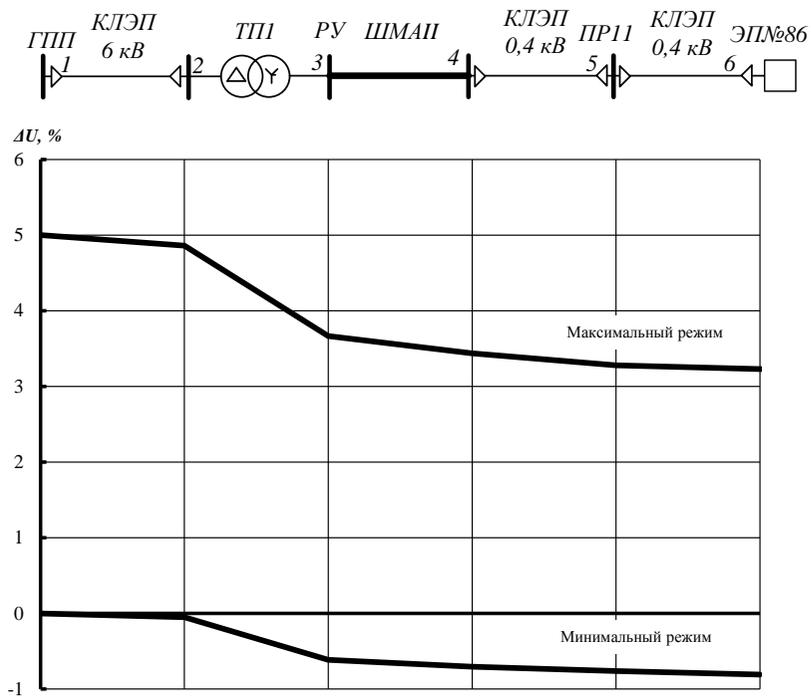


Рисунок 10 – Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности