

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
Система электроснабжения НПО «UZGERMED PHARM»

УДК 621.31.031-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ1	Назаров Хасан Акобирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Клыжко Е. Н.	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

_____ Ю.Н.

Дементьев

(Подпись) (Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5ГЗБ1	Назарову Хасану Акобировичу

Тема работы:

Система электроснабжения НПО «UZGERMED PHARM»

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 ремонтно-механических мастерских 5. Электроснабжение ремонтно-механических мастерских 6. Однолинейная схема 7. 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
Ассистент	Клыжко Е. Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ1	Назаров Хасан Акобирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 125 с., 17 рис., 34 табл., 32 источников, 15 прил.

Ключевые слова: вакцина, лекарственные препараты, схема электроснабжения, линия, сеть, электроприемник, нагрузка, оборудование, защита, ток, напряжение.

Объектом исследования является электрическая часть НПО «UZGERMED PHARM».

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	7
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	8
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ	11
2.1 Распределение приёмников по пунктам питания	11
2.2 Определение расчетной нагрузки цеха	11
3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ	14
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия	14
3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок	16
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов	17
3.4 Компенсация реактивной мощности	18
3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения	20
3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП	21
3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП	24
3.8 Технико-экономическое сравнение вариантов	26
3.9 Схема внутриводской сети выше 1000 В	26
3.10 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	28
4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В	31
4.1 Выбор выключателей и разъединителей	31
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока	32
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения	35
4.4 Учет электрической энергии	36
5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ	39
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники	39
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения	42
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В	45
5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты	47
5.5 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	48
6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА	51
6.1 Назначение РЗА	51
6.2 Расчет токов короткого замыкания	51
6.3 Защита от межфазных коротких замыканий	53
6.4 Защита от перегрузок	54
6.5 Защита от замыканий на землю в обмотке статора	54
6.6 Защита от потери питания	55
6.7 Схема защиты асинхронного двигателя	55
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	57
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ	58
7.1. Планирование расчета и проектирования электроснабжения промышленного предприятия	60
7.1.1 Структура работ в рамках расчета и проектирования	60

7.1.2	Определение трудоемкости выполнения работ	60
7.1.3	Разработка графика проведения расчета и проектирования	61
7.1.4	Основная заработная плата исполнителей темы	65
7.1.5	Накладные расходы	68
7.2	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	68
7.3	Расчет капитальных вложений в основные средства	69
	ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	73
	8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	75
8.1	Производственная безопасность	75
8.1.1	Анализ опасных и вредных факторов	75
8.1.2	Техника безопасности	76
8.1.3	Производственная санитария	78
8.2	Экологическая безопасность	83
8.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
8.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
	CONCLUSION	90
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	92
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1	94
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2	98
	ПРИЛОЖЕНИЕ 3	100
	ПРИЛОЖЕНИЕ 4	102
	ПРИЛОЖЕНИЕ 5	105
	ПРИЛОЖЕНИЕ 6	108
	ПРИЛОЖЕНИЕ 7	109
	ПРИЛОЖЕНИЕ 8	111
	ПРИЛОЖЕНИЕ 9	112
	ПРИЛОЖЕНИЕ 10	113
	ПРИЛОЖЕНИЕ 11	115
	ПРИЛОЖЕНИЕ 12	117
	ПРИЛОЖЕНИЕ 13	118
	ПРИЛОЖЕНИЕ 14	119
	ПРИЛОЖЕНИЕ 15	120

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проекта является проектирование системы электроснабжения цеха ремонтно-механических мастерских НПО «UZGERMED PHARM», используя при проектировании реальные данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), детально проработать систему электроснабжения приемников в здании рассматриваемого цеха, сделать выводы.

В составе предприятия имеются четыре производственных корпуса.

Корпус №1 профилируется на производстве иммуноглобулинов, лекарственных препаратов, также в этом корпусе имеется отделение лактобактерина. В корпусе №2 и №4 расположены линии наполнения (розлива) и упаковки ампул, с относительными производственными помещениями, коммуникациями и складами, гардеробами и канцелярскими помещениями, помещениями для стирки одежды. Сырьё, пустые ампулы и баллоны с вакциной в корпуса №2 и №4 поступают уличными транспортными средствами (ручными погрузчиками) и лифтами. Производство фармацевтических, психотропных и венерологических препаратов осуществляется в корпусе №3, там же находится отделение биологического контроля. Так же в составе предприятия имеются складские помещения для хранения разных видов тароупаковочного материала (картонные коробки, пачки) и готовой продукции.

Технология производства: приготовление лекарственных препаратов, вакцин, их розлив, контроль и упаковка.

В производственном процессе предусмотрено:

- приготовление вакцин, лекарственных средств и т.д.;
- промежуточное хранение вакцины;
- подготовка ампул (мойка, стерилизация);
- наполнение и запайка ампул;
- финишная стерилизация;
- контроль на целостность ампул и наличие механических частиц;
- этикетирование ампул;
- упаковка ампул в пачки.

Предприятие относится к потребителям II категории электропотребления. Обуславливается непрерывностью технологического процесса, остановка, которого понесёт значительный материальный ущерб, связанный с массовым браком дорогостоящей продукции.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

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

№ п/п	Наименование объекта	Число смен	Категория ЭП	Среда	Установленная мощность, кВт
1	Корпус №4	2	II	Нормальная	800
2	Корпус №1	2	II	Нормальная	650
3	Виварий	2	III	Нормальная	217
4	АБК	1	III	Нормальная	685
5	Компрессорная	2	II	Нормальная	—
	0,38 кВ				225
	10,0 кВ АД 2 × 1250 кВт				2500
6	Склад азота и кислорода	1	III	Взрывоопасная	15
7	Оспенный корпус	2	III	Нормальная	410
8	Склад сбыта	1	III	Нормальная	80
9	Корпус №2	2	II	Нормальная	821
10	Ремонтно-механические мастерские	1	III	Нормальная	—
11	Корпус №3	2	II	Нормальная	600
12	Гараж	1	III	Нормальная	75
13	Материальный склад	1	III	Нормальная	40
14	Центральная водопроводная станция	2	II	Влажная	374
15	Станция обезжелезивания	2	III	Влажная	162
16	Склад	1	III	Нормальная	15
17	Склад ГСМ	1	II	Пожароопасная	25
18	Склад медицинского стекла	1	III	Нормальная	10
19	Медпункт	2	III	Нормальная	12
20	Котельная	2	II	Жаркая	312
21	Канализационная насосная станция	1	III	Влажная	84
22	Имунноклиника	1	II	Нормальная	685
23	Имунноклиника	1	II	Нормальная	570
24	Имунноклиника	1	II	Нормальная	373
25	Имунноклиника	1	II	Нормальная	381
26	Склад фуража	1	III	Нормальная	14
27	Крематорий	1	III	Жаркая	21
28	Оспенный изолятор	1	III	Нормальная	67

Генплан предприятия представлен в приложении 10.

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках ремонтно-механических мастерских

<i>№ п/п</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	Токарно-винторезный станок	12,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	41,0	204,9
2	Токарно-винторезный станок	16,2	0,14	0,50	1,73	0,89	5	55,3	276,6
3	Токарно-винторезный станок	16,2	0,14	0,50	1,73	0,89	5	55,3	276,6
4	Токарно-винторезный станок	16,2	0,14	0,50	1,73	0,89	5	55,3	276,6
5	Токарно-винторезный станок	16,2	0,14	0,50	1,73	0,89	5	55,3	276,6
6	Фрезерный станок	10,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	34,1	170,7
7	Фрезерный станок	10,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	34,1	170,7
8	Фрезерный станок	10,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	34,1	170,7
9	Фрезерный станок	10,7	0,14	0,50	1,73	0,89	5	36,5	182,7
10	Координатно-расчетный станок	8,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	27,3	136,6
11	Поперечно-строгальный станок	12,1	0,14	0,50	1,73	0,89	5	41,3	206,6
12	Поперечно-строгальный станок	12,1	0,14	0,50	1,73	0,89	5	41,3	206,6
13	Токарно-винторезный станок	10,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	34,1	170,7
14	Электротельфер ПВ = 25%	20,0	0,06	0,45	1,98	0,89	5	75,9	379,4
15	Электротельфер ПВ = 25%	20,0	0,06	0,45	1,98	0,89	5	75,9	379,4
16	Сверлильный станок	2,2	0,14	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
17	Сверлильный станок	4,1	0,14	0,50	1,73	0,89	5	14,0	70,0
18	Точильно-шлифовальный станок	3,3	0,14	0,50	1,73	0,89	5	11,3	56,3
19	Точильно-шлифовальный станок	3,3	0,14	0,50	1,73	0,89	5	11,3	56,3
20	Точильно-шлифовальный станок	3,3	0,14	0,50	1,73	0,89	5	11,3	56,3
21	Универсально-шлифовальный станок	4,8	0,14	0,50	1,73	0,89	5	16,4	81,9
22	Плоско-шлифовальный станок	7,5	0,14	0,50	1,73	0,89	5	25,6	128,0
23	Электротельфер ПВ = 25%	16,0	0,06	0,45	1,98	0,89	5	60,7	303,5
24	Листогибочный станок	12,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	41,0	204,9
25	Электротельфер ПВ = 25%	16,0	0,06	0,45	1,98	0,89	5	60,7	303,5
26	Листогибочный станок	8,8	0,14	0,50	1,73	0,89	5	30,0	150,2
27	Труборез	15,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	51,2	256,1
28	Пресс-ножницы	17,5	0,14	0,50	1,73	0,89	5	59,7	298,7
29	Пресс-ножницы	15,5	0,14	0,50	1,73	0,89	5	52,9	264,6
30	Компрессор	22,0	0,80	0,85	0,62	0,90	5	43,7	218,5
31	Сверлильный станок	2,2	0,14	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
32	Вальцепрокатный станок	15,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	51,2	256,1
33	Листогибочный станок	12,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	41,0	204,9
34	Трубогибочный станок	9,5	0,14	0,50	1,73	0,89	5	32,4	162,2
35	Ножницы	8,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	27,3	136,6

окончание 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>
36	Токарно-винторезный станок	18,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	61,5	307,3
37	Электротельфер ПВ = 25%	20,0	0,06	0,45	1,98	0,89	5	75,9	379,4
38	Настольно-сверлильный станок	1,2	0,14	0,50	1,73	0,89	5	4,1	20,5
39	Настольно-сверлильный станок	1,2	0,14	0,50	1,73	0,89	5	4,1	20,5
40	Сверлильный станок	4,1	0,14	0,50	1,73	0,89	5	14,0	70,0
41	Электротельфер ПВ = 25%	20,0	0,06	0,45	1,98	0,89	5	75,9	379,4
42	Горн кузнечный	12,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	31,5	157,6
43	Пресс	15,0	0,30	0,65	1,17	0,89	5	39,4	197,0
44	ТВЧ печь	20,0	0,70	0,95	0,33	1,0	–	32,0	–
45	Точильно-шлифовальный станок	4,4	0,14	0,50	1,73	0,89	5	15,0	75,1
46	Пресс	15,0	0,30	0,65	1,17	0,89	5	39,4	197,0
47	Пресс	18,5	0,30	0,65	1,17	0,89	5	48,6	242,9
48	Станок отрезной	7,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	23,9	119,5
49	Пила	5,5	0,14	0,50	1,73	0,89	5	18,8	93,9
50	Пресс	18,5	0,30	0,65	1,17	0,89	5	48,6	242,9
51	Гильотина	10,0	0,30	0,65	1,17	0,89	5	26,3	131,3
52	Трансформатор сварочный ПВ = 60%	25,0	0,35	0,65	1,17	0,98	3	59,6	178,9
53	Сверлильный станок	3,3	0,14	0,50	1,73	0,89	5	11,3	56,3
54	Пресс кривошипный	14,5	0,30	0,65	1,17	0,89	5	38,1	190,4
55	Шлифовальный станок	8,0	0,14	0,50	1,73	0,89	5	27,3	136,6
56	Установка плазменная	4,0	0,35	0,65	1,17	0,98	3	9,5	28,6
57	Трансформатор сварочный ПВ = 60%	25,0	0,35	0,65	1,17	0,98	3	59,6	178,9
58	Аппарат электросварочный	15,0	0,35	0,65	1,17	0,98	3	35,8	107,3
59	Аппарат электросварочный	15,0	0,35	0,65	1,17	0,98	3	35,8	107,3
60	Аппарат электросварочный	15,0	0,35	0,65	1,17	0,98	3	35,8	107,3

План цеха с расположением электрического оборудования представлен в приложении 13.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ

2.1 Распределение приёмников по пунктам питания

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

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

Питание отдельных электроприемников и распределительных пунктов осуществляем по радиальным линиям, проложенным 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.

Электродельфер ПВ = 25%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 20,0 \cdot \sqrt{0,25} = 10,000 \text{ кВт.}$$

Электродельфер ПВ = 25%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 16,0 \cdot \sqrt{0,25} = 8,000 \text{ кВт.}$$

Трансформатор сварочный ПВ = 60%

$$P_{\text{НОМ}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 25,0 \cdot \sqrt{0,6} = 19,365 \text{ кВт.}$$

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность (на примере группы «А» ПР5)

$$P_{\text{НОМ.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ.}i} = 10,0 + 12,0 + 67,0 + 16,9 = 105,9 \text{ кВт.}$$

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

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

$$P_{\text{см}} = K_u \cdot P_{\text{ном.}\Sigma} = 0,062 \cdot 10,0 = 0,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 0,6 \cdot 1,98 = 1,2 \text{ кВАр},$$

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»)

$$P_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см.}i} = 0,6 + 3,0 + 20,1 + 2,4 = 15,4 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см.}i} = 1,2 + 3,5 + 23,5 + 4,1 = 32,3 \text{ кВАр},$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном.min}}} = \frac{18,5}{4,4} = 4,2 > 3.$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе

$$K_{u.\text{cp}} = \frac{P_{\text{см}}^{\text{А}}}{P_{\text{ном.}\Sigma}} = \frac{26,1}{105,9} = 0,25.$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$\text{tg}\varphi_{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{А}}}{P_{\text{см}}^{\text{А}}} = \frac{32,3}{26,1} = 1,24.$$

Для приемников группы «А» определим эффективное число электроприемников

$$n_{\text{э}} = \frac{[P_{\text{ном.}\Sigma}]^2}{\sum P_{\text{ном}}^2} = \frac{105,9^2}{1477,1} = 7,6 \text{ шт принимаем } n_{\text{э}} = 8 \text{ шт}.$$

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

$$K_{\text{м}} = 1,93.$$

Коэффициент максимума реактивной мощности

$$K'_{\text{м}} = 1,1.$$

Расчетная активная и реактивная максимальные мощности пункта

$$P_{\text{м}}^{\text{А}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}^{\text{А}} = 1,93 \cdot 26,1 = 50,3 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{м}}^{\text{А}} = K'_{\text{м}} \cdot Q_{\text{см}}^{\text{А}} = 1,1 \cdot 32,3 = 35,5 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_{\text{м}}^{\text{Б}} = P_{\text{см}}^{\text{Б}} = 14,0 \text{ кВт}, \quad Q_{\text{м}}^{\text{Б}} = Q_{\text{см}}^{\text{Б}} = 4,6 \text{ кВАр}.$$

Определяем активную, реактивную и полную максимальные мощности электроприемников пункта

$$P_{\text{м}} = P_{\text{м}}^{\text{А}} + P_{\text{м}}^{\text{Б}} = 50,3 + 14,0 = 63,3 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{м}}^{\text{А}} + Q_{\text{м}}^{\text{Б}} = 35,5 + 4,6 = 40,1 \text{ кВАр},$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2} = \sqrt{63,3^2 + 40,1^2} = 75,8 \text{ кВА}.$$

Определение расчётного тока пункта

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{75,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 115,1 \text{ А,}$$

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

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

$$P_{\text{ном.о}} = P_{\text{уд.о}} \cdot F_{\text{ц}} = 0,016 \cdot 3145 = 50,3 \text{ кВт,}$$

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

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

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{\text{расч.о}} = K_{\text{со}} \cdot P_{\text{ном.о}} = 0,95 \cdot 50,3 = 47,8 \text{ кВт,}$$

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

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$S_M = \sqrt{(P_M + P_{\text{расч.о}})^2 + Q_M^2} = \sqrt{(267,1 + 47,8)^2 + 193,3^2} = 369,5 \text{ кВА.}$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{369,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 561,5 \text{ А,}$$

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

Определение пикового тока цеха

Номинальный ток самого мощного электроприемника (электротельфер)

$$I_{\text{ном}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{20,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,45 \cdot 0,89} = 75,9 \text{ А,}$$

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

η – КПД электроприемника.

Пусковой ток самого мощного электроприемника

$$I_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}} = 5 \cdot 75,9 = 379,4 \text{ А,}$$

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

Пиковый ток цеха

$$I_{\text{пик.ц}} = I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_M - K_{\text{и.мах}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}}) = 379,4 + (561,5 - 0,06 \cdot 75,9) = 936,3 \text{ А,}$$

где $K_{\text{и.мах}}$ – 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 (Корпус №4).

$$P_{уст} = 800,0 \text{ кВт}; \quad K_c = 0,65; \quad \cos\varphi = 0,70; \quad \operatorname{tg}\varphi = 1,02.$$

Расчетные активная и реактивная мощности корпуса

$$P_p = K_c \cdot P_{уст} = 0,65 \cdot 800,0 = 520,0 \text{ кВт}, \\ Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 520,0 \cdot 1,02 = 530,5 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,018 \cdot 1415 = 25,5 \text{ кВт},$$

где $F_{ц}$ – площадь цеха, м^2 ;

$P_{уд.о}$ – удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл. 1.11], $\text{кВт}/\text{м}^2$.

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

$$P_{расч.о} = K_{со} \cdot P_{ном.о} = 0,80 \cdot 25,5 = 20,4 \text{ кВт},$$

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

Полная максимальная мощность корпуса

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{расч.о})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(520,0 + 20,4)^2 + 530,5^2} = 757,3 \text{ кВА}.$$

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов

ЭП до 1000 В

ЭП выше 1000 В

$$\sum P_p^H = 4682,3 \text{ кВт},$$

$$\sum P_p^B = 1500,0 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_p^H = 4157,4 \text{ кВАр},$$

$$\sum Q_p^B = 1125,0 \text{ кВАр}$$

$$\sum P_{расч.о} = 553,1 \text{ кВт},$$

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

$$S_p^H = \sqrt{(\sum P_p^H + \sum P_{\text{расч.о}})^2 + (\sum Q_p^H)^2} = \sqrt{(4682,3 + 553,1)^2 + 4157,4^2} = 6685,3 \text{кВа.}$$

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

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{тр}} &= 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 6685,3 = 133,7 \text{кВт}, \\ \Delta Q_{\text{тр}} &= 0,10 \cdot S_p^H = 0,10 \cdot 6685,3 = 668,5 \text{кВАр}, \\ \Delta P_{\text{л}} &= 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 6685,3 = 200,6 \text{кВт},\end{aligned}$$

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

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_p^H + \sum P_p^B) \cdot K_{p.m} + P_{\text{расч.о}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{л}} = (4682,3 + 1500,0) \cdot 0,95 + 553,1 + 133,7 + 200,6 = 6760,6 \text{кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_p^H + \sum Q_p^B) \cdot K_{p.m} + \Delta Q_{\text{тр}} = (4157,4 + 1125,0) \cdot 0,95 + 668,5 = 5686,8 \text{кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{6760,6^2 + 5686,8^2} = 8834,3 \text{кВА.}$$

где $K_{p.m}$ – коэффициент разновременности максимумов нагрузки [3, стр. 35].

Приблизительные потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{\text{тр.ГПП}} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 8834,3 = 176,7 \text{кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр.ГПП}} = 0,10 \cdot S_{p\Sigma} = 0,10 \cdot 8834,3 = 883,4 \text{кВАр},$$

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

$$\begin{aligned}S_p &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\text{тр.ГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{\text{тр.ГПП}})^2} = \\ &= \sqrt{(6760,6 + 176,7)^2 + (5686,8 + 883,4)^2} = \sqrt{6937,2^2 + 6570,2^2} = \\ &= 9554,8 \text{кВА.}\end{aligned}$$

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

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{8,6} + \frac{2500}{6,937}}} = 48,9 \text{кВт},$$

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

$$Q_3 = \alpha \cdot P_p = 0,24 \cdot 6937,2 = 1664,9 \text{кВАр},$$

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

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_3 = 6570,2 - 1664,9 = 4905,3 \text{кВАр}.$$

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

$$S_{p,\text{ГПП}} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{ку}})^2} = \sqrt{6937,2^2 + (6570,2 - 4905,3)^2} = \sqrt{6937,2^2 + 1664,9^2} = 7134,2 \text{кВА}.$$

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 (Корпус №4).

$$S_p = 757,3 \text{кВА}, \quad P_{p,0} = 20,4 \text{кВт}, \quad x = 55,4 \text{мм} \quad y = 237,6 \text{мм}$$

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса

$$r = \sqrt{\frac{S_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{757,3}{3,14 \cdot 0,355}} = 26,1 \text{мм}$$

где $S_{p,i}$ – 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

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o}}{S_p} = \frac{360^\circ \cdot 20,4}{757,3} = 9,7 \text{ град.}$$

Тогда

$$S_p \cdot x = 757,3 \cdot 55,4 = 41952,2 \text{кВА} \cdot \text{мм},$$

$$S_p \cdot y = 757,3 \cdot 237,6 = 179925,0 \text{кВА} \cdot \text{мм}.$$

Результаты расчетов располагаются в приложении 3.

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot x_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{846713,0}{8588,2} = 98,6 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot y_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{1596168,5}{8588,2} = 185,9 \text{ мм}.$$

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

$$x_0 = 132,5 \text{мм}, \quad y_0 = 164,2 \text{мм}.$$

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]

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{ц}} = \frac{6685,3}{34558,0} = 0,193 \text{ кВА/М}^2; \text{ принимаем } S_{\text{ном.тр}} = 630 \text{ кВА}.$$

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

<i>Tun</i>	<i>S_{ном}</i> <i>MBA</i>	<i>U_{вн}</i> <i>кВ</i>	<i>U_{нн}</i> <i>кВ</i>	<i>P_{хх}</i> <i>кВт</i>	<i>Q_{хх}</i> <i>кВАр</i>	<i>P_{кз}</i> <i>кВт</i>	<i>Q_{кз}</i> <i>кВАр</i>	<i>U_к</i> <i>%</i>	<i>I_{хх}</i> <i>%</i>
ТМ-630/10	0,63	10,0	0,4	1,56	12,6	8,5	34,7	5,5	2,00

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$n_{\text{тр.0}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.o})}{\beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{5235,4}{0,7 \cdot 630} = 11,87 \text{ шт}, \text{ принимаем } n_{\text{тр}} = 12 \text{ шт}.$$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.o})}{n_{\text{тр}}} = \frac{5235,4}{12} = 436,3 \text{ кВт}.$$

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

$$n_{\text{тр.i}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.o})}{P_1} = \frac{540,4}{436,3} = 1,239 \text{ шт}.$$

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.

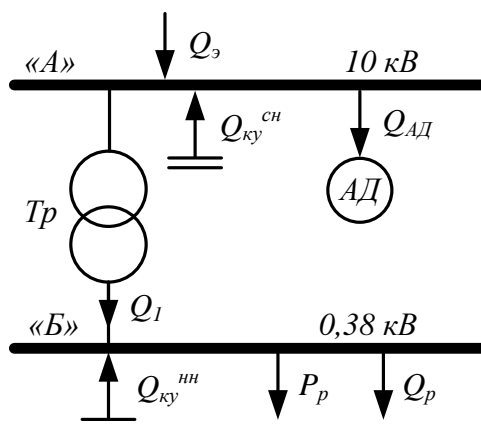


Рисунок 3.1 – Схема распределения реактивной мощности

На данном предприятии имеется синхронная высоковольтная нагрузка.

$$Q_{АД} = 1125,0 \text{кВАр.}$$

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{\text{тр}} \cdot \beta \cdot S_{\text{ном.тр}})^2 - (P_p^H + P_{p.0})^2} = \sqrt{(12 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 5235,4^2} = 771,9 \text{кВАр.}$$

Баланс реактивной мощности в узле «А»

$$Q_A = Q_з + Q_M - Q_1 = 1664,9 + 1125,0 - 771,9 = -232,0 \text{кВАр.}$$

Мощность конденсаторных установок на напряжении выше 1000 В

$$Q_{\text{ку.расч}}^{\text{сн}} = Q_1 - Q_з - Q_з = 1125,0 - 771,9 - 1664,9 = 232,0 \text{кВАр.}$$

Намечаем установку комплектных конденсаторных установок типа УК-6,3(10,5)-300-У1с параметрами [5, стр. 167, табл. П6.2]:

– номинальное напряжение $U_{\text{ном.ку}} = 10,5 \text{кВ}$;

– номинальная мощность $Q_{\text{ном.ку}} = 300 \text{кВАр}$;

Полная реактивная мощность, генерируемая одной комплектной конденсаторной установкой

$$Q_{\text{ку}} = \left(\frac{U_{\text{ном}}^{\text{сн}}}{U_{\text{ном.ку}}} \right)^2 \cdot Q_{\text{ном.ку}} = \left(\frac{10}{10,5} \right)^2 \cdot 300 = 272,1 \text{кВАр.}$$

Необходимое количество комплектных конденсаторных установок для установки на стороне СН

$$n_{\text{ку.расч}} = \frac{Q_{\text{ку.расч}}^{\text{сн}}}{Q_{\text{ку}}} = \frac{232,0}{272,1} = 0,97 \text{шт} \text{ принимаем } n_{\text{ку}} = 1 \text{шт.}$$

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конденсаторными установками

$$Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} = Q_{\text{ку}} \cdot n_{\text{ку}} = 272,1 \cdot 1 = 272,1 \text{кВАр.}$$

Баланс реактивной мощности в узле «Б»

$$Q_{\text{Б}} = Q_1 - Q_{\text{р.н}} = 771,9 - 4157,4 = -3385,8 \text{кВАр.}$$

Мощность конденсаторных установок на напряжении 0,4 кВ

$$Q_{\text{ку.расч}}^{\text{нн}} = Q_{\text{р.н}} - Q_1 = 4157,4 - 771,9 = 3385,8 \text{кВАр.}$$

Намечаем установку комплектных конденсаторных установок типа УКБ-0,38-225-У3 с параметрами [5, стр. 167, табл. П6.2]:

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

–номинальная мощность $Q_{\text{ном.ку}}=225\text{кВАр}$.

Полная реактивная мощность, генерируемая одной комплектной конденсаторной установкой

$$Q_{\text{ку}} = \left(\frac{U_{\text{ном}}^{\text{нн}}}{U_{\text{ном.ку}}} \right)^2 \cdot Q_{\text{ном.ку}} = \left(\frac{0,38}{0,38} \right)^2 \cdot 225 = 225 \text{кВАр.}$$

Необходимое количество комплектных конденсаторных установок для установки на стороне НН

$$n_{\text{ку.расч}} = \frac{Q_{\text{ку.расч}}^{\text{нн}}}{Q_{\text{ку}}} = \frac{3385,5}{225,0} = 15,0 \text{шт} \quad \text{принимаем } n_{\text{ку}}=15 \text{шт.}$$

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конденсаторными установками

$$Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} = Q_{\text{ку}} \cdot n_{\text{ку}} = 225 \cdot 15 = 3375,0 \text{кВАр.}$$

Суммарная генерируемая мощность компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} + Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} = 272,1 + 3375,0 = 3647,1 \text{кВАр.}$$

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

$$\begin{aligned} S_{\text{р.ГПП}} &= \sqrt{P_{\text{р}}^2 + (Q_{\text{р}} - Q_{\text{ку}})^2} = \sqrt{6937,2^2 + (6570,2 - 3647,1)^2} \\ &= \sqrt{6937,2^2 + 2923,1^2} = 7527,9 \text{кВА.} \end{aligned}$$

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 перемычки. Причем сначала включается перемычка, а затем отключаются цепи трансформатора.

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]

$$\gamma = 1,2.$$

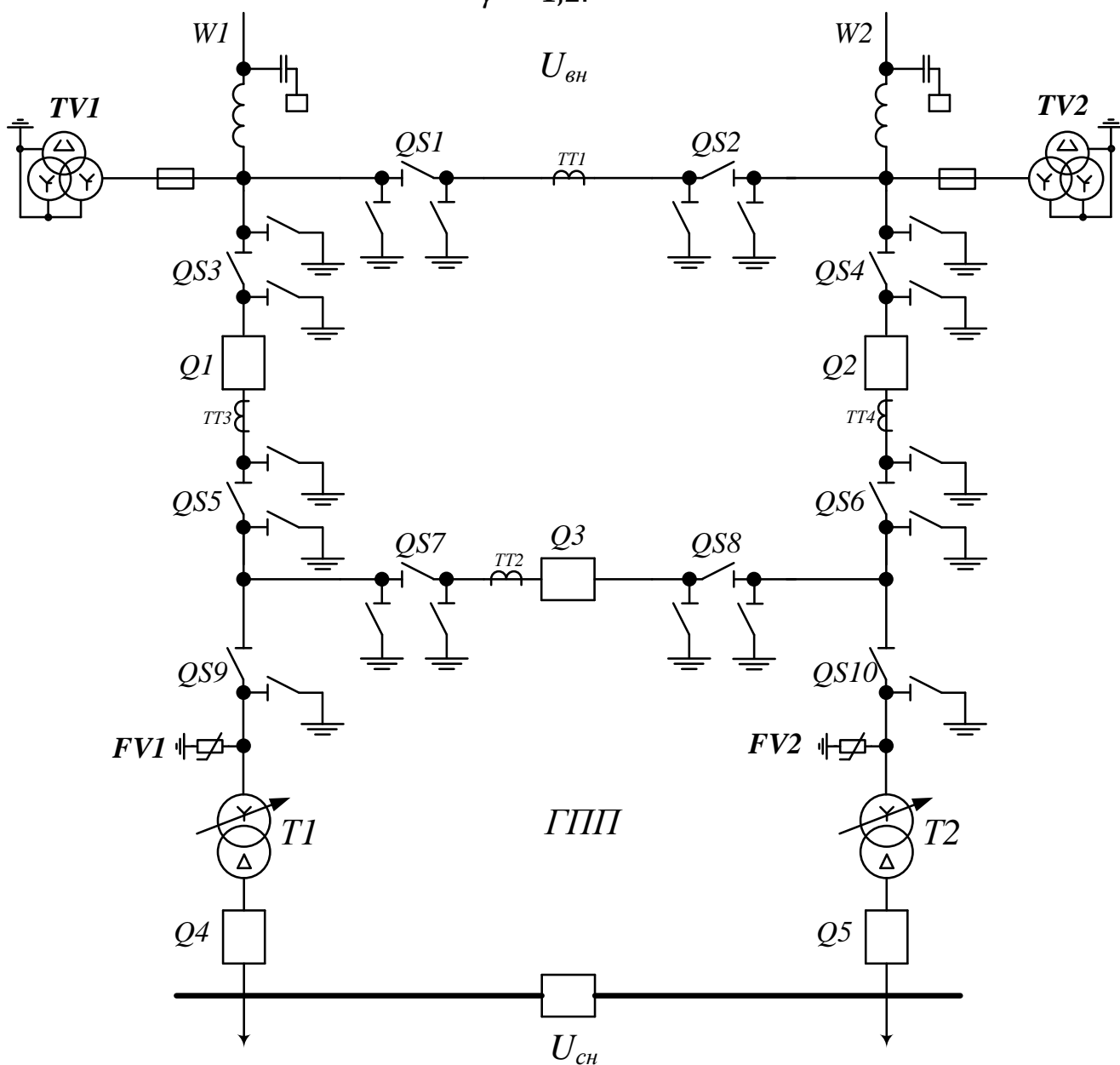


Рисунок 3.2 – Схема внешнего электроснабжения

Капитальные затраты на сооружение блочных и мостиковых схем указываются в целом с учетом затрат на выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, 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

$$И_{cx}^a = K_{cx}^a \cdot (E_{ам} + E_{об}) = 2099160,0 \cdot (0,067 + 0,059) = 264494,2 \text{руб/год},$$

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

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

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.

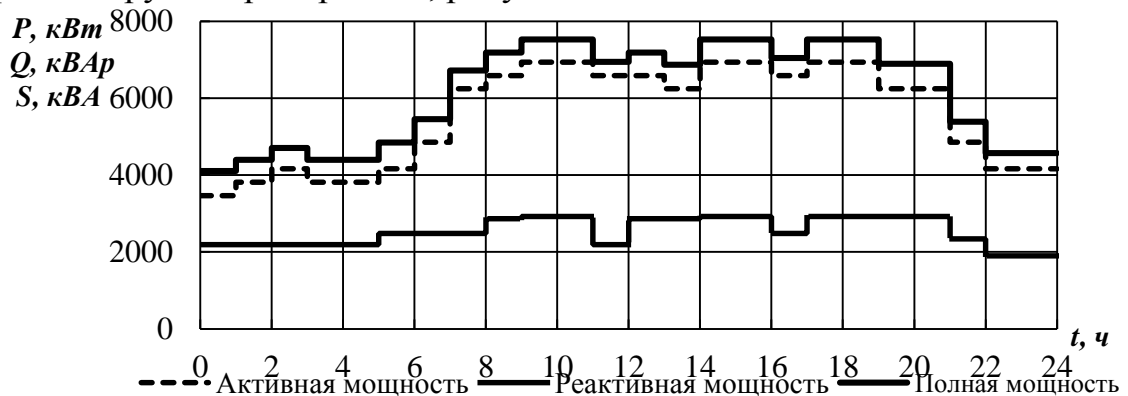


Рисунок 3.3 – Суточный график нагрузок предприятия

Из суточного графика можно определить

$$S_{max} = 7527,9 \text{кВА}.$$

Потребляемая за сутки активная и реактивная энергия

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 134235,6 \text{кВт} \cdot \text{ч}, \quad V = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i = 61210,4 \text{кВАр} \cdot \text{ч}.$$

Средняя за сутки нагрузка предприятия

$$S_{ср} = \frac{\sqrt{W^2 + V^2}}{24} = \frac{\sqrt{134235,6^2 + 61210,4^2}}{24} = 6147,2 \text{кВА}.$$

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

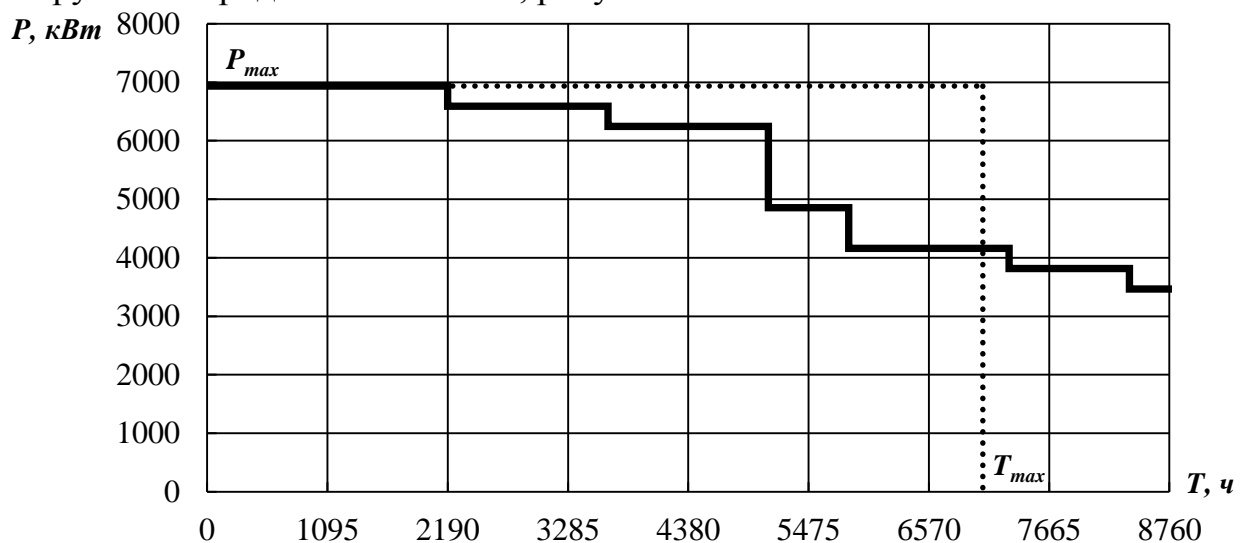


Рисунок 3.4 – Годовой график нагрузки по продолжительности

Количество потребленной за год электрической энергии

$$W_{\text{год}} = 48995977,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Число часов использования максимальной нагрузки

$$T_{\text{max}} = \frac{W_{\text{год}}}{P_{\text{max}}} = \frac{48995977,9}{6937,2} = 7062,8 \text{ ч.}$$

Время максимальных потерь

$$\tau_{\text{max}} = (0,124 + T_{\text{max}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 7062,8 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 6038,8 \text{ ч.}$$

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

$$k_{\text{зап.гр}} = \frac{S_{\text{ср}}}{S_{\text{max}}} = \frac{6147,2}{7527,9} = 0,82.$$

Продолжительность максимума нагрузки из суточного графика нагрузок предприятия

$$t_{\text{max}} = 8 \text{ ч.}$$

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

$$k_{\text{нагр}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном.тр}}} = 1,06.$$

Номинальная мощность трансформаторов

$$S_{\text{тр.расч}} = \frac{S_{\text{max}}}{k_{\text{нагр}}} = \frac{7527,9}{1,06} = 7101,8 \text{ кВА.}$$

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

$$\beta = \frac{S_{\text{max}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{7527,9}{2 \cdot 6300} = 0,60.$$

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

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

$$k_{I-II} \cdot S_{\text{max}} = 0,77 \cdot 7527,9 = 5759,9 \text{ кВА.}$$

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

2) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{\text{max}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{7527,9}{2 \cdot 10000} = 0,38.$$

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

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

$$k_{I-II} \cdot S_{\text{max}} = 0,77 \cdot 7527,9 = 5759,9 \text{ кВА.}$$

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], [III, стр. 212, табл. 5.17]

<i>T_{тип}</i>	<i>S_{ном}</i> , <i>MBA</i>	<i>U_{вн}</i> , <i>кВ</i>	<i>U_{нн}</i> , <i>кВ</i>	<i>P_{xx}</i> , <i>кВт</i>	<i>Q_{xx}</i> , <i>кВАр</i>	<i>P_{кз}</i> , <i>кВт</i>	<i>Q_{кз}</i> , <i>кВАр</i>	<i>U_к</i> , <i>%</i>	<i>I_{xx}</i> , <i>%</i>	<i>Цена</i> <i>руб</i>
<i>ТМН-6300/35</i>	6,3	35,0	11,0	9,2	56,7	46,5	472,5	7,5	0,90	3391500
<i>ТМН-10000/35</i>	10,0	36,75	10,5	14,5	80,0	65,0	750,0	7,5	0,80	3570000

Трансформатор ТРДН-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

$$\Delta P_{тр}^a = n_{тр} \cdot (\Delta P'_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{кз}) = 2 \cdot (13,2 + 0,60^2 \cdot 79,6) = 83,1 \text{ кВт}.$$

Потери активной энергии

$$\begin{aligned} \Delta W_{тр}^a &= n_{тр} \cdot (\Delta P'_{xx} \cdot t_{год} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{кз} \cdot \tau_{max}) \\ &= 2 \cdot (13,2 \cdot 8760 + 0,60^2 \cdot 79,6 \cdot 6038,8) = 573778,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \end{aligned}$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах

$$\Delta C_{тр}^a = \Delta W_{тр}^a \cdot \Delta C_э = 573778,1 \cdot 0,216 = 123872,9 \text{ руб},$$

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

$$\begin{aligned} I_{тр}^a &= K_{тр}^a \cdot (E_{ам} + E_{об}) + \Delta C_{тр}^a = 8139600,0 \cdot (0,067 + 0,059) + 123872,9 = \\ &= 1149462,5 \text{ руб/год}, \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Z_{тр}^a &= K_{тр}^a \cdot (E_n + E_{ам} + E_{об}) + \Delta C_{тр}^a = 8139600,0 \cdot (0,193 + 0,067 + \\ &+ 0,059) + 123872,9 = 2720405,3 \text{ руб/год}, \end{aligned}$$

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

<i>U_{ном}</i> , <i>кВ</i>	<i>Тр-тор</i>	$\Delta P_{кз}$, <i>кВт</i>	ΔP_{xx} , <i>кВт</i>	β	$K_{тр}$, <i>руб</i>	$C_{пот}$, <i>руб/год</i>	$C_{ам}$, <i>руб/год</i>	$C_{об}$, <i>руб/год</i>	$Z_{тр}$, <i>руб/год</i>
	ТМН-6300/35	79,6	13,2	0,60	8139600,0	123872,9	545353,2	480236,4	2720405,3

35	ТМН-10000/35	117,5	20,1	0,38	8568000,0	119431,3	574056,0	505512,0	2852623,3
----	--------------	-------	------	------	-----------	----------	----------	----------	-----------

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

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 6300}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 207,8 \text{ А.}$$

Экономическое сечение

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

где $j_{\text{ЭК}}$ – 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 $I_{\text{доп}}=309 \text{ А}$ [6, стр. 82, табл. 3.15.]

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

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

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

$$L_{\text{доп}} < L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_{\text{расч}}} = 2,05 \cdot 5 \cdot \frac{390}{103,9} = 38,5 \text{ км} > L_{\text{факт}} = 8,6 \text{ км,}$$

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

$$\Delta W_{\text{лэп}}^a = n_{\text{ц}} \cdot \Delta p_{\text{уд}} \cdot k_3^2 \cdot L \cdot \tau_{\text{max}} = n_{\text{ц}} \cdot \Delta p_{\text{уд}} \cdot \left(\frac{I_{\text{расч}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2 \cdot L \cdot \tau_{\text{max}}$$

$$= 2 \cdot 140 \cdot \left(\frac{103,9}{390} \right)^2 \cdot 8,6 \cdot 6038,8 = 1032521,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где k_3 – коэффициент загрузки линии по току;

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

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии

$$\Delta C_{\text{лэп}}^a = \Delta W_{\text{лэп}}^a \cdot \Delta C_{\text{э}} = 1032521,4 \cdot 0,216 = 222911,0 \text{ руб},$$

где $\Delta C_{\text{э}}$ – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч).

Капитальные затраты на сооружение линии

$$K_{\text{лэп}}^a = K_{\text{лэп}} \cdot L \cdot \gamma = 1999200 \cdot 8,6 \cdot 1,2 = 20631744,0 \text{ руб},$$

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

$$И_{\text{лэп}}^a = K_{\text{лэп}}^a \cdot (E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) + \Delta C_{\text{лэп}}^a = 20631744,0 \cdot (0,100 + 0,008) + 222911,0 = 2451139,4 \text{ руб/год},$$

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

$$З_{\text{лэп}}^a = K_{\text{лэп}}^a \cdot (E_{\text{н}} + E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) + \Delta C_{\text{лэп}}^a = 20631744,0 \cdot (0,152 + 0,100 + 0,008) + 222911,0 = 5587164,5 \text{ руб/год},$$

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

$U_{\text{ном}},$ кВ	Тр-тор	Сечение мм^2	k_3	$K_{\text{лэп}},$ руб	$K_{\text{об}},$ руб	$C_{\text{пот}},$ руб/год	$C_{\text{ам}},$ руб/год	$C_{\text{об}},$ руб/год	$З_{\text{лэп}},$ руб/год
35	ТМН-6300/35	АС 120/19	0,266	20631744,0	2099160,0	222911,0	2063174,4	165054,0	5587164,5
	ТМН-10000/35	АС 150/24	0,367	20631744,0		448965,4	2063174,4	165054,0	5813218,9

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

$U_{\text{ном}},$ кВ	Тр-тор	Сечение мм^2	$З,$ руб/год
35	ТМН-6300/35	АС 120/19	8307569,8
	ТМН-10000/35	АС 150/24	8665842,1

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 ВББШв (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 – РУ1

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}} + S_{\text{р}}^{\text{В}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 630 + 1875,0}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 90,5 \text{ А.}$$

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

$S_{\text{р}}$ – расчетная мощность высоковольтной нагрузки РУ, кВА;

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

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}} + S_{\text{р}}^{\text{В}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 630 + 1875,0}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 181,0 \text{ А.}$$

Экономическое сечение при работе предприятия с $T_{\text{max}} > 5000$ час/год и питания кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{\text{эк}} = 2,0$ А/мм² [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{90,5}{2,0} = 45,2 \text{ мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВББШв

$$F = 50 \text{ мм}^2 \text{ с } I_{\text{доп}} = 145 \text{ А. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].}$$

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 145 = 145 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 90,5 \text{ А,}$$

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

$$1,3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 145 = 188,5 \text{ А} > I_{\text{расч.п/ав}} = 181,0 \text{ А.}$$

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

РУ1 – ТП1

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 630}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 36,4 \text{ А.}$$

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

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

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{(n_{\text{ц}} - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 630}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 72,7 \text{ А.}$$

Экономическое сечение при работе предприятия с $T_{\text{max}} > 5000$ час/год и питания кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{\text{ЭК}} = 2,0$ А/мм² [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{36,4}{2,0} = 18,2 \text{ мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВБбШв

$$F = 25 \text{ мм}^2 \text{ с } I_{\text{доп}} = 95 \text{ А. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].}$$

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 95 = 145,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 36,4 \text{ А,}$$

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

$$1,3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 95 = 123,5 \text{ А} > I_{\text{расч.п/ав}} = 72,7 \text{ А.}$$

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

РУ1 – АД 1250 кВт

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{АД}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,80} = 90,2 \text{ А,}$$

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

Экономическое сечение при работе предприятия с $T_{\text{max}} > 5000$ час/год и питания кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{\text{ЭК}} = 2,0$ А/мм² [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{ЭК}}} = 2 = 45,1 \text{ мм}^2.$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВБбШв

$$F = 50 \text{ мм}^2 \text{ с } I_{\text{доп}} = 145 \text{ А. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].}$$

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 145 = 145,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 90,2 \text{ А,}$$

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

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

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

№ п/п	Участок	Мощность участка, кВА	$n_{ц}$, шт	$U_{ном}$, кВ	L , км	Расчетная нагрузка		$F_{эк}$, мм ²	Способ прокладки	$K_{пр}$	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
						$I_{расч}$, А	$I_{расч.ав}$, А					$I'_{доп}$, А	$1,3 \cdot I'_{доп}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	РУ1 – ТП1	1260,0	2	10	0,015	36,4	72,7	18,2	Эстакады	1,00	ВБбШВ - 2 (3 × 25)	95,0	123,5
2	ГПП – ТП2	1260,0	2	10	0,334	36,4	72,7	18,2		1,00	ВБбШВ - 2 (3 × 25)	95,0	123,5

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

Расчет токов КЗ ведем на участке Система – ГПП – ТП3.

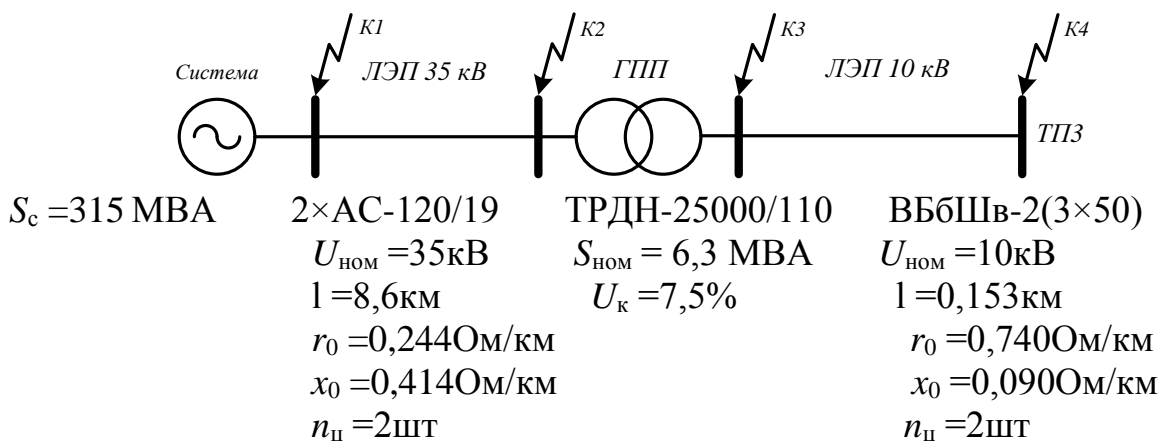


Рисунок 3.6 – Расчетная схема рассматриваемого участка

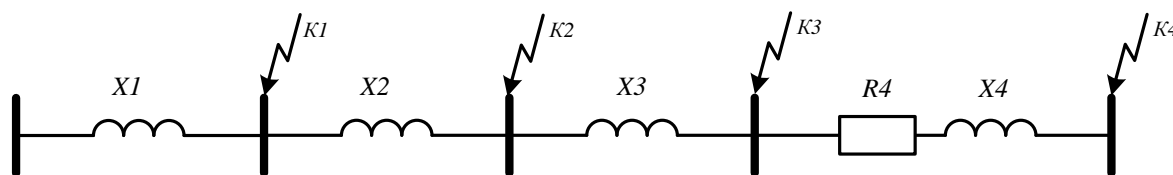


Рисунок 3.6 – Схема замещения рассматриваемого участка

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

$$S_c = 315 \text{ МВА.}$$

Принимаем за базисные величины

$$S_6 = 100 \text{ МВА, } U_{61} = 37,0 \text{ кВ, } U_{62} = 10,5 \text{ кВ.}$$

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37,0} = 1,560 \text{ кА, } I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА.}$$

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

Сопротивления элементов

Система

$$X_c = X_1 = \frac{S_6}{S_c} = \frac{100}{315} = 0,317.$$

Воздушная линия

$$X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{61}^2} = 0,414 \cdot 8,6 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37,0^2} = 0,260.$$

Трансформаторы

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

Кабельная линия

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,740 \cdot 0,153 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,103,$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,090 \cdot 0,153 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,012.$$

Полное приведенное сопротивление от источника до точки К1

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{R_{\Sigma 1}^2 + X_{\Sigma 1}^2} = X_1 = 0,317.$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{\text{к1}} = \frac{I_{61}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{1,560}{0,317} = 4,915 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{к1}} = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 4,915 = 11,2 \text{ кА,}$$

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].

Таблица 3.7 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	$U_{\delta},$	$I_{\delta},$	Z_{Σ}	$k_{y\delta}$	$T_a,$	$I_K,$	$i_{y\delta},$
	кВ	кА	–	–	сек	кА	кА
1	2	3	4	5	6	7	8
К1	37,0	1,560	0,317	1,608	0,02	4,915	11,2
К2	37,0	1,560	0,578	1,608	0,02	2,702	6,1
К3	10,5	5,499	1,768	1,869	0,01	3,110	8,2
К4	10,5	5,499	1,783	1,869	0,01	3,083	8,1

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

$$B_K = I_K^2 \cdot t_{\text{пр}} = 3110,0^2 \cdot 0,3 = 2901697,8 \text{А}^2 \cdot \text{сек.}$$

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

Термически стойкое сечение равно

$$F_{\text{min}} = \frac{I_K \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{2901697,8}{141} = 12,1 \text{мм}^2 < F_{\text{real}} = 25 \text{мм}^2,$$

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

$F_{\text{реал}}$ – 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 $t_{\text{тер}} = 4\text{с}$;

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 $I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{7527,9}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 124,2\text{А} < I_{\text{ном}} = 2000,0\text{А};$$

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

$$I_{\text{n,t}} = 4,915\text{кА} < I_{\text{отк.ном}} = 40,0\text{кА};$$

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

$$I_{\text{n,0}} = 4,915\text{кА} < I_{\text{дин}} = 40\text{кА},$$

$$i_{\text{уд}} = 11,2\text{кА} < i_{\text{дин}} = 100\text{кА};$$

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

$$B_{\text{к}} = I_{\text{n,0}}^2 \cdot (t_{\text{р.з.}} + t_{\text{отк.в}} + T_{\text{а}}) = 4,915^2 \cdot (1,2 + 0,07 + 0,020) = 31,166\text{кА}^2 \cdot \text{с},$$

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

$$B_{\text{к}} = 31,166\text{кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 4800,0\text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-35/1000

Параметры разъединителя [9, стр. 630, табл. П 4.4]

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

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

амплитуда предельного сквозного тока $i_{\text{пр.с}} = 63\text{кА}$;

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

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

Проверка разъединителя

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

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

– по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = 124,2 \text{ А} < I_{ном} = 1000,0 \text{ А};$$

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

$$i_{уд} = 11,2 \text{ кА} < I_{пр.с} = 63 \text{ кА};$$

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

$$B_k = 31,166 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{2тер}^2 \cdot t_{тер} = 25,0^2 \cdot 4 = 2500,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

Оборудование выбираем одностипное, 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>
$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$
$I_{max} = 124,2 \text{ А}$	$I_{ном} = 2000 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{n,t} = 4,9 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 40 \text{ кА}$	—
$I_{n,0} = 4,9 \text{ кА}$	$I_{дин} = 40 \text{ кА}$	—
$i_{уд} = 11,2 \text{ кА}$	$i_{дин} = 100 \text{ кА}$	$i_{пр.с} = 63 \text{ кА}$
$B_k = 31,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{2тер}^2 \cdot t_{тер} = 4800 \text{ кА}^2$	$I_{2тер}^2 \cdot t_{тер} = 2500 \text{ кА}^2$
<i>Расчетные данные</i>	<i>Выключатель ВЭ-10-20/630</i>	<i>Разъединитель</i>
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	Используется выкатная тележка
$I_{max} = 193,0 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$	
$I_{n,t} = 3,1 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА}$	
$I_{n,0} = 3,1 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$	
$i_{уд} = 8,2 \text{ кА}$	$i_{дин} = 51 \text{ кА}$	
$B_k = 5,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{2тер}^2 \cdot t_{тер} = 1200 \text{ кА}^2$	

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	Тун	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 $I_{ном} = 150\text{А}$;

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

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

ток термической стойкости $I_{тер} = 8,0\text{кА}$;

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 $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р,ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{7527,9}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 124,2\text{А} < I_{ном} = 150,0\text{А};$$

– 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

$$q_{\text{расч}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0238 \cdot 15}{0,86} = 0,49 \text{ мм}^2$$

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

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

Тогда сопротивление кабеля

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{q} = \frac{0,0283 \cdot 15}{4} = 0,106 \text{ Ом.}$$

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} = 0,24 + 0,106 + 0,10 = 0,446 \text{ Ом} < Z_{2\text{ном}} = 1,200 \text{ Ом.}$$

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

$$i_{\text{уд}} = 11,2 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 31 \text{ кА};$$

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

$$B_{\text{к}} = 31,166 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 7,0^2 \cdot 3 = 147,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

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

Таблица 4.3 – Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

<i>Тип ТТ</i>	<i>Расчетные данные</i>	<i>Каталожные данные</i>
<i>ТА1 ТШЛ 10 Сторона НН трансформатора</i>	$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{мах}} = 193,0 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 5,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 14700 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 8,2 \text{ кА}$	<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>	$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
	$I_{\text{мах}} = 124,2 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 150 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 31,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 147,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 11,2 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 31 \text{ кА}$
	$r_2 = 0,446 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 1,200 \text{ Ом}$

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	—	—	—	7	0,14	0,0
	Счетчик V	ЦЭ36805	0,02	—	—	—	7	0,14	0,0
Итого:								10,3	0,0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-10

Параметры трансформатора напряжения
 номинальное напряжение $U_{ном} = 10\text{кВ}$;
 номинальная мощность $S_{ном} = 120\text{В} \cdot \text{А}$;
 класс точности 0,5.

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

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

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10,3^2 + 0,0^2} = 10,3\text{В} \cdot \text{А} < S_{ном} = 120\text{В} \cdot \text{А}.$$

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 $U_{ном} = 35\text{кВ}$;
 номинальная мощность $S_{ном} = 150\text{В} \cdot \text{А}$;
 класс точности 0,5.

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

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

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

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

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

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

4.4 Учет электрической энергии

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

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

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

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, а также точно определить расход энергоресурсов и выделить его в себестоимости конечного продукта производства. Кроме этого, АСКУЭ позволяет видеть моменты простоя и перегрузки работы предприятия, утечки электроэнергии, что помогает скорректировать работу и повысить экономическую эффективность предприятия, автоматизировать сбор данных.

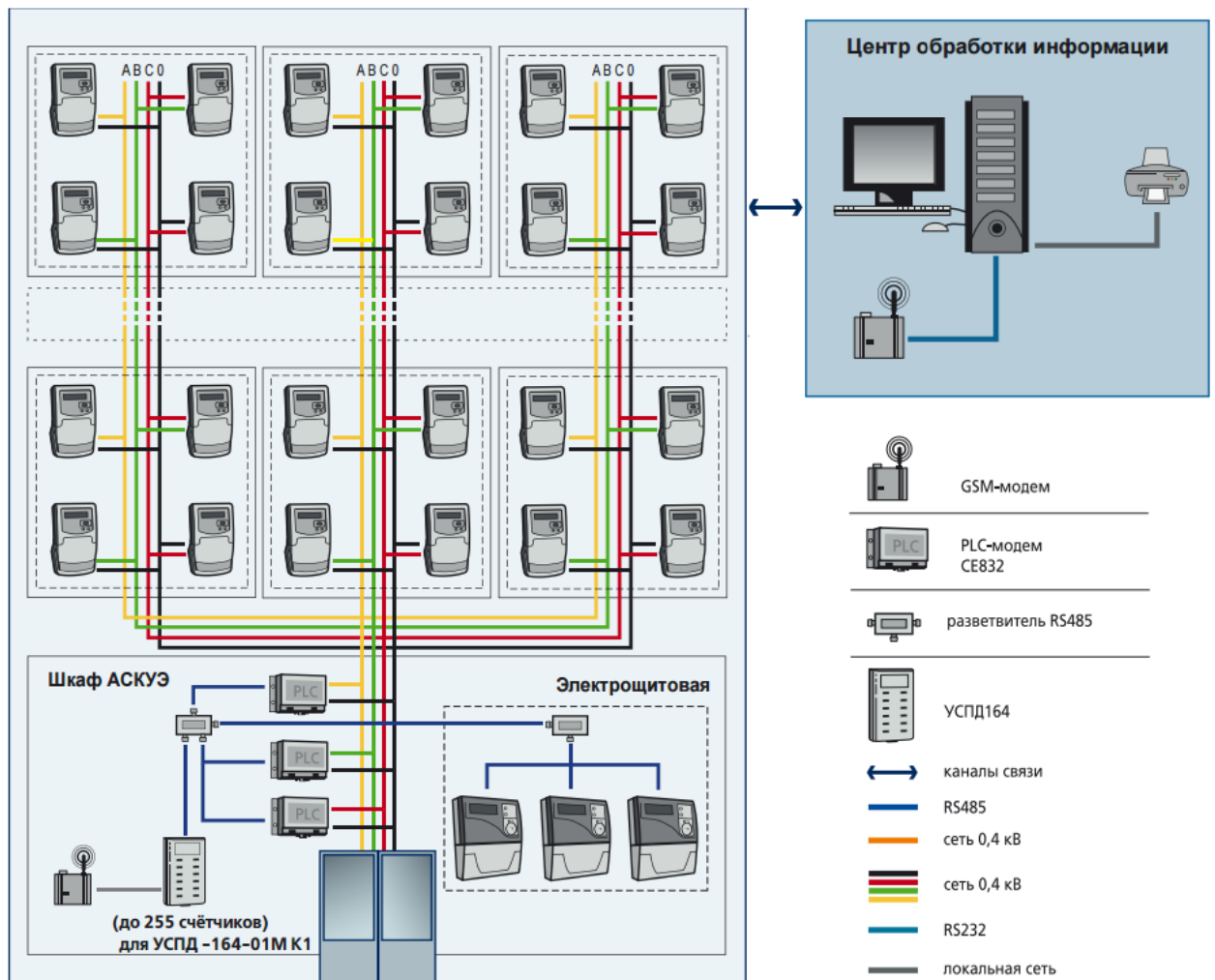
Система является рациональным решением для мероприятий:

- 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 объединяться 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.



В случае использования связи по средством 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 случае применения проводки из алюминия, а не из меди, происходит более быстрое затухание сигнала и в действительности скорость передачи информации по силовой сети значительно снижается, но чаще всего её хватает для выполнения основных задач АСКУЭ.

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 РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ

Электроснабжение выполняется в следующей последовательности.

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

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

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

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

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

Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери 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 ВВГ 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

$$S_{\text{м.пс}} = 1145,1 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{\text{р.пс}} = \frac{S_{\text{м.пс}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1145,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1739,8 \text{ А.}$$

Номинальный ток трансформаторов подстанции

$$I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 957,2 \text{ А.}$$

Ток послеаварийного режима трансформаторов подстанции

$$I_{\text{п/ав.тр}} = 1,4 \cdot I_{\text{ном.тр}} = 1,4 \cdot 957,2 = 1340,1 \text{ А.}$$

Пиковый ток подстанции

$$I_{\text{пик.пс}} = I_{\text{пик}}^{\text{max.пс}} + I_{\text{ном.тр}} - I_{\text{м}}^{\text{пс}} = 489,9 + 1739,8 - 115,1 = 2114,6 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74 – 45 с параметрами

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

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 2000\text{А} > 1,1 \cdot I_{\text{ном.тр}} = 1,1 \cdot 1739,8 = 1913,8\text{А}.$$

– проверка намеченного автомата по нагреву послеаварийным током

$$I_{\text{пер}} = 2 \cdot I_{\text{ном.расц}} = 2 \cdot 2000 = 4000,0\text{А} > I_{\text{п.ав.тр}} = 1340,13\text{А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пик.ПС}} = 1,25 \cdot 2114,6 = 2643,3\text{А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик.ПС}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{2643,3}{2000} = 1,3, \quad \text{принимаем } K = 2,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 2,0 \cdot 5500 = 11000,0\text{А} > 1,25 \cdot I_{\text{пик.ПС}} = 5320,5\text{А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ВРУ

Расчетный и пиковый ток нагрузки ВРУ

$$I_{\text{р}} = 561,5\text{А}, \quad I_{\text{пик}} = 936,3\text{А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА51 – 29 с параметрами

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

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 630\text{А} > 1,1 \cdot I_{\text{р}} = 1,1 \cdot 561,5 = 617,6\text{А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 936,3 = 1170,3\text{А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{1170,3}{630} = 1,9, \quad \text{принимаем } K = 4,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 4,0 \cdot 630 = 2520,0\text{А} > 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1170,3\text{А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ – 2(4 × 185) $I_{\text{доп}} = 700\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 700\text{А} > I_{\text{р}} = 609,7\text{А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 700\text{А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 630}{1} = 630,0\text{А},$$

где I_3 – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

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

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

– проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_0 \cdot I_{\text{р}} \cdot l = 0,029 \cdot 561,5 \cdot 0,054 = 0,87\% < 5\%,$$

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 ВРУ – ПР1

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1

$$I_p = 77,8\text{А}, \quad I_{\text{пик}} = 346,6\text{А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА57 – 35 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 250\text{А}, \quad I_{\text{тепл}} = 100\text{А} \quad [3, \text{стр. 87, табл. П.2.3}].$$

–проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 100\text{А} > 1,1 \cdot I_p = 1,1 \cdot 77,8 = 85,5\text{А}.$$

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 346,6 = 433,2\text{А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пуск}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{433,2}{100} = 4,3, \quad \text{принимаем } K = 10,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 10,0 \cdot 100 = 1000,0\text{А} > 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 433,2\text{А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ – 1(4 × 70) $I_{\text{доп}} = 180\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

–проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 180\text{А} > I_p = 85,5\text{А}.$$

–согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 120\text{А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 100}{1} = 100,0\text{А}.$$

–проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_0 \cdot I_m \cdot l = 0,155 \cdot 77,8 \cdot 0,098 = 1,18\% < 5\%.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

г) Участок ПР1 – Токарно-винторезный станок

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{\text{ном}} = 41,0\text{А}, \quad I_{\text{пуск}} = 204,9\text{А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА13 – 29 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 63\text{А}, \quad I_{\text{тепл}} = 50\text{А} \quad [3, \text{стр. 87, табл. П.2.3}].$$

–проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{\text{тепл}} = 50\text{А} > 1,1 \cdot I_{\text{ном}} = 1,1 \cdot 41,0 = 45,1\text{А}.$$

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,5 \cdot 204,9 = 307,3\text{А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{307,3}{50} = 6,1, \quad \text{принимаем } K = 12,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 12,0 \cdot 50 = 600,0\text{А} > 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 307,3\text{А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ – 1(4 × 16) $I_{\text{доп}} = 75\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

–проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 75\text{А} > I_{\text{НОМ}} = 45,1\text{А}.$$

–согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 75\text{А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 50}{1} = 50,0\text{А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

г) Участок ПР5 – ТВЧ Печь

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{\text{НОМ}} = 32,0\text{А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА13 – 29 с параметрами

$$I_{\text{НОМ.ав}} = 63\text{А}, \quad I_{\text{ТЕПЛ}} = 40\text{А} \quad [3, \text{стр. 87, табл. П.2.3}].$$

–проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{\text{ТЕПЛ}} = 40\text{А} > 1,1 \cdot I_{\text{НОМ}} = 1,1 \cdot 32,0 = 35,2\text{А}.$$

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 ВВГ – 1(4 × 6) $I_{\text{доп}} = 42\text{А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

–проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 42\text{А} > I_{\text{НОМ}} = 35,2\text{А}.$$

–согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 35\text{А} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 40}{1} = 40,0\text{А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Выбор аппаратов защиты и кабельных линий приведен в приложении 5.

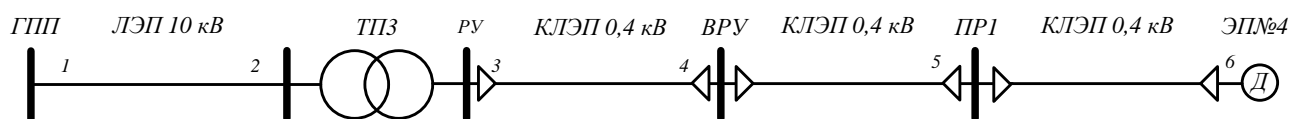
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

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 ГПП – ТПЗ – ВРУ – ПР1 – ЭП №4.

Расчетные данные приемника №36

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



ВББШВ - 2(3 × 25) l=152,8м r ₀ =0,740мОм/м x ₀ =0,090мОм/м n _ц =2шт	ТМ-630/10 S _{ном} =0,63МВА U _к =5,5% P _{кз} =8,5кВт n _{тр} =2шт	ВВГ- 2(4 × 185) l=53,8м r ₀ =0,099мОм/м x ₀ =0,060 мОм/м n _ц =2шт	ВВГ- 1(4 × 70) l=98,3м r ₀ =0,260мОм/м x ₀ =0,061мОм/м n _ц =1 шт	ВВГ- 1(4 × 25) l=24,7м r ₀ =0,740мОм/м x ₀ =0,066мОм/м n _ц =1шт
---	---	---	--	---

Рисунок 5.1 – Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{ц}} = \frac{0,740 \cdot 152,8}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0570 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{ц}} = \frac{0,090 \cdot 152,8}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0070 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{ц,ТП} = 867,3 \text{ кВт}, \quad Q_{12} = \sum Q_{ц,ТП} = 737,8 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12, \%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{867,3 \cdot 0,057 + 737,8 \cdot 0,007}{10 \cdot 10,5^2} = 0,049\%$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12, \%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,049 \cdot \frac{10500}{100} = 5,2 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 5,2 = 1048594,8 \text{ В}.$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{ном.тр}} = \frac{8,5 \cdot 100}{630} = 1,349,$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 + U_a^2} = \sqrt{5,5^2 + 1,349^2} = 5,332.$$

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta = \frac{P_{12}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{867,3}{2 \cdot 630} = 0,688.$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot P_{12} = 0,02 \cdot 867,3 = 17,3 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,10 \cdot P_{12} = 0,10 \cdot 867,3 = 86,7 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_{23} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 867,3 - 17,3 = 849,9 \text{ кВт},$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 737,8 - 86,7 = 651,8 \text{ кВАр}.$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{849,9^2 + 651,0^2} = 1070,6 \text{ кВА}.$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{849,9}{1070,6} = 0,794, \quad \sin \varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{651,0}{1070,6} = 0,608,$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\begin{aligned}\Delta U_{23,\%} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) \\ &= 0,688 \cdot (1,349 \cdot 0,794 + 5,332 \cdot 0,608) + \frac{0,688^2}{200} \\ &\quad \cdot (1,349 \cdot 0,608 - 5,332 \cdot 0,794) = 2,961\%.\end{aligned}$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 2,373 \cdot \frac{10494,8}{100} = 310,7\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 10494,8 - 310,7 = 10184,1\text{В}.$$

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

$$U_3^{\text{нн}} = U_3 = 400 \cdot \frac{10184,1}{10500} = 388,0\text{В}.$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,099 \cdot 53,8}{2} \cdot 10^{-3} = 0,00270\text{Ом},$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 53,8}{2} \cdot 10^{-3} = 0,00160\text{Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 314,9\text{кВт}, \quad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 193,3\text{кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{314,9 \cdot 0,0027 + 193,3 \cdot 0,0016}{10 \cdot 0,388^2} = 0,763\%$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 0,763 \cdot \frac{0,388}{100} = 3,0\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 0,388 - 3,0 = 385,0\text{В}.$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,260 \cdot 98,3}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0260\text{Ом},$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 98,3}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0060\text{Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{НОМ}} = 39,6\text{кВт}, \quad Q_{45} = Q_{\text{НОМ}} = 32,4\text{кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{39,65 \cdot 0,026 + 32,4 \cdot 0,006}{10 \cdot 0,385^2} = 0,815\%.$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0,815 \cdot \frac{385,0}{100} = 3,1\text{В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 385,0 - 3,1 = 381,9\text{В.}$$

Участок 5-6

Активное и реактивное сопротивление участка 5-6

$$R_{56} = \frac{r_{56} \cdot l_{56}}{n_{ц}} = \frac{0,740 \cdot 24,7}{1} \cdot 10^{-3} = 0,01830\text{М,}$$

$$X_{56} = \frac{x_{56} \cdot l_{56}}{n_{ц}} = \frac{0,066 \cdot 24,7}{1} \cdot 10^{-3} = 0,00160\text{М.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 5-6

$$P_{56} = P_{\text{НОМ}} = 16,2\text{кВт,} \quad Q_{56} = Q_{\text{НОМ}} = 28,1\text{кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 5-6

$$\Delta U_{56,\%} = \frac{P_{56} \cdot R_{56} + Q_{56} \cdot X_{56}}{10 \cdot U_5^2} = \frac{16,2 \cdot 0,0183 + 28,1 \cdot 0,0016}{10 \cdot 0,382^2} = 0,235\%.$$

Потеря напряжения на участке 5-6 в именованных единицах

$$\Delta U_{56} = \Delta U_{56,\%} \cdot \frac{U_5}{100\%} = 0,200 \cdot \frac{381,9}{100} = 0,9\text{В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 5-6

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 381,9 - 0,9 = 381,0\text{В.}$$

Результаты расчетов приведены в приложении 15.

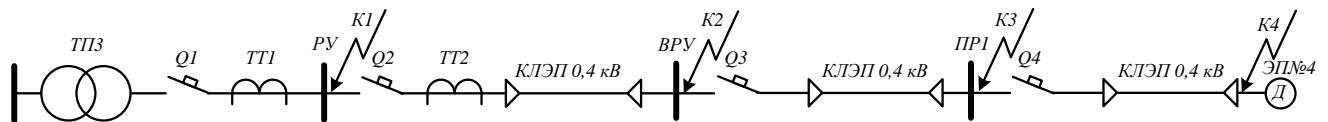
Из эпюр отклонений напряжения видно, что потеря напряжения в линиях соответствует норме и принятые сечения пригодны для эксплуатации.

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 ТПЗ – ВРУ – ПР1 – ЭП №4.



ТМ 630/10	ВА74-45	ВА51-29	ВВГ-	ВА57-35	ВВГ-	ВА13-29	ВВГ-
$S_{\text{НОМ}} = 1,60\text{МВА}$	<u>2000</u>	<u>630</u>	2(4×185)	<u>100</u>	1(4×70)	<u>63,0</u>	1(4×25)
$U_a = 1,3\%$	4000,0	2520,0	$l = 53,8\text{м}$	1000,0	$l = 98,3\text{м}$	756,0	$l = 24,7\text{м}$
$U_p = 5,3\%$			$r_0 = 0,099\text{М}\Omega/\text{м}$		$r_0 = 0,260\text{М}\Omega/\text{м}$		r_0
$= 0,740\text{М}\Omega/\text{м}$							
$P_{\text{КЗ}} = 8,5\text{кВт}$	ТШМС-0,66	ТК-40	$x_0 = 0,060\text{М}\Omega/\text{м}$	ТК-40	$x_0 = 0,061\text{М}\Omega/\text{м}$		x_0
$= 0,066\text{М}\Omega/\text{м}$							
$I_{\text{НОМ.тр}} = 0,96\text{кА}$	2000/5	800/5	$n_{ц} = 2\text{шт}$	100/5	$n_{ц} = 1\text{шт}$		$n_{ц} = 1\text{шт}$

Рисунок 5.2 – Расчетная схема

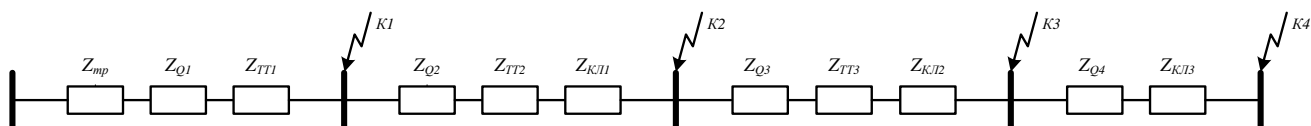


Рисунок 5.3 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

$$R_{\text{тр}} = \frac{U_a}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ.тр}}} = \frac{1,349}{100} \cdot \frac{400^2}{630} = 3,4 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_p}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ.тр}}} = \frac{5,332}{100} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,5 \text{ мОм}.$$

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

Автоматы Q2, Q3, Q3

$$R_{Q2} = 0,12 \text{ мОм}, \quad X_{Q2} = 0,09 \text{ мОм},$$

$$R_{Q3} = 1,30 \text{ мОм}, \quad X_{Q3} = 0,86 \text{ мОм},$$

$$R_{Q4} = 2,35 \text{ мОм}, \quad X_{Q4} = 1,30 \text{ мОм},$$

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

Трансформатор тока ТТ2, ТТ3

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

$$R_{\text{ТТ3}} = 1,70 \text{ мОм}, \quad X_{\text{ТТ3}} = 2,70 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ1

$$R_{\text{кл1}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,099 \cdot 53,8}{2} = 2,7 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кл1}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 53,8}{2} = 1,6 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{\text{кл2}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,260 \cdot 98,3}{1} = 25,6 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кл2}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 98,3}{1} = 6,0 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ3

$$R_{\text{кл2}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,740 \cdot 24,7}{1} = 18,3 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кл2}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,066 \cdot 24,7}{1} = 1,6 \text{ мОм}.$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1

$$Z_{K1} = Z_{тр} = \sqrt{R_{тр}^2 + X_{тр}^2} = \sqrt{3,4^2 + 13,5^2} = 14,0 \text{ мОм.}$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{K1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,0} = 16,5 \text{ кА.}$$

Постоянная времени

$$T_{a1} = \frac{X_{рез1}}{\omega \cdot R_{рез1}} = \frac{13,5}{314 \cdot 3,4} = 0,0126 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент

$$k_{уд1} = 1 + e^{-0,01/T_{a1}} = 1 + e^{-0,01/0,0126} = 1,452.$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1

$$i_{уд.К1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1} \cdot I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 1,452 \cdot 16,5 = 33,9 \text{ кА.}$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	Z_{Σ} мОм	$k_{уд}$	T_{a} , с	I_{Σ} кА	$i_{уд}$ кА
К1	14,0	1,452	0,0126	16,5	1,5
К2	16,5	1,277	0,0078	14,0	25,2
К3	42,8	1,012	0,0023	5,4	7,7
К4	62,0	1,002	0,0016	3,7	5,3

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.

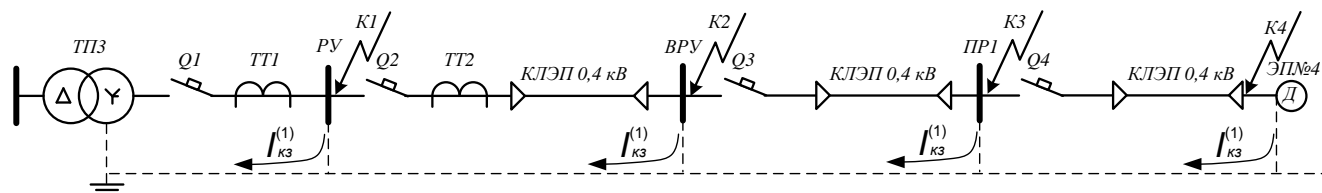
Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности, а так же сама карта селективности приведены в приложении 15.

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 ТПЗ–ВРУ–ПР1–ЭП№4.



ТМ-630/10	ВА74-48	ВА51-29	ВВГ-	ВА57-35	ВВГ-	ВА13-29	ВВГ-
$z_{mp} = 42,0 \text{ мОм}$	$\frac{2000}{4000,0}$	$\frac{630}{2520,0}$	$2(4 \times 185)$	$\frac{100}{1000,0}$	$1(4 \times 70)$	$\frac{63}{756,0}$	$1(4 \times 25)$
			$l = 53,8 \text{ м}$		$l = 98,3 \text{ м}$		$l = 24,7 \text{ м}$
$= 0,740 \text{ мОм/м}$			$r_{\phi} = 0,099 \text{ мОм/м}$		$r_{\phi} = 0,260 \text{ мОм/м}$		r_{ϕ}
$= 1,735 \text{ мОм/м}$	ТШМС-0,66	ТК-40	$r_{н} = 0,305 \text{ мОм/м}$	ТК-40	$r_{н} = 0,639 \text{ мОм/м}$		$r_{н}$
$= 0,600 \text{ мОм/м}$	$\frac{2000}{5}$	$\frac{800}{5}$	$x' = 0,600 \text{ мОм/м}$	$\frac{100}{5}$	$x' = 0,600 \text{ мОм/м}$		x'
			$n_{ц} = 2 \text{ шт}$		$n_{ц} = 1 \text{ шт}$		$n_{ц} = 1 \text{ шт}$

Рисунок 5.4 – Расчетная схема

Сопротивления элементов.

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

$$\frac{Z_{тр}}{3} = \frac{42,0}{3} = 14,0 \text{ мОм.}$$

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

Автоматы Q2, Q3, Q4

$$R_{Q2} = 0,12 \text{ мОм,}$$

$$X_{Q2} = 0,09 \text{ мОм,}$$

$$R_{Q3} = 1,30 \text{ мОм,}$$

$$X_{Q3} = 0,86 \text{ мОм,}$$

$$R_{Q4} = 2,35 \text{ мОм,}$$

$$X_{Q4} = 1,30 \text{ мОм.}$$

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

Трансформатор тока ТТ2, ТТ3

$$\begin{aligned}R_{\text{ТТ2}} &= 0,05\text{мОм}, & X_{\text{ТТ2}} &= 0,07\text{мОм}, \\R_{\text{ТТ3}} &= 1,70\text{мОм}, & X_{\text{ТТ3}} &= 2,70\text{мОм}.\end{aligned}$$

Кабельная линия КЛ1

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 1} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,099 \cdot 53,8}{2} = 2,7\text{мОм},$$

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

$$R_{\text{н1}} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,305 \cdot 53,8}{2} = 8,2\text{мОм},$$

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

$$X'_1 = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,600 \cdot 53,8}{2} = 16,1\text{мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 1} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,260 \cdot 98,3}{1} = 25,6\text{мОм},$$

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

$$R_{\text{н2}} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,639 \cdot 98,3}{1} = 62,8\text{мОм},$$

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

$$X'_2 = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,600 \cdot 98,3}{1} = 59,0\text{мОм}.$$

Кабельная линия КЛ3

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 3} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,740 \cdot 24,7}{1} = 18,3\text{мОм},$$

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

$$R_{\text{н3}} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{1,735 \cdot 24,7}{1} = 42,8\text{мОм},$$

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

$$X'_3 = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,600 \cdot 24,7}{1} = 14,8\text{мОм}.$$

Сопротивление дуги в точке К3 [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

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{тр}}{3} + Z_n}$$

где U_ϕ – фазное напряжение сети, В.

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Сопротивление петли фаза ноль до точки К1

$$Z_{n1} = \sqrt{R_d^2 + X_c^2} = \sqrt{0,03^2 + 3,2^2} = 3,2 \text{ мОм.}$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{тр}}{3} + Z_{n1}} = \frac{220}{14,0 + 3,2} = 12,8 \text{ кА.}$$

Проверка условия

$$I_{K1}^{(1)} = 12,8 \text{ кА} > 3 \cdot I_{\text{ном.расц}} \Rightarrow 3 \cdot 2,200 = 6,0 \text{ кА,}$$

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>$I_{\text{кз}}$ кА</i>	<i>$3 \cdot I_{\text{ном.расц}}$ кА</i>
К1	3,2	12,8	6,0
К2	22,4	6,04	1,89
К3	131,2	1,52	0,30
К4	192,7	1,06	0,19

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

6.1 Назначение РЗиА

Для защиты асинхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ предусматривается защита от межфазных замыканий на выводах и в обмотке статора, защита от замыканий статорной обмотки на землю, защита при перегрузках, защита при потере питания и длительном снижении напряжения.

Номинальный ток асинхронного двигателя

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1250,0}{\sqrt{3} \cdot 10,0 \cdot 0,800} = 90,2\text{А.}$$

Пусковой ток синхронного двигателя

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}} = 5 \cdot 90,2 = 451,1\text{А,}$$

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

6.2 Расчет токов короткого замыкания

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 6.1) и на её основе схему замещения (рисунок 6.2). Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ.

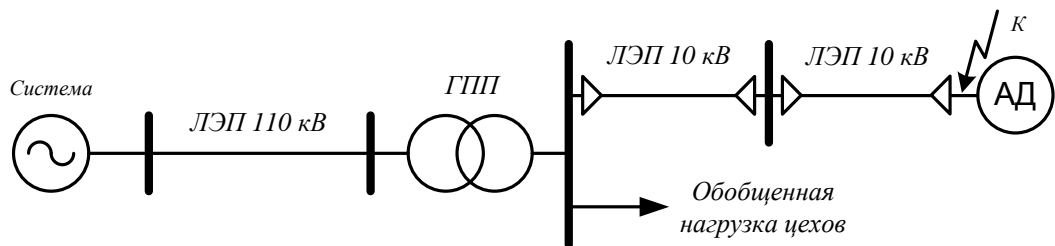


Рисунок 6.1 – Расчетная схема

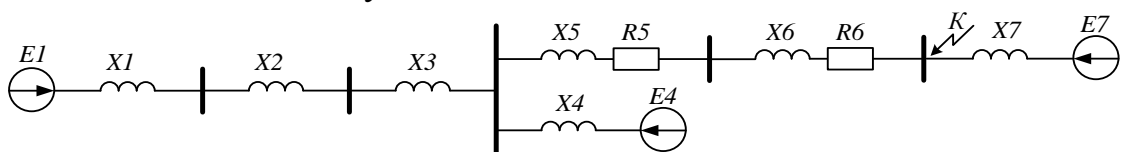


Рисунок 6.2 – Схема замещения

Расчет ведем на основе данных пункта 3.10.

Мощность системы

$$S_c = 315\text{МВА.}$$

Базисные величины

$$S_б = 100\text{МВА,} \quad U_{б1} = 37,0\text{кВ,} \quad U_{б2} = 10,5\text{кВ.}$$

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37,0} = 1,560 \text{ kA}, \quad I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ kA}.$$

Параметры схемы замещения.

Система

$$Z_1 = X_1 = \frac{S_6}{S_c} = \frac{100}{315} = 0,317, \quad E_c = E_1 = \frac{U_c}{U_{61}} = \frac{35,0}{37,0} = 0,946.$$

Воздушная линия

$$Z_2 = X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{61}^2} = 0,414 \cdot 8,6 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37,0^2} = 0,260.$$

Трансформаторы

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

Кабель, питающий РУ

$$R_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,370 \cdot 0,244 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,082,$$

$$X_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,090 \cdot 0,244 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,020.$$

Кабельная линия, питающая асинхронный двигатель

$$R_6 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,370 \cdot 0,064 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,021.$$

$$X_6 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,090 \cdot 0,064 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,05$$

$$Z_6 = \sqrt{(R_6)^2 + (X_6)^2} = \sqrt{0,021^2 + 0,005^2} = 0,022.$$

Асинхронный двигатель

$$Z_7 = X_7 = \frac{x_d'' \cdot S_6}{S_{НОМ}} = \frac{0,200 \cdot 100}{1,563} = 12,800,$$

$$U_{НОМ} = \frac{U_{НОМ}}{U_{62}} = \frac{10,0}{10,5} = 0,952, \quad I_{НОМ} = \frac{I_{НОМ}}{I_{62}} = \frac{0,090}{5,499} = 0,016,$$

$$E_7 = \sqrt{(U_{НОМ} \cdot \cos \varphi_{НОМ})^2 + (U_{НОМ} \cdot \sin \varphi_{НОМ} + I_{НОМ} \cdot X_7)^2} \\ = \sqrt{(0,952 \cdot 0,800)^2 + (0,952 \cdot 0,600 + 0,016 \cdot 12,800)^2} \\ = 0,843.$$

Обобщенная нагрузка предприятия

$$Z_4 = X_4 = \frac{x_n'' \cdot S_6}{S_p^H + S_p^B} = \frac{0,350 \cdot 100}{6685 + 938} = 0,0046, \quad E_4 = E_n'' = 0,950,$$

где X_n'' ; E_n'' – средние значения сопротивления и ЭДС для обобщенной нагрузки [11, стр. 7, табл. 1.1], о.е.

Значение полной расчетной мощности для высоковольтной нагрузки используется без учета расчетной мощности рассматриваемого двигателя.

Эквивалентные параметры системы и обобщенной нагрузки относительно точки КЗ

$$Z_8 = (Z_1 + Z_2 + Z_3) // Z_4 + Z_5 + Z_6 = \\ = \frac{(0,317 + 0,260 + 1,190) \cdot 0,0046}{(0,317 + 0,260 + 1,190) + 0,0046} + 0,084 + 0,022 = 0,111,$$

$$E_8 = \frac{E_1 \cdot Z_4 + E_4 \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_3)}{(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_4} = \frac{0,946 \cdot 0,005 + 0,950 \cdot (0,317 + 0,260 + 1,190)}{(0,317 + 0,260 + 1,190) + 0,0046} = 0,950.$$

Результирующие параметры схемы замещения

$$Z_{\text{рез}} = Z_7 // Z_8 = \frac{12,800 \cdot 0,111}{12,800 + 0,111} = 0,110,$$

$$E_{\text{рез}} = \frac{E_7 \cdot Z_8 + E_8 \cdot Z_7}{Z_7 + Z_8} = \frac{0,843 \cdot 0,111 + 0,950 \cdot 12,800}{12,800 + 0,111} = 0,949.$$

Действующее значение трехфазного тока КЗ

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{E_{\text{рез}}}{X_{\text{рез}}} \cdot I_{62} = \frac{0,949}{0,110} \cdot 5,499 = 47,4 \text{ кА}.$$

Действующее значение двухфазного тока КЗ

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к}}^{(3)}}{2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 47,4}{2} = 41,0 \text{ кА}.$$

6.3 Защита от межфазных коротких замыканий

Для защиты от междуфазных КЗ применяют токовую отсечку и дифференциальную защиту. В соответствии с ПУЭ токовая отсечка рекомендуется для защиты электродвигателей мощностью до 5000 кВт, если она обладает требуемой чувствительностью к повреждениям на выводах. При недостаточной чувствительности токовой отсечки необходимо применять дифференциальную защиту. Применение дифференциальной защиты целесообразно начиная с мощности 3500 кВт.

Коэффициент трансформации трансформатора тока

$$K_A = \frac{I_{1\text{н}}}{I_{2\text{н}}} = \frac{100}{5} = 20,$$

где $I_{1\text{н}}$, $I_{2\text{н}}$ – номинальные значения токов первичной и вторичной обмоток трансформатора тока.

Первичный ток срабатывания токовой отсечки отстраивается от пускового тока электродвигателя

$$I_{\text{сз}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{пуск}} = 1,4 \cdot 451,1 = 631,5 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности реле и расчета (для реле типа РТ – 40) [11, стр. 121].

Ток срабатывания реле

$$I_{\text{ср}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{сх}} \cdot I_{\text{пуск}}}{K_A} = \frac{1,4 \cdot 1,0 \cdot 631,5}{20} = 44,2 \text{ А},$$

где $k_{\text{сх}}$ – коэффициент схемы [11, стр. 8, табл. 1.1].

Чувствительность токовой отсечки проверяется при двухфазном коротком замыкании на выводах электродвигателя

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} = \frac{41032,8}{694,6} = 59,1 > 2.$$

Приведенная защита удовлетворяет условию чувствительности.

6.4 Защита от перегрузок

Защита от перегрузки устанавливается на электродвигателях, которые могут подвергаться перегрузке по технологическим причинам и для электродвигателей с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска с длительностью прямого пуска от 20 секунд и более.

Установка защиты предусматривается в одной фазе. Защита от перегрузки выполняется с действием на отключение при возможности неуспешного пуска, невозможности разгрузки без останова двигателя, отсутствии постоянного дежурного персонала. При возможности автоматической разгрузки защиты выполняются с двумя выдержками времени, с меньшей – на разгрузку механизма, с большей – на отключение. В остальных случаях предусматривается действие на сигнал.

Ток срабатывания защиты выбирается по условию отстройки от номинального тока электродвигателя

$$I_{сз} = \frac{k_{отс}}{k_{в}} \cdot I_{ном} = \frac{1,2}{0,8} \cdot 90,2 = 135,3А,$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки [10, стр. 126];

$k_{в}$ – коэффициент возврата [10, стр. 126].

Ток срабатывания реле

$$I_{ср} = \frac{k_{отс} \cdot k_{сх}}{k_{в} \cdot K_A} \cdot I_{ном} = \frac{1,2 \cdot 1,0}{0,8 \cdot 20} \cdot 90,2 = 6,8А,$$

где $k_{сх}$ – коэффициент схемы при включении реле на фазные токи [11, стр. 126].

Чувствительность защиты от перегрузки не проверяется, поскольку она не предназначена для действия при коротком замыкании.

Выдержка времени выбирается из условия надежного несрабатывания при пуске или самозапуске двигателей

$$t_{сз} \geq k_{отс} \cdot t_{пуск} = 1,2 \cdot 5,0 = 6,0\text{сек},$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки [11, стр. 114];

$t_{пуск}$ – время пуска двигателя.

6.5 Защита от замыканий на землю в обмотке статора

В соответствии с ПУЭ защита от однофазных замыканий в обмотке статора предусматривается для электродвигателей мощностью менее 2000 кВт, если ток замыкания на землю превышает 10 А, а для электродвигателей мощностью более 2000 кВт – при токе замыкания на землю равном или более 5 А.

Защита выполняется на основе токового реле типа РТЗ – 51, подключенного к фильтру токов нулевой последовательности. В качестве фильтра нулевой последовательности используются кабельные трансформаторы тока типа ТЗЛ.

Собственный емкостный ток присоединения

$$I_c = \frac{U \cdot L}{n} \cdot k_{нагр} = \frac{10,0 \cdot 0,06}{10} \cdot 1,30 = 0,083А,$$

где U – линейное напряжение, кВ;

L – длина кабеля, км;

$N=10$ – при сечении кабеля до 50 мм²;

$n=6\dots 8$ – при сечении кабеля больше 50 мм²;

$k_{нагр}=1,15\dots 1,30$ – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки.

Первичный ток срабатывания защиты, выполняемой на трансформаторах нулевой последовательности без подмагничивания, выбирается из условия отстройки защиты от броска емкостного тока при внешнем замыкании на землю

$$I_{сз} \geq k_{отс} \cdot k_{бр} \cdot I_C = 1,3 \cdot 3,0 \cdot 0,083 = 0,324A,$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки [11, стр. 114];

$k_{бр}$ – коэффициент, учитывающий бросок собственного емкостного тока [11, стр. 125].

6.6 Защита от потери питания

Защита от потери питания устанавливается для предотвращения повреждения электродвигателей, затормозившихся в результате

В зависимости от требований по быстродействию и от соотношения числа синхронных и асинхронных электродвигателей, присоединенных к одной секции шин, защиты подразделяются на две группы:

–защита минимального напряжения;

–защита минимального напряжения и минимальной частоты с блокировкой по направлению мощности.

В данном случае достаточно применить только защиту минимального напряжения, так как к сокращению времени перерыва питания не предъявляются высокие требования.

Защита минимального напряжения, как правило, выполняется двухступенчатой. Первая ступень предназначена для ускорения и повышения эффективности самозапуска ответственных электродвигателей, а также предупреждения несинхронного включения синхронных двигателей в сеть.

Обычно напряжение и время срабатывания первой ступени принимаются равными

$$U_{сз}^1 \approx 0,7 \cdot U_{ном}, \quad t_{сз}^1 = 0,7 \text{сек.}$$

Напряжение и время срабатывания второй ступени

$$U_{сз}^2 \approx 0,5 \cdot U_{ном}, \quad t_{сз}^2 = 5 \div 10 \text{сек.}$$

6.7 Схема защиты асинхронного двигателя

Схема защиты асинхронного двигателя и селективность срабатывания защит изображены в приложении 6.

При коротком замыкании вне двигателя срабатывает токовая отсечка без выдержки времени, построенная на реле тока КА1 и КА2. Как только ток короткого замыкания I_k превышает ток срабатывания защиты $I_{сз}$, замыкаются контакты реле КА1 и КА2. При этом, через промежуточное реле КЛ1 протекает ток и замыкаются контакты КЛ1. Подается сигнал на отключение выключателя Q. Одновременно с этим ток протекает и через

указательное реле КН1 и замыкаются контакты КН1. На пульте диспетчера загорается лампочка, указывающая на проблемы в работе двигателя. При этом другие защиты не срабатывают, так как защита от замыканий в обмотке статора не срабатывает при КЗ вне двигателя, а защита от перегрузки отстраивается по времени.

При КЗ в обмотке статора токовая отсечка не срабатывает, так как в этом случае токи в обмотке гораздо меньше, чем ток срабатывания отсечки. Реле тока КА5 подключается к фильтру тока нулевой последовательности – кабельный трансформатор тока типа ТЗЛ. Так как ток КЗ в обмотке статора как правило однофазный, то при КЗ появляется ток нулевой последовательности. Как только ток нулевой последовательности превышает значение тока срабатывания защиты, отстроенного от собственного емкостного тока присоединения, замыкаются контакты реле КА5. При этом, через промежуточное реле КЛ1 протекает ток и замыкаются контакты КЛ1. Подается сигнал на отключение выключателя Q. Одновременно с этим ток протекает и через указательное реле КН2 и замыкаются контакты КН2. На пульте диспетчера загорается лампочка, указывающая на КЗ на проблемы в работе двигателя.

Защита от перегрузок устанавливается в одной фазе, так как перегрузка имеет симметричный характер. При возможности автоматической разгрузки, защиты выполняются с двумя выдержками времени, с меньшей (токовое реле КА3) – на разгрузку механизма, с большей (токовое реле КА4) – на отключение. Перегрузка как правило возникает при запуске двигателя. После запуска двигателя через обмотки реле КА3 и КА4 протекает пусковой ток двигателя. Контакты КА3 и КА4 замыкаются. Если через первый промежуток времени пусковой ток превышает ток срабатывания защиты, срабатывает реле времени КТ1 и замыкаются контакты КТ1. При этом подается сигнал на разгрузку механизма, а через указательное реле КН4 начинает протекать ток. Замыкаются контакты КН4 и на пульте диспетчера загорается лампочка, указывающая на проблемы в работе двигателя. Если разгрузка механизма не помогает, через второй промежуток времени срабатывает реле времени КТ2, замыкаются контакты КТ2. При этом, через промежуточное реле КЛ1 потечет ток и замкнутся контакты КЛ1. Подается сигнал на отключение выключателя Q. Одновременно с этим ток протекает и через указательное реле КН3 и замыкаются контакты КН3. На пульте диспетчера загорается лампочка, указывающая на проблемы в работе двигателя. При перегрузке токовая отсечка не срабатывает, так как пусковой ток двигателя меньше чем ток внешнего КЗ. Защита от замыканий на землю в обмотке статора так же не срабатывает, так как она реагирует только на ток нулевой последовательности.

Защита минимального напряжения выполняется двухступенчатой. Первая ступень срабатывает через 0,7 секунд при понижении напряжения на 30 процентов от номинального. При этом срабатывает промежуточное реле КЛ2 и замыкаются контакты КЛ2. Для ускорения и повышения эффективности самозапуска электродвигателя происходит разгрузка

механизма. При снижении напряжения на 50 процентов через 5 секунд срабатывает вторая ступень защиты – промежуточное реле KL1, при этом замыкаются контакты KL1 и подается сигнал на отключение выключателя Q.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 35ГЗБ1	ФИО Назаров Хасан Акобирович
-------------------------	--

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.02.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- отчисления в социальные фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Формирование вариантов решения с учетом потерь электроэнергии.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование выполнения проекта: - Расчет бюджета затрат на проектирование; - Расчет капитальных вложений в основные средства.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение научно - технической эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Альтернативы проведения проектирования;
2. График проведения и бюджет проектирования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
35ГЗБ1	Назаров Хасан Акобирович		

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Введение

Целью данной работы является составление сметы на проектирование электрической части ФГУП НПО "UZGERMED PHARM" и расчет сметы затрат на электрооборудование ремонтно-механических мастерских предприятия.

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

В настоящее время, когда государственные средства на финансирование фундаментальной и прикладной науки очень ограничены, актуальным является формирование рыночных отношений в науке. Вся прикладная наука должна быть более конкретно ориентирована на потребителей, которых необходимо заинтересовать в использовании научных идей и разработок.

Учет особенностей развития экономики на современном этапе позволяет правильно ориентироваться в создании отдельных видов техники, в формировании технического базиса производства, в развитии производительных сил в целом. Однако при осуществлении конкретных задач, связанных с практической реализацией достижений науки и техники, учета общих требований недостаточно, поскольку само по себе это не обеспечивает принятия высокоэффективных решений в каждом отдельном случае.

Для этого необходимо экономическое обоснование принимаемых технических решений, то есть важнейшим критерием прогрессивности создаваемых образцов и видов техники, их соответствия современным требованиям научно-технического прогресса является экономика. Нет такого технического показателя или параметра, который в конечном итоге не был бы связан с экономикой. В отдельном случае можно говорить лишь о методологической трудности в установлении этой зависимости, в ее количественной оценке. Но, тем не менее, такая возможность всегда существует и ее экономический анализ необходим.

Формирование вариантов решения проблем

Основные этапы выбора решения:

- Точная формулировка поставленной проблемы.
- Определение параметров (характеристик), от которых зависит решение проблемы.
- Деление параметров на их значения и представление их в виде набора матриц (или морфологической таблицы, карты).
- Формирование вариантов путем комбинаций – по одному элементу из каждой строки.
- Проверка всех имеющихся в морфологической карте вариантов на совместимость элементов и отброс нулевых вариантов, определение функциональной ценности всех возможных сочетаний.
- Выбор из морфологической карты наилучшего варианта решения проблемы (выполняется с применением различных, в том числе экспертных методов).

После того, как сформированы варианты решения, необходимо выбрать наилучший из них. Критерием для выбора могут служить затраты на проект:

$$Z_{\text{пр}} = E_n \cdot K + U \rightarrow \min,$$

где E_n - норма доходности инвестиций;

U – эксплуатационные затраты с учетом потерь и обеспечения надежности.

Таблица 7.1 - Матрица структурного решения выбора

Индекс параметра	Морфологический признак(параметр)	Вид(способ) исполнения		
		1	2	3
1	2	3	4	5
1	Вид тока	постоянный	переменный	импульсный
2	Охлаждение трансформаторов	Естественное воздушное	Естественное масляное	Масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла
3	Материал кабеля	Алюминий	Медь	-
4	Марка кабеля	ВРГ	НРГ	ВВГ
5	Защитная аппаратура	Плавкие предохранители	Автоматические предохранители	-
6	Силовые распределительные пункты	Щиты распределительные	Типовое РП	
7	Схема внутрицехового электроснабжения	Магистральная	Радиальная	
Вариант решения				

7.1. Планирование расчета и проектирования электроснабжения промышленного предприятия

7.1.1 Структура работ в рамках расчета и проектирования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках расчета и проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения расчета и проектирования.

Для выполнения расчета и проектирования формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения расчета и проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 7.2.

Таблица 7.2-Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления РиП	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель
	3	Выбор направления проектирования	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и проектирования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Оформление отпечатано РиП	7	Составление пояснительной записки	Инженер
	8	Публикация полученных результатов	Инженер

7.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

В таблице 7.3 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работы.

7.1.3 Разработка графика проведения расчета и проектирования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = \frac{365}{299} = 1,22,$$

где $T_{\text{кал}}$ — количество календарных дней в году;

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 10.3.

Таблица 7.3-Временные показатели проведения расчета и проектирования.

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители				Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожі}$ чел-дни												
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1		Исп.2	Исп.	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение тех. задания	1	5	3	2	10	4	1,4	7	3,4	Руковод.	Руковод.	Инженер	Руковод.	1,4	3,5	3,4	1,7	4,3	4,1
Подбор и изучение материалов по теме	1	4	3	2	8	4	1,4	5,6	3,4	Руковод.	Руковод.	Инженер	Руковод.	1,4	2,8	3,4	1,7	3,4	4,1
Выбор направления исследований	1	4	2	3	8	3	1,8	5,6	2,4	Руковод.	Руковод.	Инженер	Руковод.	1,8	2,8	2,4	2,2	3,4	2,9
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	2	5	1,4	1,4	3,2	Руковод.	Руковод.	Руковод.	Руковод.	1,4	1,4	3,2	1,7	1,7	3,9
Проведение теоретических расчетов и обоснований	61	81	68	89	94	91	72	86	77	Инженер	Руковод.	Инженер	Инженер	72	43	77,2	88,1	52,6	94,2
Оценка эффективности полученных результатов	2	10	2	3	12	3	2,4	11	2,4	Инженер	Инженер	Инженер	Инженер	2,4	11	2,4	2,9	13,2	2,9
Составление пояснительной записки	11	14	13	17	25	20	13	18	16	Инженер	Инженер	Инженер	Инженер	13	18	15,8	16,3	22,4	19,3
Публикация результатов	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Инженер	Инженер	Инженер	Инженер	2,6	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2
Итого																	117,9	104,2	134,7

Итого длительность работ в календарных днях при использовании

- Первого варианта- 118 календарных дней.
- Второго варианта- 105 календарных дней.
- Третьего варианта- 135 календарных дней.

На основе таблицы 10.3 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени написания ВКР. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 7.4.

Таблица 7.4 - Календарный план-график проведения РИП по теме.

№	Вид работ	Тк _к , кал.дн	продолжительность выполнения работ																	
			январь			февраль			март			апрель			май			июнь		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			
1	Составление и утверждение технического задания	4,1	■																	
2	Подбор и изучение материалов по теме	4,1	■																	
3	Выбор направления исследований	2,9	■																	
4	Календарное планирование работ по теме	3,9		■																
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	94,2			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
6	Оценка эффективности полученных результатов	2,9																■		
7	Составление пояснительной записки	19,3																■		
8	Публикация полученных результатов	3,2																■		

Руководитель-



Инженер-



7.1.4 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 7.5.

Таблица 7.5 - Расчет основной заработной платы.

№	Наименование этапов	Исполнители			трудо-емкость, чел-дн..			ЗП на один чел.-дн., тыс.руб..			ЗП по окладу, тыс. руб..		
		исп.1	исп.2	исп.3	исп.1	исп.2	исп.3	исп.1	исп.2	исп.3	исп.1	исп.2	исп.3
1	Составление и утверждение технического задания	руковод	руковод инженер	руковод	1,4	6,2	2,8	1323,48	1323,48 832	1323,48	1852,872	8205,6 5158,4	4499,832
2	Подбор и изучение материалов по теме	руковод	руковод инженер	руковод	1,4	6,2	3,4	1323,48	1323,48 832	1323,48	1852,872	8205,6 5158,4	4499,832
3	Выбор направления исследований	руковод	руковод инженер	руковод	1,8	5,6	2,4	1323,48	1323,48 832	1323,48	2382,264	7408,8 4659,2	3176,352
4	Календарное планирование работ по теме	руковод	руковод	руковод	1,4	1,4	3,2	1323,48	1323,48	1323,48	1852,872	1852,872	4235,136
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	инженер	руковод инженер	инженер	72	86	77	832	1323,48 832	832	59904	113821 71552	64064
6	Оценка эффективности полученных результатов	инженер	инженер	инженер	2,4	9,2	2,4	832	832	832	1996,8	9152	1996,8
7	Составление пояснительной записки	инженер	инженер	инженер	14	18	15	832	832	832	10816	14976	13312
8	Публикация полученных результатов	инженер	инженер	инженер	3,4	3,4	3,4	832	832	832	2163,2	2163,2	2163,2
	Итого										82820,88	252144,07	97947,152

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя, инженера рассчитываются по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн (табл.2);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Расчет баланса рабочего времени приведен в таблице 7.6.

Таблица 7.6 - Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	17
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	234

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 7.7.

Таблица 7.7 -Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	$Z_{осн}$, руб.			$Z_{осн}$, руб.		
							Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель	16000	0,3	0,15	1,3	30160,00	1323,48	6	105,6	12,4	7940,9	139759	16411
Инженер	8000	0,3	0,5	1,3	18720,00	832,00	90	135	99	74880	112320	82368
Итого Зосн:										82821	252079	98779

Основная заработная плата руководителя(от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

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

3) иные выплаты; районный коэффициент.

7.1.5 Накладные расходы

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

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

7.2 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при

формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл.7.9.

Таблица 7.9 -Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	82820,9	252079	98779
2. Накладные расходы	19457,71	59015	23158
3. Бюджет затрат НТИ	141068,38	427860	167899

7.3 Расчет капитальных вложений в основные средства

Для осуществления проекта необходимы затраты на строительство зданий, очистных сооружений, приобретение оборудования, измерительных приборов, технологической оснастки и производственного инвентаря, транспортных средств и т.д.

Рассчитанные по видам основных фондов капитальные вложения сводятся в таблицу 7.10 с указанием срока службы.

Таблица 7.10 - Капитальные вложения во вне оборотные активы

Группы и виды вне оборотных активов	Кол-во, шт.	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая балансовая стоимость, тыс. руб.	Срок службы, лет
Трансформаторы ТМН-10000/10	2	630	1260	30
Выключатели ВВУ 35-40	2	7,169	14,338	15
Автоматические выключатели ВА 57-59	2	11,655	23,31	15
Разъединитель РДЗ-35 1000	9	2,692	24,228	15
Автоматические выключатели ВА 57-31	5	1,526	7,63	15
Автоматические выключатели ВА 75-45	3	88,832	266,496	15
Пункт распределительный ПР 8503	9	294	2646	15
Пункт распределительный ПР 11-3011	2	5,369	10,738	15
Конденсаторные батареи УKM 58-04-225-37.5УЗ	2	88	176	30
Кабель	800 м.	1,899/ м.	1519,2	30
Всего			5947,94	

Суммарные капитальные вложения в систему электроснабжения цеха составляют:

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}},$$

$$K = 336719,78 + 5947940 = 6284659,78 \text{ руб.}$$

Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{р}i}}{\Phi_{\text{мак}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{р}i}$ – стоимость i -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{мак}}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчёт интегрального финансового показателя приведен в таблице 7.11

Таблица 7.11 - Интегральный финансовый показатель

	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнение 1	0,33
Исполнение 2	1
Исполнение 3	0,39

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{р}i} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где $I_{\text{р}i}$ – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 7.12.

