

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

Институт Электронного обучения (ИНЭО)

Направление подготовки 140211.65 «Электроснабжение»

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы электроснабжения участка эмалирования АО «Сибкабель», г. Томск

УДК 621.31.031.001.6:621.315.2.002(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9301	Русанов Анатолий Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Плотников И.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

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

Институт Электронного обучения (ИНЭО)

Направление подготовки (специальность) 140211.65/Электроснабжение

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

УТВЕРЖДАЮ:

И.о.зав. кафедрой

 (Подпись) _____ (Дата) В.М. Завьялов
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-9301	<i>Русанов Анатолий Юрьевич</i>

Тема работы:

*Проектирование системы электроснабжения участка эмалирования АО «Сибкабель»,
г. Томск*

Утверждена приказом директора (дата, номер)

ИнЭО от 22.04.2016г. №3148/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

июнь 2016 года.

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><i>Получены по материалам преддипломной практики</i></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"> <i>1. Общие сведения о предприятии</i> <i>2. Определение расчетной нагрузки цеха</i> <i>3. Определение расчетной нагрузки предприятия</i> <i>4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок</i> <i>5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов</i> <i>6. Компенсация реактивной мощности</i> <i>7. Схема внешнего электроснабжения</i> <i>8. Схема внутривзаводской сети выше 1000 В</i> <i>9. Расчет токов короткого замыкания в сети выше</i>

	<p>1000 В</p> <p>10. Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В</p> <p>11. Электроснабжение цеха</p> <p>12. Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники</p> <p>13. Построение эпюры отклонения напряжения</p> <p>14. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В</p> <p>15. Построение карты селективности действия аппаратов защиты</p> <p>16. Релейная защита</p> <p>17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>18. Социальная ответственность</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>1. Генплан предприятия. Распределение электроэнергии</p> <p>2. Картограмма нагрузок</p> <p>3. Схема электрическая принципиальная</p> <p>4. Схема силовой сети участка эмалирования</p> <p>5. Электроснабжение участка эмалирования. Однолинейная схема</p> <p>6. Эюра отклонения напряжения. Карта селективности.</p> <p>7. Релейная защита</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p>(с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ст. преподаватель, Кузьмина Н.Г.
Социальная ответственность	Доцент, к.т.н, Амелькович Ю.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10 марта 2016года
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Плотников И.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9301	Русанов Анатолий Юрьевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 137 с., 27 рис., 40, табл., 40 источников, 7 прил.

Ключевые слова: кабель, электрооборудование, эмальагрегат, термoplastавтомат, схема электроснабжения, линия, сеть, электроприемник, нагрузка, оборудование, защита, ток, напряжение.

Объектом исследования является электрическая часть АО «Сибкабель».

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 на предприятии.

Основные характеристики: схема электроснабжения состоит из кабельных и воздушных линий электропередачи. В высоковольтной сети применяются воздушные 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.

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Русанов А.Ю.			Содержание	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И.А.					1	3
Консульт.						НИТПУ ИнЭО Группа 3-9301/43		
Н. контр.								
Уте.								

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
Введение	8
1 Исходные данные	11
2 Определения расчетной нагрузки участка эмалирования	16
2.1 Распределение приёмников по пунктам питания	17
2.2 Определение расчетной нагрузки цеха	17
3 Электроснабжение на территории предприятия	25
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия	26
3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок	31
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов	35
3.4 Компенсация реактивной мощности	37
3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения	39
3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП	40
3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП	43
3.8 Определение суммарных приведенных затрат на сооружение воздушных линий электропередачи	44
3.9 Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования	46
3.10 Технико-экономическое сравнение вариантов	47
3.11 Схема внутриводской сети выше 1000 В	48
3.12 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	51
4 Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В	55
4.1 Выбор выключателей и разъединителей	56
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока	58
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения	60
4.4 Учет электрической энергии	62
5 Электроснабжение участка эмалирования	64
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники	65
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения	71
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В	76
5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты	78
5.5 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	79

6 Релейная защита	82
6.1 Назначение РЗА	83
6.2 Расчет токов короткого замыкания	83
6.3 Защита от межфазных коротких замыканий	85
6.4 Защита от перегрузок	86
6.5 Защита от замыканий на землю в обмотке статора	87
6.6 Защита от потери питания	87
6.7 Защита от асинхронного режима	88
6.8 Схема защиты синхронного двигателя	89
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	92
7.1 Общие сведения	94
7.2 Смета на проектирование	94
7.3 Смета затрат на электрооборудование	99
8 Социальная ответственность	101
8.1 Производственная безопасность	105
8.1.1 Анализ выявленных вредных факторов	105
8.1.2 Анализ выявленных опасных факторов	112
8.2 Экологическая безопасность	117
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	118
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	121
Заключение	123
Список использованных источников	126
Приложение А ДП-ФЮРА.3710000.182.Э4 Генплан предприятия. Распределение электроэнергии	131
Приложение Б ДП-ФЮРА.3710000.183.Э4 Картограмма нагрузок	132
Приложение В ДП-ФЮРА.3710000.184.Э4 Схема электрическая принципиальная	133
Приложение Г ДП-ФЮРА.3710000.185.Э4 Схема силовой сети участка эмалирования	134
Приложение Д ДП-ФЮРА.3710000.186.Э4 Электроснабжение участка эмалирования	135
Приложение Е ДП-ФЮРА.3710000.187.Э4 Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности	136
Приложение Ж ДП-ФЮРА.3710000.188.Э4 Релейная защита	137

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	3
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа З-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проекта является проектирование системы электроснабжения участка эмалирования АО "Сибкабель", 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 географическом положении Томск, входящий в состав Западной Сибири, занимает промежуточную позицию между европейской и азиатской частями России, являясь одинаково притягательным для каждого из них. Поэтому, когда с началом Великой Отечественной Войны встал вопрос об эвакуации промышленного производства из страны, именно в Томске было решено разместить завод, выпускающий кабельную продукцию. Партнерами этого предприятия могли быть не только соседи – шахтеры Кузбасса, нефтяники Тюмени, связисты Новосибирска, но и потребители отдаленных регионов – моряки и рыбаки Дальневосточного побережья, сельские труженики Поволжья, Краснодарского края и другие.

С эвакуированных из столицы предприятий – заводов "Москабель" и "Электропровод" – и начало свою историю акционерное общество "Сибкабель". Кстати, владельцем второго был всемирно известный режиссер К.С. Станиславский. 8 декабря 1941-го года первый эшелон с московскими специалистами и высококлассными рабочими-станочниками прибыл в сибирский город Томск. Через полгода они сумели выдать первую продукцию – саперные провода и провода полевой связи.

Седьмой десяток лет "Сибкабель" является крупнейшим электротехническим предприятием страны и во все времена сохраняет свою значимую роль в развитии российского кабельного рынка.

На современном европейском оборудовании выпускается свыше трех тысяч маркоразмеров кабелей и проводов, причем заказы принимаются с учетом пожеланий заказчика без отступления от требований нормативно-технической документации.

Система качества предприятия сертифицирована по международному стандарту ISO 9001:2000, и ГОСТ-Р ISO 9001-2001.

С1999 года "Сибкабель" входит в структуру холдинга Уральской горно-металлургической компании и является технологическим потребителем ее сырья – медной катанки. Функционирование завода в составе мощной промышленной группы позволяет ему быть надежным партнером и четко выполнять свои обязательства перед клиентами.

В настоящее время на "Сибкабеле" трудятся около 1,5 тысячи человек. Это профессиональный коллектив специалистов и рабочих, выпускающий кабельно-проводниковую продукцию высокого качества.

На сегодняшний день "Сибкабель" – одно из ведущих крупных предприятий машиностроительной отрасли России, производящих широкий ассортимент кабельной продукции. Оно работает на благо потребителя, выступая за высокое качество и надежность в партнерстве.

АО "Сибкабель" проводит активную выставочную работу. Предприятие неоднократно участвовало в международных выставках "Провода": Дюссельдорф Германия, "Проволока и кабель" Сингапур, "Высшие технологии из России " Рим, "Международная Ганноверская ярмарка" Германия, универсальные международные выставки.

За последние годы на предприятии проводилась поэтапная реконструкция производства. Так, был запущен в эксплуатацию комплекс по выпуску телефонных кабелей на основе оборудования фирмы "Нокия" (Финляндия), введены в эксплуатацию три экструзионные линии фирмы "Розендаль" (Австрия) и одна экструзионная линия фирмы "Ди Анжели" (Италия), машина грубого волочения фирмы "Хенрих" (ФРГ), 5 эмальагрегатов фирм "МАГ" Австрия и "Деа Тек" (Италия).

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			Исходные данные	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	5
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа 3-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Утв.</i>								

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходными данными к проектированию являются:

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

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

Наименование объекта	Число смен	Категория ЭП	Среда	Установленная мощность, кВт
1 АБК-1	2	III	Нормальная	120
2 Участок волочения и обмотки	3	II	Нормальная	1150
3 Участок эмалирования	3	II	Нормальная	—
4 Склад красок	1	III	Пожароопасная	20
5 АБК-2	2	III	Нормальная	380
6 АБК-3	2	III	Нормальная	154
7 ООО «Поли-система»	1	III	Нормальная	1974
8 ООО «Тармет»	1	III	Нормальная	350
9 Гаражный бокс	2	III	Нормальная	150
10 Склад	1	III	Нормальная	70
11 Склад	1	III	Нормальная	54
12 Склад	1	III	Нормальная	25
13 Склад	1	III	Нормальная	142
14 Карная	1	III	Нормальная	147
15 Артезианская скважина	1	II	Влажная	200
16 Кузница	1	III	Жаркая	841
17 Мастерская сантехников	1	III	Нормальная	102
18 Деревообработка	1	III	Пожароопасная	582
19 Компрессорная				
0,38 кВ	3	II	Нормальная	200
10,0 кВ СТД-1000-2 × 2 шт.				2000
20 Гаражный бокс	2	III	Нормальная	120
21 Склад кислородных баллонов	1	III	Взрывоопасная	100
22 Склад готовой продукции	1	III	Нормальная	145
23 Склад для оборудования	1	III	Нормальная	35
24 Проходная, библиотека	3	III	Нормальная	28

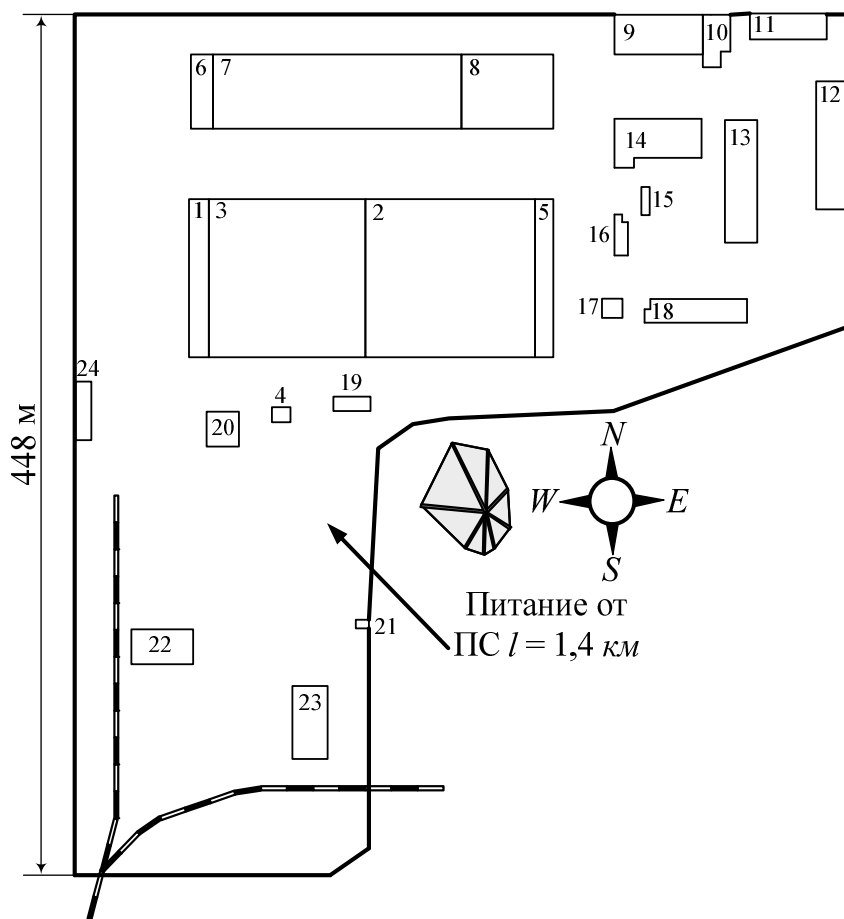


Рисунок 1.1 – Генплан предприятия

Сведения об электрических нагрузках цеха содержат номинальную мощность приемников, их номинальные и пусковые токи, а так же коэффициент мощности, КПД и коэффициент использования электроприемников, таблица 1.2.

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках участка эмалирования

Наименование		$P_{уст}$ кВт	$K_{исп}$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	η	$K_{пуск}$	$I_{ном}$ А	$I_{пуск}$ А
1		2	3	4	5	6	7	8	9
1	Кран-балка ПВ = 25%	15,0	0,10	0,50	1,73	0,89	5	51,2	256,1
2	Кран-балка ПВ = 25%	15,0	0,10	0,50	1,73	0,89	5	51,2	256,1
3	Термопластавтомат	53,0	0,75	0,95	0,33	0,95	—	89,2	—
4	Термопластавтомат	53,0	0,75	0,95	0,33	0,95	—	89,2	—
5	Термопластавтомат	53,0	0,75	0,95	0,33	0,95	—	89,2	—
6	Термопластавтомат	53,0	0,75	0,95	0,33	0,95	—	89,2	—
7	Эмальагрегат	50,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	106,7	533,5
8	Эмальагрегат	50,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	106,7	533,5
9	Эмальагрегат	50,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	106,7	533,5
10	Эмальагрегат	50,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	106,7	533,5
11	Эмальагрегат	50,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	106,7	533,5
12	Эмальагрегат	50,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	106,7	533,5

Окончание таблицы 1.2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Эмальагрегат	56,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	119,5	597,5
14	Эмальагрегат	56,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	119,5	597,5
15	Эмальагрегат	56,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	119,5	597,5
16	Эмальагрегат	56,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	119,5	597,5
17	Эмальагрегат	56,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	119,5	597,5
18	Волоочильная машина	13,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
19	Волоочильная машина	13,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
20	Волоочильная машина	13,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
21	Волоочильная машина	13,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
22	Волоочильная машина	13,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	34,1	170,7
23	Волоочильная машина	20,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	52,5	262,6
24	Волоочильная машина	20,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	52,5	262,6
25	Волоочильная машина	20,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	52,5	262,6
26	Волоочильная машина	20,0	0,24	0,65	1,17	0,89	5	52,5	262,6
27	Вертикально-сверлильный станок	8,0	0,14	0,60	1,33	0,89	5	22,8	113,8
28	Вертикально-сверлильный станок	8,0	0,14	0,60	1,33	0,89	5	22,8	113,8
29	Вертикально-сверлильный станок	8,0	0,14	0,60	1,33	0,89	5	22,8	113,8
30	Токарный станок	12,0	0,14	0,60	1,33	0,89	5	34,1	170,7
31	Токарный станок	16,0	0,14	0,60	1,33	0,89	5	45,5	227,6
32	Шлифовальный станок	3,3	0,14	0,60	1,33	0,89	5	9,4	46,9
33	Калорифер	4,1	0,75	0,90	0,48	0,95	—	7,3	—
34	Вентиляция	14,3	0,65	0,80	0,75	0,90	5	30,2	150,9
35	Вентиляция	14,3	0,65	0,80	0,75	0,90	5	30,2	150,9
36	Вентиляция	14,3	0,65	0,80	0,75	0,90	5	30,2	150,9
37	Вентиляция	14,3	0,65	0,80	0,75	0,90	5	30,2	150,9
38	Установка деминерализации	5,0	0,70	0,80	0,75	0,89	5	10,7	53,3
39	Эмальагрегат	45,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	96,0	480,1
40	Эмальагрегат	45,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	96,0	480,1
41	Эмальагрегат	45,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	96,0	480,1
42	Эмальагрегат	45,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	96,0	480,1
43	Эмальагрегат	45,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	96,0	480,1
44	Горизонтальный эмальагрегат	162,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	345,7	1728,5
45	Горизонтальный эмальагрегат	162,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	345,7	1728,5
46	Горизонтальный эмальагрегат	162,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	345,7	1728,5
47	Горизонтальный эмальагрегат	162,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	345,7	1728,5
48	Горизонтальный эмальагрегат	162,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	345,7	1728,5
49	Эмальагрегат	100,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	213,4	1067,0
50	Эмальагрегат	100,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	213,4	1067,0
51	Вертикальный эмальагрегат	140,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	298,7	1493,7
52	Вертикальный эмальагрегат	140,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	298,7	1493,7
53	Эмальагрегат	175,0	0,75	0,80	0,75	0,89	5	373,4	1867,2

План цеха с расположением электрического оборудования представлен на рисунке 1.2.

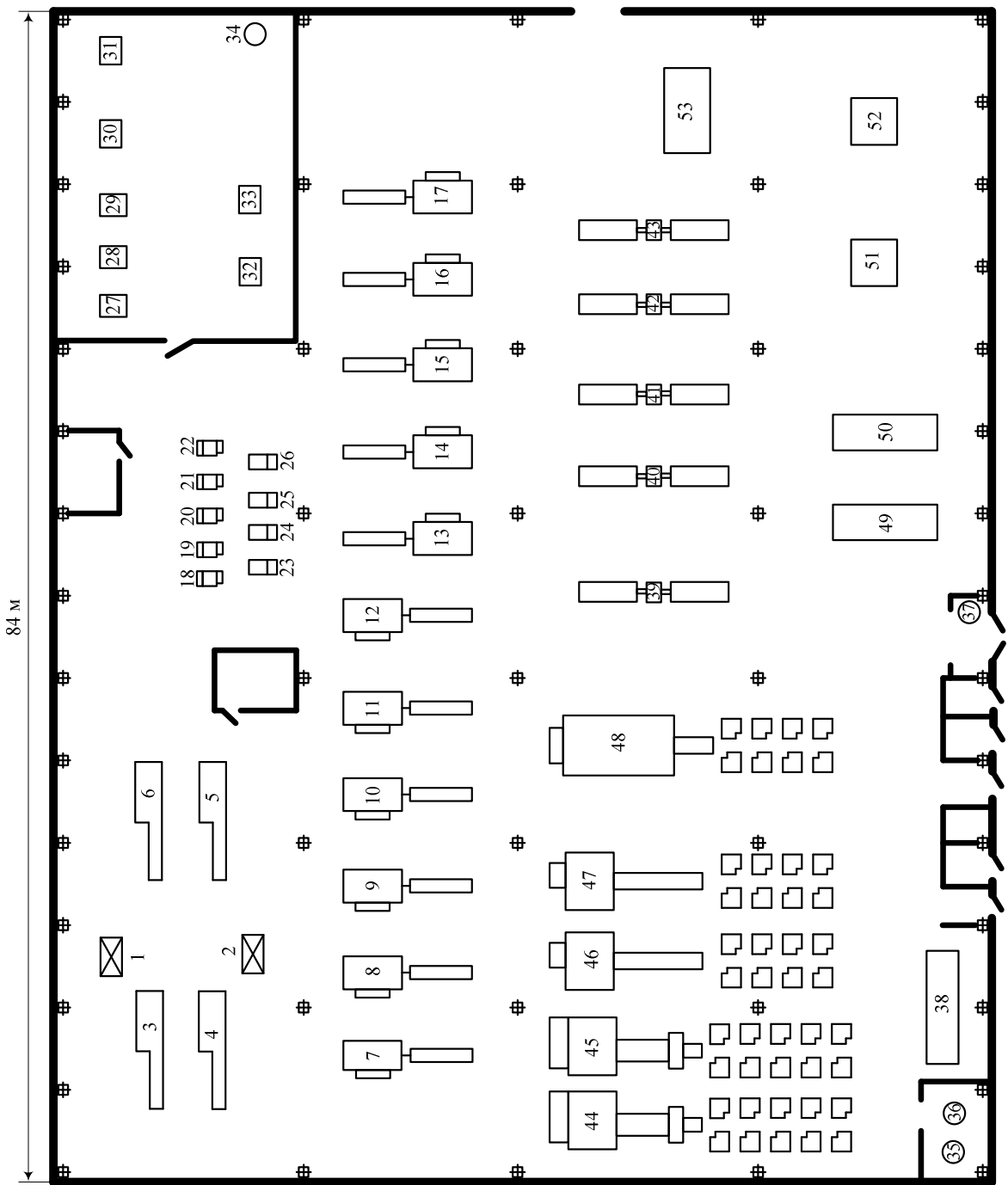


Рисунок 1.2 – Схема расположения электроприемников в здании участка эмалирования

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			<i>Определение расчетной нагрузки участка эмалирования</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	9
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа З-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ УЧАСТКА ЭМАЛИРОВАНИЯ

2.1 Распределение приёмников по пунктам питания

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

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

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

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

2.2 Определение расчетной нагрузки цеха

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

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

Кран-балка ПВ = 25%

$$P_{\text{ном}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 15,0 \cdot \sqrt{0,25} = 7,500 \text{ кВт.}$$

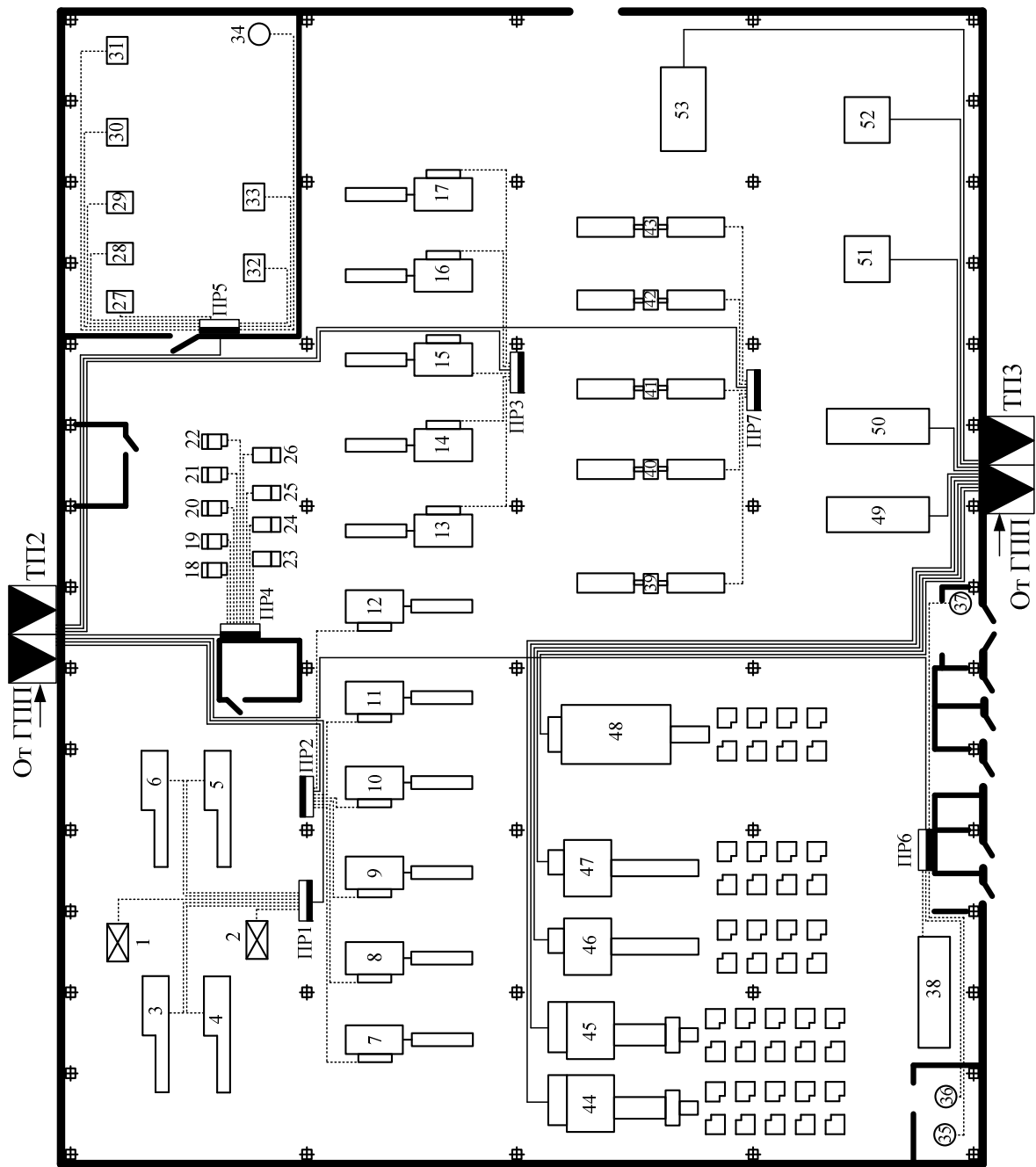


Рисунок 2.1 – Схема расположения распределительных пунктов в здании участка эмалирования

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

$$P_{\text{ном.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} = 55,3 \text{ кВт.}$$

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

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

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном.}\Sigma} = 0,14 \cdot 55,3 = 7,7 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 7,7 \cdot 1,33 = 10,3 \text{ кВАр,}$$

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

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

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

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

$$P_{\text{см}}^{\text{«А»}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см.}i} = 7,7 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{«А»}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см.}i} = 10,3 \text{ кВАр.}$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном.min}}} = \frac{16,0}{3,3} = 4,8 > 3.$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{см}}^{\text{«А»}}}{P_{\text{ном.}\Sigma}} = \frac{7,7}{55,3} = 0,14 .$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$\text{tg}\varphi_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{«А»}}}{P_{\text{см}}^{\text{«А»}}} = \frac{10,3}{7,7} = 1,33 .$$

Для электроприемников группы «А» определим эффективное число электроприемников $n_{\text{э}}$

$$n_{\text{э}} = \frac{[P_{\text{ном.}\Sigma}]^2}{\sum P_{\text{ном}}^2} = \frac{55,3^2}{602,9} = 5,1 \text{ шт} \quad \text{принимаем } n_{\text{э}} = 5 \text{ шт.}$$

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

$$K_{\text{м}} = 2,66 .$$

Коэффициент максимума реактивной мощности

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

Расчетная активная и реактивная мощности пункта

$$P_p^{''A''} = K_M \cdot P_{CM}^{''A''} = 2,66 \cdot 7,7 = 20,6 \text{ кВт},$$

$$Q_p^{''A''} = K'_M \cdot Q_{CM}^{''A''} = 1,1 \cdot 10,3 = 11,4 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_p^{''B''} = \sum_{i=1}^n P_{НОМ.i}^{''B''} = 18,4 \text{ кВт}, \quad Q_p^{''B''} = \sum_{i=1}^n (P_{НОМ.i}^{''B''} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i) = 12,7 \text{ кВАр}.$$

Определяем активную, реактивную и полную расчетные мощности электроприемников пункта

$$P_p = P_p^{''A''} + P_p^{''B''} = 20,6 + 18,4 = 39,0 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_p^{''A''} + Q_p^{''B''} = 11,4 + 12,7 = 24,1 \text{ кВАр},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{39,0^2 + 24,1^2} = 45,8 \text{ кВА}.$$

Определение расчётного тока пункта

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{45,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 69,6 \text{ А},$$

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

Определение пикового тока пункта

Номинальный ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{НОМ}^{\max} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{16,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,60 \cdot 0,89} = 45,5 \text{ А},$$

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

η – КПД электроприемника.

Пусковой ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{ПУСК}^{\max} = K_{ПУСК} \cdot I_{НОМ}^{\max} = 5 \cdot 45,5 = 227,6 \text{ А},$$

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

Пиковый ток пункта

$$I_{ПИК.П} = I_{ПУСК}^{\max} + (I_p - K_{и.маx} \cdot I_{НОМ}^{\max}) = 227,6 + (69,6 - 0,14 \cdot 45,5) = 290,9 \text{ А},$$

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

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

$$P_{н.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,016 \cdot 5806 = 92,9 \text{ кВт},$$

где $F_{ц} = 5806 \text{ м}^2$ – площадь цеха;

$P_{уд.о} = 0,016 \text{ кВт/м}^2$ – удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл. 1.11].

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{р.о} = K_{со} \cdot P_{н.о} = 0,95 \cdot 92,9 = 88,3 \text{ кВт},$$

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \cdot \text{tg}\varphi_o = 88,3 \cdot 0,33 = 29,0 \text{ кВАр},$$

где $K_{со} = 0,95$ – коэффициент спроса для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов [1, стр. 22, табл. 1.10];

$\text{tg}\varphi_o = 0,33$ – для люминесцентных ламп [1, стр. 16, табл. 1.7].

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_p + P_{р.о})^2 + (Q_p + Q_{р.о})^2} = \\ &= \sqrt{(2378,9 + 88,3)^2 + (1722,2 + 29,0)^2} = 3025,5 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{3025,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 4596,7 \text{ А},$$

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

Определение пикового тока цеха

Номинальный ток самого мощного электроприемника цеха

$$I_{ном}^{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{175,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,80 \cdot 0,89} = 373,4 \text{ А}.$$

Пусковой ток самого мощного электроприемника цеха

$$I_{пуск}^{max} = K_{пуск} \cdot I_{ном}^{max} = 5 \cdot 373,4 = 1867,2 \text{ А}.$$

Пиковый ток цеха

$$I_{пик.ц} = I_{пуск}^{max} + (I_p - K_{и.мах} \cdot I_{ном}^{max}) = 1867,2 + (4596,7 - 0,75 \cdot 373,4) = 6183,8 \text{ А}.$$

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

Таблица 2.1 – Определение расчетных нагрузок участка эмалирования по пунктам питания

Наименование узлов питания и групп ЭП	Количество ЭП п	Установленная мощность		$m = P_{\text{ном. max}} / P_{\text{ном. min}}$	Коэффициент использования $K_{\text{и}}$	$\cos \varphi$	$\text{tg} \varphi$	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число электроприемников $n_{\text{эф}}$	Коэффициент максимума $K_{\text{м}}$	Максимальная нагрузка			$I_{\text{пик}} \text{ A}$		
		$P_{\text{ном.}}$ кВт	$\Sigma P_{\text{ном.}}$ кВт					$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном.}}$ кВт	$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \varphi$ кВАр			$P^p = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}^p$ кВт	$Q^p = (1 \div 1,1) \cdot Q_{\text{см}}^p$ кВАр	$S^p = \sqrt{P^p + Q^p}$ кВА			
1	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Шкаф распределительный ПР-1																	
Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$																	
1	Кран-балка ПВ = 25%	2	7,5 ÷ 7,5	15,0	0,10	0,50	1,73	1,5	2,6								
	Итого по группе "А"	2	7,5 ÷ 7,5	15,0	0,10	0,50	1,73	1,5	2,6			15,0	26,0	30,0			
Электроприемники группы "Б" $K_{\text{и}} \geq 0,6$																	
2	Термопластомат	4	53,0 ÷ 53,0	212,0	0,75	0,95	0,33	159,0	52,3								
	Итого по группе "Б"	4	53,0 ÷ 53,0	212,0	0,75	0,95	0,33	159,0	52,3		1	159,0	52,3	167,4			
	Итого по ПР-1	6	7,5 ÷ 53,0	227,0	0,71	0,95	0,34	160,5	54,9			174,0	78,2	190,8	289,9	540,8	
Шкаф распределительный ПР-2																	
Электроприемники группы "Б" $K_{\text{и}} \geq 0,6$																	
1	Эмальгретат	6	50,0 ÷ 50,0	300,0	0,75	0,80	0,75	225,0	168,8								
	Итого по группе "Б"	6	50,0 ÷ 50,0	300,0	0,75	0,80	0,75	225,0	168,8		1	225,0	168,8	281,3			
	Итого по ПР-2	6	50,0 ÷ 50,0	300,0	0,75	0,80	0,75	225,0	168,8			225,0	168,8	281,3	427,3	880,8	

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Шкаф распределительный ПР-3																
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
1	Эмальгрегат	5	56,0 ÷ 56,0	280,0	0,75	0,80	0,75	210,0	157,5							
	Итого по группе "Б"	5	56,0 ÷ 56,0	280,0	0,75	0,80	0,75	210,0	157,5	1	210,0	157,5	262,5			
	Итого по ПР-3	5	56,0 ÷ 56,0	280,0	0,75	0,80	0,75	210,0	157,5		210,0	157,5	262,5	398,8	906,7	
Шкаф распределительный ПР-4																
Электроприемники группы "А" $K_n < 0,6$																
1	Волоочильная машина	9	13,0 ÷ 20,0	145,0	0,24	0,65	1,17	34,8	40,7							
	Итого по группе "А"	9	13,0 ÷ 20,0	145,0	<3	0,24	1,17	34,8	40,7	9	1,89	65,8	44,8	79,5		
	Итого по ПР-4	9	13,0 ÷ 20,0	145,0	0,24	0,65	1,17	34,8	40,7			65,8	44,8	79,5	120,9	370,9
Шкаф распределительный ПР-5																
Электроприемники группы "А" $K_n < 0,6$																
1	Станки разные	6	3,3 ÷ 16,0	55,3	0,14	0,60	1,33	7,7	10,3							
	Итого по группе "А"	6	3,3 ÷ 16,0	55,3	>3	0,14	1,33	7,7	10,3	5	2,66	20,6	11,4	23,5		
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
2	Калорифер	1	4,1 ÷ 4,1	4,1	0,75	0,90	0,48	3,1	1,5							
3	Вентиляция	1	14,3 ÷ 14,3	14,3	0,65	0,80	0,75	9,3	7,0							
	Итого по группе "Б"	2	4,1 ÷ 14,3	18,4	0,67	0,83	0,68	12,4	8,5			18,4	12,7	22,4		
	Итого по ПР-5	8	3,3 ÷ 16,0	73,7	0,27	0,73	0,93	20,1	18,8			39,0	24,1	45,8	69,6	290,9
Шкаф распределительный ПР-6																
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
1	Вентиляция	3	14,3 ÷ 14,3	42,9	0,65	0,80	0,75	27,9	20,9							
2	Установка деминерализации	1	5,0 ÷ 5,0	5,0	0,70	0,80	0,75	3,5	2,6							
	Итого по группе "Б"	4	5,0 ÷ 14,3	47,9	0,66	0,80	0,75	31,4	23,5	1		31,4	23,5	39,2		
	Итого по ПР-6	4	5,0 ÷ 14,3	47,9	0,66	0,80	0,75	31,4	23,5			31,4	23,5	39,2	59,6	190,9

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Шкаф распределительный ПР-7																
Электроприемники группы "Б" $K_{н} \geq 0,6$																
1	Эмальагрегат	5	45,0 ÷ 45,0	225,0	0,75	0,80	0,75	168,8	126,6							
	Итого по группе "Б"	5	45,0 ÷ 45,0	225,0	0,75	0,80	0,75	168,8	126,6		1	168,8	126,6	210,9		
	Итого по ПР-7	5	45,0 ÷ 45,0	225,0	0,75	0,80	0,75	168,8	126,6			168,8	126,6	210,9	320,5	728,6
	Итого силовая нагрузка по ГП2	43	3,3 ÷ 56	1298,6	0,65	0,82	0,69	850,5	590,7			913,9	623,4	1110,1	1686,6	2194,5
Отдельно запитанные электроприемники																
1	Горизонтальный эмальагрегат	5	162,0	810,0	0,75	0,80	0,75	607,5	455,6			810,0	607,5	1012,5	345,7	1728,5
2	Эмальагрегат	2	100,0	200,0	0,75	0,80	0,75	150,0	112,5			200,0	150,0	250,0	213,4	1067,0
3	Вертикальный эмальагрегат	2	140,0	280,0	0,75	0,80	0,75	210,0	157,5			280,0	210,0	350,0	298,7	1493,7
4	Эмальагрегат	1	175,0	175,0	0,75	0,80	0,75	131,3	98,4			175,0	131,3	218,8	373,4	1867,2
	Итого силовая нагрузка по ГП3	10	100 ÷ 175	1465,0	0,75	0,80	0,75	1098,8	824,1			1465,0	1098,8	1831,3	2782,3	4369,4
	Итого силовая нагрузка	53	3,3 ÷ 175	2763,6	0,71	0,81	0,73	1949,3	1414,7			2378,9	1722,2	2941,3		
	Электрическое освещение			92,9	$K_{co} = 0,95$	0,95	0,33	88,3	29,0			88,3	29,0			
	Итого по цеху	53	3,3 ÷ 175	2856,5	0,71	0,82	0,71	2037,5	1443,7			2467,2	1751,2	3025,5	4596,7	6183,8

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			Электроснабжение на территории предприятия	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	30
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа 3-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								

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 таблице 3.1.

Пример расчета (АБК-1)

$$P_{уст} = 120,0 \text{ кВт}; \quad K_c = 0,50; \quad \cos\varphi = 0,80; \quad \operatorname{tg}\varphi = 0,75.$$

Расчетные активная и реактивная мощности корпуса

$$P_p = K_c \cdot P_{уст} = 0,50 \cdot 120,0 = 60,0 \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 60,0 \cdot 0,75 = 45,0 \text{ кВАр}.$$

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

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,020 \cdot 871 = 17,4 \text{ кВт},$$

где $F_{ц} = 871 \text{ м}^2$ – площадь цеха;

$P_{уд.о} = 0,020 \text{ кВт/м}^2$ – удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл. 1.11].

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

$$P_{р.о} = K_{со} \cdot P_{ном.о} = 0,90 \cdot 17,4 = 15,7 \text{ кВт},$$

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \cdot \operatorname{tg}\varphi_0 = 15,7 \cdot 0,33 = 5,2 \text{ кВАр},$$

где $K_{со} = 0,90$ – коэффициент спроса [1, стр. 22, табл. 1.10],

$\operatorname{tg}\varphi_0 = 0,33$ – для люминесцентных ламп [1, стр. 16, табл. 1.7].

Таблица 3.1 – Определение расчетных нагрузок по цехам предприятия

Наименование цеха	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка						Суммарная нагрузка			
	P _{уч} кВт	K _c	cosφ	tgφ	P _р кВт	Q _р кВАр	F, м ²	P _{уд.о} Вт/м ²	P _{н.о} кВт	K _{с.о}	P _{р.о} кВт	Q _{р.о} кВАр	P _{р+р.о} кВт	Q _{р+Q.р.о} кВАр	S _р кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Потребители электроэнергии до 1000 В																
1 АБК-1	120,0	0,50	0,80	0,75	60,0	45,0	871	20	17,4	0,90	15,7	5,2	75,7	50,2	90,8	
2 Участок волочения и обмотки	1150,0	0,75	0,80	0,75	862,5	646,9	7453	16	119,2	0,95	113,3	37,2	975,8	684,1	1191,7	
3 Участок эмалирования	2763,6	–	0,81	0,73	2378,9	1722,2	5806	16	92,9	0,95	88,3	29,0	2467,2	1751,2	3025,5	
4 Склад красок	20,0	0,40	0,85	0,62	8,0	5,0	76	17	1,3	0,60	0,8	0,3	8,8	5,2	10,2	
5 АБК-2	380,0	0,50	0,80	0,75	190,0	142,5	803	20	16,1	0,90	14,5	4,8	204,5	147,3	252,0	
6 АБК-3	154,0	0,50	0,80	0,75	77,0	57,8	452	20	9,0	0,90	8,1	2,7	85,1	60,4	104,4	
7 ООО «Поли-система»	1974,0	0,55	0,80	0,75	1085,7	814,3	5124	20	102,5	1,00	102,5	33,7	1188,2	848,0	1459,7	
8 ООО «Тармет»	350,0	0,55	0,80	0,75	192,5	144,4	1894	20	37,9	1,00	37,9	12,5	230,4	156,8	278,7	
9 Гаражный бокс	150,0	0,40	0,85	0,62	60,0	37,2	981	17	16,7	0,60	10,0	3,3	70,0	40,5	80,9	
10 Склад	70,0	0,40	0,85	0,62	28,0	17,4	284	17	4,8	0,60	2,9	1,0	30,9	18,3	35,9	
11 Склад	54,0	0,40	0,85	0,62	21,6	13,4	550	17	9,4	0,60	5,6	1,8	27,2	15,2	31,2	
12 Склад	25,0	0,40	0,85	0,62	10,0	6,2	1021	17	17,4	0,60	10,4	3,4	20,4	9,6	22,6	
13 Склад	142,0	0,40	0,85	0,62	56,8	35,2	1103	17	18,8	0,60	11,3	3,7	68,1	38,9	78,4	
14 Карная	147,0	0,55	0,75	0,88	80,9	71,3	1123	16	18,0	0,95	17,1	5,6	97,9	76,9	124,5	
15 Артезианская скважина	200,0	0,50	0,85	0,62	100,0	62,0	66	15	1,0	1,00	1,0	0,3	101,0	62,3	118,7	
16 Кузница	841,0	0,70	0,70	1,02	588,7	600,6	154	16	2,5	0,95	2,3	0,8	591,0	601,4	843,2	
17 Мастерская сантехников	102,0	0,60	0,75	0,88	61,2	54,0	112	16	1,8	0,85	1,5	0,5	62,7	54,5	83,1	

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
18 Деревообработка	582,0	0,60	0,70	1,02	349,2	356,3	673	16	10,8	0,95	10,2	3,4	359,4	359,6	508,4
19 Компрессорная	200,0	0,75	0,75	0,88	150,0	132,3	150	16	2,4	0,95	2,3	0,7	152,3	133,0	202,2
20 Гаражный бокс	120,0	0,40	0,80	0,75	48,0	36,0	314	17	5,3	0,60	3,2	1,1	51,2	37,1	63,2
21 Склад кислородных баллонов	100,0	0,40	0,85	0,62	40,0	24,8	31	17	0,5	0,60	0,3	0,1	40,3	24,9	47,4
22 Склад готовой продукции	145,0	0,40	0,85	0,62	58,0	35,9	598	17	10,2	0,60	6,1	2,0	64,1	38,0	74,5
23 Склад для оборудования	35,0	0,40	0,85	0,62	14,0	8,7	721	17	12,3	0,60	7,4	2,4	21,4	11,1	24,1
24 Проходная, библиотека	28,0	0,45	0,90	0,48	12,6	6,1	255	18	4,6	0,90	4,1	1,4	16,7	7,5	18,3
Территория предприятия	0	-	-	-	0	0	186817	0,16	29,9	1	29,9	9,8	29,9	9,8	31,5
Итого по 0,38 кВ	9852,6	-	-	-	6533,6	5075,1	$\Sigma F_{II} = 30615$		562,4	-	506,5	166,5	7040,1	5241,6	8777,1
Потребители электроэнергии выше 1000 В															
19 Компрессорная	2000,0	0,75	1,00	0,00	1500,0	0,0	-	-	-	-	-	-	1500,0	0,0	1500,0
Итого по 10 кВ	2000,0	-	-	-	1500,0	0,0	-	-	-	-	-	-	1500,0	0,0	1500,0

Полная максимальная мощность корпуса

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + (Q_p + Q_{p.o})^2} = \\ = \sqrt{(60,0 + 15,7)^2 + (45,0 + 5,2)^2} = 90,8 \text{ кВА.}$$

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов

ЭП до 1000 В	ЭП выше 1000 В
$\sum P_p^H = 6533,6 \text{ кВт,}$	$\sum P_p^B = 1500,0 \text{ кВт,}$
$\sum Q_p^H = 5075,1 \text{ кВАр,}$	$\sum Q_p^B = 0,0 \text{ кВАр.}$
$\sum P_{p.o} = 506,5 \text{ кВт,}$	
$\sum Q_{p.o} = 166,5 \text{ кВт,}$	

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

$$S_p^H = \sqrt{\left(\sum P_p^H + \sum P_{p.o}\right)^2 + \left(\sum Q_p^H + \sum Q_{p.o}\right)^2} = \\ = \sqrt{(6533,6 + 506,5)^2 + (5075,1 + 166,5)^2} = 8777,1 \text{ кВА.}$$

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

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 8777,1 = 175,5 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,10 \cdot S_p^H = 0,10 \cdot 8777,1 = 877,7 \text{ кВАр,}$$

$$\Delta P_{л} = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 8777,1 = 263,3 \text{ кВт,}$$

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

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

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

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

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum P_p^H + \sum P_p^B\right) \cdot K_{p.m} + P_{p.o} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{л} = \\ = (6533,6 + 1500,0) \cdot 0,95 + 506,5 + 175,5 + 263,3 = 8577,3 \text{ кВт,}$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum Q_p^H + \sum Q_p^B\right) \cdot K_{p.m} + Q_{p.o} + \Delta Q_{тр} = \\ = (5075,1 + 0,0) \cdot 0,95 + 166,5 + 877,7 = 5865,6 \text{ кВАр,}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{8577,3^2 + 5865,6^2} = 10391,1 \text{ кВА.}$$

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

Приблизительные потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 10391,1 = 207,8 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{тр.ГПП} = 0,10 \cdot S_{p\Sigma} = 0,10 \cdot 10391,1 = 1039,1 \text{ кВАр},$$

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

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

Определяем полную расчетную мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{тр.ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{тр.ГПП})^2} = \\ &= \sqrt{(8577,3 + 207,8)^2 + (5865,6 + 1039,1)^2} = \\ &= \sqrt{8785,1^2 + 6904,7^2} = 11173,7 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

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

$$U_{эк} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{1,4} + \frac{2500}{8,785}}} = 39,5 \text{ кВ},$$

где $L = 1,4$ км – длина питающей линии;

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

С учетом рекомендаций принимаем напряжение питающих линий

$$U_{ном} = 35 \text{ кВ}.$$

Реактивная мощность, передаваемая в сеть предприятия от системы

$$Q_3 = \alpha \cdot P_p = 0,24 \cdot 8785,1 = 2108,4 \text{ кВАр},$$

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

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{э}} = 6904,7 - 2108,4 = 4796,3 \text{ кВар.}$$

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

$$\begin{aligned} S_{\text{р.ГПП}} &= \sqrt{P_{\text{р}}^2 + (Q_{\text{р}} - Q_{\text{кв}})^2} = \sqrt{8785,1^2 + (6904,7 - 4796,3)^2} = \\ &= \sqrt{8785,1^2 + 2108,4^2} = 9034,6 \text{ кВА.} \end{aligned}$$

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 (АБК-1)

$$S_{\text{р}} = 90,8 \text{ кВА}, \quad S_{\text{р.о}} = \sqrt{P_{\text{р.о}}^2 + Q_{\text{р.о}}^2} = \sqrt{15,7^2 + 5,2^2} = 16,5 \text{ кВА.}$$

$$x = 24,1 \text{ мм}, \quad y = 111,4 \text{ мм.}$$

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса

$$r = \sqrt{\frac{S_{\text{р}}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{90,8}{3,14 \cdot 0,500}} = 7,6 \text{ мм,}$$

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

$m = 0,500 \text{ кВА/мм}^2$ – масштаб для определения площади круга нагрузки до 1000 В;

$m = 0,500 \text{ кВА/мм}^2$ – масштаб для определения площади круга нагрузки выше 1000 В.

Угол сектора нагрузки освещения корпуса

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot S_{\text{р.о}}}{S_{\text{р}}} = \frac{360 \cdot 16,5}{90,8} = 65,4 \text{ град.}$$

Тогда

$$S_p \cdot x = 90,8 \cdot 24,1 = 2188,0 \text{ кВА} \cdot \text{мм},$$

$$S_p \cdot y = 90,8 \cdot 111,4 = 10113,8 \text{ кВА} \cdot \text{мм}.$$

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.2.

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum(S_{p,i} \cdot x_i)}{\sum S_{p,i}} = \frac{648348,2}{10269,4} = 63,1 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{\sum(S_{p,i} \cdot y_i)}{\sum S_{p,i}} = \frac{1171746,8}{10269,4} = 114,1 \text{ мм}.$$

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

$$x_0 = 49,6 \text{ мм}, \quad y_0 = 74,0 \text{ мм}.$$

Картограмма нагрузок приведена на рисунке 3.1.

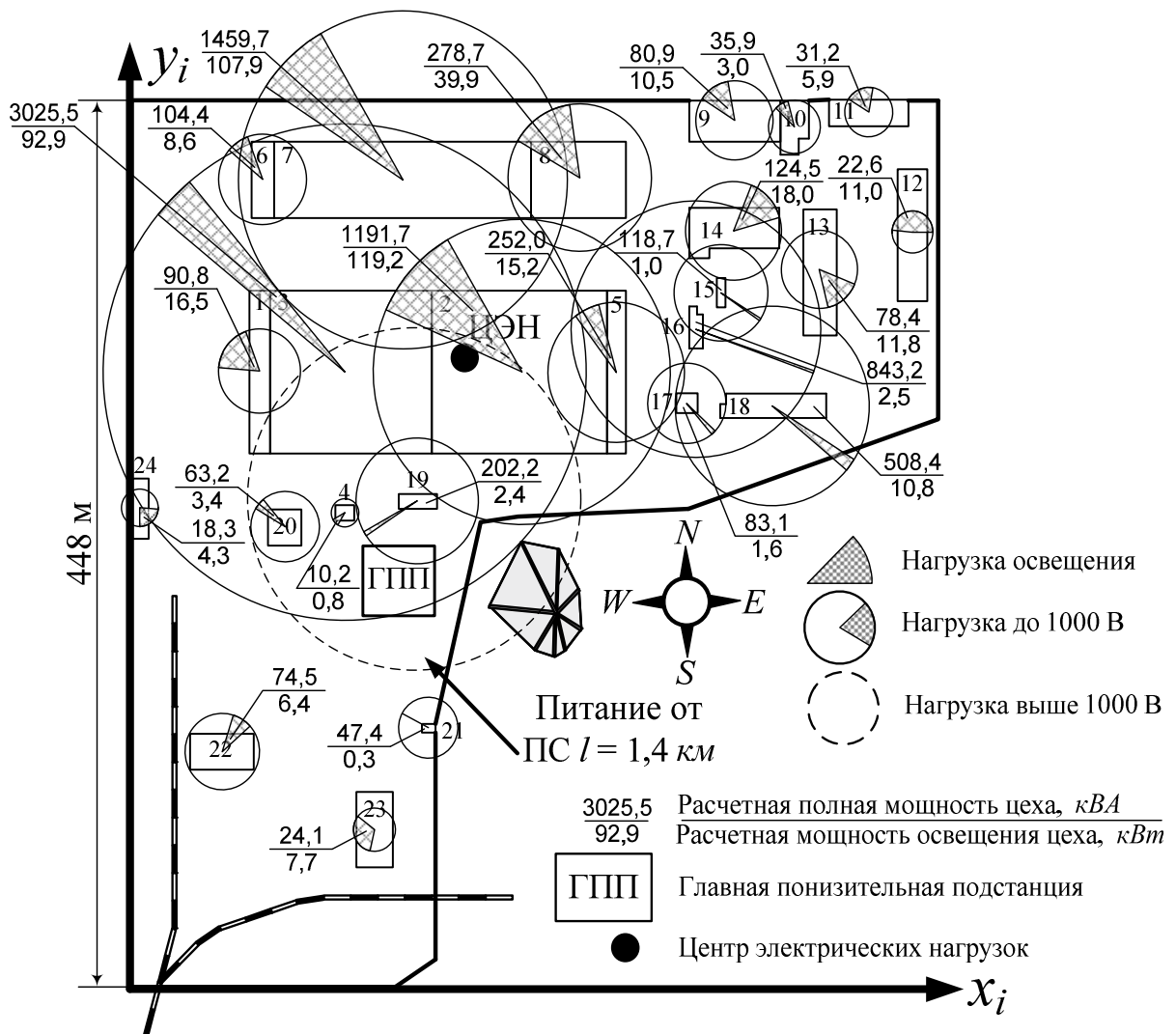


Рисунок 3.1 – Картограмма нагрузок

Таблица 3.2– Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

Наименование цеха	S _{р.п} кВА	S _{р.о.п} кВт	r, мм	α, град	X _п мм	Y _п мм	S _{р.п} · X _п кВА · мм	S _{р.п} · Y _п кВА · мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители электроэнергии до 1000 В								
1 АБК-1	90,8	16,5	7,6	65,4	24,1	111,4	2188,0	10113,8
2 Участок волочения и обмотки	1191,7	119,2	27,5	36,0	72,2	111,4	86041,2	132756,1
3 Участок эмалирования	3025,5	92,9	43,9	11,1	40,6	111,4	122834,2	337037,8
4 Склад красок	10,2	0,8	2,5	28,8	39,8	86,0	406,2	877,8
5 АБК-2	252,0	15,2	12,7	21,7	90,2	111,4	22726,9	28068,4
6 АБК-3	104,4	8,6	8,2	29,5	24,6	146,0	2568,2	15242,3
7 ООО «Поли-система»	1459,7	107,9	30,5	26,6	50,6	146,0	73862,2	213120,3
8 ООО «Гармет»	278,7	39,9	13,3	51,5	83,3	146,0	23215,0	40689,0
9 Гаражный бокс	80,9	10,5	7,2	46,9	112,3	156,7	9081,0	12671,4
10 Склад	35,9	3,0	4,8	30,6	123,1	156,0	4420,8	5602,3
11 Склад	31,2	5,9	4,5	68,2	137,1	158,2	4275,1	4933,1
12 Склад	22,6	11,0	3,8	174,9	145,1	136,1	3274,5	3071,4
13 Склад	78,4	11,8	7,1	54,4	127,9	129,4	10025,3	10142,9
14 Карная	124,5	18,0	8,9	51,9	112,6	137,4	14020,4	17108,3
15 Артезианская скважина	118,7	1,0	8,7	3,2	109,6	125,8	13005,2	14927,5
16 Кузница	843,2	2,5	23,2	1,1	105,0	119,0	88534,8	100339,5
17 Мастерская сантехников	83,1	1,6	7,3	6,9	103,3	105,8	8581,7	8789,4
18 Деревообработка	508,4	10,8	18,0	7,6	120,1	105,2	61064,0	53488,2

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19 Компрессорная	202,2	2,4	11,3	4,3	53,7	88,0	10858,6	17794,3
20 Гаражный бокс	63,2	3,4	6,3	19,2	28,6	83,4	1807,6	5271,1
21 Склад кислородных баллонов	47,4	0,3	5,5	2,5	55,1	47,1	2610,8	2231,7
22 Склад готовой продукции	74,5	6,4	6,9	31,0	17,1	42,8	1273,8	3188,2
23 Склад для оборудования	24,1	7,7	3,9	115,8	45,2	28,6	1087,7	688,2
24 Проходная, библиотека	18,3	4,3	3,4	85,5	1,9	87,0	34,8	1593,7
Потребители электроэнергии выше 1000 В								
19 Компрессорная	1500,0	-	30,9	-	53,7	88,0	80550,0	132000,0
Итого	10269,4	-	-	-	-	-	648348,2	1171746,8

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]

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{ц}} = \frac{8777,1}{30615,0} = 0,287 \text{ кВА/м}^2; \quad \text{принимаяем } S_{\text{ном.тр}} = 1000 \text{ кВА.}$$

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

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

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$n_{\text{тр.0}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{\beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{7040,1}{0,7 \cdot 1000} = 10,06 \text{ шт.}, \quad \text{принимаяем } n_{\text{тр}} = 11 \text{ шт.}$$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{n_{\text{тр}}} = \frac{7040,1}{11} = 640,0 \text{ кВт.}$$

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

$$n_{\text{тр.i}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{P_1} = \frac{75,7}{640,0} = 0,118 \text{ шт.}$$

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

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Число трансформаторов в цехах предприятия

Наименования цехов	$P_p + P_{p.0}$, кВт	Количество тр-ов n_i , шт
1	2	3
1 АБК-1	75,7	0,118
2 Участок волочения и обмотки	975,8	1,525
3 Участок эмалирования	2467,2	3,855
4 Склад красок	8,8	0,014
5 АБК-2	204,5	0,319
6 АБК-3	85,1	0,133
7 ООО «Поли-система»	1188,2	1,857
8 ООО «Тармет»	230,4	0,360
9 Гаражный бокс	70,0	0,109
10 Склад	30,9	0,048
11 Склад	27,2	0,043

Окончание таблицы 3.4

1	2	3
12 Склад	20,4	0,032
13 Склад	68,1	0,106
14 Карная	97,9	0,153
15 Артезианская скважина	101,0	0,158
16 Кузница	591,0	0,923
17 Мастерская сантехников	62,7	0,098
18 Деревообработка	359,4	0,562
19 Компрессорная	152,3	0,238
20 Гаражный бокс	51,2	0,080
21 Склад кислородных баллонов	40,3	0,063
22 Склад готовой продукции	64,1	0,100
23 Склад для оборудования	21,4	0,033
24 Проходная, библиотека	16,7	0,026

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

Таблица 3.5 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

Наименование пункта питания и количество трансформаторов	Потребители энергии (номер по генплану)	Суммарная мощность, кВт	Место расположения на генплане
ТП1 2 трансф.	6, 7	1273,3	Цех №7
ТП2 2 трансф.	1, 3	1271,4	Цех №3
ТП3 2 трансф.	3	1271,4	Цех №3
ТП4 2 трансф.	2, 4, 19, 20, 21, 22, 23, 24	1330,5	Цех №2
ТП5 2 трансф.	5, 16, 17, 18	1217,6	Цех №16
ТП6 1 трансф.	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	645,9	Территория предприятия



Рисунок 3.2 – Предварительное размещение трансформаторных подстанций

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.

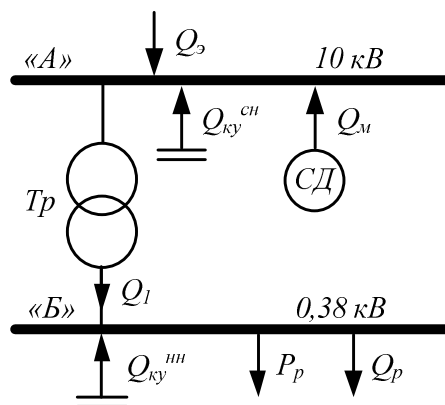


Рисунок 3.3 – Схема распределения реактивной мощности

На данном предприятии имеется синхронная высоковольтная нагрузка. Принимаем к рассмотрению двигателя типа СТД-1000-2 с параметрами [5, стр. 172, табл. П7.3.]

- номинальное напряжение двигателя $U_{ном} = 10$ кВ;
- номинальная активная мощность $P_{сд} = 1000$ кВт;
- номинальная реактивная мощность $Q_{сд} = 505$ кВАр;
- КПД $\eta = 95,79$ %;
- коэффициент $D_1 = 3,61$ кВт;
- коэффициент $D_2 = 4,42$ кВт;
- число двигателей $n_{сд} = 2$.

Коэффициент загрузки синхронных двигателей по активной мощности

$$\beta_{сд} = \frac{P_{синх}}{P_{сд} \cdot n_{сд}} = \frac{2000,0}{1000 \cdot 2} = 1,00,$$

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

Напряжение на зажимах синхронного двигателя

$$U_{сд} = \frac{U_{ном}^{сн}}{U_{ном}} = \frac{10,0}{10,0} = 1,00.$$

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

$$\alpha_m = 1,23.$$

Суммарная располагаемая реактивная мощность двигателей

$$Q_m = \frac{n_{сд} \cdot \alpha_m \cdot Q_{сд}}{\eta} = \frac{2 \cdot 1,23 \cdot 505 \cdot 100}{95,79} = 1296,9 \text{ кВАр.}$$

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тр} \cdot \beta \cdot S_{ном.тр})^2 - (P_p^H + P_{p.o})^2} = \\ = \sqrt{(11 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 7040,1^2} = 3118,8 \text{ кВАр.}$$

Баланс реактивной мощности в узле «А»

$$Q_A = Q_{э} + Q_m - Q_1 = 2108,4 + 1296,9 - 3118,8 = 286,5 \text{ кВАр.}$$

Компенсация со стороны среднего напряжения не требуется.

Баланс реактивной мощности в узле «Б»

$$Q_B = Q_1 - Q_{p.H} = 3118,8 - 5241,6 = -2122,8 \text{ кВАр.}$$

Мощность конденсаторных установок на напряжении 0,4 кВ

$$Q_{ку,расч}^{HH} = Q_{p.H} - Q_1 = 5241,6 - 3118,8 = 2122,8 \text{ кВАр.}$$

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

- номинальное напряжение $U_{\text{ном.ку}} = 0,38$ кВ;
- номинальная мощность $Q_{\text{ном.ку}} = 225$ 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

$$n_{\text{ку.расч}} = \frac{Q_{\text{ку.расч}}^{\text{нн}}}{Q_{\text{ку}}} = \frac{2122,8}{225,0} = 9,4 \text{ шт} \text{ принимаем } n_{\text{ку}} = 9 \text{ шт.}$$

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конденсаторными установками

$$Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} = Q_{\text{ку}} \cdot n_{\text{ку}} = 225 \cdot 9 = 2025,0 \text{ кВАр.}$$

Мощность, генерируемая синхронными двигателями

$$Q = Q_1 - Q_3 = 3118,8 - 2108,4 = 1010,4 \text{ кВАр.}$$

Суммарная генерируемая мощность компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} + Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} + Q = 0,0 + 2025,0 + 1010,4 = 3035,4 \text{ кВАр.}$$

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

$$\begin{aligned} S_{\text{р.ГПП}} &= \sqrt{P_{\text{р}}^2 + (Q_{\text{р}} - Q_{\text{ку}})^2} = \sqrt{8785,1^2 + (6904,7 - 3035,4)^2} = \\ &= \sqrt{8785,1^2 + 3869,3^2} = 9599,5 \text{ кВА.} \end{aligned}$$

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. Схема представлена на рисунке 3.4.

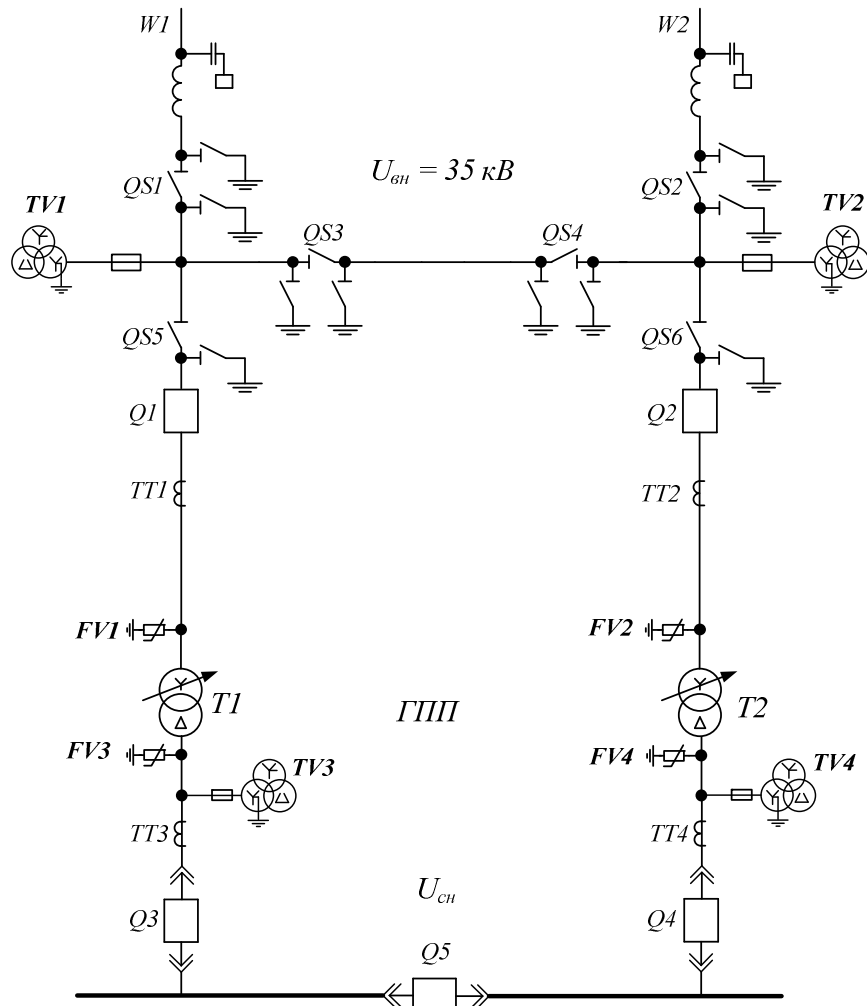


Рисунок 3.4 – Схема внешнего электроснабжения

3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП

Мощность трансформатора выберем с учетом известного суточного графика нагрузки предприятия, рисунок 3.5.

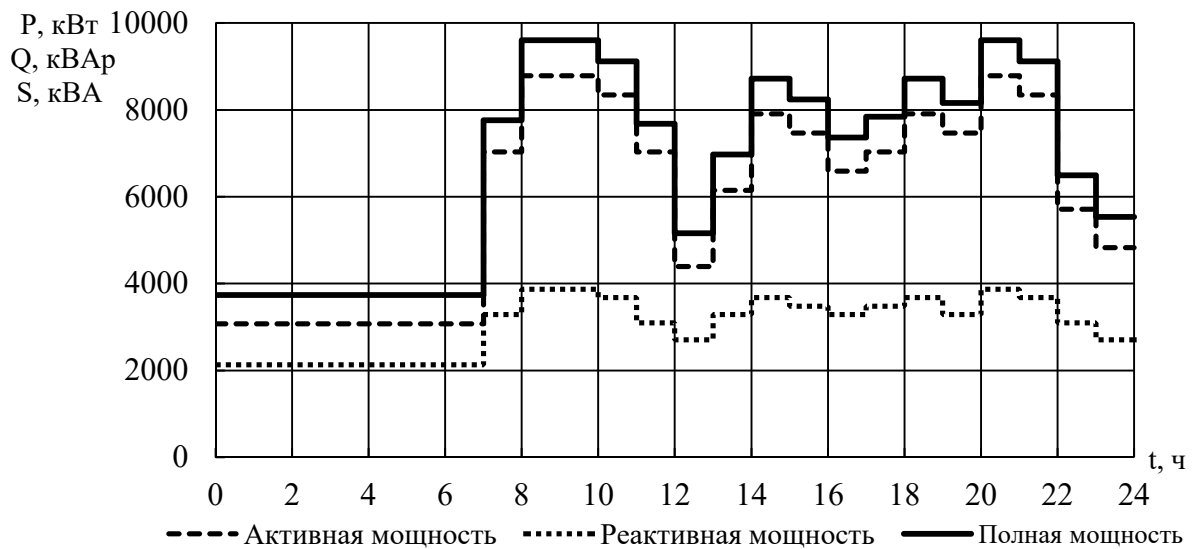


Рисунок 3.5 – Суточный график нагрузок предприятия

Из суточного графика можно определить

$$S_{\max} = 9599,5 \text{ кВА.}$$

Потребляемая за сутки активная и реактивная энергия

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 144075,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad V = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i = 72936,5 \text{ кВАр}\cdot\text{ч.}$$

Средняя за сутки нагрузка предприятия

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{W^2 + V^2}}{24} = \frac{\sqrt{144075,8^2 + 72936,5^2}}{24} = 6728,6 \text{ кВА.}$$

Суточный график активной нагрузки перестраиваем в годовой график нагрузок по продолжительности, рисунок 3.6.

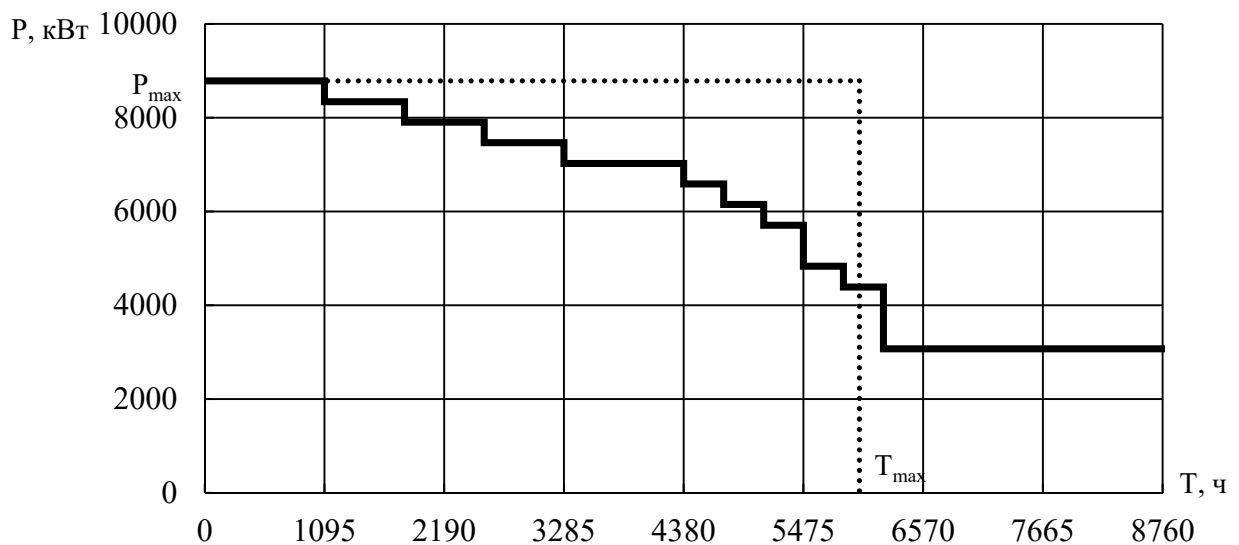


Рисунок 3.6 – Годовой график нагрузки по продолжительности
Количество потребленной за год электрической энергии

$$W_{\text{год}} = 52587650,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Число часов использования максимальной нагрузки

$$T_{\max} = \frac{W_{\text{год}}}{P_{\max}} = \frac{52587650,9}{8785,1} = 5986,0 \text{ ч.}$$

Время максимальных потерь

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

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

$$k_{\text{зап.гр}} = \frac{S_{\text{ср}}}{S_{\max}} = \frac{6728,6}{9599,5} = 0,70 .$$

Продолжительность максимума нагрузки из суточного графика нагрузок предприятия

$$t_{\max} = 3 \text{ ч.}$$

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

$$k_{\text{нагр}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном.тр}}} = 1,17 .$$

Расчетная мощность трансформаторов

$$S_{\text{тр.расч}} = \frac{S_{\text{max}}}{k_{\text{нагр}}} = \frac{9599,5}{1,17} = 8204,7 \text{ кВА.}$$

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

$$\beta = \frac{S_{\text{max}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{9599,5}{2 \cdot 6300} = 0,76 .$$

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

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

$$k_{\text{I-II}} \cdot S_{\text{max}} = 0,53 \cdot 9599,5 = 5113,4 \text{ кВА.}$$

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

2) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{\text{max}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{9599,5}{2 \cdot 10000} = 0,48 .$$

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

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

$$k_{\text{I-II}} \cdot S_{\text{max}} = 0,53 \cdot 9599,5 = 5113,4 \text{ кВА.}$$

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

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

Тип	$S_{\text{ном}}$, МВА	$U_{\text{вн}}$, кВ	$U_{\text{нн}}$, кВ	$P_{\text{хх}}$, кВт	$Q_{\text{хх}}$, кВАр	$P_{\text{кз}}$, кВт	$Q_{\text{кз}}$, кВАр	$U_{\text{к}}$, %	$I_{\text{хх}}$, %	Цена руб
ТМН-6300/35	6,3	35,0	11,0	9,2	56,7	46,5	472,5	7,5	0,90	3391500
ТМН-10000/35	10,0	36,75	10,5	14,5	80,0	65,0	750,0	7,5	0,80	3570000

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 $j_{\text{эк}} = 1,0$ – нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки [15, табл. 1.3.36], А/мм².

Из стандартного ряда сечений принимаем сталеалюминевый провод

АС 120/19 с $I_{\text{доп}} = 390 \text{ А}$ [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

$$L_{\text{доп}} < L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_{\text{расч}}} = 2,05 \cdot 5 \cdot \frac{390}{103,9} = 38,5 \text{ км} > L_{\text{факт}} = 1,4 \text{ км,}$$

где $\Delta U_{\text{доп}} = 5 \%$ – допустимое значение потери напряжения;

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

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

$L_{\Delta U 1\%} = 2,05$ – длина линии при полной загрузке, на которой потеря напряжения равна 1%, [3, стр. 89, табл. П.2.7].

– Проверка на корону: для линии 35 кВ не производится.

Расчет по второму варианту сведем в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Выбор сечения линии, питающей ГПП

$U_{ном},$ кВ	Тр-тор	$I_{расч},$ А	$I_{расч. п/ав},$ А	$F_{эк},$ мм ²	Марка провода	$I_{доп},$ А	$1,3 \cdot I_{доп},$ А	$L_{доп},$ км	$L_{факт},$ км
35	ТМН-6300/35	103,9	207,8	103,9	АС 120/19	390,0	507,0	38,5	1,4
	ТМН-10000/35	165,0	329,9	165,0	АС 150/24	450,0	585,0	29,9	

3.8 Определение суммарных приведенных затрат на сооружение воздушных линий электропередачи

При определении суммарных приведенных затрат рассчитываются капитальные затраты и эксплуатационные расходы

$$Z_{ЛЭП} = E_{н.ЛЭП} \cdot K_{ЛЭП} + E_{н.об} \cdot K_{об} + C_{пот} + C_{ам} + C_{обсл}$$

где $K_{ЛЭП}$ – капитальные затраты на сооружение ЛЭП, руб;

$K_{об}$ – капитальные затраты на сооружение схемы, руб;

$C_{пот}$ – стоимость годовых потерь электроэнергии в линии, руб;

$C_{ам}$ – стоимость амортизационных отчислений, руб;

$C_{обсл}$ – отчисления на обслуживание ВЛЭП, руб;

$E_{н.ЛЭП} = 0,152$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для линий электропередачи [5, стр. 76].

$E_{н.об} = 0,193$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для оборудования схемы [5, стр. 76].