Таблица 7.12 -Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Повышение производительности труда пользователя	0,2	3	3	5
Надежность	0,2	4	5	5
Безопасность	0,25	3	3	5
Финансирование научной разработки	0,15	5	4	3
Наличие сертификации разработки	0,2	5	3	5
ИТОГО	1			

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы 7.13

Таблица 7.13 - Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

	I_{pi}
Исполнение 1	3,9
Исполнение 2	3,55
Исполнение 3	4,7

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}}, \quad I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}^{исп.3}}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.(2,3)}}; \quad \mathcal{E}_{cp2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.(1,3)}}; \quad \mathcal{E}_{cp3} = \frac{I_{исп.3}}{I_{исп.(1,2)}}$$

Таблица 7.14 -Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1		Исп.2		Исп.3	
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,33		1		0,39	
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,9		3,55		4,7	
3	Интегральный показатель эффективности	11,82		3,55		12,05	
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	По отношению к исп.2	По отношению к исп.3	По отношению к исп.1	По отношению к исп.3	По отношению к исп.1	По отношению к исп.2
		3,33	0,98	0,30	0,29	1,02	3,39

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 3-5ГЗБ1	ФИО Назаров Хасан Акобирович
--------------------------	--

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Кафедра электропривода и электрооборудования (ЭПЭО)
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Система электроснабжения НПО «UZGERMED PHARM»

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- 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).

Анализ опасных факторов:

1. Механические травмы
2. Поражения электрическим током

Анализ вредных факторов:

1. Низкая освещенность;
2. Шум;
3. Вибрация;
4. Отклонение параметров микроклимата рабочей зоны.

2. Экологическая безопасность:

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);

Анализ воздействия объекта на литосферу: образование отходов связанных с заменой комплектующих; загрязнение трансформаторным маслом при авариях с маслонаполненным оборудованием на подстанциях, золоотвалы.

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Наиболее типичная ЧС для рассматриваемого цеха – пожар. Разработка мероприятий по предупреждению и действию во время ЧС (в т.ч. по необходимому оснащению (первичные средства пожаротушения пожарная сигнализация ,система автоматического пожаротушения), инструкции по пожарной безопасности для работников, план эвакуации работников при пожаре).</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Разработка организационных мероприятий при компоновке рабочей зоне (в соответствии органическими требованиями). Правила внутреннего трудового распорядка предприятия.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Ледовская Анна Михайловна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ1	Назаров Хасан Акобирович		

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

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 цех ремонтно-механических мастерских ФГУП НПО "UZGERMED PHARM". В данном цехе оборудование, которое создает множество опасных и вредных факторов. Необходимо строго соблюдать технику безопасности и применять различные меры для обеспечения безопасности рабочего персонала.

8.1 Производственная безопасность

8.1.1 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.

2. Вредные факторы:

- низкая освещенность;
- шум;
- вибрации;
- отклонение параметров микроклимата.

8.1.2 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;

б) Дополнительные защитные средства:

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

На подстанция имеется комплект предупредительных плакатов.

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

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

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

Основными мерами защиты на объекте от поражения током являются

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения;
- электрическое разделение сети;
- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и д.р.;
- применение специальных защитных средств переносных приборов и приспособлений;
- организация безопасной эксплуатации электроустановок;
- применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

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

- отключение электроустановки и электрическая изоляция токоведущих частей;

- ограждение и вывешивание запрещающих, указательных, предупреждающих и предписывающих плакатов;
- сигнализация и блокировка;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сети;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной защиты и защитные средства: штанги изолирующие, диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие подставки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками, переносные заземления, предупредительные плакаты, предохранительные пояса.

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.

8.1.3 Производственная санитария

Микроклимат:

В обеспечении условий высокопроизводственного 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:

В рассматриваемом цехе используются умеренно опасные (ПДК = 1,10 мг/м³) вредные вещества (бензин, азотная и соляная кислоты) 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 – 2004 «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 нормирование шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [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, противошумные 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.52.13330.2016 «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)

$$h_n = H - h_c = 6,0 - 0,4 = 5,6\text{ м.}$$

Расчетная высота (высота светильников над рабочей поверхностью)

$$H_p = h_n - h_p = 5,6 - 0,7 = 4,9\text{ м.}$$

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

$$\lambda = \frac{L}{H_p} = 1,2.$$

Расстояние между соседними рядами светильников

$$L = \lambda \cdot H_p = 1,2 \cdot 4,9 = 5,9\text{м.}$$

Рекомендуемое расстояние от крайних рядов светильников до стены

$$L_{\text{рек}} = \frac{L}{3} = \frac{5,9}{3} = 2,0\text{м.}$$

Таким образом, принимаем число рядов светильников m : 7шт.

Число светильников каждом ряду: 47шт.

Общее количество светильников $N = 329$ шт. (Тип ОДЛ-2-30)

Общее количество ламп $n = 2 \cdot N = 658$ шт. (Тип ЛБ-30)

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

$$L = \frac{B - L \cdot (m - 1)}{2} = \frac{37,0 - 5,9 \cdot (7 - 1)}{2} = 0,9\text{м.}$$

Индекс помещения

$$i = \frac{F_{\text{ц}}}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{4145,0}{4,9 \cdot (85,0 + 37,0)} = 5,3,$$

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

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

$$\eta = 0,67$$

Необходимый световой поток ламп в каждом ряду

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot F_{\text{ц}} \cdot Z}{\eta \cdot n} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 3145 \cdot 1,1}{0,67 \cdot 658} = 2354,1\text{Лм,}$$

где $E_{\text{н}}$ – 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-40

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

Световой поток принятых ламп $\Phi_{\text{л.станд}} = 2180$ Лм, [25, стр. 9, табл. 6].

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

$$-10\% \leq 8,0\% \leq +20\%$$

проверка выполняется.

Электрическая мощность осветительной установки

$$P_0 = n \cdot P_{\text{ном}} = 658 \cdot 80 = 52640,0 \text{ Вт.}$$

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

8.2 Экологическая безопасность

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

Для исключения влияния на окружающую среду возможных разливах трансформаторного масла при авариях с 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 вывозятся на объекты размещения отходов. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, можно сортировать и отправлять на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

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

Примеры отходов связанных с эксплуатации подстанции, наименование отходов из приказа Росприроднадзора от 22.05.2017 №242

Код	Наименование
4 82 919 00 00 0	Инструменты ручные прочие с механизированным приводом
4 82 305 11 52 3	кабель медно-жильный, утративший потребительские свойства
6 91 320 00 00 0	Отходы при маслonaполненного электрооборудования электрических станций, сетей
6 91 328 11 39 3	отходы зачистки маслоприемных устройств маслonaполненного электрооборудования

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

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

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

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

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

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

3. От прямых ударов молнии установлена молниезащита. Молниеприемниками служат неизолированные стержневые молниеотводы. В качестве токоотводов используют наружные вертикальные стальные конструкции (пожарные лестницы). По каждому этажу проложены стальные пояса из полосовой стали, к которым присоединяются токоотводы, все металлические конструкции и

оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

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

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

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

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

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

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

8.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

Работникам предприятия приходится часто выполнять различные операции, сопряженные с прямым риском здоровью (вредные условия труда). Такие сферы деятельности и специальности, связанные с вредными условиями труда, указываются в Постановлении Правительства РФ от 29.03.2002 г. №188 «Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки» [37], Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «Об специальной оценке условий труда» [38]. Люди, работающие на вредных производствах, обеспечиваются льготами и

компенсациями, Трудовой кодекс РФ, ст. 165 «Случаи предоставления гарантий и компенсаций».

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

Ежегодно на социальные программы предприятие выделяет средства. Сюда входит:

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

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

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы было осуществление электроснабжения всех электроприёмников цеха ремонтно-механических мастерских НПО «UZGERMED PHARM», 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-63000/35. 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 10 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 630 кВА, минимальное расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно двенадцати. 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 ВБбШв, 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 ВВГ, 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, минимального и послеаварийного 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 элек-рооборудования 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 ремонтно-механических мастерских по пунктам питания

№ п/п	Наименование узлов питания и групп ЭП	Количество ЭП n	Установленная мощность		$t = P_{ном.мах}/P_{ном.мин}$	Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число электроприемников $n_{э}$	Коэффициент максимума $K_{м}$	Максимальная нагрузка			$I_{м}, A$	$I_{пик}, A$
			$P_{ном}, кВт$	$\Sigma P_{ном}, кВт$					$P_{см} = K_{и} \cdot P_{ном}, кВт$	$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi, кВАр$			$P_{м} = K_{м} \cdot P_{см}, кВт$	$Q_{м} = (1 \div 1,1) \cdot Q_{см}, кВАр$	$S_{м}, кВА$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Шкаф распределительный ПР-1																	
Электроприемники группы "А" $K_{и} < 0,6$																	
1	Станки разные	11	8,0 ÷ 16,2	133,5		0,14	0,50	1,73	18,7	32,4							
Итого по группе "А"		11	8,0 ÷ 16,2	133,5	<3	0,14	0,50	1,73	18,7	32,4	11	2,12	39,6	32,4	51,2		
Итого по ПР-1		11	8,0 ÷ 16,2	133,5		0,14	0,50	1,73	18,7	32,4			39,6	32,4	51,2	77,8	346,6
Шкаф распределительный ПР-2																	
Электроприемники группы "А" $K_{и} < 0,6$																	
1	Станки разные	9	2,2 ÷ 16,2	54,7		0,14	0,50	1,73	7,7	13,3							
2	Электротельфер ПВ = 25%	2	10,0 ÷ 10,0	20,0		0,06	0,45	1,98	1,2	2,4							
Итого по группе "А"		11	2,2 ÷ 16,2	74,7	>3	0,12	0,49	1,77	8,9	15,6	8	2,45	21,7	17,2	27,7		
Итого по ПР-2		11	2,2 ÷ 16,2	74,7		0,12	0,49	1,77	8,9	15,6			21,7	17,2	27,7	42,0	416,8

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																	
<i>Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$</i>																	
1	Станки разные	6	2,2 ÷ 17,5	71,0		0,14	0,50	1,73	9,9	17,2							
2	Электротельфер ПВ = 25%	2	8,0 ÷ 8,0	16,0		0,06	0,45	1,98	1,0	1,9							
Итого по группе "А"		8	2,2 ÷ 17,5	87,0	>3	0,13	0,50	1,75	10,9	19,1	7	2,50	27,2	21,0	34,4		
<i>Электроприемники группы "Б" $K_u \geq 0,6$</i>																	
3	Компрессор	1	22,0 ÷ 22,0	22,0		0,80	0,85	0,62	17,6	10,9							
Итого по группе "Б"		1	22,0 ÷ 22,0	22,0		0,80	0,85	0,62	17,6	10,9		1	17,6	10,9	20,7		
Итого по ПР-3		9	2,2 ÷ 22,0	109,0		0,26	0,69	1,05	28,5	30,0			44,8	31,9	55,0	83,6	383,5
Шкаф распределительный ПР-4																	
<i>Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$</i>																	
1	Станки разные	8	1,2 ÷ 18,0	69,0		0,14	0,50	1,73	9,7	16,7							
2	Электротельфер ПВ = 25%	1	10,0 ÷ 10,0	10,0		0,06	0,45	1,98	0,6	1,2							
Итого по группе "А"		9	1,2 ÷ 18,0	79,0	>3	0,13	0,50	1,75	10,3	17,9	6	2,59	26,5	19,7	33,0		
Итого по ПР-4		9	1,2 ÷ 18,0	79,0		0,13	0,50	1,75	10,3	17,9			26,5	19,7	33,0	50,2	425,0
Шкаф распределительный ПР-5																	
<i>Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$</i>																	
1	Электротельфер ПВ = 25%	1	10,0 ÷ 10,0	10,0		0,06	0,45	1,98	0,6	1,2							
2	Горн кузнечный	1	12,0 ÷ 12,0	12,0		0,25	0,65	1,17	3,0	3,5							
3	Пресс	4	15,0 ÷ 18,5	67,0		0,30	0,65	1,17	20,1	23,5							
4	Станки разные	3	4,4 ÷ 7,0	16,9		0,14	0,50	1,73	2,4	4,1							
Итого по группе "А"		9	4,4 ÷ 18,5	105,9	>3	0,25	0,63	1,24	26,1	32,3	8	1,93	50,3	35,5	61,5		
<i>Электроприемники группы "Б" $K_u \geq 0,6$</i>																	
5	ТВЧ печь	1	20,0 ÷ 20,0	20,0		0,70	0,95	0,33	14,0	4,6							
Итого по группе "Б"		1	20,0 ÷ 20,0	20,0		0,70	0,95	0,33	14,0	4,6		1	14,0	4,6	14,7		

<i>Итого по ПР-5</i>	10	4,4 ÷ 20,0	125,9		0,32	0,74	0,92	40,1	36,9		64,3	40,1	75,8	115,1	489,9
----------------------	----	------------	-------	--	------	------	------	------	------	--	------	------	------	-------	-------

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Шкаф распределительный ПР-6</i>																	
<i>Электроприемники группы "А" $K_u < 0,6$</i>																	
1	Прессы, гильотина	2	10,0 ÷ 14,5	24,5		0,30	0,65	1,17	7,4	8,6							
2	Сварочное оборудование	6	4,0 ÷ 19,4	87,7		0,35	0,65	1,17	30,7	35,9							
3	Станки разные	2	3,3 ÷ 8,0	11,3		0,14	0,50	1,73	1,6	2,7							
<i>Итого по группе "А"</i>		10	3,3 ÷ 19,4	123,5	>3	0,32	0,64	1,19	39,6	47,2	8	1,77	70,2	52,0	87,4		
<i>Итого по ПР-6</i>		10	3,3 ÷ 19,4	123,5		0,32	0,64	1,19	39,6	47,2			70,2	52,0	87,4	132,7	311,7
<i>Итого силовая нагрузка</i>		60	1,2 ÷ 22,0	645,6		0,23	0,63	1,23	146,0	180,1			267,1	193,3	330,0		
<i>Электрическое освещение</i>				50,3		$K_{co} = 0,95$			47,8				47,8				
<i>Итого по цеху</i>		60	1,2 ÷ 22,0	695,9		0,28	0,73	0,93	193,8	180,1			314,9	193,3	369,5	561,5	936,3

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	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{p,}$ 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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Потребители электроэнергии до 1000 В															
1	Корпус №4	800,0	0,65	0,70	1,02	520,0	530,5	1415	18	25,5	0,80	20,4	540,4	530,5	757,3
2	Корпус №1	650,0	0,65	0,70	1,02	422,5	431,0	1762	18	31,7	0,80	25,4	447,9	431,0	621,6
3	Виварий	217,0	0,40	0,75	0,88	86,8	76,6	820	16	13,1	0,80	10,5	97,3	76,6	123,8
4	АБК	685,0	0,45	0,85	0,62	308,3	191,0	1562	20	31,2	0,90	28,1	336,4	191,0	386,8
5	Компрессорная	225,0	0,60	0,80	0,75	135,0	101,3	184	16	2,9	0,95	2,8	137,8	101,3	171,0
6	Склад азота и кислорода	15,0	0,40	0,85	0,62	6,0	3,7	202	18	3,6	0,60	2,2	8,2	3,7	9,0
7	Оспенный корпус	410,0	0,45	0,75	0,88	184,5	162,7	496	18	8,9	0,80	7,1	191,6	162,7	251,4
8	Склад сбыта	80,0	0,40	0,85	0,62	32,0	19,8	704	18	12,7	0,60	7,6	39,6	19,8	44,3
9	Корпус №2	821,0	0,65	0,70	1,02	533,7	544,4	1299	18	23,4	0,80	18,7	552,4	544,4	775,6
10	Ремонтно-механические мастерские	645,6	–	0,73	0,93	267,1	193,3	3145	16	50,3	0,95	47,8	314,9	193,3	369,5
11	Корпус №3	600,0	0,65	0,70	1,02	390,0	397,9	1377	18	24,8	0,80	19,8	409,8	397,9	571,2
12	Гараж	75,0	0,40	0,85	0,62	30,0	18,6	1473	16	23,6	0,60	14,1	44,1	18,6	47,9
13	Материальный склад	40,0	0,40	0,85	0,62	16,0	9,9	1542	18	27,8	0,60	16,7	32,7	9,9	34,1
14	Центральная водопроводная станция	374,0	0,60	0,75	0,88	224,4	197,9	169	16	2,7	0,95	2,6	227,0	197,9	301,1
15	Станция обезжелезивания	162,0	0,60	0,65	1,17	97,2	113,6	182	16	2,9	0,95	2,8	100,0	113,6	151,4
16	Склад	15,0	0,40	0,85	0,62	6,0	3,7	473	18	8,5	0,60	5,1	11,1	3,7	11,7
17	Склад ГСМ	25,0	0,40	0,85	0,62	10,0	6,2	473	18	8,5	0,60	5,1	15,1	6,2	16,3

Окончание таблицы2

<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>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
18	Склад медицинского стекла	10,0	0,40	0,85	0,62	4,0	2,5	648	18	11,7	0,60	7,0	11,0	2,5	11,3
19	Медпункт	12,0	0,55	0,80	0,75	6,6	5,0	496	20	9,9	0,80	7,9	14,5	5,0	15,4
20	Котельная	312,0	0,65	0,65	1,17	202,8	237,1	598	16	9,6	0,65	6,2	209,0	237,1	316,1
21	Канализационная насосная станция	84,0	0,60	0,75	0,88	50,4	44,4	132	16	2,1	0,95	2,0	52,4	44,4	68,7
22	Имунноклиника	685,0	0,55	0,80	0,75	376,8	282,6	3403	22	74,9	0,80	59,9	436,6	282,6	520,1
23	Имунноклиника	570,0	0,55	0,80	0,75	313,5	235,1	3403	22	74,9	0,80	59,9	373,4	235,1	441,3
24	Имунноклиника	373,0	0,55	0,80	0,75	205,2	153,9	3403	22	74,9	0,80	59,9	265,0	153,9	306,5
25	Имунноклиника	381,0	0,55	0,80	0,75	209,6	157,2	3403	22	74,9	0,80	59,9	269,4	157,2	311,9
26	Склад фуража	14,0	0,40	0,85	0,62	5,6	3,5	594	18	10,7	0,60	6,4	12,0	3,5	12,5
27	Крематорий	21,0	0,40	0,75	0,88	8,4	7,4	243	16	3,9	0,95	3,7	12,1	7,4	14,2
28	Оспенный изолятор	67,0	0,45	0,75	0,88	30,2	26,6	957	18	17,2	0,80	13,8	43,9	26,6	51,4
	Территория предприятия	0,0	–	–	–	0,0	0,0	185489	0,16	29,7	1	29,7	29,7	0,0	29,7
	Итого по 0,38 кВ	8368,6	–	–	–	4682,3	4157,4	$\Sigma F_{\text{ц}} = 34558$		696,4	–	553,1	5235,4	4157,4	6685,3
Потребители электроэнергии выше 1000 В															
5	Компрессорная	2500,0	0,60	0,80	0,75	1500,0	1125,0	–	–	–	–	–	1500,0	1125,0	1875,0
	Итого по 10 кВ	2500,0	–	–	–	1500,0	1125,0	–	–	–	–	–	1500,0	1125,0	1875,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3 – Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

<i>№ цеха</i>	<i>Наименование цеха</i>	<i>S_{p.i}, кВА</i>	<i>P_{p.o.i}, кВт</i>	<i>r, мм</i>	<i>α, град</i>	<i>x_i, мм</i>	<i>y_i, мм</i>	<i>S_{p.i} · x_i, кВА · мм</i>	<i>S_{p.i} · y_i, кВА · мм</i>
<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>
<i>Потребители электроэнергии до 1000 В</i>									
1	Корпус №4	757,3	20,4	26,1	9,7	55,4	237,6	41952,2	179925,0
2	Корпус №1	621,6	25,4	23,6	14,7	34,3	172,6	21320,8	107287,6
3	Виварий	123,8	10,5	10,5	30,5	18,8	130,1	2327,4	16106,4
4	АБК	386,8	28,1	18,6	26,2	12,7	97,6	4912,7	37754,5
5	Компрессорная	171,0	2,8	12,4	5,9	81,1	254,6	13867,7	43535,5
6	Склад азота и кислорода	9,0	2,2	2,8	87,4	94,6	250,4	850,2	2250,3
7	Оспенный корпус	251,4	7,1	15,0	10,2	84,7	236,2	21293,7	59381,0
8	Склад сбыта	44,3	7,6	6,3	61,8	76,2	207,6	3375,0	9194,9
9	Корпус №2	775,6	18,7	26,4	8,7	60,9	166,1	47232,0	128821,5
10	Ремонтно-механические мастерские	369,5	47,8	18,2	46,6	104,3	209,1	38542,9	77270,5
11	Корпус №3	571,2	19,8	22,6	12,5	80,7	157,6	46095,7	90020,9
12	Гараж	47,9	14,1	6,6	106,3	66,4	95,6	3180,3	4578,9
13	Материальный склад	34,1	16,7	5,5	175,7	82,4	90,1	2812,0	3074,8
14	Центральная водопроводная станция	301,1	2,6	16,4	3,1	128,9	214,9	38815,8	64713,1
15	Станция обезжелезивания	151,4	2,8	11,6	6,6	119,8	191,9	18131,9	29044,3
16	Склад	11,7	5,1	3,2	157,0	105,4	168,4	1234,7	1972,7
17	Склад ГСМ	16,3	5,1	3,8	112,6	96,4	142,2	1574,2	2322,1
18	Склад медицинского стекла	11,3	7,0	3,2	223,5	162,8	148,1	1835,5	1669,7
19	Медпункт	15,4	7,9	3,7	186,1	141,3	100,8	2169,8	1547,9