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

$$\gamma = 1,2 .$$

Капитальные затраты на сооружение блочных и мостиковых схем указываются в целом с учетом затрат на выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, трансформаторы тока и напряжения, разрядники, аппаратуру управления, сигнализации, релейной защиты и автоматики, а так же строительные конструкции, фундаменты и соответствующие строительные-монтажные работы.

ВЛЭП 35 кВ, трансформаторы ТМН-6300/35

Капитальные затраты на сооружение линии

$$K_{ЛЭП} = A \cdot L \cdot \gamma = 1999200 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 3358656,0 \text{ руб,}$$

где A – капитальные затраты на строительство одного километра воздушной линии [6, стр. 282, табл. 7,5], руб.

Капитальные затраты на сооружение схемы

$$K_{об} = B \cdot \gamma = 1749300,0 \cdot 1,2 = 2099160,0 \text{ руб,}$$

где B – капитальные затраты на сооружение схемы [6, стр. 291, табл. 7.15], руб.

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии

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

$$= 2 \cdot 140 \cdot \left(\frac{103,9}{390} \right)^2 \cdot 1,4 \cdot 4574,0 \cdot 0,216 = 27486,1 \text{ руб/год,}$$

где k_3 – коэффициент загрузки линии по току;

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

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

Стоимость амортизационных отчислений

$$C_{\text{ам}} = E_{\text{ам.ЛЭП}} \cdot K_{\text{ЛЭП}} + E_{\text{ам.об}} \cdot K_{\text{об}} =$$

$$= 0,100 \cdot 3358656,0 + 0,067 \cdot 2099160,0 = 476509,3 \text{ руб/год,}$$

где $E_{\text{ам.ЛЭП}}$, $E_{\text{ам.об}}$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию линии и оборудования схемы [6, стр. 258, табл. 6.1].

Отчисления на обслуживание ВЛЭП

$$C_{\text{обсл}} = E_{\text{обсл.ЛЭП}} \cdot K_{\text{ЛЭП}} + E_{\text{обсл.об}} \cdot K_{\text{об}} =$$

$$= 0,008 \cdot 3358656,0 + 0,059 \cdot 2099160,0 = 150719,7 \text{ руб/год,}$$

где $E_{\text{обсл.ЛЭП}}$, $E_{\text{обсл.об}}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание линии и оборудования схемы [6, стр. 258, табл. 6.1].

Суммарные приведенные затраты

$$Z_{\text{ЛЭП}} = E_{\text{н.ЛЭП}} \cdot K_{\text{ЛЭП}} + E_{\text{н.об}} \cdot K_{\text{об}} + C_{\text{пот}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{обсл}} = 0,152 \cdot 3358656,0 +$$

$$+ 0,193 \cdot 2099160,0 + 27486,1 + 476509,3 + 150719,7 = 1570368,7 \text{ руб/год.}$$

Расчет по другой линии сведем в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Определение суммарных приведенных затрат на сооружение линии, питающей ГПП

$U_{\text{ном}}$, кВ	Тр-гор	Марка провода	k_3	$K_{\text{ЛЭП}}$, руб	$K_{\text{об}}$, руб	$C_{\text{пот}}$, руб/год	$C_{\text{ам}}$, руб/год	$C_{\text{обсл}}$, руб/год	$Z_{\text{ЛЭП}}$, руб/год
35	ТМН-6300/35	АС 120/19	0,266	3358656,0	2099160,0	27486,1	476509,3	150719,7	1570368,7
	ТМН-10000/35	АС 150/24	0,367	3358656,0	2099160,0	55359,8	476509,3	150719,7	1598242,4

3.9 Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования

Суммарные приведенные затраты на установку силового оборудования определяются из выражения

$$Z_{об} = E_{н.об} \cdot K_{тр} + C_{пот} + C_{ам} + C_{обсл},$$

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

$C_{пот}$ – стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах,

$C_{ам}$ – стоимость амортизационных отчислений, руб;

$C_{обсл}$ – отчисления на обслуживание трансформаторов, руб;

$E_{н.об} = 0,193$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для оборудования схемы [5, стр. 76].

Трансформатор ТМН-6300/35

Капитальные затраты на установку трансформаторов

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

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 $k_{эк} = 0,07$ – экономический эквивалент реактивной мощности, коэффициент, который учитывает потери активной мощности, связанные с производством и распределением 1 кВАр реактивной мощности, кВт/кВАр [8].

Стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах

$$\begin{aligned} C_{пот} &= n_{тр} \cdot (\Delta P'_{xx} \cdot T_{вкл} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{кз} \cdot \tau_{max}) \cdot \Delta C_{э} = \\ &= 2 \cdot (13,2 \cdot 8760 + 0,76^2 \cdot 79,6 \cdot 4574,0) \cdot 0,216 = 141030,7 \text{ руб/год.} \end{aligned}$$

Стоимость амортизационных отчислений

$$C_{ам} = E_{ам} \cdot K_{тр} = 0,067 \cdot 8139600,0 = 545353,2 \text{ руб/год},$$

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

Отчисления на обслуживание трансформаторов

$$C_{обсл} = E_{обсл} \cdot K_{тр} = 0,059 \cdot 8139600,0 = 480236,4 \text{ руб/год.}$$

где $E_{\text{обсл}}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание трансформаторов [6, стр. 258, табл. 6.1].

Суммарные приведенные затраты

$$Z_{\text{тр}} = E_{\text{н.об}} \cdot K_{\text{тр}} + C_{\text{пот}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{обсл}} =$$

$$= 0,193 \cdot 8139600,0 + 141030,7 + 545353,2 + 480236,4 = 2737563,1 \text{ руб/год.}$$

Расчет по другим трансформаторам сведем в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования

$U_{\text{ном}}$, кВ	Тр-тор	$\Delta P'_{\text{хх}}$, кВт	$\Delta P'_{\text{кз}}$, кВт	β	$K_{\text{тр}}$, руб	$C_{\text{пот}}$, руб/год	$C_{\text{ам}}$, руб/год	$C_{\text{обсл}}$, руб/год	$Z_{\text{тр}}$, руб/год
35	ТМН-6300/35	13,2	79,6	0,76	8139600,0	141030,7	545353,2	480236,4	2737563,1
	ТМН-10000/35	20,1	117,5	0,48	8568000,0	129486,7	574056,0	505512,0	2862678,7

3.10 Технико-экономическое сравнение вариантов

Для удобства сравнения сведем результаты технико-экономических расчетов в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Сравнение суммарных приведенных затрат

$U_{\text{ном}}$, кВ	Тр-тор	Марка провода	Z , руб/год
35	ТМН-6300/35	АС 120/19	4307931,8
	ТМН-10000/35	АС 150/24	4460921,1

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

3.11 Схема внутриводской сети выше 1000 В

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполняется трёхжильными кабелями марки АВБШв (кабель с алюминиевыми 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.

Упрощенная схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена на рисунке 3.7.

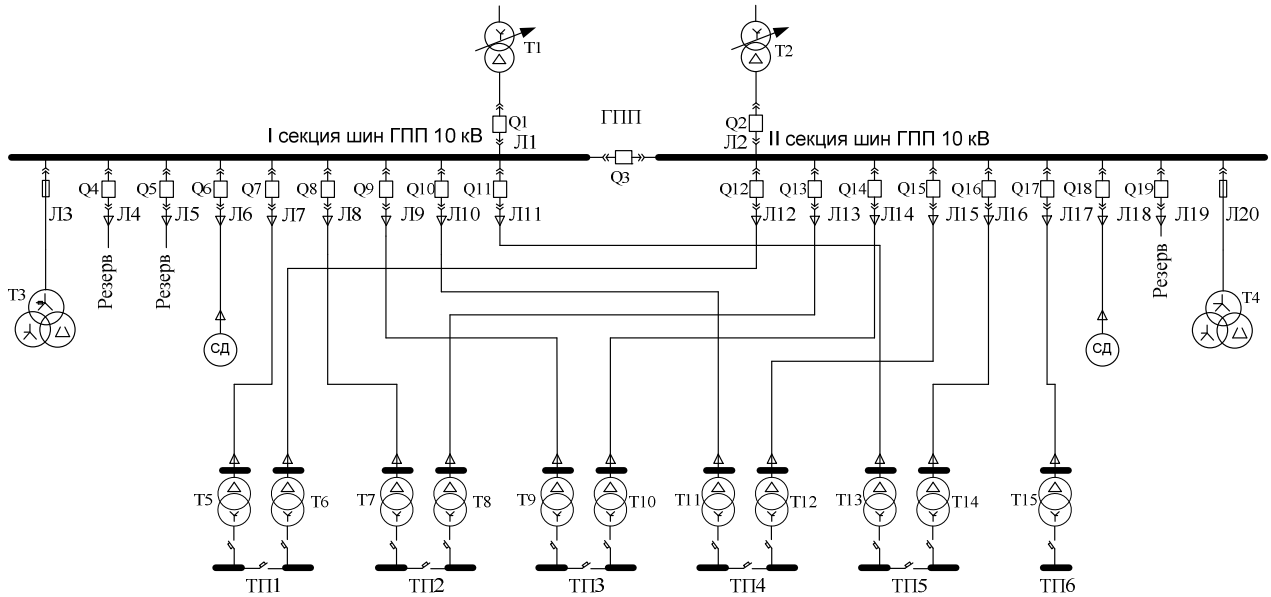


Рисунок 3.7 – Упрощенная схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников

ГПП – ТП1

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ А},$$

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

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

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{(n_{\text{ц}} - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 115,5 \text{ А}.$$

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

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{57,7}{1,2} = 48,1 \text{ мм}^2.$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АВБШв

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

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 110 = 110,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 57,7 \text{ А},$$

где $K_{\text{пр}} = 1,00$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам;

$$1,3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 110 = 143,0 \text{ А} > I_{\text{расч.п/ав}} = 115,5 \text{ А}.$$

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

ГПП-СД 1000 кВТ

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,89} = 64,7 \text{ А}.$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность двигателя, кВт.

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

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{64,7}{1,2} = 53,9 \text{ мм}^2.$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АВББШв

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

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,00 \cdot 110 = 110,0 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 64,7 \text{ А},$$

где $K_{\text{пр}} = 1,00$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам.

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

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

Участок	Мощность участка, кВА	$n_{\text{ц}}$, шт	$U_{\text{ном}}$, кВ	L , км	Расчетная нагрузка		$F_{\text{эк}}$, мм ²	Способ прокладки	$K_{\text{пр}}$	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
					$I_{\text{расч}}$, А	$I_{\text{расч.ав}}$, А					$I'_{\text{доп}}$, А	$1,3 \cdot I'_{\text{доп}}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ГПП – ТП1	2000,0	2	10	0,288	57,7	115,5	48,1		1,00	АВББШв - 2 (3 × 50)	110,0	143,0

Окончание таблицы 3.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ГПП-ТП2	2000,0	2	10	0,246	57,7	115,5	48,1	Эстакады	1,00	АВБ6Шв - 2 (3 × 50)	110,0	143,0
ГПП-ТП3	2000,0	2	10	0,036	57,7	115,5	48,1		1,00	АВБ6Шв - 2 (3 × 50)	110,0	143,0
ГПП-ТП4	2000,0	2	10	0,071	57,7	115,5	48,1		1,00	АВБ6Шв - 2 (3 × 50)	110,0	143,0
ГПП-ТП5	2000,0	2	10	0,244	57,7	115,5	48,1		1,00	АВБ6Шв - 2 (3 × 50)	110,0	143,0
ГПП-ТП6	1000,0	1	10	0,347	57,7	-	48,1		1,00	АВБ6Шв - 1 (3 × 50)	110,0	-
ГПП - СД	1120,4	1	10	0,045	64,7	-	53,9		1,00	АВБ6Шв - 1 (3 × 50)	110,0	-

Выбранная схема распределения электроэнергии по территории предприятия приведена на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 – Схема распределения электроэнергии по территории предприятия

3.12 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 3.9 и на её основе схему замещения рисунок 3.10. 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 – ТП2.

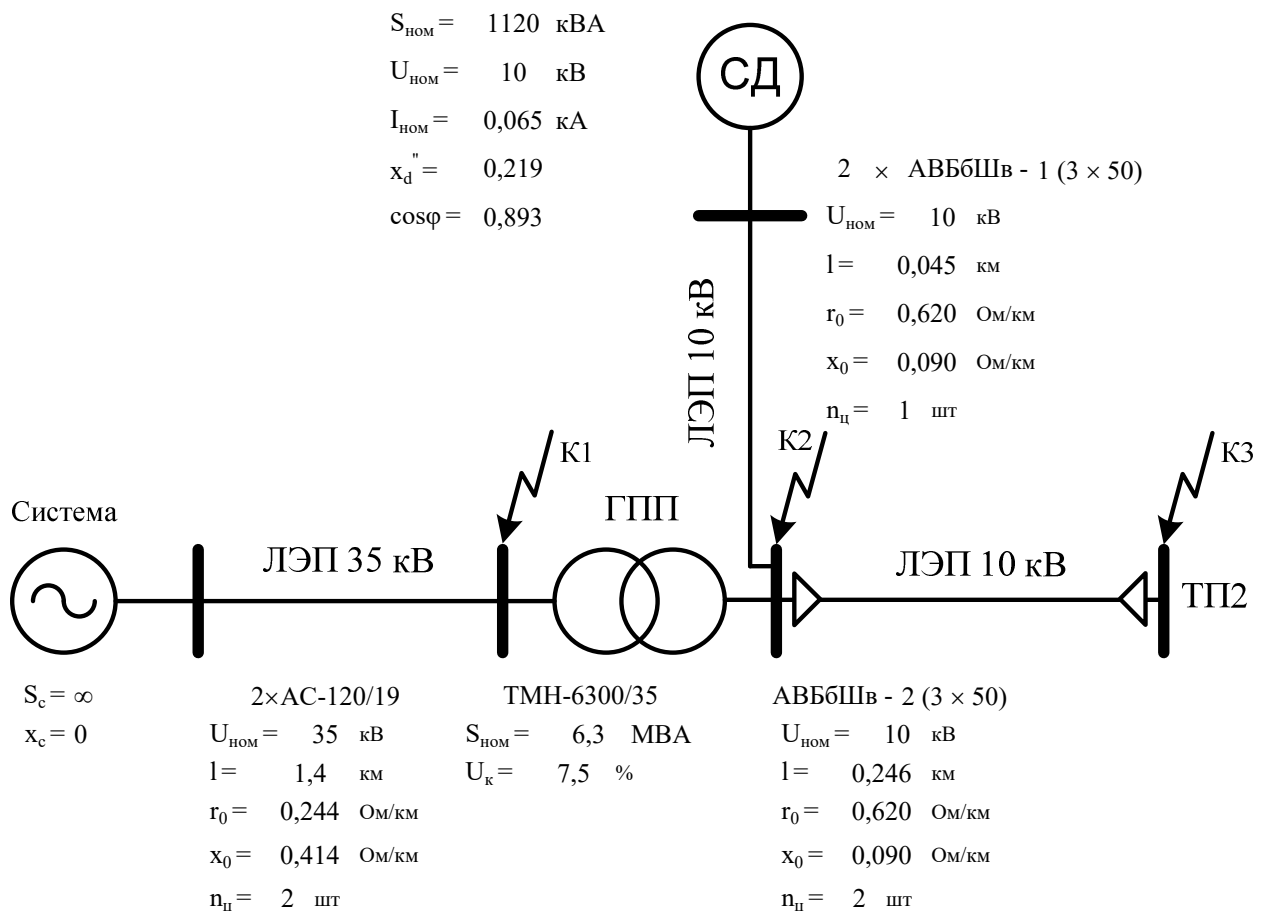


Рисунок 3.9 – Расчетная схема рассматриваемого участка

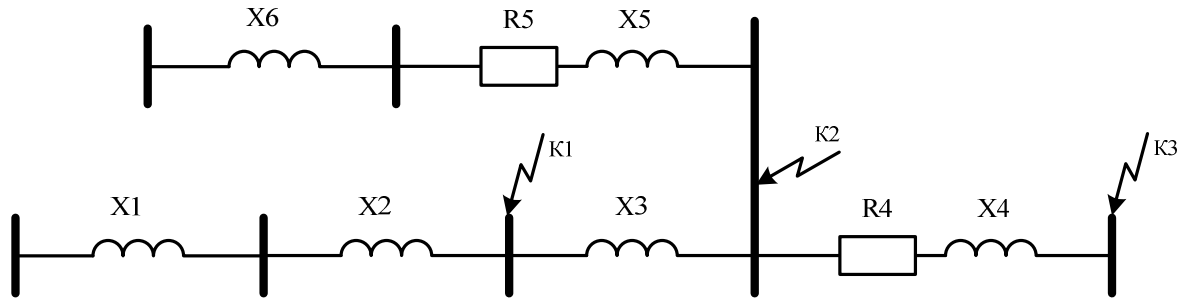


Рисунок 3.10 – Схема замещения рассматриваемого участка
Принимаем за базисные величины

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

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

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

Сопротивления элементов

Система

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

Воздушная линия

$$Z_2 = X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{61}^2} = 0,414 \cdot 1,4 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37,0^2} = 0,042.$$

Трансформаторы

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

Кабельная линия

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,620 \cdot 0,246 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,138,$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,090 \cdot 0,246 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,020,$$

$$Z_4 = \sqrt{R_4^2 + X_4^2} = \sqrt{0,138^2 + 0,020^2} = 0,140.$$

Кабельная линия

$$R'_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,620 \cdot 0,045 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,025,$$

$$X'_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,090 \cdot 0,045 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,004.$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$R_5 = \frac{R'_5}{n_{CD}} = \frac{0,025}{2} = 0,013 \quad , \quad X_5 = \frac{X'_5}{n_{CD}} = \frac{0,004}{2} = 0,002 \quad ,$$

$$Z_5 = \sqrt{R_5^2 + X_5^2} = \sqrt{0,013^2 + 0,002^2} = 0,013 \quad .$$

Синхронный двигатель

сопротивление одного двигателя

$$X'_6 = \frac{x''_d \cdot S_6}{S_{ном}} = \frac{0,219 \cdot 100}{1,120} = 19,547 \quad ;$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$Z_6 = X_6 = \frac{X'_6}{n_{CD}} = \frac{19,547}{2} = 9,774 \quad .$$

Расчет короткого замыкания для точки К1.

Эквивалентное сопротивление цепочки СД относительно точки К1

$$Z_{CD} = Z_6 + Z_5 + Z_3 = 9,774 + 0,013 + 1,190 = 10,977 \quad .$$

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К1

$$Z_C = Z_1 + Z_2 = 0 + 0,042 = 0,042 \quad .$$

Результирующее сопротивление в точке К1

$$Z_{\Sigma 1} = \frac{Z_{CD} \cdot Z_C}{Z_{CD} + Z_C} = \frac{10,977 \cdot 0,042}{10,977 + 0,042} = 0,042 \quad .$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{K1} = \frac{I_{61}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{1,560}{0,042} = 36,999 \quad \text{кА}.$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 36,999 = 84,1 \quad \text{кА},$$

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

Расчеты токов КЗ для других точек сведем в таблицу 3.12.

Таблица 3.12 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	U_6 , кВ	I_6 , кА	Z_{Σ}	$k_{уд}$	T_a , сек	I_K , кА	$i_{уд}$, кА
К1	37,0	1,560	0,042	1,608	0,02	36,999	84,1
К2	10,5	5,499	1,095	1,869	0,01	5,022	13,3
К3	10,5	5,499	1,234	1,869	0,01	4,454	11,8

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

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

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

Тепловой импульс тока короткого замыкания

$$B_k = I_k^2 \cdot t_{\text{пр}} = 5022,0^2 \cdot 0,3 = 7566269,5 \text{ А}^2 \cdot \text{сек.}$$

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

Термически стойкое сечение равно

$$F_{\text{min}} = \frac{I_k \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{7566269,5}}{85} = 32,4 \text{ мм}^2 < F_{\text{реал}} = 50 \text{ мм}^2,$$

где $C = 85 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ (для линий до 10 кВ с алюминиевыми жилами) – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при коротком замыкании и материала проводника [3, стр. 42];

$F_{\text{реал}} = 50 \text{ мм}^2$ – сечение линии, питающей подстанцию.

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

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	9
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа 3-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								

4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

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

4.1 Выбор выключателей и разъединителей

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

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

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

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

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

номинальный ток отключения $I_{\text{отк.ном}} = 40 \text{ кА}$;

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

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

ток термической стойкости $I_{\text{тер}} = 40,0 \text{ кА}$;

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

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

Проверка выключателя

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

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

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

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{9599,5}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 158,4 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 2000,0 \text{ А};$$

– по отключающей способности $I_{\text{н,т}} \leq I_{\text{отк.ном}}$

$$I_{\text{н,т}} = 37,0 \text{ кА} < I_{\text{отк.ном}} = 40,0 \text{ кА};$$

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

$$I_{\text{п,0}} = 37,0 \text{ кА} < I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд}} = 84,1 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 100 \text{ кА};$$

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

$$B_k = I_{\text{п,0}}^2 \cdot (t_{\text{р.з.}} + t_{\text{отк.в}} + T_a) = 37,0^2 \cdot (1,2 + 0,07 + 0,020) = 1765,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

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

$$B_k = 1765,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 4800,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-35/1000

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

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

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

амплитуда предельного сквозного тока $i_{\text{пр.с}} = 100 \text{ кА}$;

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

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

Проверка разъединителя

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

$$I_{\text{max}} = 158,4 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 1000,0 \text{ А};$$

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

$$i_{\text{уд}} = 84,1 \text{ кА} < i_{\text{пр.с}} = 100 \text{ кА};$$

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

$$B_k = 1765,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 25,0^2 \cdot 4 = 2500,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

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

Дальнейший расчет сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Выбор выключателей и разъединителей

Расчетные данные	Выключатель ВВУ-35-40/2000	Разъединитель РДЗ-35/1000
$U_{уст} = 35$ кВ	$U_{ном} = 35$ кВ	$U_{ном} = 35$ кВ
$I_{max} = 158,4$ А	$I_{ном} = 2000$ А	$I_{ном} = 1000$ А
$I_{n,t} = 37,0$ кА	$I_{отк.ном} = 40$ кА	—
$I_{n,0} = 37,0$ кА	$I_{дин} = 40$ кА	—
$i_{уд} = 84,1$ кА	$i_{дин} = 100$ кА	$i_{пр.с} = 100$ кА
$B_k = 1765,9$ кА ² ·с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 4800$ кА ² ·с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 2500$ кА ² ·с
Расчетные данные	Выключатель ВЭ-10-20/630	Разъединитель
$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ	Используется выкатная тележка
$I_{max} = 554,2$ А	$I_{ном} = 630$ А	
$I_{n,t} = 5,0$ кА	$I_{отк.ном} = 20$ кА	
$I_{n,0} = 5,0$ кА	$I_{дин} = 20$ кА	
$i_{уд} = 13,3$ кА	$i_{дин} = 51$ кА	
$B_k = 14,1$ кА ² ·с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 1200$ кА ² ·с	

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

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

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

Таблица 4.2 – Нагрузка трансформаторов тока

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

Пример выбора трансформатора тока на стороне ВН трансформатора ГПП.

Из таблицы 4.2 видно, что наиболее загружены фазы А и С. Для них ведем расчет.

Намечаем к установке трансформатор тока типа ТФЗМ35

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

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

номинальный ток $I_{ном} = 600$ А;

вторичный номинальный ток трансформатора тока $I_2 = 5$ А;

ток электродинамической стойкости $i_{дин} = 127$ кА;

ток термической стойкости $I_{тер} = 31,0$ кА;

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

вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока $Z_{2ном} = 1,2$ 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 $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{9599,5}{\sqrt{3} \cdot 35,0} = 158,4 \text{ А} < I_{ном} = 600,0 \text{ А};$$

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

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору тока

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

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

Допустимое сопротивление проводников

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

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

$$q_{расч} = \frac{\rho \cdot l_{пр}}{r_{пр}} = \frac{0,028 \cdot 15}{1,06} = 0,40 \text{ мм}^2,$$

где $\rho = 0,0283$ Ом/мм² — удельное сопротивление алюминиевого провода [9, стр. 374];

$l_{пр} = 15$ м – длина провода [9, стр. 375].

Принимаем кабель марки АКРВГ сечением $q = 4$ мм² [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

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} = 0,04 + 0,106 + 0,10 = 0,246 \text{ Ом} < Z_{2\text{ном}} = 1,200 \text{ Ом.}$$

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

$$i_{\text{уд}} = 84,1 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 127 \text{ кА};$$

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

$$B_{\text{к}} = 1765,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 31,0^2 \cdot 3 = 2883,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

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

Таблица 4.3 – Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

Тип ТТ	Расчетные данные	Каталожные данные
ТА1 ТШЛ 10 Сторона НН трансформатора	$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 554,2 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 14,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 14700 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 13,3 \text{ кА}$	не проверяется
	$r_2 = 0,375 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 0,800 \text{ Ом}$
ТА2 ТФЗМ35 Сторона ВН трансформатора	$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 158,4 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 600 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 1765,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 2883,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 84,1 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 127 \text{ кА}$
	$r_2 = 0,246 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 1,200 \text{ Ом}$

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} , В·А	n _{обм}	cosφ	sinφ	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
Итого:								19,0	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	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	9	0,18	0,0
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	9	0,18	0,0
Итого:								10,4	0,0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-10

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном} = 10$ кВ;

номинальная мощность $S_{ном} = 120$ В·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.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10,4^2 + 0,0^2} = 10,4 \text{ В·А} < S_{ном} = 120 \text{ В·А}.$$

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 $U_{ном} = 35$ кВ;

номинальная мощность $S_{ном} = 150$ В·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 $S_2 \leq S_{ном}$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

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

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

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

4.4 Учет электрической энергии

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

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

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

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

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.

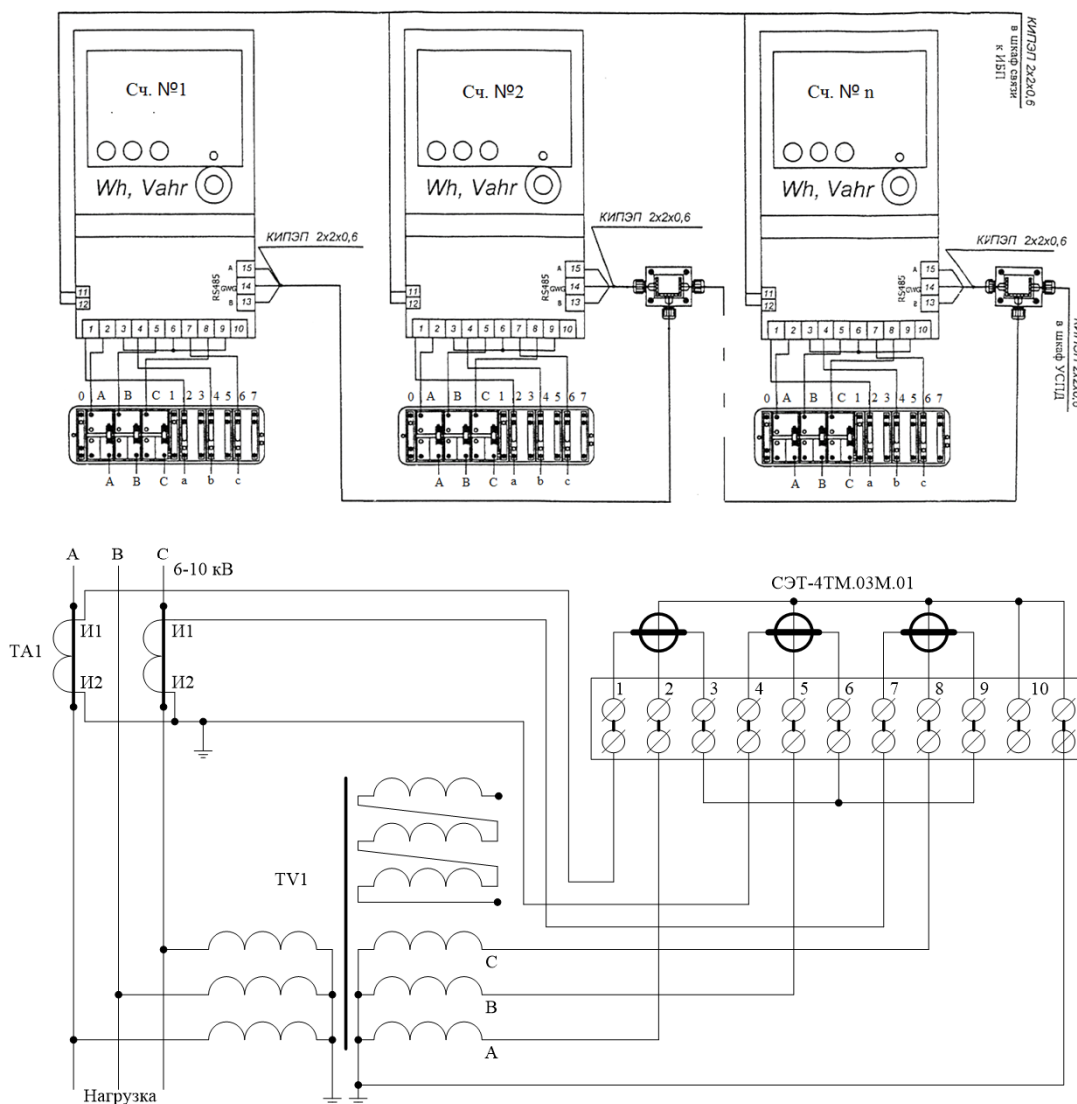


Рисунок 4.1 – Схема учета электроэнергии

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			Электроснабжение участка эмалирования	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	18
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа З-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ УЧАСТКА ЭМАЛИРОВАНИЯ

Электроснабжение выполняется в следующей последовательности.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Примеры выбора аппаратуры и кабелей.

а) Выбор отходящего выключателя ТП

Расчетная мощность нагрузки подстанции

$$S_{p.пс} = 1200,9 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{p.пс} = \frac{S_{p.пс}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1200,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1824,5 \text{ А.}$$

Номинальный ток трансформаторов подстанции

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

Ток послеаварийного режима трансформаторов подстанции

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

Пиковый ток подстанции

$$I_{пик.ПС} = I_{пик}^{max.ПР} + I_{р.ПС} - I_{р}^{max.ПР} = 906,7 + 1824,5 - 398,8 = 2332,4 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74 – 45 с параметрами $I_{ном.ав} = 3000 \text{ А}$, $I_{тепл} = 2000 \text{ А}$ [3, стр. 87, табл. П.2.3].

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 2000 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{р.ПС} = 1,1 \cdot 1824,5 = 2007,0 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву послеаварийным током

$$I_{пер} = 2 \cdot I_{тепл} = 2 \cdot 2000 = 4000,0 \text{ А} > I_{п/ав.тр} = 2127,1 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 1,25 \cdot 2332,4 = 2915,5 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{пик.ПС}}{I_{тепл}} = \frac{2915,5}{2000} = 1,5, \text{ принимаем } K = 2,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = K \cdot I_{тепл} = 2,0 \cdot 2000 = 4000,0 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 2915,5 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ПР1

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1

$$I_{р} = 289,9 \text{ А}, \quad I_{пик} = 540,8 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА51 – 29 с параметрами $I_{ном.ав} = 630 \text{ А}$, $I_{тепл} = 400 \text{ А}$ [3, стр. 87, табл. П.2.3].

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 400 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{р} = 1,1 \cdot 289,9 = 318,8 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 540,8 = 676,0 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{пик}}{I_{тепл}} = \frac{676,0}{400} = 1,7, \text{ принимаем } K = 4,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = K \cdot I_{тепл} = 4,0 \cdot 400 = 1600,0 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{пик} = 676,0 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ – 2(4 × 150) $I_{\text{доп}} = 470 \text{ А}$
[1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 470 \text{ А} > I_p = 318,8 \text{ А.}$$

– согласование с действием аппарата защиты

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

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

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_0 \cdot I_p \cdot l = 0,050 \cdot 289,9 \cdot 0,040 = 0,59 \% < 5 \%,$$

где l – длина рассматриваемой линии, км.

5% – допустимое значение потерь напряжения.

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

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

в) Участок ПР1 – Кран-балка

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{\text{ном}} = 51,2 \text{ А,} \quad I_{\text{пуск}} = 256,1 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА13 – 29 с параметрами

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

– проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{\text{тепл}} = 63 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\text{ном}} = 1,1 \cdot 51,2 = 56,3 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,5 \cdot 256,1 = 384,1 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,5 \cdot I_{\text{пуск}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{384,1}{63} = 6,1, \quad \text{принимаем } K = 12,0$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 12,0 \cdot 63 = 756,0 \text{ А} > 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 384,1 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

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

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 75 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 56,3 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 75 \text{ А} > \frac{K_z \cdot I_z}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 63}{1} = 63,0 \text{ А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

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

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

Участок	$\frac{I_p}{I_{\text{пик}}}$	$1,1 \cdot I_p$	$1,25 \cdot I_{\text{пик}}$	Автомат		Способ прокладки	K_3	$K_{\text{пр}}$	$\frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{пр}}}$	Кабель		L	cosφ	ΔU_0	ΔU_p
				K	$\frac{I_{\text{тепл}}}{I_{3,0}}$					Тип	$I_{\text{доп}}$				
1	A	A	A	–	A	–	–	–	A	A	–	кМ	–	%	%
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17
Отходящий выключатель ТП2	$\frac{1824,5}{2332,4}$	2007,0	2915,5	2,0	$\frac{2000}{4000,0}$	ВА74 – 45	8	–	–	–	–	–	–	–	–
ТП2 - ПР1	$\frac{289,9}{540,8}$	318,8	676,0	4,0	$\frac{400}{1600,0}$	ВА51 – 29	8	1	1	400	470	0,040	0,95	0,050	0,59
ТП2 - ПР2	$\frac{427,3}{880,8}$	470,0	1101,0	4,0	$\frac{500}{2000}$	ВА51 – 29	8	1	1	500	540	0,032	0,80	0,042	0,56
ТП2 - ПР3	$\frac{398,8}{906,7}$	438,7	1133,4	4,0	$\frac{500}{2000}$	ВА51 – 29	8	1	1	500	540	0,060	0,80	0,042	0,99
ТП2 - ПР4	$\frac{120,9}{370,9}$	132,9	463,6	5,0	$\frac{190}{950}$	ВА74 – 40	8	1	1	190	220	0,013	0,65	0,114	0,17
ТП2 - ПР5	$\frac{69,6}{290,9}$	76,6	363,6	4,0	$\frac{130}{520}$	ВА74 – 40	8	1	1	130	150	0,034	0,73	0,214	0,50
ТП2 - ПР6	$\frac{59,6}{190,9}$	65,6	238,6	3,0	$\frac{130}{390}$	ВА74 – 40	8	1	1	130	150	0,089	0,80	0,240	1,28
ТП2 - ПР7	$\frac{320,5}{728,6}$	352,5	910,7	4,0	$\frac{400}{1600}$	ВА51 – 29	8	1	1	400	470	0,079	0,80	0,049	1,23
Отходящий выключатель ТП3	$\frac{2782,3}{4369,4}$	2949,2	5461,7	2,0	$\frac{3000}{6000}$	ВА74 – 45	8	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 5.2 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

Приемник	P _{ном}	I _{ном}	I _{пуск}	1,1 · I _{ном}	1,5 · I _{пуск}	Автомат			K ₃	K ₃ · I _{доп} / K _{нр}	Кабель			
						K	I _{тепл}	I _{б.э.}			I _{доп}	Марка		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 1 ПР11-7123														
Кран-балка ПВ = 25%	15,0	51,2	256,1	56,3	384,1	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	63,0	75	АВВГ - 1(4 × 25)
Термопластавтомат	53,0	89,2	—	98,1	—	—	100,0	—	ВА57 – 35	1,0	1,0	100,0	110	АВВГ - 1(4 × 50)
ПР – 2 ПР11-7123														
Эмальагрегат	50,0	106,7	533,5	117,4	800,2	8,0	125,0	1000,0	ВА57 – 35	1,0	1,0	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
ПР – 3 ПР11-7123														
Эмальагрегат	56,0	119,5	597,5	131,4	896,2	6,0	160,0	960,0	ВА57 – 35	1,0	1,0	160,0	170	АВВГ - 1(4 × 95)
ПР – 4 ПР11-7123														
Волоочильная машина	13,0	34,1	170,7	37,6	256,1	12,0	40,0	480,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	40,0	42	АВВГ - 1(4 × 10)
Волоочильная машина	20,0	52,5	262,6	57,8	394,0	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	63,0	75	АВВГ - 1(4 × 25)
ПР – 5 ПР11-7123														
Вертикально-сверильный станок	8,0	22,8	113,8	25,0	170,7	6,0	31,5	189,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	31,5	32	АВВГ - 1(4 × 6)
Токарный станок	12,0	34,1	170,7	37,6	256,1	12,0	40,0	480,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	40,0	42	АВВГ - 1(4 × 10)
Токарный станок	16,0	45,5	227,6	50,1	341,4	6,0	63,0	378,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	63,0	75	АВВГ - 1(4 × 25)
Шлифовальный станок	3,3	9,4	46,9	10,3	70,4	6,0	12,5	75,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	12,5	27	АВВГ - 1(4 × 4)
Калорифер	4,1	7,3	—	8,0	—	—	10,0	—	ВА13 – 29	1,0	1,0	10,0	27	АВВГ - 1(4 × 4)
Вентиляция	14,3	30,2	150,9	33,2	226,3	6,0	40,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	40,0	42	АВВГ - 1(4 × 10)
ПР – 6 ПР11-7123														
Вентиляция	14,3	30,2	150,9	33,2	226,3	6,0	40,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	40,0	42	АВВГ - 1(4 × 10)
Установка деминерализации	5,0	10,7	53,3	11,7	80,0	12,0	12,5	150,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	12,5	27	АВВГ - 1(4 × 4)
ПР – 7 ПР11-7123														
Эмальагрегат	45,0	96,0	480,1	105,6	720,2	6,0	125,0	750,0	ВА57 – 35	1,0	1,0	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
Отдельно запитанные электроприемники														
Горизонтальный эмальагрегат	162,0	345,7	1728,5	380,3	2592,7	8,0	400,0	3200,0	ВА51 – 29	1,0	1,0	400,0	470	АВВГ - 2(4 × 150)
Эмальагрегат	100,0	213,4	1067,0	234,7	1600,4	6,5	260,0	1690,0	ВА74 – 40	1,0	1,0	260,0	470	АВВГ - 2(4 × 150)
Вертикальный эмальагрегат	140,0	298,7	1493,7	328,6	2240,6	6,0	400,0	2400,0	ВА51 – 29	1,0	1,0	400,0	470	АВВГ - 2(4 × 150)
Эмальагрегат	175,0	373,4	1867,2	410,8	2800,8	6,0	500,0	3000,0	ВА51 – 29	1,0	1,0	500,0	540	АВВГ - 2(4 × 185)

5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

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

Рассмотрим цепочку ГПП – ТП2 – ПР7 – ЭП №39.

Расчетные данные приемника №39

$$P_{\text{ном}} = 45,0 \text{ кВт}; \quad Q_{\text{ном}} = 33,8 \text{ кВар}; \quad S_{\text{ном}} = 56,3 \text{ кВА}.$$

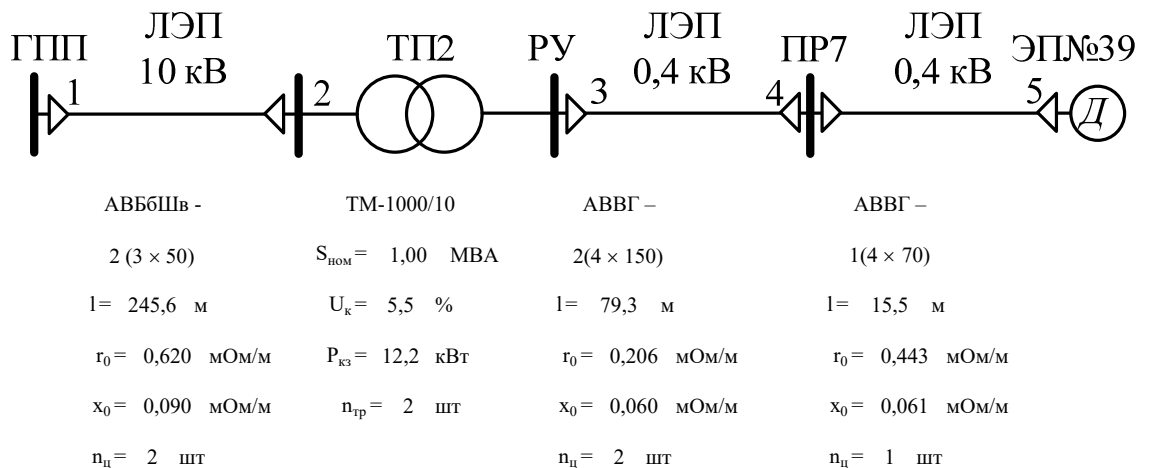


Рисунок 5.1 – Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,620 \cdot 245,6}{2} \cdot 10^{-3} = 0,076 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,090 \cdot 245,6}{2} \cdot 10^{-3} = 0,011 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{\text{ц,ТП}} = 989,6 \text{ кВт}, \quad Q_{12} = \sum Q_{\text{ц,ТП}} = 673,6 \text{ кВар}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{989,6 \cdot 0,076 + 673,6 \cdot 0,011}{10 \cdot 10,5^2} = 0,075 \%$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12,\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,075 \cdot \frac{10500}{100} = 7,9 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 7,9 = 10492,1 \text{ В}.$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

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

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

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta = \frac{P_{12}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{989,6}{2 \cdot 1000} = 0,495 \text{ .}$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta P_{тр} = n_{тр} \cdot (\Delta P_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P_{кз}) = 2 \cdot (2,45 + 0,49^2 \cdot 12,2) = 10,9 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{тр} = n_{тр} \cdot (\Delta Q_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta Q_{кз}) = 2 \cdot (14,0 + 0,49^2 \cdot 55,0) = 54,9 \text{ кВАр.}$$

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

$$P_{23} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 989,6 - 10,9 = 978,7 \text{ кВт,}$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 673,6 - 54,9 = 618,6 \text{ кВАр.}$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{978,7^2 + 618,6^2} = 1157,8 \text{ кВА.}$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{978,7}{1157,8} = 0,845 \text{ ,} \quad \sin \varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{618,6}{1157,8} = 0,534 \text{ ,}$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\begin{aligned} \Delta U_{23,\%} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) = 0,495 \cdot (1,220 \cdot 0,845 + \\ &+ 5,363 \cdot 0,534) + \frac{0,495^2}{200} \cdot (1,220 \cdot 0,534 - 5,363 \cdot 0,845) = 1,923 \text{ \%}. \end{aligned}$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 1,923 \cdot \frac{10492,1}{100} = 201,8 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 10492,1 - 201,8 = 10290,3 \text{ В.}$$

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

$$U_3^{HH} = U_3 = 400 \cdot \frac{10290,3}{10500} = 392,0 \text{ В.}$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,206 \cdot 79,3}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0082 \text{ Ом,}$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 79,3}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0024 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 168,8 \text{ кВт,} \quad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 126,6 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{168,8 \cdot 0,0082 + 126,6 \cdot 0,0024}{10 \cdot 0,392^2} = 1,092 \text{ \%}$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 1,092 \cdot \frac{392,0}{100} = 4,3 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 392,0 - 4,3 = 387,7 \text{ В.}$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,443 \cdot 15,5}{1} \cdot 10^{-3} = 0,007 \text{ Ом,}$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 15,5}{1} \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{НОМ}} = 45,0 \text{ кВт,} \quad Q_{45} = Q_{\text{НОМ}} = 33,8 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{45,0 \cdot 0,007 + 33,8 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,388^2} = 0,227 \text{ \%}$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0,227 \cdot \frac{387,7}{100} = 0,9 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 387,7 - 0,9 = 386,9 \text{ В.}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

Максимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	989,6	978,7	168,8	45,0
Q_i , кВАр	673,6	618,6	126,6	33,8
S_i , кВА	1197,1	1157,8	210,9	56,3
R_i , Ом	0,076	—	0,008	0,007
X_i , Ом	0,011	—	0,002	0,001
$\cos\varphi$	—	0,845	—	—
$\sin\varphi$	—	0,534	—	—
β_T	—	0,495	—	—
U_a , %	—	1,220	—	—
U_p , %	—	5,363	—	—
ΔU_i , %	0,075	1,923	1,092	0,227
ΔU_i , В	7,9	201,8	4,3	0,9
Σ = 3,317 %				
Минимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	346,4	340,7	59,1	45,0
Q_i , кВАр	370,5	339,2	69,6	33,8
S_i , кВА	507,2	480,8	91,3	56,3
R_i , Ом	0,076	—	0,0082	0,007
X_i , Ом	0,011	—	0,0024	0,001
$\cos\varphi$	—	0,709	—	—
$\sin\varphi$	—	0,705	—	—
β_T	—	0,173	—	—
U_a , %	—	1,220	—	—
U_p , %	—	5,363	—	—
ΔU_i , %	0,028	0,805	0,411	0,219
ΔU_i , В	2,9	84,5	1,6	0,9
Σ = 1,462 %				
K _{min} = 0,350				
K _{min} = 0,550				
Послеаварийный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	989,6	975,2	168,8	45,0
Q_i , кВАр	673,6	605,7	126,6	33,8
S_i , кВА	1197,1	1148,0	210,9	56,3
R_i , Ом	0,152	—	0,008	0,007
X_i , Ом	0,022	—	0,002	0,001
$\cos\varphi$	—	0,849	—	—
$\sin\varphi$	—	0,528	—	—
β_T	—	0,990	—	—
U_a , %	—	1,220	—	—
U_p , %	—	5,363	—	—
ΔU_i , %	0,150	3,807	1,137	0,236
ΔU_i , В	15,8	399,1	4,4	0,9
Σ = 5,330 %				

По результатам расчетов строим эпюру отклонения напряжения. Эпюра представлена на рисунке 5.2.

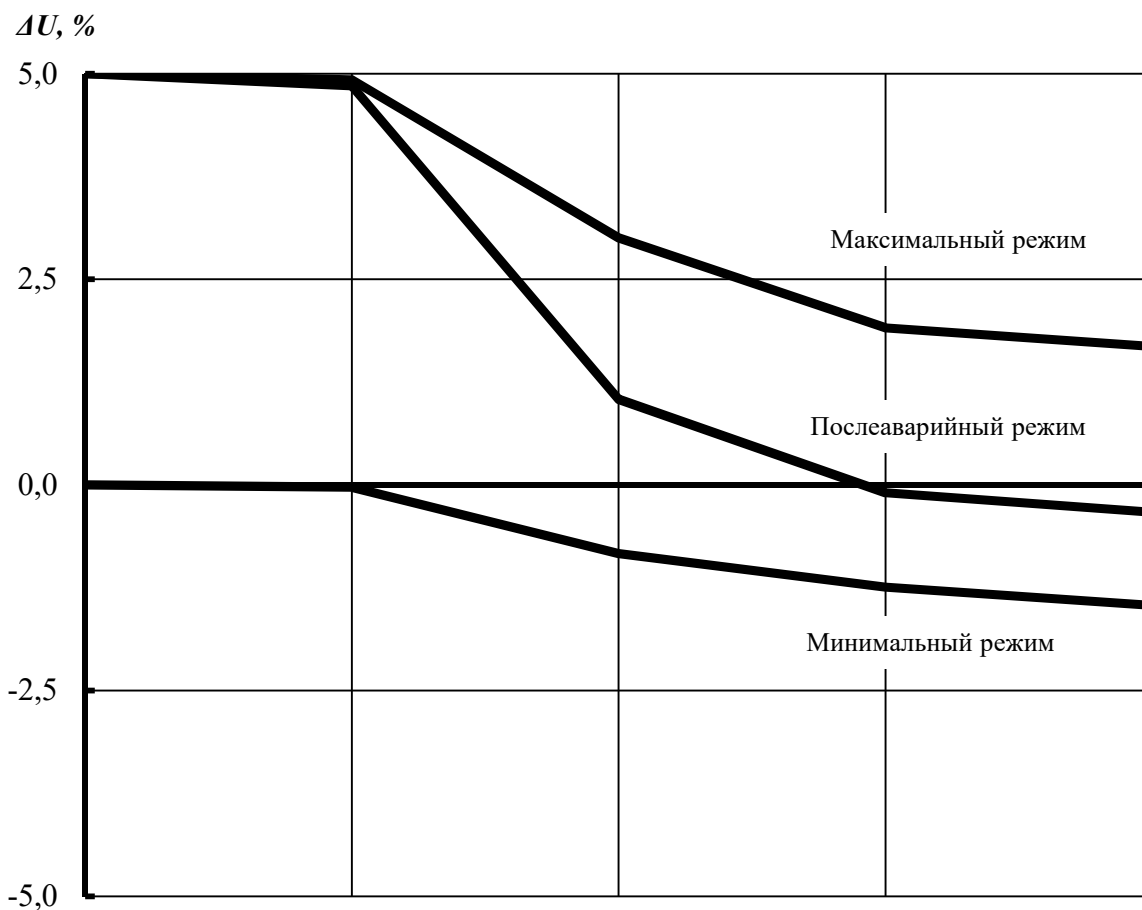
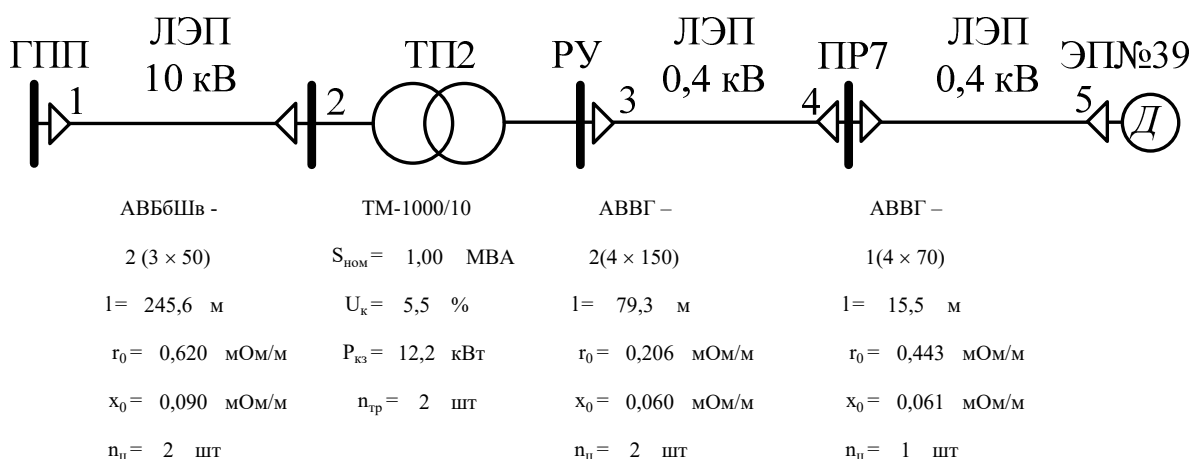


Рисунок 5.2 – Эпюры отклонений напряжения

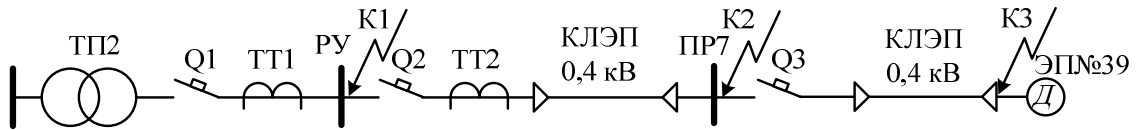
Из эпюр отклонений напряжения видно, что потеря напряжения в линиях соответствует норме и принятые сечения пригодны для эксплуатации.

5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В

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

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

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП2 – ПР7 – ЭП №39.



TM-1000/10	BA74 – 45	BA51 – 29	АВВГ –	BA57 – 35	АВВГ –
$S_{\text{ном}} = 1,00 \text{ МВА}$	$\frac{2000}{4000,0}$	$\frac{400}{1600,0}$	$2(4 \times 150)$	$\frac{125}{750,0}$	$1(4 \times 70)$
$U_a = 1,2 \%$			$l = 79,3 \text{ м}$		$l = 15,5 \text{ м}$
$U_p = 5,4 \%$			$r_0 = 0,206 \text{ МОм/м}$		$r_0 = 0,443 \text{ МОм/м}$
$P_{\text{кз}} = 12,2 \text{ кВт}$	ТШМС-0,66	ТК-40	$x_0 = 0,060 \text{ МОм/м}$		$x_0 = 0,061 \text{ МОм/м}$
$I_{\text{ном.тр}} = 1,52 \text{ кА}$	$\frac{2000}{5}$	$\frac{400}{5}$	$n_{\text{ц}} = 2 \text{ шт}$		$n_{\text{ц}} = 1 \text{ шт}$

Рисунок 5.3 – Расчетная схема

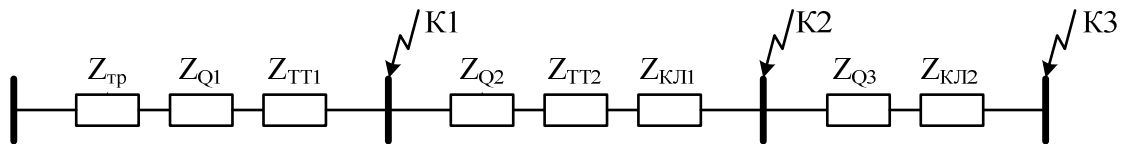


Рисунок 5.4 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

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

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

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

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

Автоматы Q2, Q3

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

$$Z_{Q3} = \sqrt{R_{Q3}^2 + X_{Q3}^2} = \sqrt{1,30^2 + 0,86^2} = 1,6 \text{ МОм}.$$

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

Трансформатор тока ТТ2

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

Кабельная линия КЛ1

$$R_{\text{КЛ1}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,206 \cdot 79,3}{2} = 8,2 \text{ мОм,}$$

$$X_{\text{КЛ1}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 79,3}{2} = 2,4 \text{ мОм,}$$

$$Z_{\text{КЛ1}} = \sqrt{R_{\text{КЛ1}}^2 + X_{\text{КЛ1}}^2} = \sqrt{8,2^2 + 2,4^2} = 8,5 \text{ мОм.}$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{\text{КЛ2}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,443 \cdot 15,5}{1} = 6,9 \text{ мОм,}$$

$$X_{\text{КЛ2}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 15,5}{1} = 0,9 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\text{КЛ2}} = \sqrt{R_{\text{КЛ2}}^2 + X_{\text{КЛ2}}^2} = \sqrt{6,9^2 + 0,9^2} = 6,9 \text{ мОм.}$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1

$$Z_{\text{К1}} = Z_{\text{тр}} = 8,8 \text{ мОм.}$$

Ток короткого замыкания в точке К1

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

Постоянная времени

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

Ударный коэффициент

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

Ударный ток короткого замыкания в точке К1

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

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	Z_{Σ} , мОм	$k_{\text{уд}}$	T_{a} , сек	$I_{\text{к}}$, кА	$i_{\text{уд}}$, кА
К1	8,8	1,490	0,0140	26,2	55,3
К2	17,7	1,055	0,0034	13,1	19,5
К3	26,2	1,011	0,0022	8,8	12,6

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 сведены в таблицу 5.5.

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

Узел нагрузки	ТП2	ПР7	Эмальагрегат №39
Расчетный ток I_M , А	1824,5	320,5	–
Пиковый ток $I_{пик}$, А	2332,4	728,6	–
Номинальный ток $I_{ном}$, А	–	–	96,0
Пусковой ток $I_{пуск}$, А	–	–	480,1
Ток КЗ I_K , А	26243,2	13056,5	8821,8
Тип аппарата	ВА74 – 45	ВА51 – 29	ВА57 – 35
Условия срабатывания по току			
– при перегрузке $I_{ном.расц}$, А	2000	400	125,0
– при КЗ $I_{кз}$, А	4000,0	1600,0	750,0
Условия срабатывания по времени, с	0,1	0,02	0,02

Карта селективности представлена на рисунке 5.5.

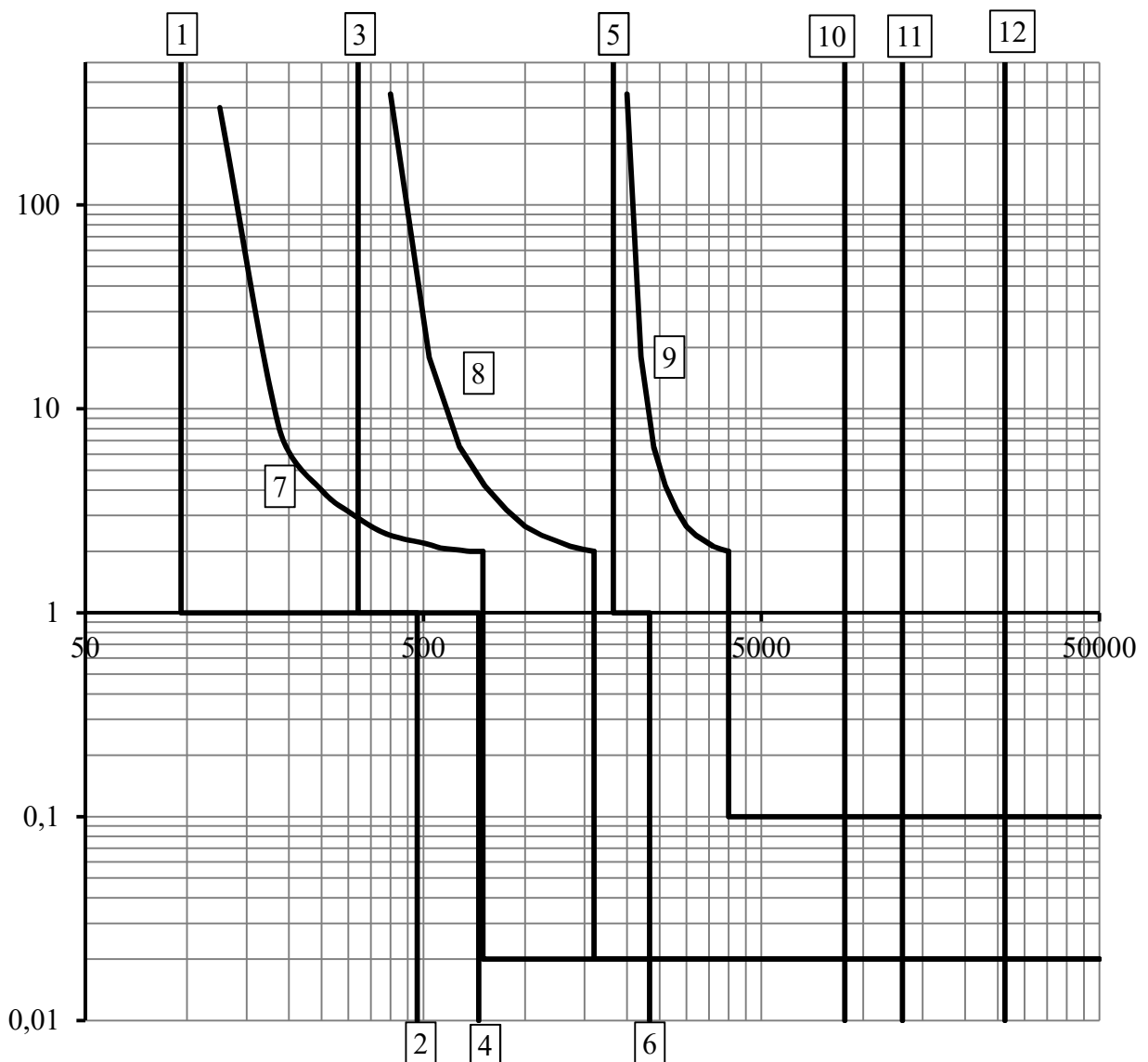


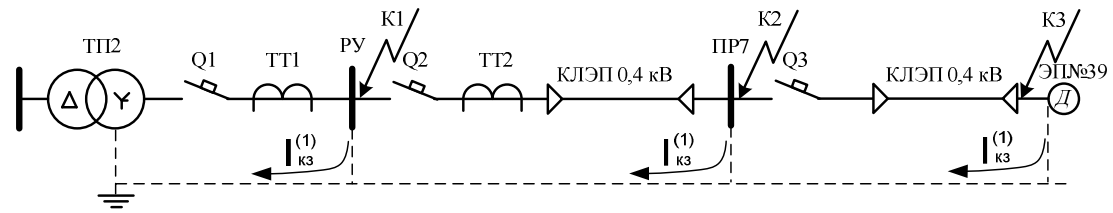
Рисунок 5.5 – Карта селективности действия аппаратов защиты

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

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 ТП2 – ПР7 – ЭП №39.



ТМ-1000/10	ВА74 – 45	ВА51 – 29	АВВГ –	ВА57 – 35	АВВГ –
$z_{тр} = 27,0 \text{ МОм}$	<u>2000</u>	<u>400</u>	$2(4 \times 150)$	<u>125</u>	$1(4 \times 70)$
	4000,0	1600,0	$l = 79,3 \text{ м}$	750,0	$l = 15,5 \text{ м}$
			$r_{\phi} = 0,206 \text{ МОм/м}$		$r_{\phi} = 0,443 \text{ МОм/м}$
	ТШМС-0,66	ТК-40	$r_{н} = 0,520 \text{ МОм/м}$		$r_{н} = 1,090 \text{ МОм/м}$
	2000 / 5	400 / 5	$x' = 0,600 \text{ МОм/м}$		$x' = 0,600 \text{ МОм/м}$
			$n_{ц} = 2 \text{ шт}$		$n_{ц} = 1 \text{ шт}$

Рисунок 5.6 – Расчетная схема

Сопротивления элементов.

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

$$\frac{Z_{тр}}{3} = \frac{27,0}{3} = 9,0 \text{ МОм.}$$

Автоматы Q2, Q3

$$R_{Q2} = 0,15 \text{ МОм,} \quad X_{Q2} = 0,10 \text{ МОм,}$$

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

Трансформатор тока ТТ2

$$R_{ТТ2} = 0,11 \text{ МОм,} \quad X_{ТТ2} = 0,17 \text{ МОм.}$$

Кабельная линия КЛ1

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 1} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,206 \cdot 79,3}{2} = 8,2 \text{ МОм,}$$

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

$$R_{н1} = \frac{r_{н} \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,520 \cdot 79,3}{2} = 20,6 \text{ МОм,}$$

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

$$X'_{1} = \frac{x' \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,600 \cdot 79,3}{2} = 23,8 \text{ МОм.}$$

Кабельная линия КЛ2

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\phi 2} = \frac{r_{\phi} \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,443 \cdot 15,5}{1} = 6,9 \text{ МОм,}$$

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

$$R_{н2} = \frac{r_n \cdot l}{n_{ц}} = \frac{1,090 \cdot 15,5}{1} = 16,9 \text{ мОм},$$

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

$$X'_2 = \frac{x' \cdot l}{n_{ц}} = \frac{0,600 \cdot 15,5}{1} = 9,3 \text{ мОм}.$$

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

$$R_d = 0,03 \text{ мОм}.$$

Сопротивление питающей системы [2, стр. 61]

$$X_c = 3,2 \text{ мОм}.$$

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

$$Z_{н1} = \sqrt{R_d^2 + X_c^2} = \sqrt{0,03^2 + 3,2^2} = 3,2 \text{ мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{тр}}{3} + Z_{н1}} = \frac{220}{9,0 + 3,2} = 18,0 \text{ кА}.$$

Проверка условия

$$I_{K1}^{(1)} = 18,0 \text{ кА} > 3 \cdot I_{ном,расц} = 3 \cdot 2,000 = 6,0 \text{ кА},$$

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

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	Z_Σ , мОм	I_K , кА	$3 \cdot I_{ном,расц}$, кА
К1	3,2	18,0	6,0
К2	39,9	4,50	1,20
К3	65,8	2,94	0,38

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			<i>Релейная защита</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	10
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа З-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

6.1 Назначение РЗиА

Для защиты синхронных 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 от асинхронного режима, защита при потере питания и длительном снижении напряжения.

Номинальный ток синхронного двигателя

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1000,0}{\sqrt{3} \cdot 10,0 \cdot 0,893} = 64,7 \text{ А.}$$

Пусковой ток синхронного двигателя

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}} = 5 \cdot 64,7 = 323,4 \text{ А,}$$

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.

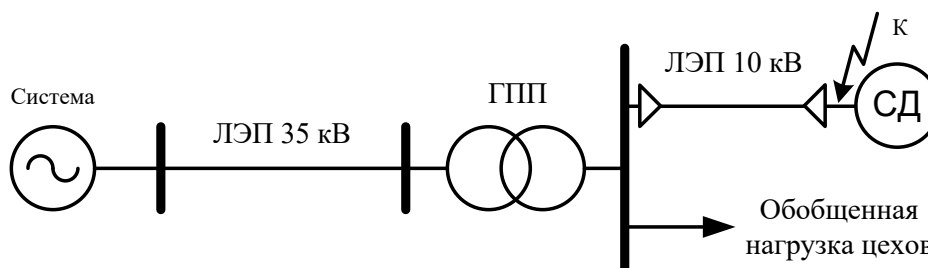


Рисунок 6.1 – Расчетная схема

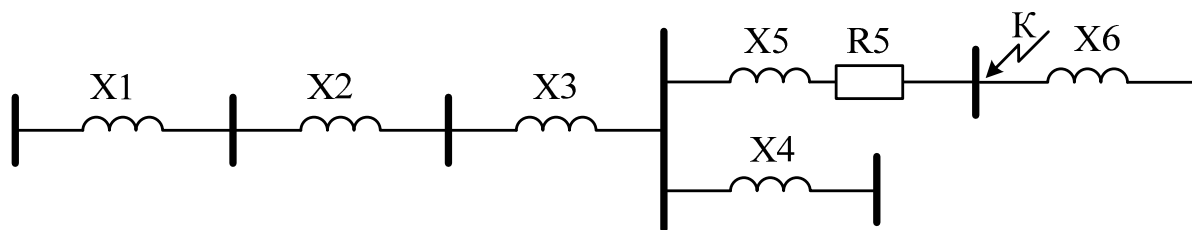


Рисунок 6.2 – Схема замещения

Расчет ведем на основе данных пункта 3.12.

Базисные величины

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

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

Параметры схемы замещения.

Система

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

Воздушная линия

$$Z_2 = X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{61}^2} = 0,414 \cdot 1,4 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37,0^2} = 0,042.$$

Трансформаторы

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

Кабельная линия, питающая синхронный двигатель

$$R_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,620 \cdot 0,045 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,025,$$

$$X_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{ц} \cdot U_{62}^2} = 0,090 \cdot 0,045 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,004.$$

$$Z_5 = \sqrt{(R_5)^2 + (X_5)^2} = \sqrt{0,025^2 + 0,004^2} = 0,026.$$

Синхронный двигатель

$$Z_6 = X_6 = \frac{x_d'' \cdot S_6}{S_{ном}} = \frac{0,219 \cdot 100}{1,120} = 19,547,$$

$$U_{ном} = \frac{U_{ном}}{U_{62}} = \frac{10,0}{10,5} = 0,952, \quad I_{ном} = \frac{I_{ном}}{I_{62}} = \frac{0,065}{5,499} = 0,012,$$

Обобщенная нагрузка предприятия

$$Z_4 = X_4 = \frac{x_H'' \cdot S_6}{S_p^H + S_p^B} = \frac{0,350 \cdot 100}{8777 + 750} = 0,0037,$$

где X_H'' – среднее значение сопротивления 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

$$Z_7 = (Z_1 + Z_2 + Z_3) // Z_4 + Z_5 = \frac{(0 + 0,042 + 1,190) \cdot 0,0037}{(0 + 0,042 + 1,190) + 0,0037} + 0,026 = 0,029.$$

Результирующие параметры схемы замещения

$$Z_{\text{рез}} = Z_6 // Z_7 = \frac{19,547 \cdot 0,029}{19,547 + 0,029} = 0,029 .$$

Действующее значение трехфазного тока КЗ

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{I_{62}}{Z_{\text{рез}}} = \frac{5,499}{0,029} = 188,5 \text{ кА.}$$

Действующее значение двухфазного тока КЗ

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к}}^{(3)}}{2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 188,5}{2} = 163,3 \text{ кА.}$$

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

$$K_A = \frac{I_{1\text{н}}}{I_{2\text{н}}} = \frac{75}{5} = 15 ,$$

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

$$I_{\text{сз}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{пуск}} = 1,4 \cdot 323,4 = 452,8 \text{ А,}$$

где $k_{\text{отс}} = 1,4$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности реле и расчета (для реле типа РТ – 40) [11, стр. 121].

Первичный ток срабатывания токовой отсечки отстраивается от сверхпереходного тока электродвигателя (для синхронных двигателей)

$$I_{\text{сз}} = k_{\text{отс}} \cdot I'' = k_{\text{отс}} \cdot \frac{E''_q}{x''_d} \cdot I_{\text{ном}} = 1,4 \cdot \frac{1,1}{0,219} \cdot 64,7 = 454,9 \text{ А,}$$

где $E''_q = 1,1$ – сверхпереходное ЭДС двигателя.

Ток срабатывания реле

$$I_{\text{ср}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{сх}} \cdot I_{\text{пуск}}}{K_A} = \frac{1,4 \cdot 1,0 \cdot 454,9}{15} = 42,5 \text{ А,}$$

где $k_{\text{сх}} = 1$ – коэффициент схемы [11, стр. 8, табл. 1.1].

Чувствительность токовой отсечки проверяется при двухфазном коротком замыкании на выводах электродвигателя

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} = \frac{163258,7}{454,9} = 358,9 > 2 .$$

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

$$I_{\text{сз}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном}} = \frac{1,2}{0,8} \cdot 64,7 = 97,0 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}} = 1,2$ – коэффициент отстройки [10, стр. 126];

$k_{\text{в}} = 0,8$ – коэффициент возврата [10, стр. 126].

Ток срабатывания реле

$$I_{\text{ср}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{сх}}}{k_{\text{в}} \cdot K_{\text{А}}} \cdot I_{\text{ном}} = \frac{1,2 \cdot 1,0}{0,8 \cdot 15} \cdot 64,7 = 6,5 \text{ А},$$

где $k_{\text{сх}} = 1$ – 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

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

где $k_{\text{отс}} = 1,2$ – коэффициент отстройки [11, стр. 114];

$t_{\text{пуск}} = 5,0$ – 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

$$I_C = \frac{U \cdot L}{n} \cdot k_{\text{нагр}} = \frac{10,0 \cdot 0,04}{10} \cdot 1,30 = 0,058 \text{ А},$$

где $U = 10$ кВ – линейное напряжение;

$L = 0,04$ км – длина кабеля;

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

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

$k_{\text{нагр}} = 1,15 \dots 1,30$ – 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

$$I_{\text{сз}} \geq k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{бр}} \cdot I_C = 1,3 \cdot 3,0 \cdot 0,058 = 0,228 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}} = 1,3$ – коэффициент отстройки [11, стр. 125];

$k_{\text{бр}} = 2,5 \dots 3,0$ – 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 кратковременного или длительного снижения напряжения, при восстановлении питания, а также для обеспечения требований техники безопасности и условий технологического процесса. Защита выполняется групповой для каждой секции шин.

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 Защита от асинхронного режима

Защита выполняется одним из следующих способов: с помощью реле, реагирующего на увеличение тока в обмотке статора; с помощью устройства, реагирующего на появление переменного тока в обмотке ротора; с помощью устройства, действующего на принципе отсчета числа электрических проворотов ротора при асинхронном режиме.

Распространение получила защита, реагирующая на увеличение тока в обмотке статора.

Для защиты от асинхронного режима работы применяется защита в однофазном исполнении. Для обеспечения непрерывной подачи напряжения на обмотку реле времени в схему защиты вводят промежуточное реле с замедлением при возврате.

Ток срабатывания защиты

$$I_{сз} \approx (1,3 \div 1,4) \cdot I_{ном} = (1,3 \div 1,4) \cdot 64,684 = 84,089 \div 90,558 \text{ A,}$$

Время возврата реле

$$t_{в,р} = 1,2 \div 1,5 \text{сек.}$$

6.8 Схема защиты синхронного двигателя

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 напряжении на 30 процентов от номинального. При этом срабатывает промежуточное реле KL2 и замыкаются контакты KL2. 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.

Схема защиты приведена на рисунке 6.3. Карта селективности приведена на рисунке 6.4.

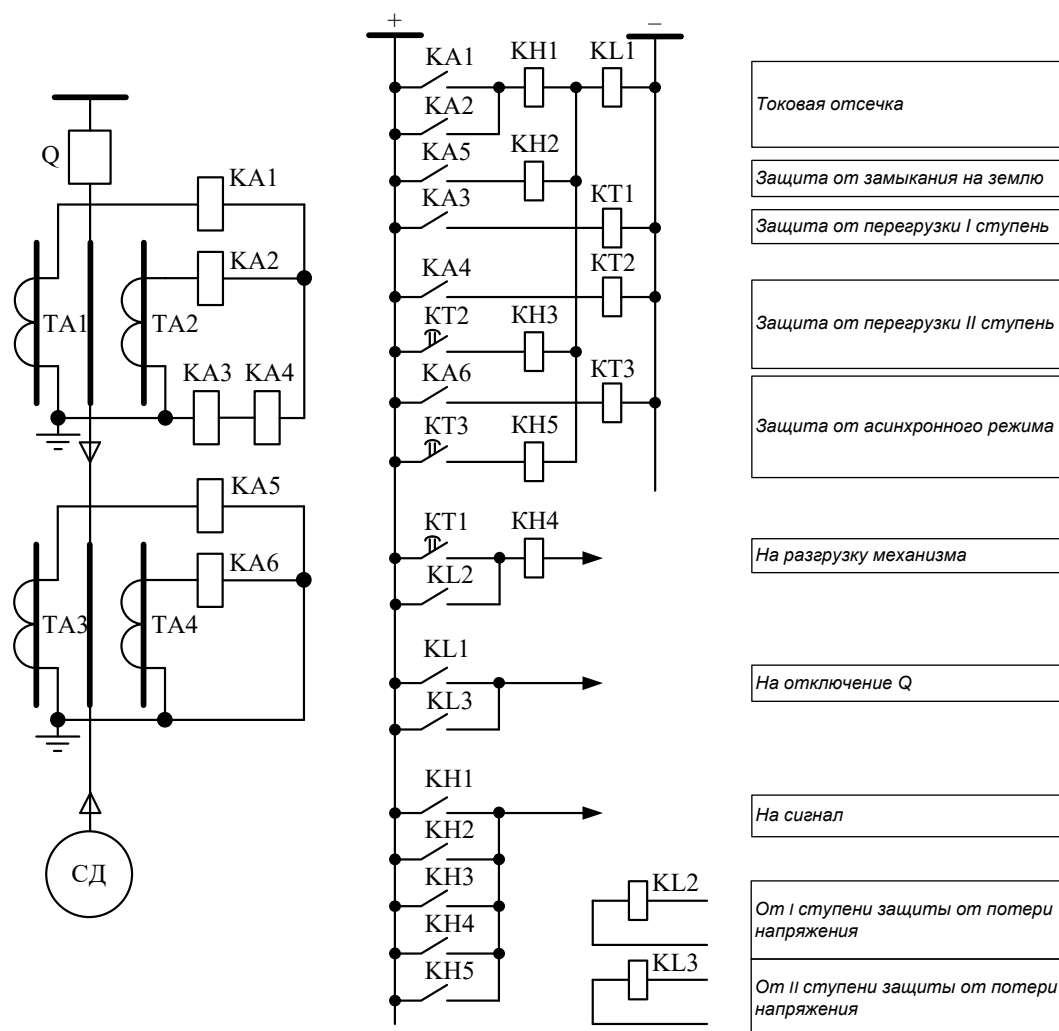


Рисунок 6.3 – Схема защиты синхронного двигателя

На схеме указаны: KA1, KA4, KA6 – реле тока типа РТ–40; KA5 – реле тока типа РТЗ–51; KT1 – реле времени ЭВ–144; KT2, KT3 – реле времени типа ВЛ–34; KL1, KL3 – промежуточные реле типа РП–23; KH1, KH5 – указательные реле.

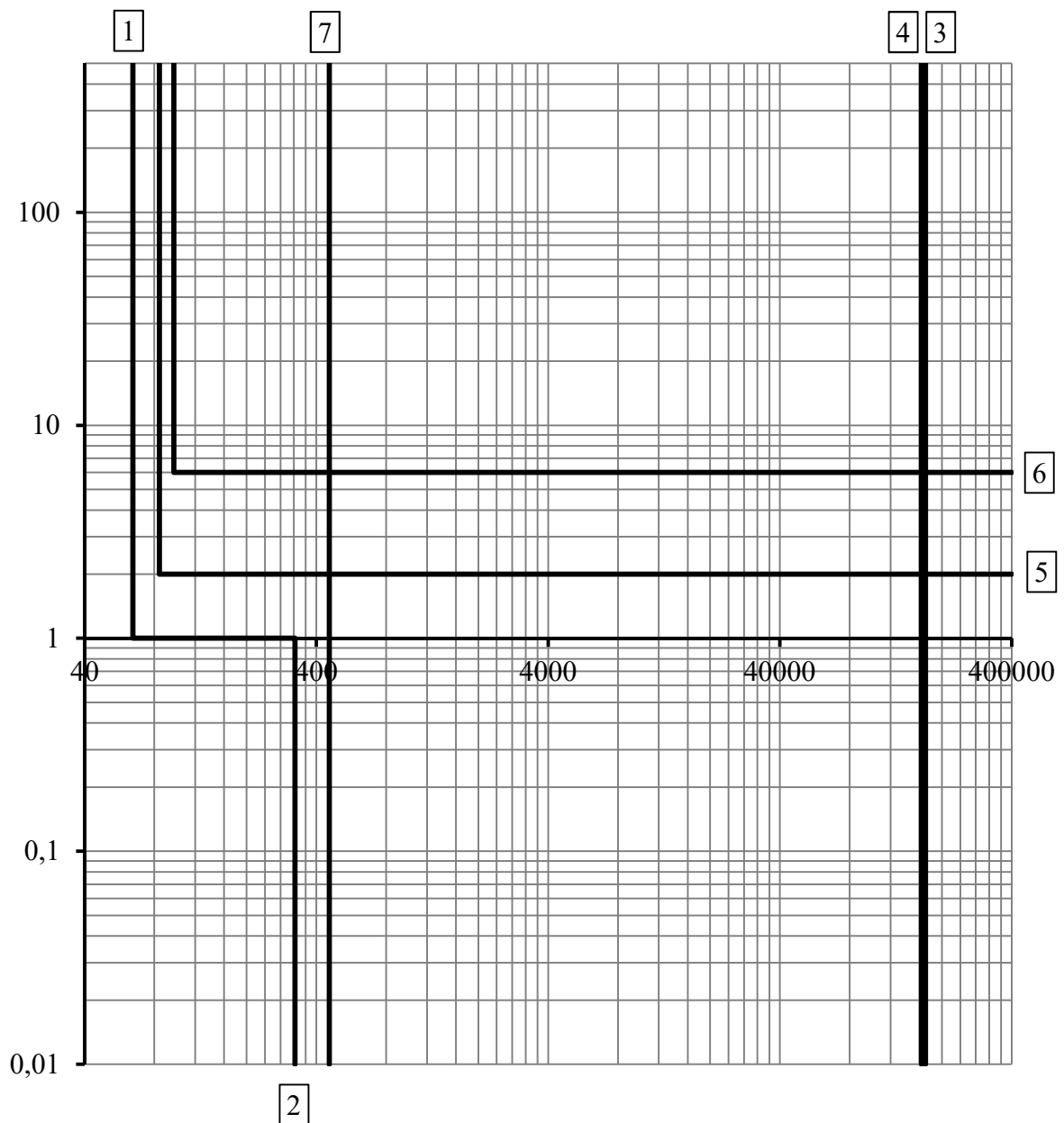


Рисунок 6.4 – Селективность срабатывания защит

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 асинхронного режима; 6 – ток срабатывания защиты от перегрузки; 7 – ток срабатывания токовой отсечки.

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Русанов А.Ю.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И.А.					1	8
Консульт.		Кузьмина Н.Г.				НИТПУ ИнЭО Группа 3-9301/43		
Н. контр.								
Уте.								

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-9301	Русанов Анатолий Юрьевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПП
Уровень образования		Направление/специальность	140211.65 Электроснабжение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9301	Русанов А.Ю.		

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1 Общие сведения

Целью данной работы является составление сметы на проектирование электрической части АО "Сибкабель" и расчет сметы затрат на электрооборудование участка эмалирования предприятия.

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

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

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

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

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

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

Различают две стадии проектирования:

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

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

7.2 Смета на проектирование

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

Таблица 7.1 – План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполненных работ	Исполнители	Прод-сть, дн.	СЗП, руб.	ЗП, руб.
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Руководитель	3	1722,8	5168,4
		Инженер	3	987,4	2962,1
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инженер	8	987,4	7899,0
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	7	987,4	6911,7
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер	1	987,4	987,4
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Техничко-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	4	987,4	3949,5
6	Выбор трансформаторов ГПП. Техничко-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель	1	1722,8	1722,8
		Инженер	5	987,4	4936,9
7	Расчет внутризаводской сети предприятия	Инженер	12	987,4	11848,6
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	1	987,4	987,4
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В	Инженер	2	987,4	1974,8
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	Руководитель	2	1722,8	3445,6
		Инженер	6	987,4	5924,3
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Инженер	1	987,4	987,4
12	Расчет молниезащиты	Инженер	1	987,4	987,4
13	Расчет релейной защиты и автоматики	Инженер	1	987,4	987,4
14	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	2	987,4	1974,8
15	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	2	1722,8	3445,6
		Инженер	22	987,4	21722,4
16	Чертежные работы	Руководитель	2	1722,8	3445,6
		Инженер	20	987,4	19747,6
Итого по каждой должности		Руководитель	10	1722,8	17228,1
		Инженер	96	987,4	94788,6
Итого ФЗП сотрудников					112016,7

Затраты на разработку проекта

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

где $I_{\text{зп}}$ – заработная плата;

$I_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$I_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

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

$I_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$I_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

1) Расчет зарплаты

а) Месячная зарплата научного руководителя

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (ЗП_0 \cdot K_1 + Д) \cdot K_2 = (23300,0 \cdot 1,10 + 2200,0) \cdot 1,3 = 36179,0 \text{ руб.}$$

где $ЗП_0$ – месячный оклад;

$Д$ – доплата за интенсивность труда;

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск;

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

Зарплата научного руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{36179,0}{21} \cdot 10,0 = 17228,1 \text{ руб.}$$

где n – количество отработанных дней по факту.

б) Месячная зарплата инженера

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = 14500,0 \cdot 1,10 \cdot 1,3 = 20735,0 \text{ руб.}$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{20735,0}{21} \cdot 96,0 = 94788,6 \text{ руб.}$$

Расчет для других сотрудников сведем в таблицу 7.2.

в) Итого ФЗП сотрудников

$$\text{ФЗП} = 17228,1 + 94788,6 = 112016,7 \text{ руб.}$$

Расчет ФЗП приведен в таблице 7.2. Календарный план проекта и график занятости представлены на рисунке 7.1.

Таблица 7.2 – Расчет ФЗП

Должность	ЗП ₀ , руб	Д, руб	K ₁	K ₂	I _{зп} ^{мес} , руб
Руководитель	23300,0	2200,0	1,10	1,3	36179,0
Инженер	14500,0	–	1,10	1,3	20735,0
Итого	37800,0	–	–	–	56914,0

Наименование исполнителя	Календарные дни	Перечень выполняемых работ
Руководитель	0-10	Ознакомление с производственной документацией
	10-25	Выбор трансформаторов ГПП
	25-45	Расчет схемы электропитания цеха
	45-55	Составление расчетно-пояснительной записки
	55-78	Чертежные работы
	0-10	Ознакомление с производственной документацией
	10-20	Расчет электрических нагрузок по цеху
	20-25	Расчет электрических нагрузок по предприятию
	25-30	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН
	30-40	Выбор трансформаторов цеховых подстанций
Инженер	40-50	Выбор трансформаторов ГПП
	50-55	Расчет внутризаводской сети предприятия
	55-60	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.
	60-65	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В
	65-70	Расчет схемы электропитания цеха
	70-75	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В
	75-80	Расчет молниезащиты
	80-85	Расчет релейной защиты и автоматики
	85-90	Расчет опоры отклонений напряжения
	90-95	Составление расчетно-пояснительной записки
		Чертежные работы

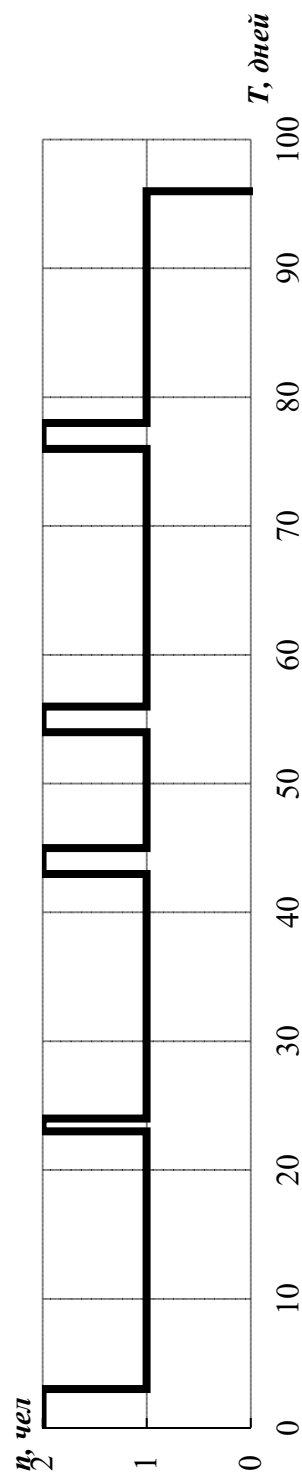


Рисунок 7.1 – Календарный план проекта и график занятости в выполнении проекта

2) Материальные затраты

Таблица 7.3 – Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб	И _м , руб
Флеш память	2	600,0	1200,0
Упаковка бумаги А4 500 листов	2	220,0	440,0
Канцтовары	–	850,0	850,0
Картридж для принтера	1	2000,0	2000,0
Итого И _{мат} , руб	–	–	4490,0

3) Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах.

$$I_{ам} = \frac{T_{исп.КТ}}{T_{кал}} \cdot C_{КТ} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{48}{365} \cdot 32000,0 \cdot \frac{1}{5} = 841,6 \text{ руб.}$$

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

$T_{кал} = 365$ – годовой действительный фонд рабочего времени используемого оборудования;

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

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

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 7.4.

Таблица 7.4 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб	Количество	T _э , дней	И _{ам} , руб
Компьютер	32000,0	1	48	841,6
Принтер	4000,0	1	10	21,9
Итого И _{ам} , руб	–	–	–	863,6

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

$$I_{со} = 0,3 \cdot 112016,7 = 33605,0 \text{ руб.}$$

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

$$\begin{aligned} I_{пр} &= 0,1 \cdot (\text{ФЗП} + I_{м} + I_{ам} + I_{со}) = \\ &= 0,1 \cdot (112016,7 + 4490,0 + 863,6 + 33605,0) = 15097,5 \text{ руб.} \end{aligned}$$

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

$$I_{\text{накл}} = 2,0 \cdot \text{ФЗП} = 2,0 \cdot 112016,7 = 224033,3 \text{ руб.}$$

7) Затраты на разработку проекта

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

$$= 112016,7 + 4490,0 + 863,6 + 33605,0 + 15097,5 + 224033,3 = 390106,1 \text{ руб.}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб.
1	ФЗП	112016,7
2	Материалы $I_{\text{мат}}$	4490,0
3	Амортизация основных фондов $I_{\text{ам}}$	863,6
4	Социальные отчисления $I_{\text{со}}$	33605,0
5	Прочие расходы $I_{\text{пр}}$	15097,5
6	Накладные расходы $I_{\text{н}}$	224033,3
Цена проекта $K_{\text{пр}}$, руб		390106,1

7.3 Смета затрат на электрооборудование

Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха приведена в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Единицы измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	2	3	4	5	6	7	8
1	КТП 1000/10 × 2	шт	4	320,50	64,10	1282,00	256,40
2	ПР11-7123-21УЗ	шт	7	15,40	3,08	107,80	21,56
	ЯОУ 85-01	шт	6	3,10	0,62	18,60	3,72
3	Автомат ВА74 – 45	шт	7	4,95	0,99	34,65	6,93
	Автомат ВА74 – 40	шт	3	3,30	0,66	9,90	1,98
	Автомат ВА51 – 29	шт	7	1,24	0,25	8,68	1,74
	Автомат ВА13 – 29	шт	53	0,40	0,08	21,20	4,24

Окончание таблицы 7.6

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Кабель АВВГ-4 × 4	км	0,130	12,60	2,52	1,64	0,33
	Кабель АВВГ-4 × 6	км	0,121	16,20	3,24	1,96	0,39
	Кабель АВВГ-4 × 10	км	0,138	25,80	5,16	3,57	0,71
	Кабель АВВГ-4 × 16	км	0,067	37,00	7,40	2,48	0,50
	Кабель АВВГ-4 × 25	км	0,044	55,32	11,06	2,43	0,49
	Кабель АВВГ-4 × 35	км	0,010	75,10	15,02	0,75	0,15
	Кабель АВВГ-4 × 50	км	0,087	100,00	20,00	8,70	1,74
	Кабель АВВГ-4 × 70	км	0,032	147,00	29,40	4,70	0,94
	Кабель АВВГ-4 × 95	км	0,084	200,00	40,00	16,80	3,36
	Кабель АВВГ-4 × 120	км	0,004	242,74	48,55	0,97	0,19
	Кабель АВВГ-4 × 150	км	0,214	297,69	59,54	63,71	12,74
	Кабель АВВГ-4 × 185	км	0,110	359,47	71,89	39,54	7,91
	Провод АПВ-2 × 2,5	км	1,645	1,67	0,33	2,75	0,55
Итого по цеху, тыс. руб						1632,83	326,57

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

Таблица 7.7 – Определение суммарных приведенных затрат на установку высоковольтного оборудования

Тр-тор	Сечение мм ²	К _{лэп} , руб	К _{об} , руб	К _{тр} , руб	С _{пот} , руб/год	С _{ам} , руб/год	С _{обсл} , руб/год	З, руб/год
ТМН-6300/35	АС 120/19	3358656,0	2099160,0	8139600,0	168516,8	1021862,5	630956,1	4307931,8
ТМН-10000/35	АС 150/24	3358656,0	2099160,0	8568000,0	184846,5	1050565,3	656231,7	4460921,1

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

Технико-экономическое сравнение вариантов схемы внешнего электроснабжения было выполнено в пунктах 3.8-3.9. Результаты технико-экономического сравнения и выбор оптимального варианта приведены в таблице 3.10.

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	22
<i>Консульт.</i>		<i>Амелькович Ю.А.</i>				<i>НИТПУ ИнЭО Группа 3-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9301	Русанов Анатолий Юрьевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПП
Уровень образования		Направление/специальность	140211.65 Электроснабжение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Электроснабжение участка эмалирования АО "Сибкабель"
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты). 	<p>ГОСТ 12.0.003-74. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Анализ вредных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение показателей микроклимата; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 3. Повышенный уровень вибрации; 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений; 5. Недостаточная освещенность рабочей зоны. Расчет искусственного освещения. <p>Анализ опасных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; 2. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Мероприятия по экологической безопасности регламентируются ГОСТ 17.1.3.13-86. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений», СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» ГН 2.2.5.2308-07. «Ориентировочная безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».</p> <p>В целях общего улучшения состояния окружающей среды мероприятиями по обеспечению благоприятных условий жизни населения предусматривается:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Озеленение и благоустройство территории

	<p>предприятия</p> <p>2. Содержание дорог, тротуаров и прилегающих озелененных территорий в соответствии с санитарными требованиями;</p> <p>3. Ликвидация несанкционированных свалок отходов;</p> <p>4. Создание и обустройство санитарно-защитной зоны предприятия</p>
<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>1. ЧС. Основные причины и ликвидация последствий;</p> <p>2. Пожар.</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>Грамотная социальная политика - ключ к успеху предприятия, ведь эффективность работы напрямую зависит от эмоционального комфорта и позитивного настроения коллектива. Трудовой кодекс РФ, ст. 165 «Случаи предоставления гарантий и компенсаций».</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9301	Русанов А.Ю.		

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данном разделе дипломной работы на тему: "Проектирование системы электроснабжения участка эмалирования АО Сибкабель г. Томск" рассмотрена "Социальная ответственность" при проектировании системы электроснабжения участка эмалирования, перед персоналом, на примере электромонтера. Рассмотрены опасные и вредные производственные факторы при выполнении работ электромонтером. В рассматриваемом цехе имеется большое количество оборудования различного назначения (волоочильные машины, вентиляция, кран-балки, станки...). Данное оборудование создает опасные и вредные факторы. Рассмотрены меры для повышения устойчивости к ЧС. Представлен план эвакуации.

Рассмотрена экологическая безопасность, мероприятия по обеспечению экологической безопасности. Сохранение природы является одной из приоритетных задач. Также рассмотрен ряд аспектов по охране окружающей среды.

При разработке мероприятий более детально обращено внимание на расчет системы искусственного освещения цеха. Выявлены возможные причины возникновения пожаров и учтены эффективные меры борьбы с ними. Приведем ряд оборудования для пожаротушения.

Уделено внимание безопасности в чрезвычайных ситуациях и правовым и организационным вопросам обеспечения безопасности.

8.1. Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных производственных факторов, характерные для участка эмалирования представим в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Опасные и вредные производственные факторы при выполнении работ в рассматриваемом цехе

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Виды работ: 1. Техническое обслуживание; 2. Осмотры электрооборудования и электроаппаратуры; 3. Испытания 4. Текущий ремонт и капитальный ремонт электрооборудования и электроаппаратуры Источники факторов: 1. Электрооборудование и электроаппаратура 2. Оборудование различного назначения 3. Кран-балка и др.	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Повышенный уровень электромагнитных излучений; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенный уровень вибрации; 5. Отклонение показателей микроклимата.	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 3. Пожар.	1. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [14] 2. ПУЭ [15] 3. Приказ №328 [16] 4. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ [17] 5. ПОТ Р М-016-2001 [18] 6. РД 153-34.0-03.150-00 [19] 7. ГОСТ 12.2.003-91 [20] 8. СанПиН 2.2.4.548-96 [21] 9. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [22] 10. СНиП 41-01-2003 [23] 11. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ [24] 12. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ [25] 13. СН 2.2.4/2.1.8.556 [26] 14. СанПиН 2.2.4.1191-03 [27] 15. СП 51.13330.2011 [28] 16. ГОСТ 17.1.3.13-86 [29] 17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [30] 18. ГН 2.2.5.2308-07 [31] 19. ГОСТ Р 22.0.07-95 [32] 20. ФЗ № 68-ФЗ [33] 21. ГОСТ Р 22.3.03-94 [34] 22. ФЗ №213-ФЗ [35] 23. РД 153-34.0-03.301-00 [36] 24. ПП №188 [37] 25. ФЗ №426-ФЗ [38] 26. НПБ 105-03[40]

8.1.1 Анализ выявленных вредных факторов

8.1.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Для обеспечения нормальных условий труда персонала немаловажную роль играет микроклимат, т.е. факторы производственной среды, влияющие на физическое и эмоциональное состояние человеческого организма.

Производственные процессы могут сопровождаться выделением вредных газов, паров, пыли или избыточного тепла, вследствие чего воздух в помещении претерпевает некоторые изменения, которые могут вредно отражаться на здоровье работающих.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [21].

Показателями, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для того чтобы физиологические процессы в его организме протекали нормально, тепло должно отводиться в окружающую среду. В условиях у человека не возникает беспокоящих его тепловых ощущений – перегрева или переохлаждения.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцировано для постоянных и непостоянных рабочих мест. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне рассматриваемого цеха, указаны в таблице 8.2 [21].

Таблица 8.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
Теплый	Па (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2

Допустимые макроклиматические 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 на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенные в таблице 8.3 [21].

Таблица 8.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптим. вел.	Диапазон выше оптим. вел.			Для диапазона темпер. воздуха ниже оптим. вел., не более	Для диапазона темпер. воздуха выше оптим. вел., не более
Холодный	Па (175-232)	17-18,9	21,1-23	16-24	15-75	0,1	0,3
Теплый	Па (175-232)	18-19,9	22,1-27	17-28	15-75	0,1	0,4

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 8.4 [21].

Таблица 8.4 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Мероприятия по созданию условий для нормальной терморегуляции организма:

1. Механизация и автоматизация производств.
2. Теплоизоляция и экранизация.
3. Естественная и искусственная вентиляция производственных помещений.
4. Рациональный питьевой режим, кратковременные перерывы в работе, спецодежда.
5. Вентиляция и отопление.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [22] В рассматриваемом цехе используются малоопасные (этанол, керосин, ацетон), умерено опасные (бензин, бутанол, толуол) вредные вещества (ПДК > 10 мг/м³). Основной мерой борьбы с вредными веществами является применение системы вентиляции.

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [23].

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м³/ч. Персонал, непосредственно принимающие участие в технологическом процессе обеспечивается спецодеждой и средствами индивидуальной защиты – респираторами, резиновыми перчатками, надетыми поверх хлопчатобумажных перчаток.

8.1.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

В производственных условиях разнообразные машины, аппараты и механизмы являются агрегатами динамически неуравновешенными. Для рассматриваемого цеха такими аппаратами являются эмальагрегаты, волочильные машины, вентиляция и трансформаторы на трансформаторных подстанциях.

Длительное систематическое воздействие шума на организм человека приводит к следующим негативным последствиям:

- снижает производительность труда;
- снижает чувствительность слуха;
- количество ошибок возрастает;
- нарушает артериальное давление и ритм сердечной деятельности.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления. Для ориентировочной оценки (например, при проверке органами надзора, выявлении необходимости осуществления мер по шумоглушению и др.) допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука значение которого приведено в ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» [24].

Допустимый уровень звукового давления 75 дБ в октавных полосах со среднегеометрической частотой 1000 Гц и уровень звука 80 дБА для участка эмалирования [24].

В механических устройствах часто причинами не допустимого шума являются износ подшипников, неточная сборка деталей при ремонтах и т. п. Поэтому в процессе эксплуатации всех видов машин и механизмов следует точно выполнять все требования Правил технической эксплуатации.

ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. «Средства и методы защиты от шума. Квалификация» [25]. предусматривает следующие меры для снижения уровня шума:

1. Устройство кратковременных перерывов в работе.
2. Установка в помещениях звукопоглощающих конструкций и экранов.
3. Качественное изготовление деталей станков и машин.
4. Звукоизоляция ограждающих конструкций.
5. Укрытия в кожухи источников шума.
6. Применение средств индивидуальной защиты (беруши, противушумные наушники, шлемофоны и др.).

8.1.1.3. Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием СН 2.2.4/2.1.8.556 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [26].

Физические вибрации характеризуются частотой (Гц, 1/с), амплитудой виброперемещения (м), виброскоростью и виброускорением.

Таблица 8.5 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест

Вид вибрации: Технологическая	Среднегеометрические частоты, Гц.					
	2	4	8	16	32,5	63
Предельно допустимые значения виброскорости, дБ	108	99	93	92	92	92
Предельно допустимые значения виброускорения, дБ	103	100	100	106	112	110

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 установки, виброизоляция, применение динамических виброгасителей, уравнивание, балансировка, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы. Применение средств индивидуальной защиты: рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве.

8.1.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляется по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного поля частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» [27].

Источники электромагнитных полей являются ВЛЭП, кабели, трансформаторы, шинопроводы, устройства защиты и автоматики, и др.

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается. Напряженность магнитного поля в соответствии с предельно допустимым уровнем на рабочем месте не должна превышать 8 кА/м [27].

К основным методам защиты относятся:

- выбор рациональных режимов работы оборудования;
- ограничение места и времени нахождения работающих в ЭМП;
- защита расстоянием;
- рациональное размещение в рабочем помещении оборудования;
- уменьшение мощности источника излучений;
- использование поглощающих или отражающих экранов;

Применение средств индивидуальной защиты: специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, очки с латунной сеткой вместо стекла, очки со стеклом, покрытым слоем полупроводникового материала, специальные каски и шлемы.

8.1.1.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

К современному производственному освещению предъявляют высокие требования гигиенического и технико-экономического характера. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое воздействие на рабочих, содействует повышению производительности труда.

Искусственное освещение в производственных помещениях должно удовлетворять нормам СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [28].

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 [28].

В цехе предусмотрено четыре системы освещения: общее, аварийное, эвакуационное и ремонтное. Норма освещенности для рассматриваемого цеха приведена в таблице 8.6 [28].

Таблица 8.6 – Норма освещенности для рассматриваемого цеха

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Наименьший объект различения, мм	Освещённость (комбинированная система), Лк	Освещённость (общая система), Лк
IV	Средней точности	в	0,5-1,0	400	200

Вдоль всех главных коридоров, лестничным клеткам и над пожарным краном, предусмотрены эвакуационные светильники, показывающие выход. Данные светильники оборудованы аккумуляторными батареями и приборами автоматики, так что при исчезновении напряжения в сети, автоматически включаются с помощью собственного источника питания.

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

8.1.1.6 Расчет искусственного освещения

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

$A = 84,0$ м – длина цеха;

$B = 69,0$ м – ширина цеха;

$H = 10,0$ м – высота цеха;

$h_c = 0,5$ м – расстояние от перекрытия до светильников (свес);

$h_p = 0,8$ м – высота от пола до рабочей поверхности;

$\rho_{\text{п}} = 50\%$ – коэффициент отражения потолка для бетонного потолка [39, стр. 9, табл. 7];

$\rho_{\text{ст}} = 30\%$ – коэффициент отражения для бетонных стен с окнами [39, стр. 9, табл. 7].

Высота светильников над полом (высота подвеса)

$$h_{\text{п}} = H - h_c = 10,0 - 0,5 = 9,5 \text{ м.}$$

Расчетная высота (высота светильников над рабочей поверхностью)

$$H_p = h_{\text{п}} - h_p = 9,5 - 0,8 = 8,7 \text{ м.}$$

Интегральный критерий оптимальности расположения люминесцентных светильников с защитной решеткой [39, стр. 6, табл. 4]

$$\lambda = \frac{L}{H_p} = 1,3.$$

Расстояние между соседними рядами светильников

$$L = \lambda \cdot H_p = 1,3 \cdot 8,7 = 11,3 \text{ м.}$$

Рекомендуемое расстояние от крайних рядов светильников до стены

$$L_{\text{рек}} = \frac{L}{3} = \frac{11,3}{3} = 3,8 \text{ м.}$$

Таким образом, принимаем число рядов светильников $m = 6$ шт.

Число светильников в каждом ряду 44 шт.

Общее количество светильников $N = 264$ шт.

Общее количество ламп $n = 2 \cdot N = 528$ шт.

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

$$L = \frac{B - L \cdot (m - 1)}{2} = \frac{69,0 - 11,3 \cdot (6 - 1)}{2} = 6,2 \text{ м.}$$

Индекс помещения

$$i = \frac{F_{\text{ц}}}{H_{\text{р}} \cdot (A + B)} = \frac{5796,0}{8,7 \cdot (84,0 + 69,0)} = 4,4,$$

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

Коэффициент использования [39, стр. 11, табл. 8]

$$\eta = 0,65.$$

Необходимый световой поток ламп в каждом ряду

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_{\text{з}} \cdot F_{\text{ц}} \cdot Z}{\eta \cdot n} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 5796 \cdot 1,1}{0,65 \cdot 528} = 5573,1 \text{ Лм,}$$

где $E_{\text{н}}$ – нормируемое значение минимальной освещенности (разряд IV, подразряд "в"), лк [39, стр. 7, табл. 5];

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (ИС, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли [39, стр. 9, табл. 6];

$Z = E_{\text{ср}} / E_{\text{мин}}$ – коэффициент, характеризующий неравномерность освещения (для люминесцентных ламп) [39, стр. 8].

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

Принимаем люминесцентные лампы типа ЛБ-80. Мощность принятых ламп $P_{\text{ном}} = 80$ Вт. Световой поток принятых ламп $\Phi_{\text{л.станд}} = 5400$ Лм. [39, стр. 9, табл. 6].

$$\begin{aligned} -10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\% \\ -10\% \leq -3,2\% \leq +20\%, \end{aligned}$$

проверка выполняется.

Электрическая мощность осветительной установки

$$P_0 = n \cdot P_{\text{ном}} = 528 \cdot 80 = 42240 \text{ Вт.}$$

В рассматриваемом цехе был произведен расчет искусственного освещения с применением люминесцентных ламп. План размещения светильников приведен на рисунке 8.1.

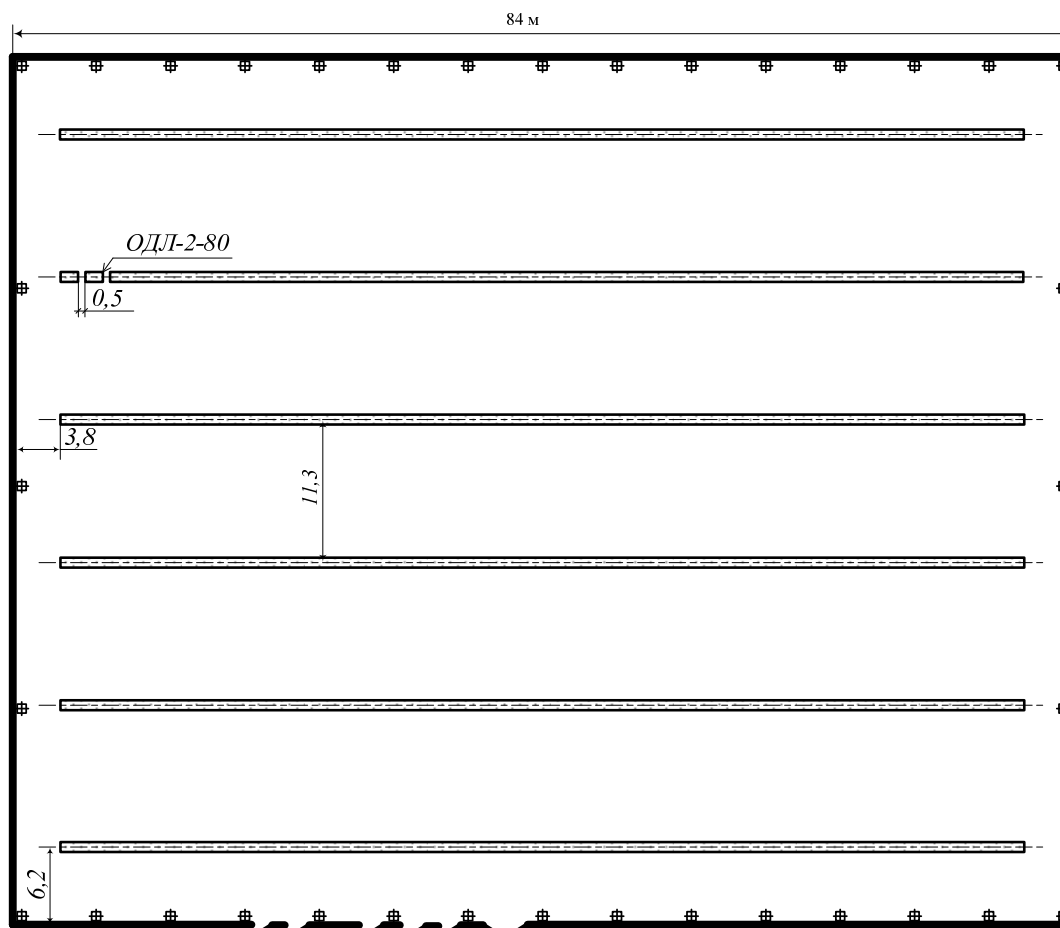


Рисунок 8.1 – План размещения светильников

8.1.2 Анализ выявленных опасных факторов

8.1.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Настоящий стандарт ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [14] устанавливает предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, предназначенные для проектирования способов и средств защиты людей, при взаимодействии их с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, ПУЭ [15], Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328 н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» [16].

В отношении опасности поражения электрическим током рассматриваемый цех относится к помещению с повышенной опасностью. В цехе отсутствует токопроводящая пыль 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 [15].

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам [14].

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 8.7 [14].

Таблица 8.7 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	U, В	I, mA
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Основные факторы, определяющие опасность поражения электрическим током:

- электрическое сопротивление тела человека;
- величина напряжения и тока;
- продолжительность воздействия электрического тока;
- условия внешней среды и состояние человека;
- род и частота электрического тока;
- пути тока через тело человека.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью не должны превышать значений, указанных в таблице 8.8 [14].

Таблица 8.8 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t, с							
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	Св.1,0
Переменный 50 Гц	U, В	340	135	105	85	75	70	60	20
	I, mA	400	160	125	90	75	65	50	6
Переменный 400 Гц	U, В	500	330	200	140	130	110	100	36
	I, mA								8
Постоянный	U, В	500	350	250	230	220	210	200	40
	I, mA								15

Защиту человека от воздействия напряжений прикосновения и токов обеспечивают конструкция электроустановок, технические способы и средства защиты, организационные и технические мероприятия по ГОСТ Р 12.1.019-2009 [17].

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства [16]:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;

- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);
- изоляцию рабочего места;
- малое напряжение;
- защитное отключение;
- предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы [16]:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциала;
- систему защитных проводов;
- защитное отключение;
- изоляцию нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- компенсация токов замыкания на землю;
- средства индивидуальной защиты.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Трансформаторную подстанцию, питающую цех, необходимо обеспечить защитными средствами.

1. Для работы с электроустановками выше 1000 В применяются [16].

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 тросы, канаты, корзины телескопических вышек, кабины для работы у провода и др.).

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 [16]:

Основные защитные средства:

- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- диэлектрические перчатки;
- слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

Дополнительные защитные средства:

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

Каждая подстанция должна иметь комплект предупредительных плакатов.

На рабочем месте дежурного персонала находится полный комплект рабочих инструкций и инструкций по технике безопасности [16]:

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 [16].

8.1.2.2 Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются ПОТ Р М-016-2001 [18]; РД 153-34.0-03.150-00 «Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» [19].

Правила распространяются на работников организаций независимо от форм собственности и организационно-правовых форм и других физических лиц, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения [19].

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 [19].

Настоящий стандарт ГОСТ 12.2.003-91 [20] распространяется на производственное оборудование, применяемое во всех отраслях народного хозяйства, и устанавливает общие требования безопасности, являющиеся основой для установления требований безопасности в стандартах, технических условиях, эксплуатационных и других конструкторских документах на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).

Каждый технологический комплекс и автономно используемое производственное оборудование должны укомплектовываться эксплуатационной документацией, содержащей требования (правила), предотвращающие возникновение опасных ситуаций при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации [20].

Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также создавать пожаровзрывоопасные ситуации [20].

Части производственного оборудования (в том числе трубопроводы гидро-, паро-, пневмосистем, предохранительные клапаны, кабели и др.), механическое повреждение которых может вызвать возникновение опасности, должны быть защищены ограждениями или расположены так, чтобы предотвратить их случайное повреждение работающими или средствами технического обслуживания [20].

Полное или частичное прекращение энергоснабжения и последующее его восстановление, а также повреждение цепи управления энергоснабжением не должны приводить к возникновению опасных ситуаций, в том числе:

- самопроизвольному пуску при восстановлении энергоснабжения;
- невыполнению уже выданной команды на останов;
- падению и выбрасыванию подвижных частей производственного оборудования и закрепленных на нем предметов (например, заготовок, инструмента и т.д.);
- снижению эффективности защитных устройств.

Требования к средствам защиты, входящим в конструкцию, и сигнальным устройствам [20].

Конструкция средств защиты должна обеспечивать возможность контроля выполнения ими своего назначения до начала и (или) в процессе функционирования производственного оборудования.

Средства защиты должны выполнять свое назначение непрерывно в процессе функционирования производственного оборудования или при возникновении опасной ситуации.

Действие средств защиты не должно прекращаться раньше, чем закончится действие соответствующего опасного или вредного производственного фактора.

Отказ одного из средств защиты или его элемента не должен приводить к прекращению нормального функционирования других средств защиты.

Производственное оборудование, в состав которого входят средства защиты, требующие их включения до начала функционирования производственного

оборудования и (или) выключения после окончания его функционирования, должно иметь устройства, обеспечивающие такую последовательность.

Конструкция и расположение средств защиты не должны ограничивать технологические возможности производственного оборудования и должны обеспечивать удобство эксплуатации и технического обслуживания.

Сигнальные устройства, предупреждающие об опасности, должны быть выполнены и расположены так, чтобы их сигналы были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым угрожает опасность.

Части производственного оборудования, представляющие опасность, должны быть окрашены в сигнальные цвета и обозначены соответствующим знаком безопасности в соответствии с действующими стандартами.

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 сбросов трансформаторного масла при авариях с маслонаполненным оборудованием, на подстанциях предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники.

Мероприятия по экологической безопасности регламентируются ГОСТ 17.1.3.13-86. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений» [29], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [30], ГН 2.2.5.2308-07. «Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [31].

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

Для предприятия устанавливается санитарно-защитная зона в соответствии с санитарной классификацией предприятия, 1000 м [30].

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 обеспечивают вытяжному воздуху то же качество, что и на входе.

В самом цехе 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.

В процессе деятельности цеха предприятия образуются твердые промышленные отходы (металлический лом, стружка). Отходы, которые в дальнейшем могут быть использованы в производстве (чаще всего такими отходами оказывается лом цветных металлов) собираются, складываются и по мере их накопления отправляются на

переработку. Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию, выносятся на свалки. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, может сортироваться и отправляться на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

Сохранение природы является для предприятия одной из приоритетных задач. Регулярно разрабатываются и внедряются новые проекты, позволяющие сберечь окружающую среду. В структуру компании входит отдел экологии с собственными аккредитованными лабораториями, отслеживающими состояние воды и воздуха, как на территории предприятия, так и за его пределами.

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.

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.3.1. Чрезвычайные ситуации. Основные причины и ликвидация последствий

Мероприятия по безопасности и защите населения и территорий регламентируются ГОСТ Р 22.0.07-95 «Безопасность в ЧС. Источники техногенных ЧС. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров» [32], ФЗ от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» [33], ГОСТ Р 22.3.03-94. «Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения» [34].

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. К стихийным бедствиям обычно относят землетрясения, наводнения, селовые потоки, оползни и др. [32].

Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:

- результат стихийных бедствий;
- воздействие внешних природных факторов, приводящие к старению материалов;
- технико-производственные дефекты сооружений;
- нарушение правил эксплуатации сооружений и технологических процессов;
- нарушение правил техники безопасности при ведении работ и во время технологических процессов.

К чрезвычайным ситуациям в рассматриваемом цехе можно отнести нарушения бесперебойности электроснабжения. В случае возникновения выхода из строя одной из двух кабельных линий, электроснабжение цеха будет обеспечивать вторая кабельная линия.

Для повышения устойчивости к ЧС предусмотрены различные меры [33]:

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.

8.3.2 Пожары

Основы противопожарной защиты определяются Федеральным законом от 22.07.2013 г. №213-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [35].

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием горючих изоляционных материалов.

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. Ответственность за соблюдения необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на начальника цеха.

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории НПБ 105-03 «Определение категорий, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1 - В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д).

Рассматриваемый цех относится к категории Б по пожарной опасности помещения производственного и складского назначения.

Пожарная техника в зависимости от назначения и области применения подразделяется на следующие типы [35]:

- 1) первичные средства пожаротушения;
- 2) мобильные средства пожаротушения;
- 3) установки пожаротушения;
- 4) средства пожарной автоматики;
- 5) пожарное оборудование;
- 6) средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре;
- 7) пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный);
- 8) пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Для локализации небольших загораний обслуживающий персонал до прибытия передвижных средств пожаротушения должен использовать первичные средства пожаротушения, находящиеся на пожарных щитах. Первичные средства размещаются вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, в безопасности при пожаре месте, с обеспечением к ним свободного доступа.

В помещении цеха устанавливается пожарный инвентарь, согласно РД 153-34.0-03.301-00 [36] такие первичные средства пожаротушения, как:

- углекислотные огнетушители ОУ-2 и ОУ-5;
- пенные огнетушители ОВП-4;
- ящик с песком;
- ведра;
- лопаты и багор;
- асбест.

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.

На площадках предприятия устанавливаются пожарные щиты, оснащенные первичными средствами пожаротушения.

Запрещение курения в неустановленных местах и производства огневых работ в пожароопасных помещениях.

План эвакуации представлен на рисунке 8.2.

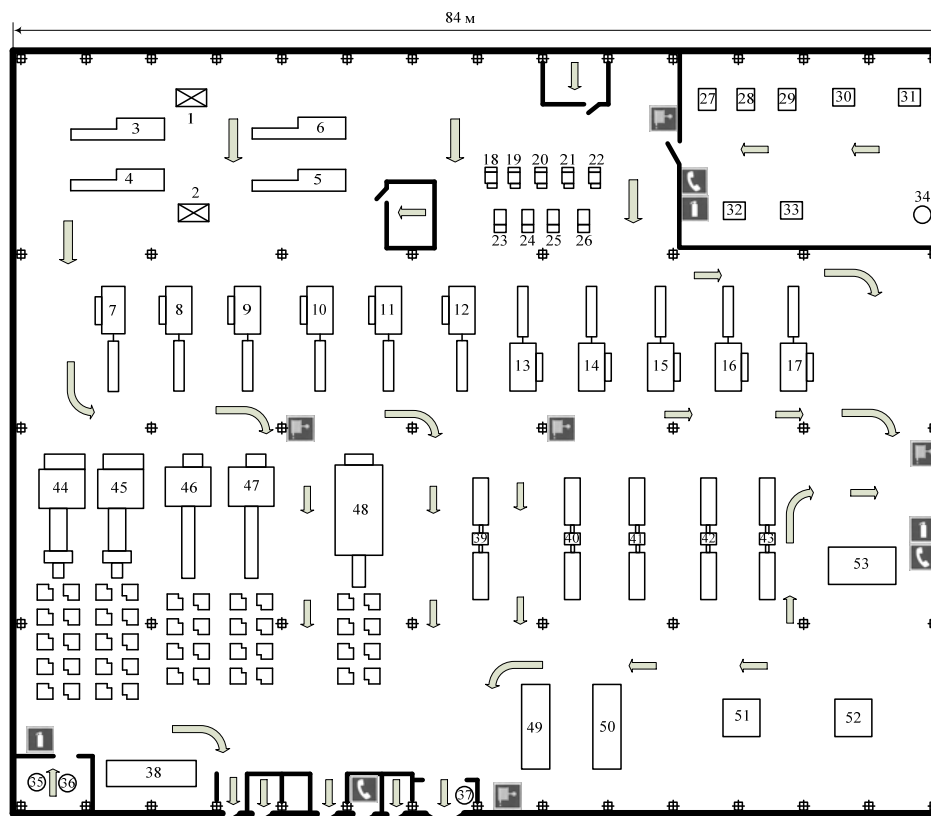


Рисунок 8.2 – План эвакуации

8.4 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). Какие сферы деятельности и специальности связаны с вредными условиями труда, указывается в Федеральном законе 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.

Грамотная социальная политика - ключ к успеху предприятия, ведь эффективность работы напрямую зависит от эмоционального комфорта и позитивного настроения коллектива.

Эффективная социальная политика и ответственные, партнерские отношения со своими работниками, являются важнейшими факторами долгосрочного устойчивого развития компании. Максимальная безопасность производства и

забота о благосостоянии сотрудников были и остаются основными составляющими социальных программ.

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.

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	3
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа З-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

По расчетным нагрузкам цехов была построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия. Со смещением от центра электрических нагрузок в сторону ЛЭП, питающей предприятие, была установлена главная понизительная подстанция предприятия. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора марки ТМН-6300/35. Марка трансформаторов ГПП и напряжение питающих линий было выбрано на основании технико-экономического расчета. На стороне 35 кВ принята схема в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. На стороне 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 1000 кВА, минимальное расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно одиннадцати. С учетом выбранного числа цеховых трансформаторов был произведен расчет и выбор компенсирующих устройств.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполнена трёхжильными кабелями с алюминиевыми жилами, с оболочкой из вулканизированного полиэтилена, бронированного, с наружным покровом из поливинилхлоридного шланга марки АВБШв, с прокладкой по эстакадам.

Следующим этапом было осуществление электроснабжения цеха. Электроприёмники цеха запитываются от распределительных шкафов четырехжильными кабелями с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией марки АВВГ, с прокладкой по лоткам. Защита электроприемников и кабельных линий осуществляется автоматическими выключателями марки ВА.

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

Кроме того была рассмотрена релейная защита синхронного двигателя. Рассчитанная защита достаточно чувствительна и может быть рекомендована к установке.

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

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

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

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			Список использованных источников	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	4
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа 3-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Утв.</i>								

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
2. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра, Томск, ТПУ, 2001.
4. Барченко Т.Н., Закиров Р.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту, Томск, ТПИ, 1988.
5. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
6. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
7. Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособ. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978.
8. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособ. – ФОРУМ:ИНФРА-М, 2006.
10. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие /А.В. Кабышев. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006
11. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - 178 с.
12. Копьев В.Н. Релейная защита основного электрооборудования электростанций и подстанций. Вопросы проектирования: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп.– Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. - 107 с.
13. Борисова Л.М., Гершанович Е.А. Экономика энергетики: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006.
14. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
15. Правила устройства электроустановок – 7-е изд. Сибирское университетское издательство, 2011 г.

16. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328 н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»
17. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
18. ПОТ Р М-016-2001. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
19. РД 153-34.0-03.150-00 «Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»
20. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
21. СанПиН 2.2.4.584-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
22. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
23. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
24. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности»
25. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. «Средства и методы защиты от шума.
26. СН 2.2.4/2.1.8.556 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»
27. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»
28. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»
29. ГОСТ 17.1.3.13-86. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений»
30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»
31. ГН 2.2.5.2308-07. «Ориентировочна безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»
32. ГОСТ Р 22.0.07-95 «Безопасность в ЧС. Источники техногенных ЧС. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров»
33. ФЗ от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера»
34. ГОСТ Р 22.3.03-94. «Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения»
35. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №213-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

36. РД 153-34.0-03.301-00. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.
37. Постановление 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»
38. Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «Об специальной оценке условий труда»
39. О.Б. Назаренко, А.Г. Дашковский. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2001.
40. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

ДП-ФЮРА.3710000.181.ПЗ

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Русанов А.Ю.</i>			<i>Приложения</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Плотников И.А.</i>					1	8
<i>Консульт.</i>						<i>НИТПУ ИнЭО Группа З-9301/43</i>		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Уте.</i>								