Окончание таблицы 3

<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>
20	Котельная	316,1	6,2	16,8	7,1	126,5	82,6	39983,8	26108,0
21	Канализационная насосная станция	68,7	2,0	7,8	10,5	117,0	63,6	8040,0	4370,4
22	Имунноклиника	520,1	59,9	21,6	41,5	182,3	182,6	94813,3	94969,3
23	Имунноклиника	441,3	59,9	19,9	48,9	241,8	161,3	106695,5	71174,4
24	Имунноклиника	306,5	59,9	16,6	70,4	195,1	120,6	59791,5	36959,8
25	Имунноклиника	311,9	59,9	16,7	69,1	177,0	67,0	55211,4	20899,2
26	Склад фуража	12,5	6,4	3,3	184,7	231,0	100,1	2889,0	1251,9
27	Крематорий	14,2	3,7	3,6	93,8	220,4	30,1	3125,8	426,9
28	Оспенный изолятор	51,4	13,8	6,8	96,6	244,9	42,1	12575,9	2161,9
<i>Потребители электроэнергии выше 1000 В</i>									
5	Компрессорная	1875,0	–	41,0	–	81,1	254,6	152062,5	477375,0
<i>Итого</i>		8588,2	–	–	–	–	–	846713,0	1596168,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 4 – Число трансформаторов в цехах предприятия

<i>№ п/п</i>	<i>Наименования цехов</i>	<i>$P_p + P_{p.o.}$ кВт</i>	<i>Количество тр-ов п_i, шт</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	Корпус №4	540,4	1,239
2	Корпус №1	447,9	1,027
3	Виварий	97,3	0,223
4	АБК	336,4	0,771
5	Компрессорная	137,8	0,316
6	Склад азота и кислорода	8,2	0,019
7	Оспенный корпус	191,6	0,439
8	Склад сбыта	39,6	0,091
9	Корпус №2	552,4	1,266
10	Ремонтно-механические мастерские	314,9	0,722
11	Корпус №3	409,8	0,939
12	Гараж	44,1	0,101
13	Материальный склад	32,7	0,075
14	Центральная водопроводная станция	227,0	0,520
15	Станция обезжелезивания	100,0	0,229
16	Склад	11,1	0,025
17	Склад ГСМ	15,1	0,035
18	Склад медицинского стекла	11,0	0,025
19	Медпункт	14,5	0,033
20	Котельная	209,0	0,479

Окончание таблицы 4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
21	Канализационная насосная станция	52,4	0,120
22	Имунноклиника	436,6	1,001
23	Имунноклиника	373,4	0,856
24	Имунноклиника	265,0	0,608
25	Имунноклиника	269,4	0,618
26	Склад фуража	12,0	0,028
27	Крематорий	12,1	0,028
28	Оспенный изолятор	43,9	0,101

Таблица 5 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

<i>№ п/п</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 2 трансф.	1, 5 - 8	917,6	Цех №1
2	ТП2 2 трансф.	2 - 4	881,5	Цех №3
3	ТП3 2 трансф.	9, 10	867,3	Цех №9
4	ТП4 2 трансф.	11 - 17	839,8	Цех №11
5	ТП5 2 трансф.	22, 23	810,0	Цех №22
6	ТП6 2 трансф.	18 - 21, 24 - 28	889,5	Территория предприятия

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

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

№ n/n	Участок				Автомат			Способ прокладки	Кабель				L	cosφ	ΔU ₀	ΔU _p	
					K	$\frac{I_{\text{сшд}}}{I_{\text{н.о}}}$	Тип		$K_{\text{пр}}$	$\frac{K_{\text{з}} \cdot I_{\text{з}}}{K_{\text{пр}}}$	I _{доп}	Марка					
		A	A	A	–	A	–		A	A	–	–					–
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Отходящий выключатель ТП	$\frac{1739,8}{2114,6}$	1913,8	2643,3	2,0	$\frac{2000}{4000}$	ВА74 – 45	На лотках	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	ТП - ВРУ	$\frac{561,5}{936,3}$	617,6	1170,3	4,0	$\frac{630}{2520}$	ВА51 – 29		1	630	700	ВВГ - 2(4 × 185)	0,054	0,73	0,029	0,87	
3	ВРУ - ПР1	$\frac{77,8}{346,6}$	85,5	433,2	10,0	$\frac{100}{1000}$	ВА57 – 35		1	100	180	ВВГ - 1(4 × 70)	0,098	0,50	0,155	1,18	
4	ВРУ - ПР2	$\frac{42,0}{416,8}$	46,2	521,1	8,0	$\frac{125}{1000}$	ВА57 – 35		1	125	145	ВВГ - 1(4 × 50)	0,054	0,49	0,117	0,27	
5	ВРУ - ПР3	$\frac{83,6}{383,5}$	92,0	479,3	8,0	$\frac{100}{800}$	ВА57 – 35		1	100	120	ВВГ - 1(4 × 35)	0,041	0,50	0,155	0,53	
6	ВРУ - ПР4	$\frac{50,2}{425,0}$	55,2	531,3	8,0	$\frac{125}{1000}$	ВА57 – 35		1	125	145	ВВГ - 1(4 × 50)	0,055	0,50	0,117	0,32	
7	ВРУ - ПР5	$\frac{115,1}{489,9}$	126,6	612,4	4,0	$\frac{160}{640}$	ВА57 – 35		1	160	180	ВВГ - 1(4 × 70)	0,030	0,74	0,107	0,37	
8	ВРУ - ПР6	$\frac{132,7}{311,7}$	146,0	389,6	4,0	$\frac{160}{640}$	ВА57 – 35		1	160	180	ВВГ - 1(4 × 70)	0,026	0,64	0,100	0,34	

Таблица 7 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

№ n/n	Приемник	$P_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	$I_{\text{пуск}}$	$1,1 \cdot I_{\text{ном}}$	$1,5 \cdot I_{\text{пуск}}$	K	Автомат			$K_{\text{пр}}$	$\frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{пр}}}$	Кабель		ПП
								$I_{\text{тепл}}$	$I_{\text{о.э.}}$	Тип			$I_{\text{доп}}$	Марка	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПП – 1															
1	Токарно-винторезный станок	12,0	41,0	204,9	45,1	307,3	12,0	50,0	600,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	55	ВВГ – 4 × 10	ПП11-7123 $I_{\text{ном}} = 250A$
2	Токарно-винторезный станок	16,2	55,3	276,6	60,8	414,8	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	63,0	95	ВВГ – 4 × 25	
3	Фрезерный станок	10,0	34,1	170,7	37,6	256,1	12,0	40,0	480,0	ВА13 – 29	1,0	40,0	42	ВВГ – 4 × 6	
4	Фрезерный станок	10,7	36,5	182,7	40,2	274,0	6,0	50,0	300,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	55	ВВГ – 4 × 10	
5	Координатно-расчетный станок	8,0	27,3	136,6	30,0	204,9	12,0	31,5	378,0	ВА13 – 29	1,0	31,5	35	ВВГ – 4 × 4	
6	Поперечно-строгальный станок	12,1	41,3	206,6	45,4	309,8	12,0	50,0	600,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	55	ВВГ – 4 × 10	
ПП – 2															
1	Токарно-винторезный станок	16,2	55,3	276,6	60,8	414,8	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	63,0	75	ВВГ – 4 × 16	ПП11-7123 $I_{\text{ном}} = 250A$
2	Токарно-винторезный станок	10,0	34,1	170,7	37,6	256,1	12,0	40,0	480,0	ВА13 – 29	1,0	40,0	42	ВВГ – 4 × 6	
3	Электротельфер ПВ = 25%	20,0	75,9	379,4	83,5	569,0	6,0	100,0	600,0	ВА57 – 35	1,0	100,0	120	ВВГ – 4 × 35	
4	Сверлильный станок	2,2	7,5	37,6	8,3	56,3	6,0	10,0	60,0	ВА13 – 29	1,0	10,0	25	ВВГ – 4 × 2,5	
5	Сверлильный станок	4,1	14,0	70,0	15,4	105,0	12,0	16,0	192,0	ВА13 – 29	1,0	16,0	25	ВВГ – 4 × 2,5	
6	Точильно-шлифовальный станок	3,3	11,3	56,3	12,4	84,5	12,0	12,5	150,0	ВА13 – 29	1,0	12,5	25	ВВГ – 4 × 2,5	
7	Универсально-шлифовальный станок	4,8	16,4	81,9	18,0	122,9	12,0	20,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	20,0	25	ВВГ – 4 × 2,5	
8	Плоско-шлифовальный станок	7,5	25,6	128,0	28,2	192,1	12,0	31,5	378,0	ВА13 – 29	1,0	31,5	35	ВВГ – 4 × 4	
ПП – 3															
1	Листогибочный станок	12,0	41,0	204,9	45,1	307,3	12,0	50,0	600,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	55	ВВГ – 4 × 10	ПП11-7123 $I_{\text{ном}} = 250A$
2	Электротельфер ПВ = 25%	16,0	60,7	303,5	66,8	455,2	6,0	80,0	480,0	ВА57 – 35	1,0	80,0	95	ВВГ – 4 × 25	
3	Листогибочный станок	8,8	30,0	150,2	33,0	225,3	6,0	40,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	40,0	42	ВВГ – 4 × 6	
4	Труборез	15,0	51,2	256,1	56,3	384,1	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	63,0	75	ВВГ – 4 × 16	
5	Пресс-ножницы	17,5	59,7	298,7	65,7	448,1	6,0	80,0	480,0	ВА57 – 35	1,0	80,0	95	ВВГ – 4 × 25	
6	Пресс-ножницы	15,5	52,9	264,6	58,2	396,9	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	63,0	75	ВВГ – 4 × 16	
7	Компрессор	22,0	43,7	218,5	48,1	327,7	12,0	50,0	600,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	55	ВВГ – 4 × 10	

8	Сверлильный станок	2,2	7,5	37,6	8,3	56,3	6,0	10,0	60,0	BA13 – 29	1,0	10,0	25	BBГ - 4 × 2,5
---	--------------------	-----	-----	------	-----	------	-----	------	------	-----------	-----	------	----	---------------

окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПР – 4															
1	Вальцепрокатный станок	15,0	51,2	256,1	56,3	384,1	12,0	63,0	756,0	BA13 – 29	1,0	63,0	75	BBГ - 4 × 16	ПР11-7123 $I_{ном} = 250A$
2	Листогибочный станок	12,0	41,0	204,9	45,1	307,3	12,0	50,0	600,0	BA13 – 29	1,0	50,0	55	BBГ - 4 × 10	
3	Трубогибочный станок	9,5	32,4	162,2	35,7	243,3	12,0	40,0	480,0	BA13 – 29	1,0	40,0	42	BBГ - 4 × 6	
4	Ножницы	8,0	27,3	136,6	30,0	204,9	12,0	31,5	378,0	BA13 – 29	1,0	31,5	35	BBГ - 4 × 4	
5	Токарно-винторезный станок	18,0	61,5	307,3	67,6	460,9	6,0	80,0	480,0	BA57 – 35	1,0	80,0	95	BBГ - 4 × 25	
6	Электротельфер ПВ = 25%	20,0	75,9	379,4	83,5	569,0	6,0	100,0	600,0	BA57 – 35	1,0	100,0	120	BBГ - 4 × 35	
7	Настольно-сверлильный станок	1,2	4,1	20,5	4,5	30,7	12,0	5,0	60,0	BA13 – 29	1,0	5,0	25	BBГ - 4 × 2,5	
8	Сверлильный станок	4,1	14,0	70,0	15,4	105,0	12,0	16,0	192,0	BA13 – 29	1,0	16,0	25	BBГ - 4 × 2,5	
ПР – 5															
1	Электротельфер ПВ = 25%	20,0	75,9	379,4	83,5	569,0	6,0	100,0	600,0	BA57 – 35	1,0	100,0	120	BBГ - 4 × 35	ПР11-7123 $I_{ном} = 250A$
2	Горн кузнечный	12,0	31,5	157,6	34,7	236,4	6,0	40,0	240,0	BA13 – 29	1,0	40,0	42	BBГ - 4 × 6	
3	Пресс	15,0	39,4	197,0	43,3	295,5	6,0	50,0	300,0	BA13 – 29	1,0	50,0	55	BBГ - 4 × 10	
4	ТВЧ печь	20,0	32,0	–	35,2	–	–	40,0	–	BA13 – 29	1,0	40,0	42	BBГ - 4 × 6	
5	Точильно-шлифовальный станок	4,4	15,0	75,1	16,5	112,7	6,0	20,0	120,0	BA13 – 29	1,0	20,0	25	BBГ - 4 × 2,5	
6	Пресс	15,0	39,4	197,0	43,3	295,5	6,0	50,0	300,0	BA13 – 29	1,0	50,0	55	BBГ - 4 × 10	
7	Пресс	18,5	48,6	242,9	53,4	364,4	6,0	63,0	378,0	BA13 – 29	1,0	63,0	75	BBГ - 4 × 16	
8	Станок отрезной	7,0	23,9	119,5	26,3	179,2	6,0	31,5	189,0	BA13 – 29	1,0	31,5	35	BBГ - 4 × 4	
9	Пила	5,5	18,8	93,9	20,7	140,8	6,0	25,0	150,0	BA13 – 29	1,0	25,0	25	BBГ - 4 × 2,5	
ПР – 6															
1	Гильотина	10,0	26,3	131,3	28,9	197,0	12,0	31,5	378,0	BA13 – 29	1,0	31,5	35	BBГ - 4 × 4	ПР11-7123 $I_{ном} = 250A$
2	Трансформатор сварочный ПВ = 60%	25,0	59,6	178,9	65,6	268,3	6,0	80,0	480,0	BA57 – 35	1,0	80,0	95	BBГ - 4 × 25	
3	Сверлильный станок	3,3	11,3	56,3	12,4	84,5	12,0	12,5	150,0	BA13 – 29	1,0	12,5	25	BBГ - 4 × 2,5	
4	Пресс кривошипный	14,5	38,1	190,4	41,9	285,6	6,0	50,0	300,0	BA13 – 29	1,0	50,0	55	BBГ - 4 × 10	
5	Шлифовальный станок	8,0	27,3	136,6	30,0	204,9	12,0	31,5	378,0	BA13 – 29	1,0	31,5	35	BBГ - 4 × 4	
6	Установка плазменная	4,0	9,5	28,6	10,5	42,9	6,0	12,5	75,0	BA13 – 29	1,0	12,5	25	BBГ - 4 × 2,5	
7	Аппарат электросварочный	15,0	35,8	107,3	39,4	161,0	6,0	40,0	240,0	BA13 – 29	1,0	40,0	42	BBГ - 4 × 6	

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

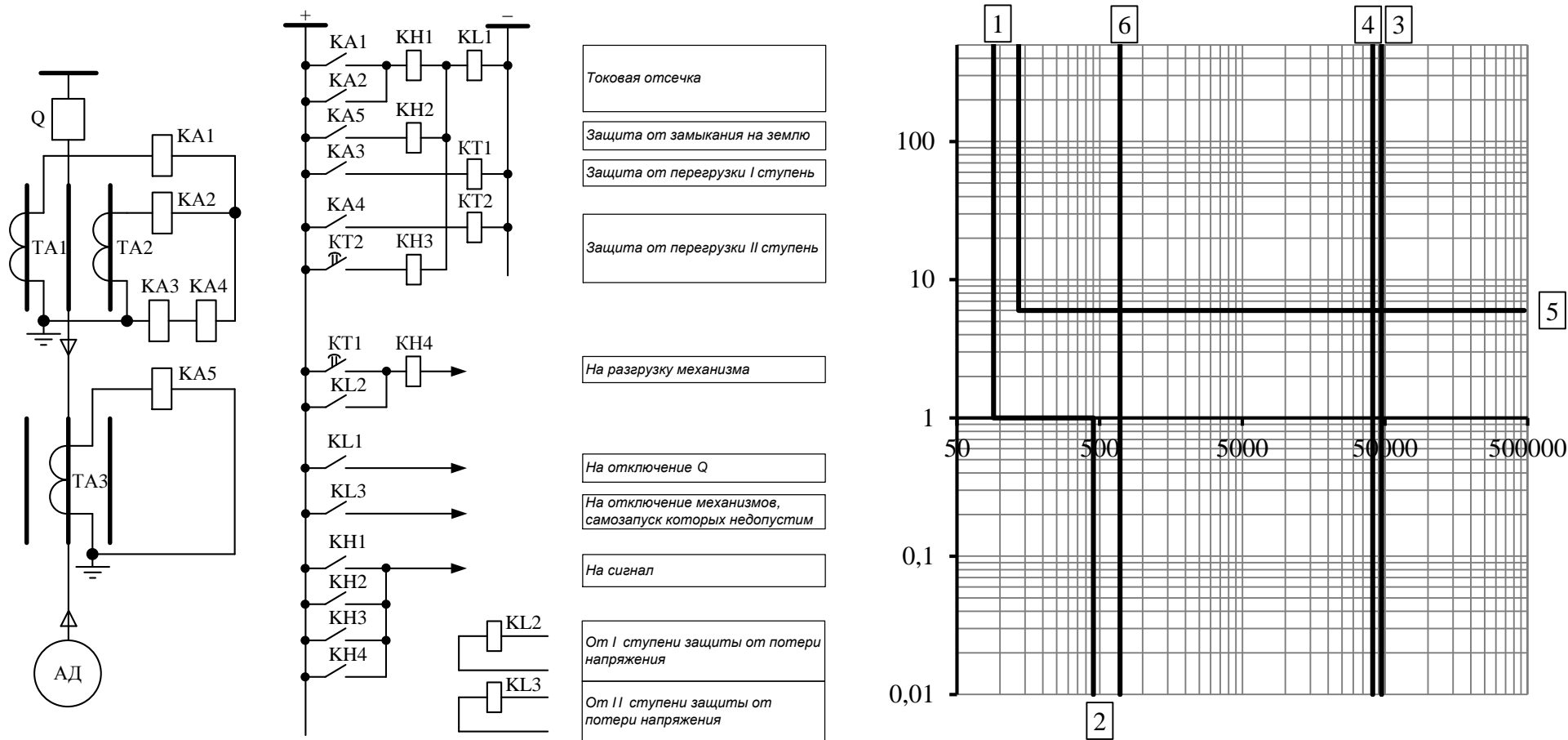


Рисунок 1 – Схема защиты асинхронного двигателя. Селективность срабатывания защит

На схеме указаны: KA1, KA4 – реле тока типа РТ–40; KA5 – реле тока типа РТ3–51; КТ1 – реле времени ЭВ–144; КТ2 – реле времени типа ВЛ–34; KL1, KL3 – промежуточные реле типа РП–23; КН1, КН4 – указательные реле.

На рисунке указаны: 1 – номинальный ток двигателя; 2 – пусковой ток двигателя; 3 – ток трехфазного короткого замыкания; 4 – ток двухфазного короткого замыкания; 5 – ток срабатывания защиты от перегрузки; 6 – ток срабатывания токовой отсечки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

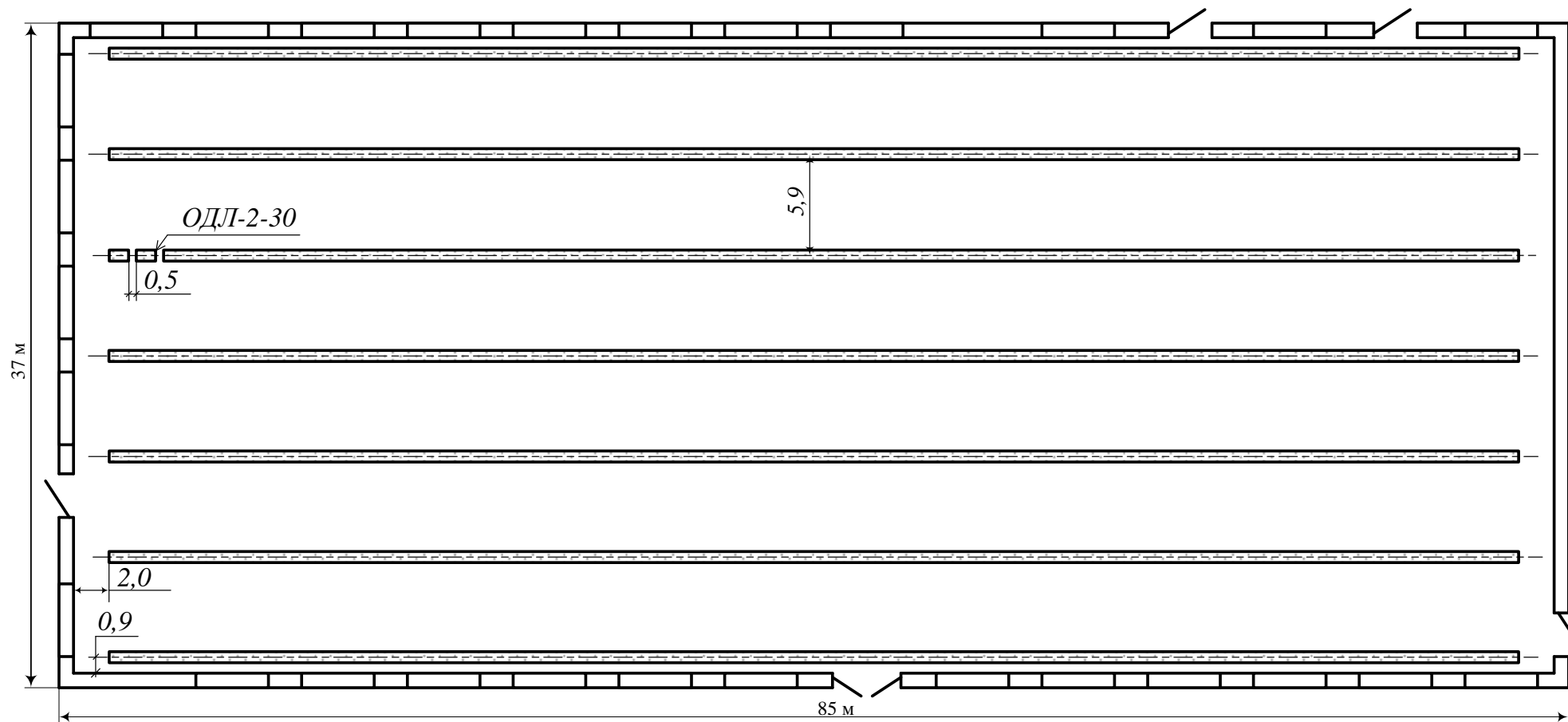


Рисунок 3 – План размещения светильников

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

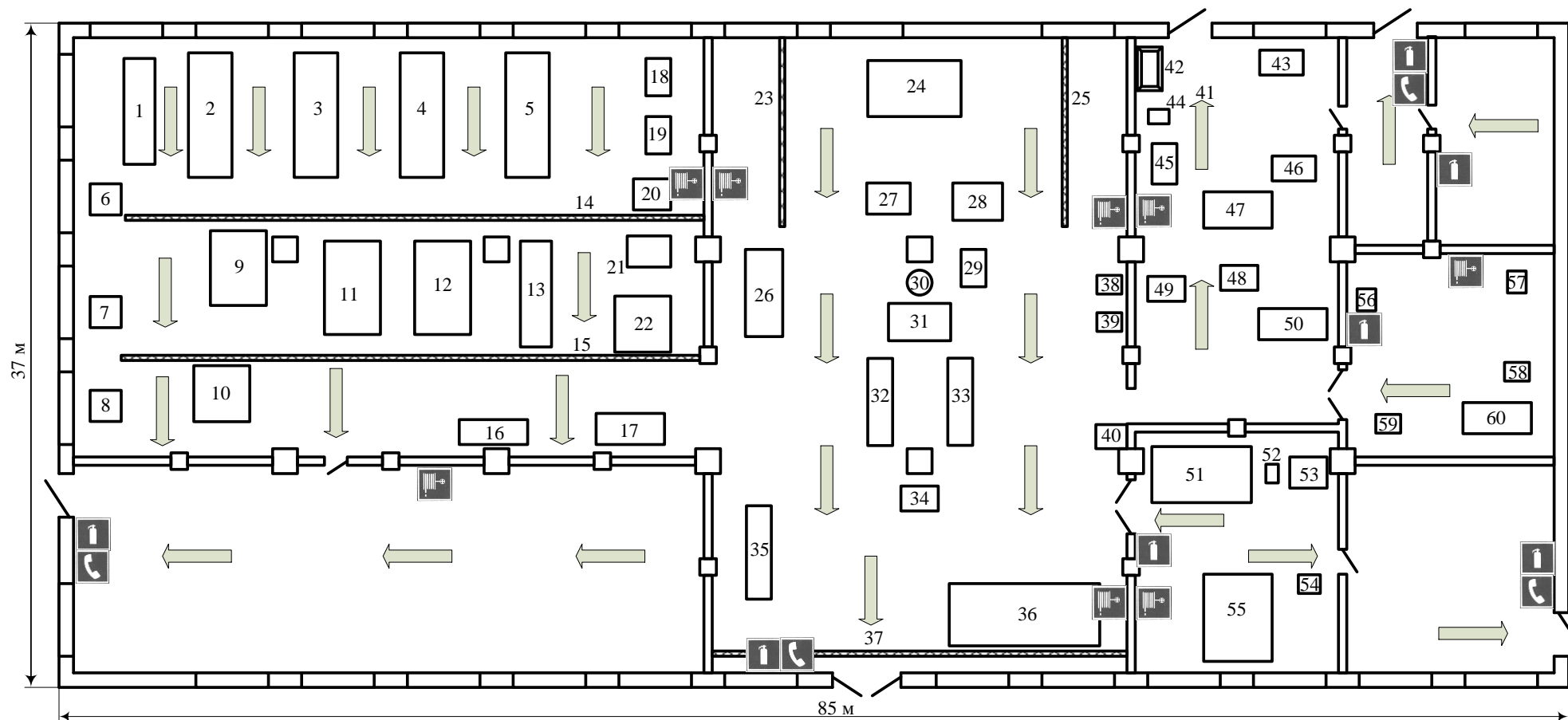


Рисунок 4 – План эвакуации

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

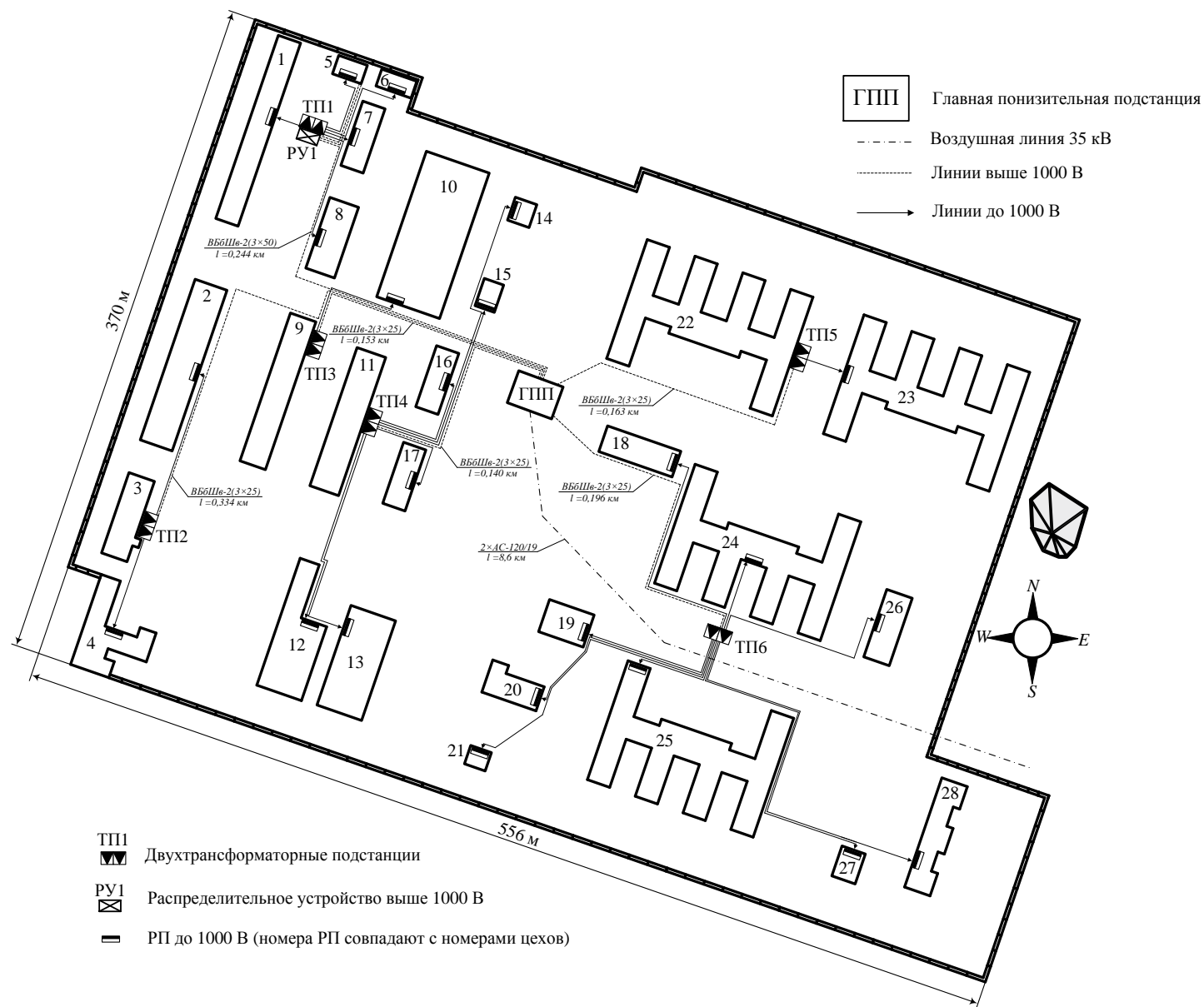


Рисунок 5 – Генплан предприятия. Распределение электроэнергии

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

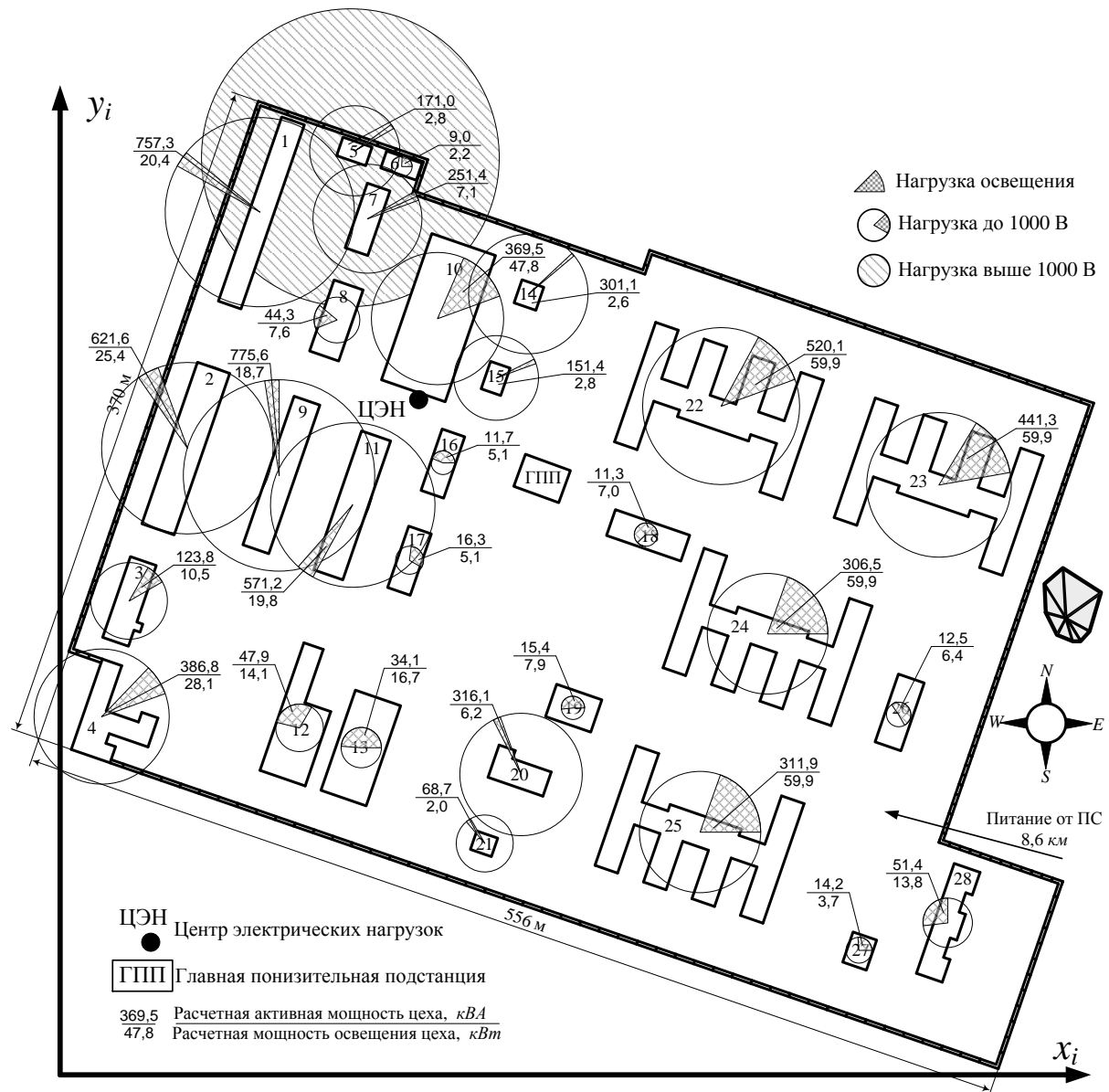


Рисунок 6 – Картограмма нагрузок

Рисунок 7 – Схема электрическая принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

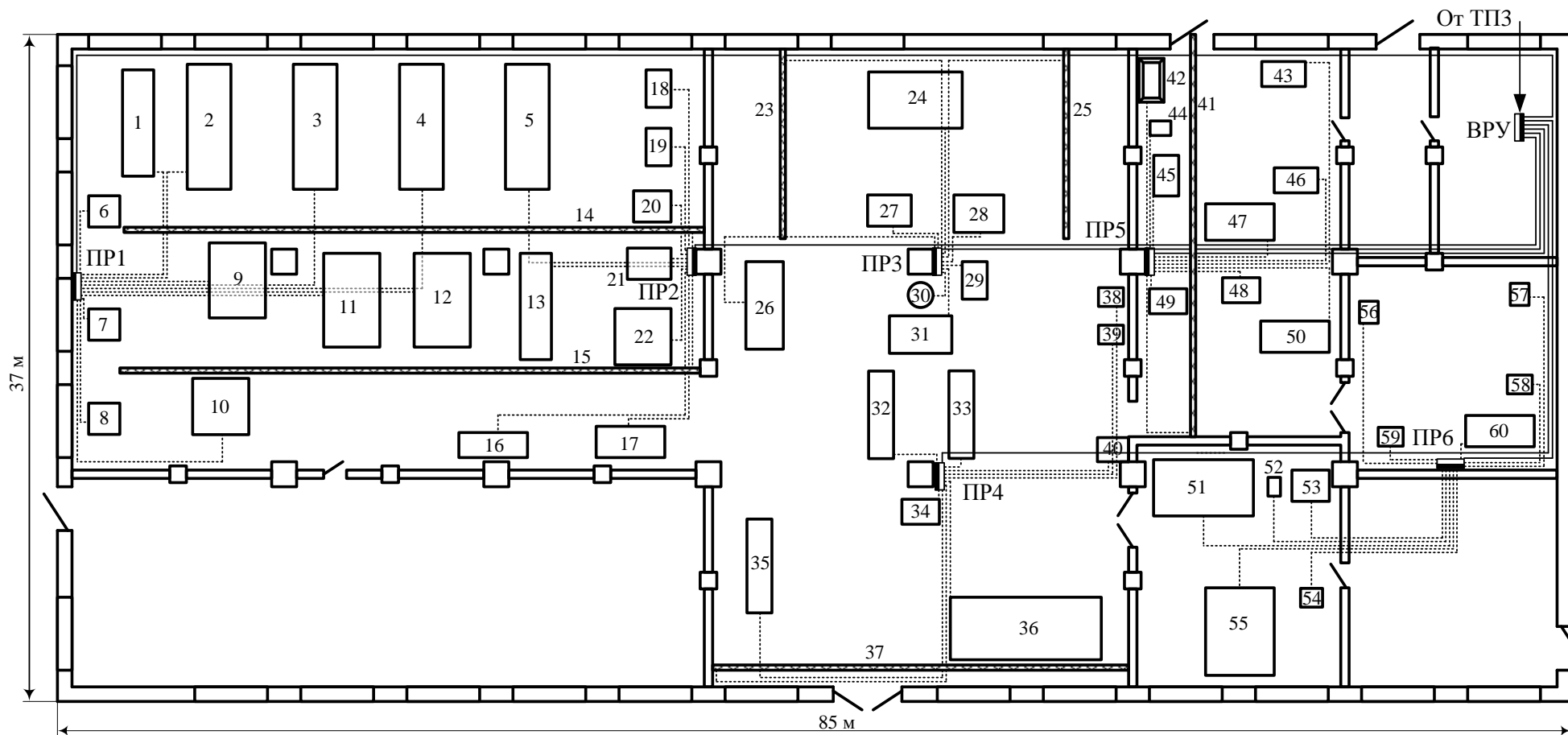
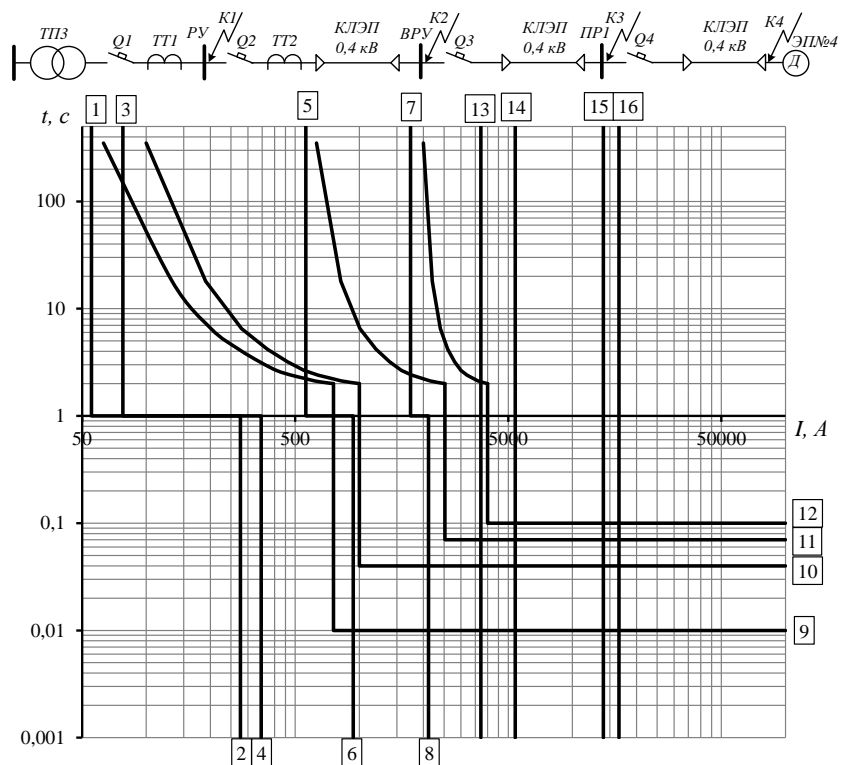


Рисунок 8 – Схема силовой сети ремонтно-механических мастерских

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Карта селективности действия защитных аппаратов



Узел нагрузки	ТПЗ	ВРУ	ПР1	Станок №4
Расчетный ток $I_{\text{р}}$, А	1739,8	561,5	77,8	—
Пиковый ток $I_{\text{пик}}$, А	2114,6	936,3	346,6	—
Номинальный ток $I_{\text{ном}}$, А	—	—	—	55,3
Пусковой ток $I_{\text{пуск}}$, А	—	—	—	276,6
Ток КЗ $I_{\text{кз}}$, А	16533,2	13963,3	5397,1	3723,2
Тип аппарата	ВА74 – 45	ВА51 – 29	ВА57 – 35	ВА13 – 29
Условия срабатывания по току				
– при перегрузке $I_{\text{ном.расч}}$, А	2000	630	100	63,0
– при КЗ $I_{\text{кз}}$, А	4000,0	2520,0	1000,0	756,0
Условия срабатывания по времени, с				
	0,1	0,07	0,04	0,01

Эпюра отклонений напряжения

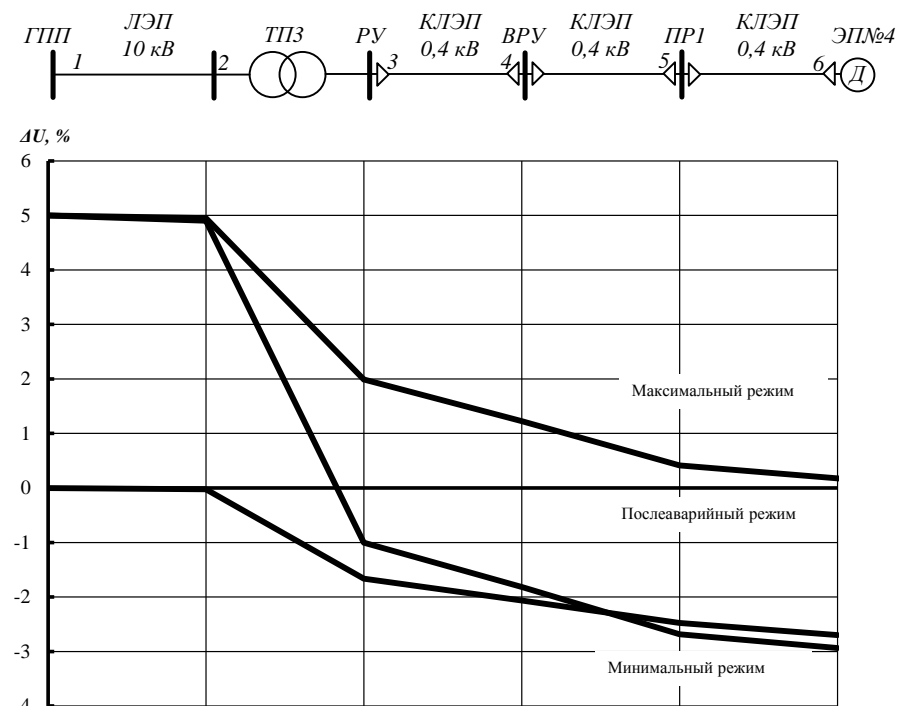


Рисунок 10 – Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности