

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Энергетический  
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Электроснабжение домостроительной компании</b>

УДК 621.31.031:69.059

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A16	Бухаров Ильдар Гумарович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев Игорь Олегович	Кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	Кандидат технических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	Кандидат технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Энергетический \_\_\_\_\_

Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника \_\_\_\_\_

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ В.М. Завьялов  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**  
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A16	Бухаров Ильдар Гумарович

Тема работы:

<b>Электроснабжение домостроительной компании</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	ИнЭО от 27.04.2016г. №3236/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	июнь 2016
--	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	а) ген.план с нанесением путей внутризаводского транспорта и размещением производственно–вспомогательных цехов и подсобных помещений; б) сведения об электрических нагрузках цеха; в) план цеха; г) сведения об электрических нагрузках предприятия.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Введение; Описание предприятия; Картограмма и определение центра электрических нагрузок; Схема внешнего и внутривыпускного электроснабжения; Внутризаводская распределительная сеть 10 кВ; Расчет токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В; Выбор высоковольтного оборудования; Электроснабжение цеха полимеризации; Расчет электрической сети по потере напряжения; Расчет токов короткого замыкания в сетях ниже 1000 В; Построение карты селективности действия

	защитных аппаратов; Социальная ответственность; Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Заключение.
<b>Перечень графического материала</b>	Однолинейная схема арматурного цеха; Однолинейная схема внешнего электроснабжения; Карта селективности действия защитных аппаратов; Эпюра отклонения напряжения; Схема силовой сети арматурного цеха; Генеральный план предприятия с картограммой нагрузок.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, К.Т.Н. Коршунова Л. А.
Социальная ответственность	Доцент, К.Т.Н. Бородин Ю.В.

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев Игорь Олегович	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А16	Бухаров Ильдар Гумарович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 112 с., 22 рис., 30 табл., 36 источников, 6 приложений.

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

Объектом исследования является электрическая часть ОАО "ТДСК".

Цель работы – спроектирование схемы электроснабжения предприятия, выбор оборудования.

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

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

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

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

ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Бухаров И.Г.					
Проверил		Муравлев И.Г.				5	112
Н.контр							
Утв.							
Содержание					НИТПУ ЭПП группа 3-5А16 5		

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОМОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ .....	10
2. РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК .....	13
2.1 Определение расчётной нагрузки арматурного цеха .....	13
2.2 Определение расчетных нагрузок по цехам завода .....	19
3. РАЗМЕЩЕНИЕ ГЛАВНОЙ ПониЗИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ НА ГЕНЕРАЛЬНОМ ПЛАНЕ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	23
4. ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ЦЕХОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....	27
4.1 Выбор оптимального числа и мощности трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций.....	27
4.2 Определение мощности батарей конденсаторов в сетях ниже 1 кВ .....	30
4.3 Определение мощности батарей конденсаторов в сетях выше 1 кВ.....	32
4.4 Выбор рационального напряжения внешнего электроснабжения предприятия.....	33
4.5 Расчет потерь мощности в трансформаторах .....	35
5. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГПП.....	38
5.1 Схема и конструктивное исполнение ГПП .....	38
5.2 Выбор мощности трансформаторов ГПП.....	38
5.3 Выбор сечения линии, питающей ГПП .....	40
6. СХЕМА ВНУТРИЗАВОДСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 10 кВ	43
7. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ СЕТИ ВЫШЕ 1000 В .....	46
8 ВЫБОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ.....	53
8.1 Выбор высоковольтных выключателей.....	53
8.2 Выбор трансформаторов тока.....	54
8.3 Выбор трансформаторов напряжения.....	56
9. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЦЕХА.....	58
9.1 Выбор сечений проводников и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В .....	59
9.2 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В .....	63
9.3 Расчет электрической сети по потере напряжения.....	65
9.3.1 Расчет максимального режима: .....	66
9.3.2 Расчет минимального режима: .....	68
9.3.3 Расчет послеаварийного режима: .....	70
9.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты .....	73
9.5 Расчёт заземляющих устройств.....	75
10. МОЛНИЕЗАЩИТА ГПП .....	79
10.1 Общие сведения .....	79
10.2 Выбор высоты молниеотводов .....	79
10.3 Определения границ зоны защиты.....	81

10.4. Определение надежности защиты подстанции от прямых ударов молний.....	82
10.5. Расчет заземления молниеотводов.....	83
11. ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	87
11.1 Общие сведения .....	87
11.2 Смета на проектирование.....	90
11.3 Формирование вариантов решения.....	92
11.4 Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха .....	93
12. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	95
12.1 Введение.....	95
12.2 Производственная безопасность .....	96
12.2 Экологическая безопасность.....	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	109
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	111
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ДП-ФЮРА.371000.004.Э1 Схема главной понизительной подстанции	
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ДП-ФЮРА.371000.004.Э2 Схема расположения ГПП и цеховых ТП	
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ДП-ФЮРА.3710000.004.Э3 Генплан предприятия с картограммой нагрузок; схема силовой сети арматурного цеха; распределение приемников по пунктам питания	
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 ДП-ФЮРА.3710000.004.Э4 Принципиальная однолинейная схема питания силовой сети цеха	
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 ДП-ФЮРА.3710000.004.Э5 Карта селективности защитных аппаратов; эпюра отклонения напряжения	
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 ДП-ФЮРА.3710000.004.Э6 Молниезащита ГПП	

## ВВЕДЕНИЕ

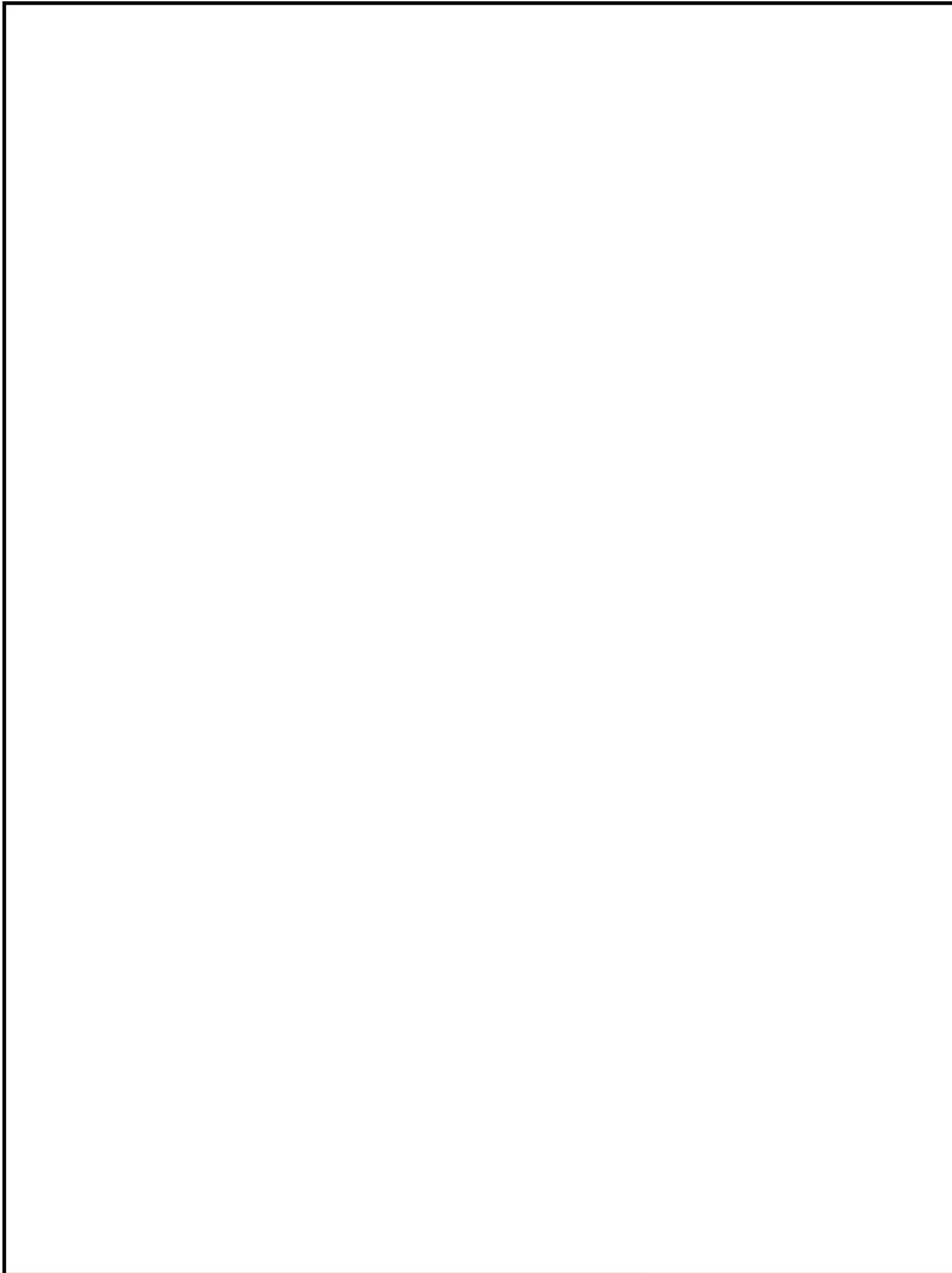
Как известно, научно-технический прогресс сочетается с широким внедрением в производство средств автоматизации и электромеханизации, так как электрификация является основным стержнем экономики, ибо она играет ведущую роль в развитии всех отраслей производства. При этом предусматривается опережающее развитие электроэнергетики по сравнению с другими отраслями производства при неуклонном росте единичной мощности агрегатов электростанций.

В дипломном проекте необходимо произвести расчет электроснабжения арматурного цеха домостроительной компании ОАО «ТДСК».

ТДСК считается крупнейшим производителем жилья в г. Томске. Направлениями деятельности компании являются: проектирование, производство стройматериалов и конструкций, строительство, обеспечение телекоммуникационными услугами и последующее обслуживание сданного в эксплуатацию жилья.

Целями дипломного проекта являются:

1. Определить расчет нагрузки арматурного цеха.
2. Выполнить расчетные нагрузки по цехам завода.
3. Для определения местоположения ГПП на предприятии, построить картограмму электрических нагрузок.
4. Рассчитать схему внутреннего электроснабжения, необходимо выбрать число и мощность цеховых ТП и проводники для их соединения и питания, потери в цеховых трансформаторных подстанциях и кабельных линиях.
5. Произвести расчет компенсации реактивной мощности.
6. Разработать схему внешнего электроснабжения. В расчете производится определение напряжения питающей сети, сечения проводов и мощности трансформаторов главной понизительной подстанции. Это необходимо для надежности электроснабжения, то есть питающая линия – двухцепная, а главная понизительная подстанция представляет собой двух-трансформаторную подстанцию.
7. Рассчитать токи коротких замыканий в сети выше 1000В для контроля выбора сечения проводников и устройств защиты цеховых трансформаторных подстанций.
8. Выполнить разработку сети до 1000В и рассчитать токи короткого замыкания в сети ниже 1000В, выбрать аппараты защиты, спроектировать карту селективности действия защитных аппаратов. Построить эпюры отклонения напряжения от ГПП до наиболее удаленного электроприемника.



					<b>ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Бухаров И.Г.</i>			<b>Задание на проектирование электроснабжения арматурного цеха домо-строительной компании</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		<i>Муравлев И.О.</i>					9	112
<i>Н.контр</i>					<b>НИТПУ ЭПП 9 Группа 3-5А16</b>			
<i>Утв.</i>								

# 1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОМОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

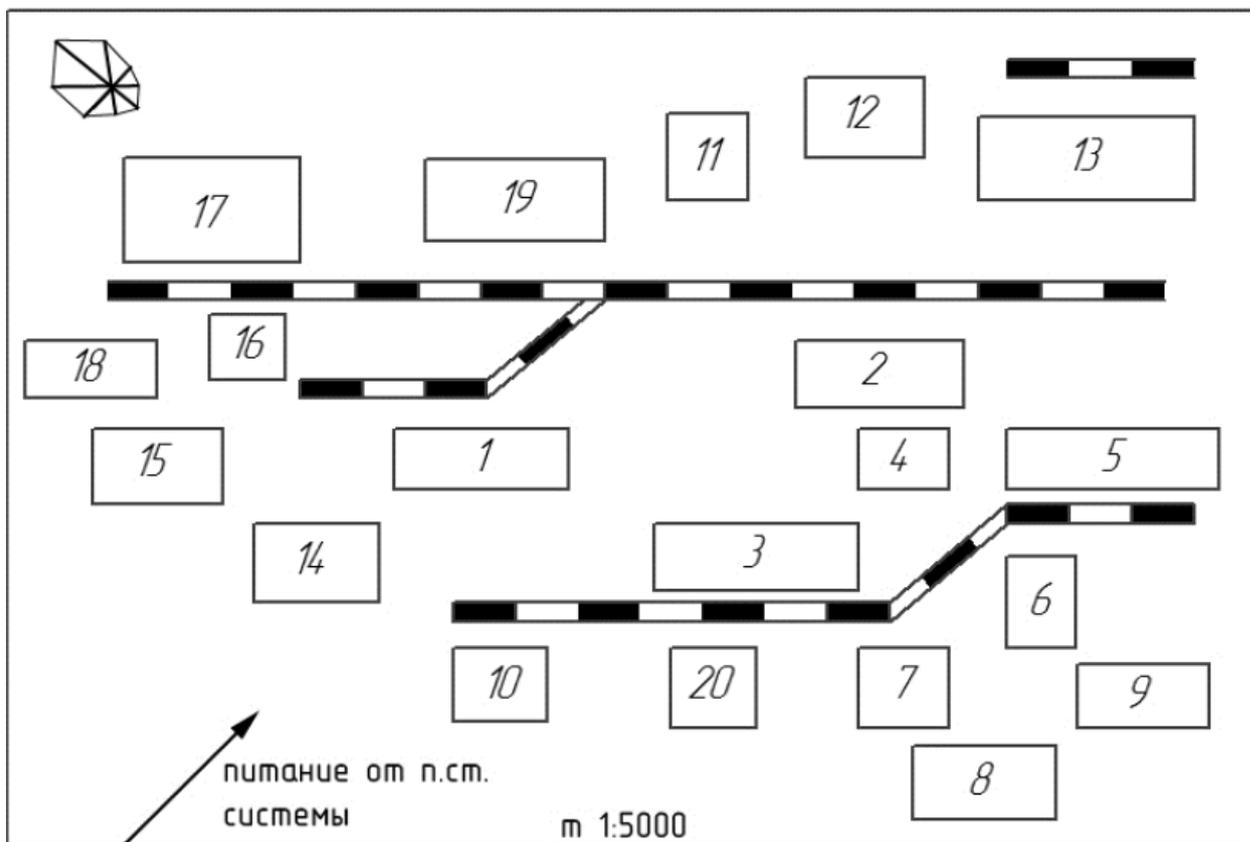
Исходные данные на проектирование

Таблица 1.1 - Ведомость электрических нагрузок по цехам

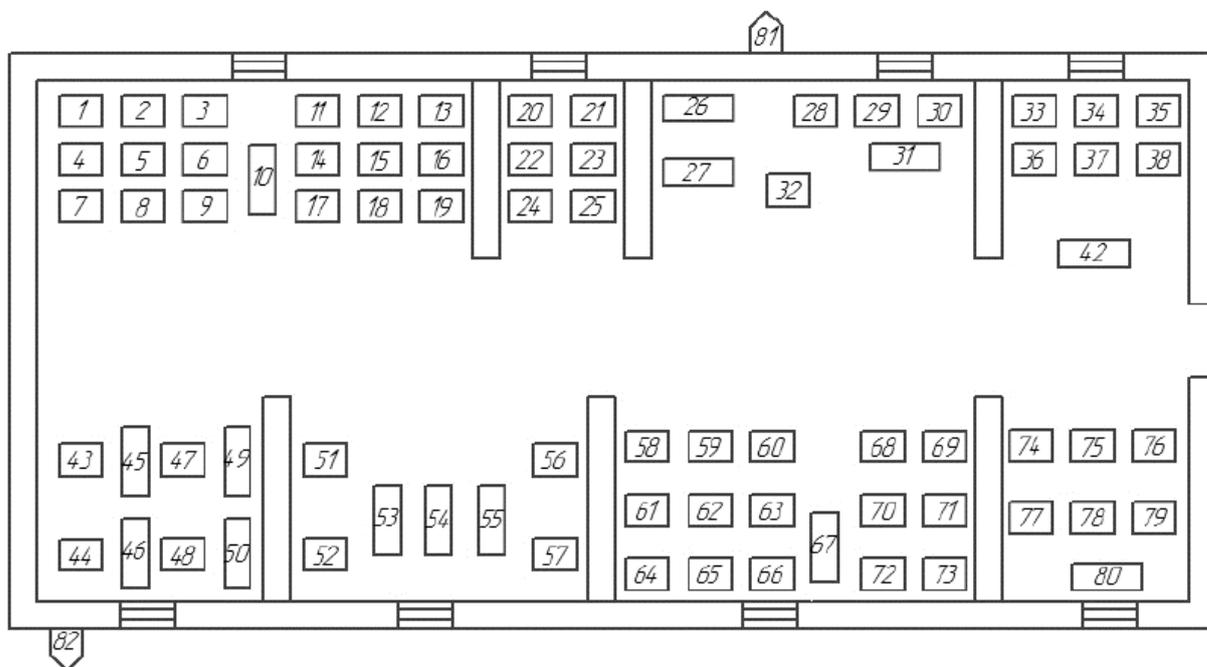
№ п/п	Наименование цеха	Категории	Р <sub>н</sub> , кВт	Кс	cos φ
1	Администрация завода	II	270	0,5	0,7
2	Арматурный цех	II			
3	Площадка для открытых работ	III	300	0,8	0,75
4	Открытое помещение для сварщиков	III	210	0,45	0,70
5	Механический цех	III	1000	0,6	0,79
6	Опалубочный цех	III	200	0,7	0,83
7	Кузница	III	420	0,35	0,75
8	Асфальтобетонный цех	II	1300	0,5	0,75
9	Битумный склад	III	170	0,25	0,60
10	Котельная	III	360	0,5	0,80
11	Электроцех	II	500	0,4	0,75
12	Полигон №2	III	118	0,4	0,65
13	Полигон №3	III	400	0,4	0,65
14	Компрессорная	III	1040	0,75	0,90
15	Дробильный цех №1	III	800	0,5	0,75
16	Инструментальный цех	III	520	0,4	0,75
17	Дробильный цех №2	III	800	0,45	0,75
18	Известняковый цех	III	960	0,5	0,60
19	Цех перегоронок	III	250	0,5	0,60
20	Контора реализации	III	118	0,3	0,80

Таблица 1.2 - Сведения об электрических нагрузках арматурного цеха

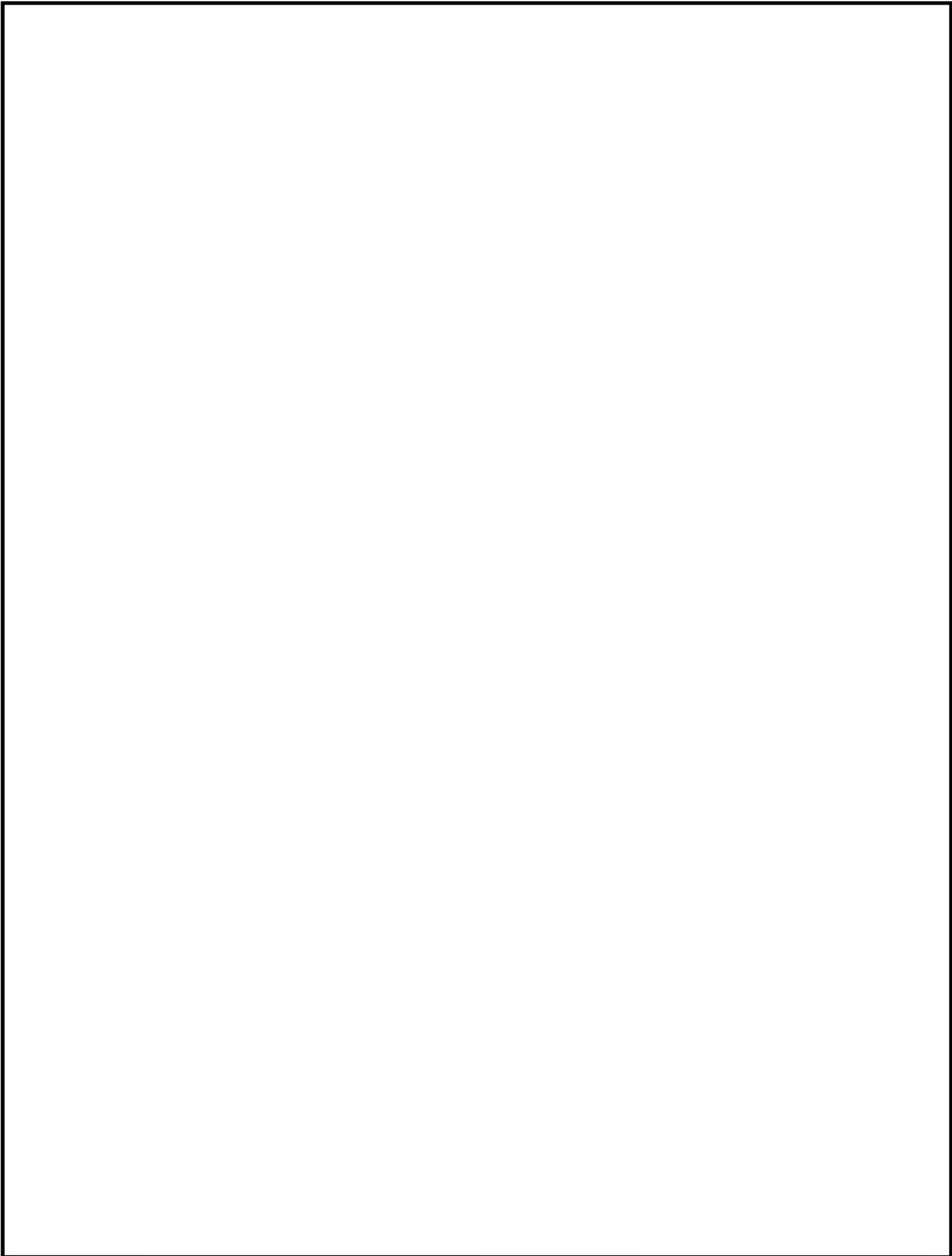
№ на плане	Наименование ЭП	Р <sub>устан</sub> , кВт
1-9,11-19	Станок для гибки петель	20
10,67	Токарно-винторезный	9
20-25	Долбежный станок	18
26,27	Станок для высадки головок	50
28-30	Намоточный станок	8
31	Станок гнутья сеток	12
32	Станок МТМК	120
33-38	Настольно-сверлильный станок	50
42,80	Станок МТМС	200
43,44,47,48	Преобразователь сварочный	50
45,46,49,50	Трансформатор сварочный ПВ=40%	6
51,52,56,57	Станок обрезной с дисковой пилой	10
53-55	Вертикально-сверлильный станок	20
58-66,68-73	Пресс гидравлический	45
74-79	Универсальный-фрезерный станок	3
31,82	Вентилятор	24



*Генплан домостроительной компании*



*Генплан арматурного цеха*



					<b>ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ</b>			
<b>Изм.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>				
Разраб.		Бухаров И.Г.			<b>Расчёт электрических нагрузок</b>	<b>Лит.</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
Проверил		Муравлев И.О.					12	112
						<b>НИТПУ ЭПП Группа 3-5А1612</b>		
Н.контр								
Утв.								

## 2. РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

### 2.1 Определение расчётной нагрузки арматурного цеха

Все электроприемники (ЭП) разбиваем по распределительным пунктам (ПР), то есть ближайшие ЭП и примерно одинаковые по мощности:

В каждом ПР разделяет ЭП на 2 группы:

Группа А:  $K_u < 0,6$

Группа Б:  $K_u \geq 0,6$

Для каждого ПР определяется суммарная номинальная мощность, приведенная к продолжительности включения (ПВ=100%)

$$P_{\text{ном}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i}$$

Для длительного режима работы

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{ном}};$$

Коэффициент использования ( $K_u$ ),  $\cos \varphi$ ,  $\tan \varphi$  для каждого ЭП или группы ЭП определяется по справочным данным.

Средние активная и реактивная нагрузки за максимально загруженную смену:

$$P_{\text{см}} = K_u \cdot P_{\text{ном}};$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \tan \varphi.$$

Для каждой группы ЭП подводится итог по среднесменной активной и реактивной нагрузке для всей группы.

Средневзвешенный коэффициент использования группы определяется как:

$$K_{u\text{-ср}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{ном}}},$$

где  $\sum P_{\text{см}}$  - суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;

$\sum P_{\text{ном}}$  - суммарная установленная мощность группы ЭП.

Эффективное число ЭП ( $n_э$ ) – это такое число однородных по режиму работы и мощности ЭП которое создает ту же самую величину расчетной нагрузки, что и группа фактических ЭП разных по режиму работы и мощности.

Упрощенные способы, определения  $n_э$  в зависимости от условий

$$1) m \leq 3 \Rightarrow n_э = n_\phi \quad m = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{max}}}{P_{\text{ном}}^{\text{min}}},$$

где  $m$ - коэффициент силовой сборки в группе;

$P_{\text{ном}}^{\text{max}}$  - мощность самого мощного электроприемника в группе;

$P_{\text{ном}}^{\text{min}}$  - мощность электроприемника в группе имеющего минимальную мощность.

$$2) m > 3, K_u \geq 0,2, \text{ тогда } n_3 = \frac{2 \sum P_{\text{ном},i}}{P_{\text{ном}}^{\text{max}}};$$

где  $\sum P_{\text{ном},i}$  - сумма номинальных мощностей, приведенных к ПВ100%, всех ЭП группы;

$P_{\text{ном}}^{\text{max}}$  - мощность самого мощного электроприемника в группе;

$$3) m > 3, K_u < 0,2$$

- Определяется наибольший по мощности ЭП, рассматриваемой группы.

- Определяется наиболее мощные ЭП,  $P_{\text{ном}}$  которых равна или больше половины мощности наибольшего ЭП группы.

- Определяется число  $n_1$  и  $\sum P_{\text{ном}1}$  наибольших ЭП группы.

- Определяется число  $n$  и  $\sum P_{\text{ном}}$  всех ЭП группы.

- Находятся значения:  $n_* = \frac{n_1}{n}$  и  $P_* = \frac{P_{\text{ном}1}}{P_{\text{ном}}}$

- По кривым или по таблице [6, стр.12] по  $n_*$  и  $P_*$  определяется  $n_{3*}$ .

$$n_{3*} = \frac{n_3}{n} \Rightarrow n_3 = n_{3*} \cdot n$$

Коэффициент максимума  $K_m = f(n_3, K_u)$  - определяется по таблице [6, стр.21].

Для группы А если  $n_3 \geq 4$ , то расчетная активная и реактивная мощности группы ЭП определяются из выражений:

$$P_p = K_m \cdot P_{cm};$$

$$Q_p = Q_{cm}, \text{ при } n_3 > 10;$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm}, \text{ при } n_3 \leq 10.$$

Если  $n_3 \leq 3$ , то в этом случае мы расчетную мощность ищем не через коэффициент максимума, а коэффициенту загрузки:

$$P_p = \sum (K_{zi} \cdot P_{Hi});$$

где  $K_{zi}$  - коэффициент загрузки (0,75- если ПКР режим работы и 0,9 если продолжительный режим работы)

Реактивная мощность определяется из выражений:

Для длительного режима работы:

$$Q_p = 0,75 P_p;$$

Для повторно кратковременного режима работы:

$$Q_p = P_p;$$

Для группы Б если  $n_\phi \leq 3$ , то расчетная активная и реактивная мощности группы ЭП определяются из выражений:

$$P_p = \sum P_H;$$

Если  $n_\phi > 3$ , то расчетная активная и реактивная мощности группы ЭП определяются из выражений:

$$P_p = \sum P_{CM};$$
$$Q_p = \sum Q_{CM};$$

В последней строке таблицы подводится общий итог по цеху для активной и реактивной нагрузке, общей мощности.

Полная максимальная нагрузка цеха

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

Определение осветительной нагрузки производится по формуле:

$$P_{P.O} = K_{C.O} \cdot P_{H.O};$$

где  $P_{H.O} = P_{уд.О} \cdot F_{ц.} = 4 \cdot 4000 = 16$  (кВт) номинальная осветительная нагрузка;

$P_{уд.О} = 4$  (Вт/м<sup>2</sup>) удельная осветительная плотность нагрузки принимаем согласно с [2, таблица П2.3];

$K_{C.O} = 0,95$  коэффициент спроса осветительной нагрузки принимаем согласно с [2, таблица П2.2];

$F_{ц.} = 4000$  (м<sup>2</sup>) площадь цеха размеры цеха снимаем с генплана, в соответствии с масштабом;

$$P_{P.O} = 0,95 \cdot 16 = 15,2 \text{ (кВт).}$$

$$Q_{P.O} = 0,33 \cdot 15,2 = 5 \text{ (кВт).}$$

Результаты расчета сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчетная нагрузка арматурного цеха

Наименование электроприёмника	Заданная нагрузка, приведённая к длительному режиму						m	Сменная нагрузка			пэ	Км	К'м	Максимальная нагрузка			
	п, шт	Pн, кВт	ΣPн, кВт	Ки	cos φ	tg φ		Pсм, кВт	Qсм, кВар	Sсм, кВ·А				Pр, кВт	Qр, кВар	Sр, кВ·А	Iр, А
<b>ПР1</b>																	
Станок для гибки петель (№ 1-9)	9	20	180	0,14	0,6	1,33		25,2	33,51	41,9							
Токарно-винторезный (№ 10)	1	9	9	0,14	0,6	1,33		1,26	1,675	2,09							
Итого по ПР1	10	9 ÷ 20	189	0,14	-	-	< 3	26,46	35,19	44,02	10	2,16	1,1	57,15	38,71	69,02	104,88
<b>ПР2</b>																	
Станок для гибки петель (№ 11-19)	9	20	180	0,14	0,6	1,73		25,2	43,59	50,35							
Итого по ПР2	9	20	180	0,14	-	-	< 3	25,2	43,59	50,35	9	2,27	1,1	57,2	47,95	74,64	113,41
<b>ПР3, гр.А</b>																	
Долбежный станок (№ 20-25)	6	18	108	0,16	0,6	1,33		17,28	22,98	28,75							
Итого по гр. А и ПР3	6	18	108	0,16	-	-	< 3	17,28	22,98	28,75	6	2,56	1,1	44,23	25,280	50,95	77,41
<b>ПР3, гр.Б</b>																	
Вентилятор (№ 81)	1	24	24	0,8	0,8	0,75		19,2	14,4	24					18		
Итого по группе Б	1	24	24	-	-	-	-	19,2	14,4	24	1	-	—	24	18	30	45,58
Итого по ПР3	7	18 - 24	132					36,48	37,38					68,23	43,280	80,80	122,7
<b>ПР4</b>																	
Станок для высадки головок (№26,27)	2	50	100	0,14	0,6	1,33		14	18,62	23,29							
Намоточный станок (№28-30)	3	8	24	0,2	0,6	1,33		4,8	6,384	7,98							
Станок гнутья сеток (№ 31)	1	12	12	0,2	0,6	1,33		2,4	3,19	3,99							
Итого ПР-4	6	8÷50	136	0,155	-	-	> 3	21,2	28,19	35,27	4	3,11	1,1	65,93	31,01	72,86	110,7
<b>ПР5</b>																	
Настольно-сверлильный станок (№ 33-38)	6	50	300	0,14	0,5	1,73		42	72,66	83,92							
Итого по ПР-5	6	50	300	0,14	0,5	1,73	< 3	42	72,66	83,92	6	2,72	1,1	114,24	79,926	139,42	211,83

<b>ПР6</b>																		
Преобразователь сварочный (№ 43,44,47,48)	4	50	200	0,35	0,45	1,98		70	138,6	155,27								
Трансформатор сварочный Рн=6 кВт, ПВ=40% 9№ 45,46,49,50)	4	3,79	15,16	0,3	0,4	2,29		4,548	10,41	11,36								
Итого по ПР6	8	3,79÷50	215,16	0,346	-	-	> 3	74,54	149,01	166,63	8	1,64	1,1	122,25	163,91	204,48	310,69	
<b>ПР7, гр.А</b>																		
Станок обрезной с дисковой пилой (№ 51,52,56,57)	4	10	40	0,14	0,6	1,33		5,6	7,448	9,31								
Вертикально-сверлильный станок (№ 53-55)	3	20	60	0,14	0,6	1,33		8,4	11,17	13,97								
Итого по гр. А	7	10÷20	100	0,14	-	-	<3	14	18,62	23,29	7	2,56	1,1	35,84	20,482	41,27	62,71	
<b>ПР7, гр.Б</b>																		
Вентилятор (№ 82)	1	24	24	0,8	0,8	0,75		19,2	14,4	24					18			
Итого по группе Б	1	24	24	0,8	0,8	0,75		19,2	14,4	24	1	-	—	24	18	30	45,58	
Итого по ПР7	8	10÷24	124											59,84	38,482	71,14	108,09	
<b>ПР8</b>																		
Пресс гидравлический (№ 58-66)	8	45	360	0,2	0,86	0,59		72	42,48	83,59								
Токарно-винторезный (№ 67)	1	9	9	0,14	0,6	1,33		1,26	1,67	2,09								
Итого по ПР8	9	9÷45	369	0,198	-	-	>3	73,26	44,15	85,69	8	1,99	1,1	145,78	48,571	153,66	233,47	
<b>ПР9</b>																		
Пресс гидравлический (№ 68-73)	6	45	270	0,2	0,86	0,59		54	31,86	62,69								
Универсальный-фрезерный станок	6	3	18	0,14	0,6	1,33		2,52	3,35	4,19								
Итого по ПР9	12	3÷45	288	0,19625	-	-	>3	56,52	35,21	66,89	6	2,3	1,1	129,9	38,73	135,64	206,09	
<b>ПР10 (мощные) ЭП</b>																		
Станок МТМС (№ 42,80)	2	200	400	0,6	0,6	1,3		240	312	393,6					520			

Станок МТМК (№ 32)	1	120	120	0,6	0,6	1,3		72	93,6	118,0				156			
Итого по Мощным ЭП	3	120÷200	520	0,6	-	-	<3	312	405,6	511,7	3			520	676	852,86	1295,83
Освещение с лампами ДРЛ		16	16	0,95	0,35	2,68											
Итого по освещению		16	16	0,95	0,9	0,33								15,2	5,016	16,00	24,31
Итого силовая и освещение			2469,16											1355,8	1211,6	1818,3	2762,7
Итого силовая			2453,16											1340,6	1206,5	1802,32	

## 2.2 Определение расчетных нагрузок по цехам завода

Необходимые данные для расчёта электрических нагрузок методом коэффициента спроса, а именно  $K_c$ ,  $\cos\varphi$ , категории ЭП по степени надёжности электроснабжения указаны в таблице 2.2

Приёмники напряжением выше 1000 В учитываются отдельно. Расчётная активная и реактивная мощности групп приёмников выше 1000 В определяются по ниже приведённым формулам.

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

Расчётная нагрузка (активная и реактивная) силовых приёмников цехов определяются из выражений:

$$P_p = K_c \cdot P_n;$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

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

Расчет осветительной нагрузки идентичен расчету осветительной нагрузки цеха. Но в данном случае плотность нагрузки на единицу площади берется  $10 - 20 \text{ Вт/м}^2$ , а коэффициент спроса по осветительной нагрузке  $K_{co} = 0,3 - 1,0$ , в зависимости от производственного здания.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Расчетные нагрузки по цехам завода

№ на ген. плане	Наименование цеха	Силовая						Осветительная								Силовая + осветительная		
		Рн, кВт	Кс	cos φ	tg φ	Рр, кВт	Qр, кВар	Fc, м2	Руд, Вт/м2	Рн, кВт	Кс	cos φ	tg φ	Рро, кВт	Qро, кВар	Рр+Ро, кВт	Qр+Qро, кВар	Sp, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>0,38 кВ</b>																		
1	Администрация завода	270	0,50	0,70	1,02	135,00	137,73	3675	5,70	20,95	0,90	0,90	0,48	18,85	9,13	153,85	146,86	212,69
2	Арматурный цех	2453,16	-	-	-	1340,65	1206,60	4000	4,00	16,00	0,95	0,35	2,68	15,20	40,68	1355,85	1247,28	1842,29
3	Площадка для открытых работ	300	0,80	0,75	0,88	240,00	211,66	5000	4,50	22,50	0,95	0,35	2,68	21,38	57,21	261,38	268,87	374,98
4	Открытое помещение для сварщиков	210	0,45	0,70	1,02	94,50	96,41	1925	4,50	8,66	0,95	0,35	2,68	8,23	22,03	102,73	118,43	156,78
5	Механический цех	1000	0,60	0,79	0,78	600,00	465,65	5070	4,00	20,28	0,85	0,35	2,68	17,24	46,14	617,24	511,79	801,82
6	Опалубочный цех	200	0,70	0,83	0,67	140,00	94,08	2200	4,00	8,80	0,95	0,35	2,68	8,36	22,37	148,36	116,46	188,61
7	Кузница	420	0,35	0,75	0,88	147,00	129,64	2750	4,75	13,06	0,95	0,35	2,68	12,41	33,21	159,41	162,85	227,89
8	Асфальтобетонный цех	1300	0,50	0,75	0,88	650,00	573,25	3825	4,00	15,30	0,85	0,35	2,68	13,01	34,81	663,01	608,05	899,61
9	Битумный склад	170	0,25	0,60	1,33	42,50	56,67	3200	3,50	11,20	0,60	0,90	0,48	6,72	3,25	49,22	59,92	77,54
10	Котельная	360	0,50	0,80	0,75	180,00	135,00	2475	4,50	11,14	0,95	0,35	2,68	10,58	28,32	190,58	163,32	250,99
11	Электроцех	500	0,40	0,75	0,88	200,00	176,38	2750	4,50	12,38	0,85	0,35	2,68	10,52	28,15	210,52	204,54	293,52
12	Полигон №2	118	0,40	0,65	1,17	47,20	55,18	3500	4,00	14,00	0,95	0,35	2,68	13,30	35,60	60,50	90,78	109,09
13	Полигон №3	400	0,40	0,65	1,17	160,00	187,06	6500	4,00	26,00	0,95	0,35	2,68	24,70	66,11	184,70	253,17	313,38
14	Компрессорная	390	0,75	0,90	0,48	292,50	141,66	3600	4,00	14,40	0,95	0,35	2,68	13,68	36,61	306,18	178,28	354,30
15	Дробильный цех №1 III К	800	0,50	0,75	0,88	400,00	352,77	3600	4,50	16,20	0,85	0,35	2,68	13,77	36,85	413,77	389,62	568,34
16	Инструментальный цех	520	0,40	0,75	0,88	208,00	183,44	1800	4,50	8,10	0,85	0,35	2,68	6,89	18,43	214,89	201,87	294,83

17	Дробильный цех №2	800	0,4 5	0,7 5	0,8 8	360,00	317,49	6825	4,00	27,30	0,9 5	0,3 5	2,6 8	25,94	69,41	385,94	386,90	546,48
18	Известняковый цех	960	0,5 0	0,6 0	1,3 3	480,00	640,00	2625	4,00	10,50	0,8 5	0,3 5	2,6 8	8,93	23,89	488,93	663,89	824,50
19	Цех перегородок	250	0,5 0	0,6 0	1,3 3	125,00	125,00	5350	4,00	21,40	0,8 5	0,3 5	2,6 8	18,19	48,68	143,19	173,68	225,10
20	Контора реализации	118	0,3 0	0,8 0	0,7 5	35,40	35,40	2600	5,70	14,82	0,9 0	0,9 0	0,4 8	13,34	6,46	48,74	41,86	64,25
21	Освещение территории	—	—	—	—	—	—	30668 0	0,05	15,33 4	1	1	0,0 0	15,33	0,00	15,33	0,00	15,33
	Итого по 0,38 кВ	11539,1 6				5877,7 5	5321,0 7	37995 0						281,2 1	667,3 5	6174,30	5988,42	8601,3 4
14	Компрессорная	1040	0,7 5	0,9 0	0,4 8	487,50	234,00									487,50	234,00	540,75
	Итого	12189,1 6				6365,2 5	5555,0 7									6661,80	6222,42	9115,8 1

ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Размещение главной понижительной подстанции на генеральном плане	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					22	112
Н.контр					НИТПУ ЭПП Группа 3-5А			
Утв.								

### 3. РАЗМЕЩЕНИЕ ГЛАВНОЙ ПониЗИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ НА ГЕНЕРАЛЬНОМ ПЛАНЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Для упрощения процедуры определения мест расположения ГПП, РП, а также цеховых ТП, на генплане предприятия изображаем нагрузки цехов в виде картограммы электрических нагрузок. Картограмма представляет собой графическое изображение нагрузок цехов, в виде окружностей, площади которых соответствуют, в выбранном масштабе, расчетным нагрузкам.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяются через выражения

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_1}{\pi \cdot m}},$$

где  $m$ - масштаб, см

$P_1$ - мощность первого цеха, кВт

$$r_1 = \sqrt{\frac{153,85}{\pi \cdot 3}} = 3,5 \text{ мм}$$

Координаты центра активных нагрузок

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

$$x_0 = \frac{520090}{6808,99} = 76,38 \text{ мм}$$

$$y_0 = \frac{318340}{6808,99} = 46,75 \text{ мм}$$

Весовой вклад в общую мощность:

$$P'_i = \frac{P_{P+P_{01}}}{\sum_{i=1}^n (P_P + P_{P,0})};$$

$$P_i = \frac{153,85}{6808,99} = 0,023$$

Определяем зону рассеяния центра электрических нагрузок.

Дисперсия случайных координат

$$\sigma_x^2 = \sum P' (x - x_0)^2,$$

$$\sigma_x^2 = 0,023 \cdot (57 - 76,38)^2 + \dots + 0,007 \cdot (84 - 76,38)^2 = 1636,70$$

$$\sigma = \sqrt{1636,70} = 40,45$$

$$\sigma_y^2 = \sum P' (y - y_0)^2,$$

$$\sigma_y^2 = 0,023 \cdot (47 - 46,75)^2 + \dots + 0,007 \cdot (19 - 46,75)^2 = 422,59$$

$$\sigma = \sqrt{422,59} = 20,55$$

Мера мощности случайной величины

$$h_i = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sigma_i},$$

$$h_x = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 40,45}} = 0,017$$

$$h_y = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 20,55}} = 0,034$$

Радиусы

$$R_i = \frac{\sqrt{3}}{h_i},$$

$$R_x = \frac{1,73}{0,017} = 98,97$$

$$R_y = \frac{1,73}{0,034} = 50,29$$

Осветительная нагрузка

Расчет для первого цеха

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{oi}}{S_{pi}},$$

$$\alpha = \frac{360 \cdot 18,85}{153,85} = 44,11$$

Результаты расчетов для остальных цехов сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Определение центра электрических нагрузок

Наименование цеха	Pp, кВт	x, мм	y, мм	P'	$\sigma_x$	$\sigma_y$	г,мм	$\alpha$ ,град
Администрация завода	153,85	57	47	0,023	8,49	0,00	3,50	44,11
Арматурный цех	1355,85	105	57	0,199	163,07	20,91	10,39	4,04
Площадка для открытых работ	261,38	90	35	0,038	7,12	5,30	4,56	29,44
Открытое помещение для сварщиков	102,73	102	47	0,015	9,90	0,00	2,86	28,84
Механический цех	617,24	132	47	0,091	280,41	0,01	7,01	10,05
Опалубочный цех	148,36	123	30	0,022	47,35	6,12	3,44	20,29
Кузница	159,41	107	19	0,023	21,95	18,03	3,56	28,02
Асфальтобетонный цех	663,01	116	8	0,097	152,83	146,23	7,27	7,06
Битумный склад	49,22	135	18	0,007	24,84	5,98	1,98	49,15
Котельная	190,58	58	19	0,028	9,46	21,56	3,90	19,99
Электроцех	210,52	84	84	0,031	1,79	42,89	4,09	17,99
Полигон №2	60,50	103	89	0,009	6,29	15,86	2,19	79,14
Полигон №3	184,70	129	84	0,027	75,10	37,63	3,83	48,14
Компрессорная 0,38 кв	306,18	37	34	0,045	69,74	7,31	4,94	16,08
Дробильный цех №1	413,77	18	46	0,061	207,13	0,03	5,74	11,98
Инструментальный цех	214,89	28	61	0,032	73,88	6,41	4,14	11,53
Дробильный цех №2	385,94	24	77	0,057	155,53	51,86	5,54	24,19
Известняковый цех	488,93	10	58	0,072	316,43	9,08	6,24	6,57
Цех перегоронок	143,19	61	79	0,021	4,98	21,87	3,38	45,73
Контора реализации	48,74	84	19	0,007	0,42	5,51	1,97	98,52
Компрессорная	487,50	37	34	0,072			3,94	10,10

По результатам вычислений составляется картограмма нагрузок, на которую наносятся расчетные мощности цехов и расчетные мощности освещения.

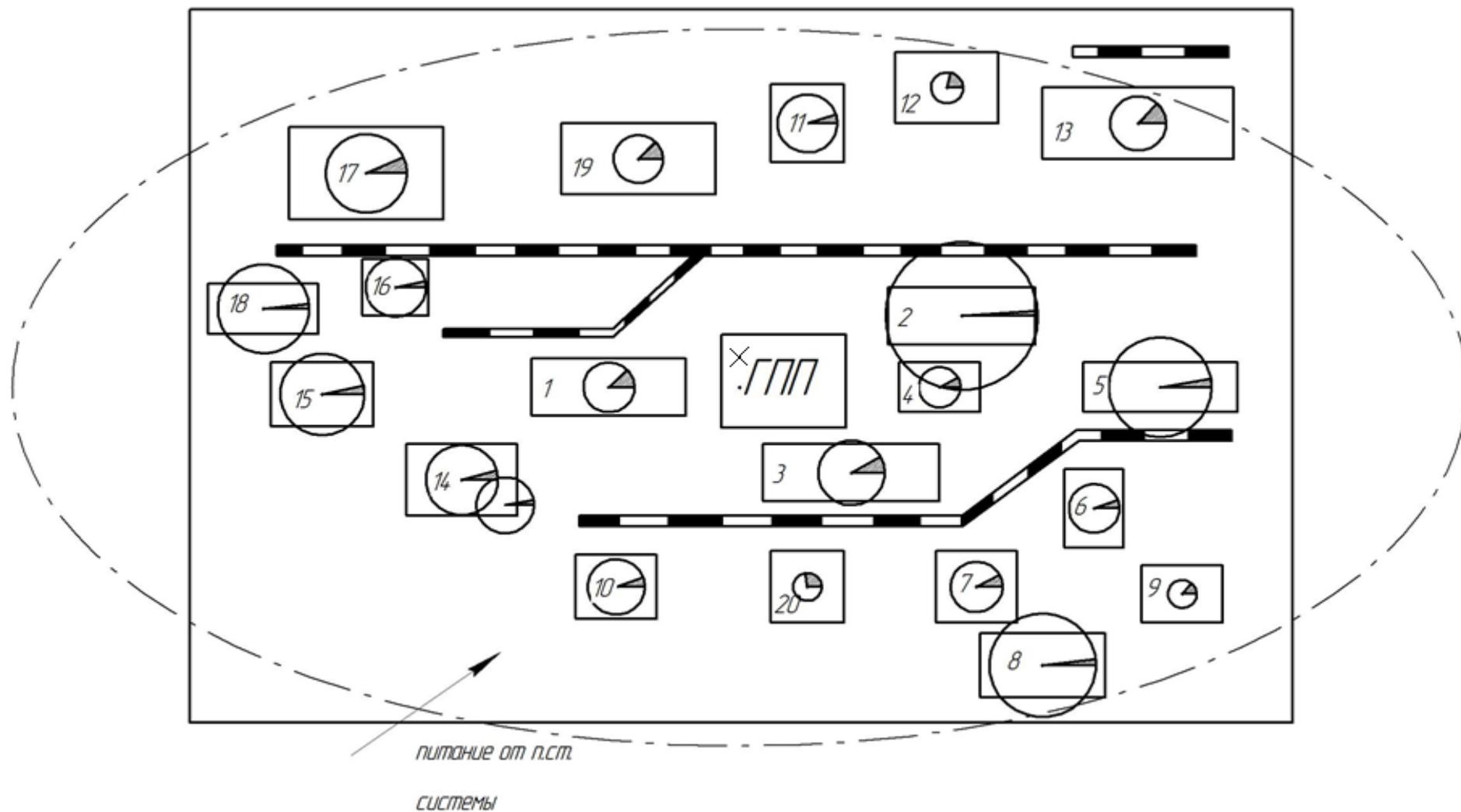


Рисунок 3.1 – Картограмма нагрузок и ЦЭН

*ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ*

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Бухаров И.Г.</i>			<i>Выбор трансформаторных цеховых подстанций</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		<i>Муравлев И.О.</i>					26	112
<i>Н.контр</i>					<i>НИТПУ ЭПП Группа 3-5А1626</i>			
<i>Уте.</i>								

## 4. ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ЦЕХОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

### 4.1 Выбор оптимального числа и мощности трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций

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

Минимальное число трансформаторов цеховых ТП определяется по формуле:

$$N_{\min} = \frac{\Sigma(P_p^u + P_{po})}{\beta_T S_{\text{нтр}}};$$

$\beta_T$  – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме, принимается для II категории 0,7; для III категории 0,9.

$$N_{S_{\text{нтр}} 1000(2,5,8)}^{\min} = \frac{2636,09}{0,7 \cdot 1000} = 3,76 \quad N_{S_{\text{нтр}} 400(1,3,4,6,7,9-20)}^{\min} = \frac{3522,87}{0,9 \cdot 400} = 9,78$$

$$N = N - N_{\min} = 4 - 3,76 = 0,234 \\ m = 0$$

$$N = N - N_{\min} = 10 - 9,78 = 0,214 \\ m = 1$$

$$N_{\text{опт } 1000} = N_{\min} + m = 4 + 0 = \\ = 4 \text{ шт}$$

$$N_{\text{опт } 400} = N_{\min} + m = 10 + 1 = 11 \text{ шт}$$

$$P' = \frac{\Sigma P_{p+po}}{N}; \quad N' = \frac{P_{p+po}}{P'}$$

Расчеты производим в табличной форме, результаты сводим в таблицу 4.1

Таблица 4.1 - Число трансформаторов в цехе

№ п/п	Наименование цеха	$P_p + P_{p.o.}$ , кВт	N тр-ров
1	2	3	4
1	Администрация завода	153,85	0,48
2	Арматурный цех	1355,85	2,01
3	Площадка для открытых работ	261,38	0,82
4	Открытое помещение для сварщиков	102,73	0,32
5	Механический цех	617,24	0,94
6	Опалубочный цех	148,36	0,46
7	Кузница	159,41	0,50
8	Асфальтобетонный цех	663,01	1,01
9	Битумный склад	49,22	0,15
10	Котельная	190,58	0,60
11	Электроцех	210,52	0,66
12	Полигон №2	60,50	0,19
13	Полигон №3	184,70	0,58
14	Компрессорная	306,18	0,96
15	Дробильный цех №1	413,77	1,29
16	Инструментальный цех	214,89	0,67
17	Дробильный цех №2	385,94	1,21
18	Известняковый цех	488,93	1,53
19	Цех перегородок	143,19	0,45
20	Контора реализации	48,74	0,15

Распределение электрических нагрузок по пунктам питания сводим в таблицу 4.2

Таблица 4.2 - Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

№ п/п	Наименование пункта питания	Потребители электроэнергии	Место расположения пункта питания на генплане	Кол-во и мощность тр-ров
1	ТП-1	Цех 1	Цех 1	1 x 400 кВА
2	ТП-2	Цех 14	Цех 14	1 x 400кВА
3	ТП-3	Цех 3,20	Цех 3	1 x 400 кВА
4	ТП-4	Цех 6,7	Цех 7	1 x 400 кВА
5	ТП-5	Цех 5,8,9	Цех 8	2 x 1000 кВА
6	ТП-6	Цех 2	Цех 2	2 x 1000 кВА
7	ТП-7	Цех 4,10	Цех 10	1 x 400 кВА
8	ТП-8	Цех 15,16	Цех 15	2 x 400 кВА
9	ТП-9	Цех 18	Цех 18	1 x 400 кВА
10	ТП-10	Цех 17,18	Цех 17	2 x 400 кВА
11	ТП-11	Цех 1,11,12,13,19	Цех 11	2 x 400 кВА

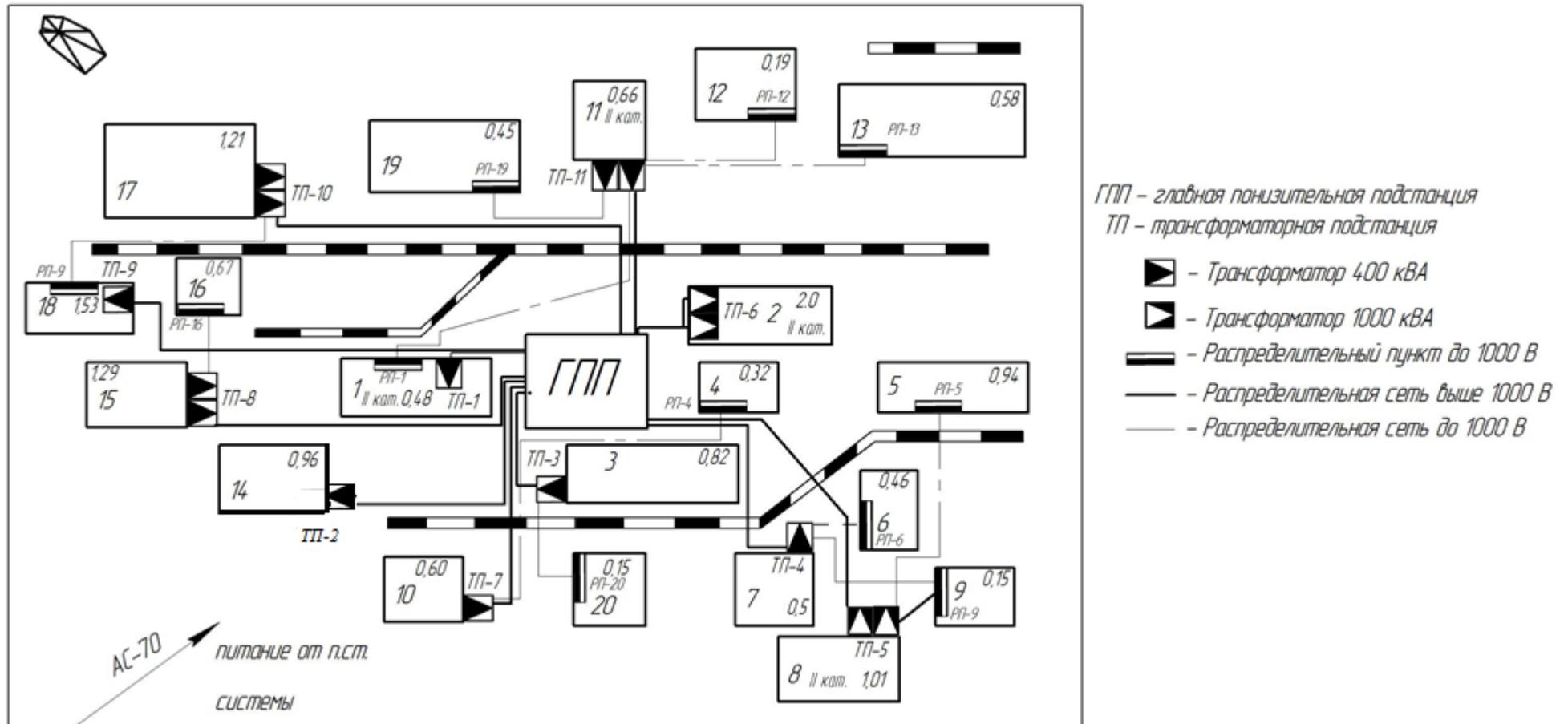


Рисунок 4.1 – Схема расположения ГПП и цеховых ТП

## 4.2 Определение мощности батарей конденсаторов в сетях ниже 1 кВ

Суммарную расчетную мощность конденсаторных батарей низшего напряжения (НБК), устанавливаемых в цеховой сети, определяют расчетами по минимуму приведенных затрат в два этапа:

- выбирают экономически оптимальное число цеховых трансформаторов;
- определяют дополнительную мощность НБК в целях оптимального снижения потерь в трансформаторах и в сети напряжением 6 — 10 кВ предприятия.

Суммарная расчетная мощность батарей ниже 1 кВ:

$$\Delta Q_{БК,Н} = Q_{БК,Н1} + Q_{БК,Н2};$$

где  $Q_{БК,Н1}$  и  $Q_{БК,Н2}$  - суммарные мощности батарей.

Определяем наибольшую реактивную мощность, которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ:

$$\Delta Q_{\max,тр} = \sqrt{(N_{тр,опт} \cdot \beta_{тр} \cdot S_{ном,тр})^2 - P_{расч,н}^2};$$

$$\Delta Q_{\max,тр^{1000}} = \sqrt{(4 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 2636,09^2} = 943,94 \text{ кВар}$$

$$\Delta Q_{\max,тр^{400}} = \sqrt{(11 \cdot 0,9 \cdot 400)^2 - 3522,87^2} = 1808,58 \text{ кВар}$$

Суммарная мощность батарей ниже 1 кВ для данной группы трансформаторов:

$$\Delta Q_{БК,Н1} = Q_{расч,н} - Q_{\max,тр}^{630} - Q_{\max,тр}^{250};$$

$$\Delta Q_{БК,Н1} = 6222,42 - 943,94 - 1808,58 = 3470 \text{ кВар}$$

Дополнительная суммарная мощность БК для данной группы трансформаторов:

$$\Delta Q_{БК,Н2} = Q_{расч,н} - Q_{БК,Н1} - \gamma^{1000} \cdot N_{тр,опт}^{1000} \cdot S_{ном,тр} - \gamma^{400} \cdot N_{тр,опт}^{400} \cdot S_{ном,тр};$$

где  $\gamma$  - расчетный коэффициент, определяется в зависимости от показателей  $Kp_1$  и  $Kp_2$ .

$$Kp_1 = 15 \quad Kp_2^{1000} = 27 \quad Kp_2^{400} = 17$$

$$\gamma^{1000} = 0,22 \quad \gamma^{400} = 0,3$$

$$\Delta Q_{БК,Н2} = 6222,42 - 3470 - (0,22 \cdot 4 \cdot 1000 + 0,3 \cdot 11 \cdot 400) = 552,42 \text{ кВар};$$

Определяем суммарную мощность батарей:

$$\Delta Q_{БК,Н} = 4022,42 \text{ кВар};$$

Таблица 4.3 - Расстановка конденсаторных батарей в сети 0,4 кВ

№ п/п	Наименование	Выбранный ИП	$Q_{\max,гр}$ , кВАр	$P_{р,гр}$ , кВт	$Q_{р,гр}$ , кВАр	Батареи	$Q_{\text{бат нн}}$ , кВАр	$Q_{\text{бат нн гр}}$ , кВАр	$\beta_{тр н}$	$\beta_{тр ав}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Администрация завода	1x400	204,12	191,66	198,80	УКМ 58-04-III-33,3УЗ	132,39	133	0,5	
2	Арматурный цех	2x1000	471,95	1318,05	1247,28	УКМ 58-04-603-67УЗ УКМ 58-04-III-33,3УЗ УКМ 58-04-100-33,3УЗ	830,6	836	0,70	
3	Площадка для откр. работ	1x400	182,84	310,11	310,73	УКМ 58-04-30-10УЗ	210	210	0,81	
20	Контора реализации	от 3				УКМ 58-04-180-30УЗ				
7	Кузница	1x400	164,4	320,26	339,23	4*УКМ 58-04-30-10УЗ				
6	Опалубочный цех	от 7				УКМ 58-04-50-25УЗ	230	230	0,93	
9	Битумный склад	от 7,8				УКМ 58-04-20-10УЗ				
8	Асфальтобетонный цех	2x1000	471,9	1318,05	1209,76	УКМ 58-04-50-25УЗ				
5	Механический цех	от 8				УКМ 58-04-300-33,3УЗ УКМ 58-04-225-37,5УЗ УКМ 58-04-180-30УЗ	755	755	0,70	
10	Котельная	1x400	208,73	293,31	281,75	4*УКМ 58-04-30-10УЗ				
4	Открытое помещение для сварщиков	от 10				УКМ 58-04-50-25УЗ УКМ 58-04-20-10УЗ	190	190	0,76	
11	Электрощит	2x400	399,63	598,91	722,17	4*УКМ 58-04-20-10УЗ				
12	Полигон №2	от 11				2*УКМ 58-04-30-10УЗ				
13	Полигон №3	от 11				УКМ 58-04-50-25УЗ				
19	Цех перегородок	от 11				УКМ 58-04-67-33,3УЗ УКМ 58-04-112,5-37,5УЗ УКМ 58-04-150-30УЗ	479	479	0,80	
15	Дробильный цех №1	2x400	350,97	628,66	591,49	2*УКМ 58-04-30-10УЗ				
16	Инструментальный цех	от 15				УКМ 58-04-200-33,3УЗ УКМ 58-04-III-33,3УЗ	393	393	0,82	
18	Известняковый цех	1x400 и от 17	164,42	366,69	497,92	3*УКМ 58-04-150-30УЗ	450	450	0,81	
17	Дробильный цех №2	2x400	459,15	554,6	552,87	2*УКМ 58-04-30-10УЗ УКМ 58-04-200-33,3УЗ	260	260	0,80	
14	Компрессорная	1x400	189,35	306,18	178,28	4*УКМ 58-04-30-10УЗ	120	120	0,78	
	Σ		3267,46	6160,05	5988,42		4020	4056		

### 4.3 Определение мощности батарей конденсаторов в сетях выше 1 кВ.

Не скомпенсированная нагрузка сети до 1 кВ, питаемой через трансформаторы цехов:

$$Q_{тр.неск} = Q_{тр.мах} - Q_{БК,Н} + \Delta Q_{тр};$$

где  $\Delta Q_{тр}$  - суммарные реактивные потери в трансформаторе при его загрузки с учетом компенсации (таб. 5.4)

$$Q_{тр.неск} = 5988,42 - 4056,5 + 426,83 = 2358,7 \text{ кВар}$$

Расчетная реактивная нагрузка в сетях 10 кВ промышленных предприятий:

$$Q_{вн.расч} = Q_{расч.вн} + Q_{тр.неск}$$

$$Q_{вн.расч} = 236,11 + 2358,7 = 2594,8 \text{ кВар}$$

Суммарная расчетная реактивная мощность БК 10 кВ для всего предприятия определяется из условия баланса реактивной мощности:

$$Q_{БК,ВН} = Q_{вн.расч} - Q_{СД \text{ расп}} - Q_c$$

где  $Q_{СД \text{ расп}}$  - реактивная мощность синхронных двигателей

$Q_c$  - реактивная мощность, передаваемая из сети энергосистемы в сеть предприятия:

-загрузка синхр. двигателей по реактивной мощности определяем:

$$Q_{СД \text{ расп}} = \frac{n \cdot P_{СД \text{ ном}} \cdot \alpha_m}{\eta} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 1,27}{0,94} = 1080,85 \text{ кВар}$$

где  $\alpha$  - 0,24 для величины напряжения питающей линии 35 кВ. (Для предприятия расположенном в Сибири)

$\alpha_m = 1,27$  - коэффициент допустимой перегрузки СД, зависящий от его загрузки по номинальной активной мощности

$Q_{СД \text{ расп}}$  - располагаемая и экономически целесообразная реактивная мощность.

Суммарная расчётная активная мощность ГПП:

$$P_{р.ГПП}^{ВН} = P_{р.ГПП}^{НН} + \Delta P_T^{ГПП}$$

$$P_{р.ГПП}^{НН} = (\sum P_P^{НН} + \sum P_P^{ВН}) \cdot K_{р.М} + \sum \Delta P_T + \sum \Delta P_{л} + P_{УЛ.ОСВ}$$

$$P_{р.ГПП}^{НН} = (6174,30 + 487,50) \cdot 0,95 + 89,08 + 271,13 + 1,62 = 6690 \text{ кВт}$$

$$\sum \Delta P_{л} = 0,03 \cdot S_P^{НН}$$

$$\sum \Delta P_{л} = 0,03 \cdot (8601,34 + 436,3) = 271 \text{ кВт}$$

$$Q_{р.ГПП}^{НН} = (\sum Q_P^{НН} + \sum Q_P^{ВН}) \cdot K_{р.М} + \sum \Delta Q_T + Q_{УЛ.ОСВ}$$

$$Q_{р.ГПП}^{НН} = (5988,42 + 236,11) \cdot 0,95 + 426,8 + 1,65 = 6341,7 \text{ кВт}$$

$$S_{р.ГПП}^{НН} = \sqrt{(P_{р.ГПП}^{НН})^2 + (Q_{р.ГПП}^{НН})^2}$$

$$S_{р.ГПП}^{НН} = \sqrt{6690^2 + 6341,7^2} = 6218,7 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T^{ГПП} = 0,02 \cdot S_{р.ГПП}^{НН}$$

$$\Delta P_T^{ГПП} = 0,02 \cdot 6218,7 = 124,3 \text{ кВт}$$

$$P_{р.ГППВН} = 6690 + 184,3 = 6874,3 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,24 \cdot 6874,3 = 1650 \text{ кВар}$$

$$Q_{БК ВН} = Q_{ВН расч} - Q_{СД расч} - Q_c = 2594,8 - 1080,85 - 1650 = -136 \text{ кВар}$$

Мощность  $Q_{БК ВН} < 0$ , следовательно её принимаем равной нулю, т.е. устанавливать конд. батареи в сети 10 кВ не нужно.

#### 4.4 Выбор рационального напряжения внешнего электроснабжения предприятия

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности ЭП.

Экономически целесообразное напряжение питающей линии ГПП определяем по формуле Илларионова

$$U_{ЭК} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{l} + \frac{2500}{P_{р.ГППВН}}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{10} + \frac{2500}{6,8743}}} = 49,1 \rightarrow U_{НОМ} = 35 \text{ кВ}$$

где  $L$  – расстояние от источника питания, согласно исходных данных

$$L = 10 \text{ км.}$$

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от класса напряжения питающей комбинат линии, для напряжения 35 кВ  $\alpha = 0,24$ .

Принимаем ближайшее напряжения из стандартного гостированного ряда  $U_{пит линии} = 35 \text{ кВ}$ .

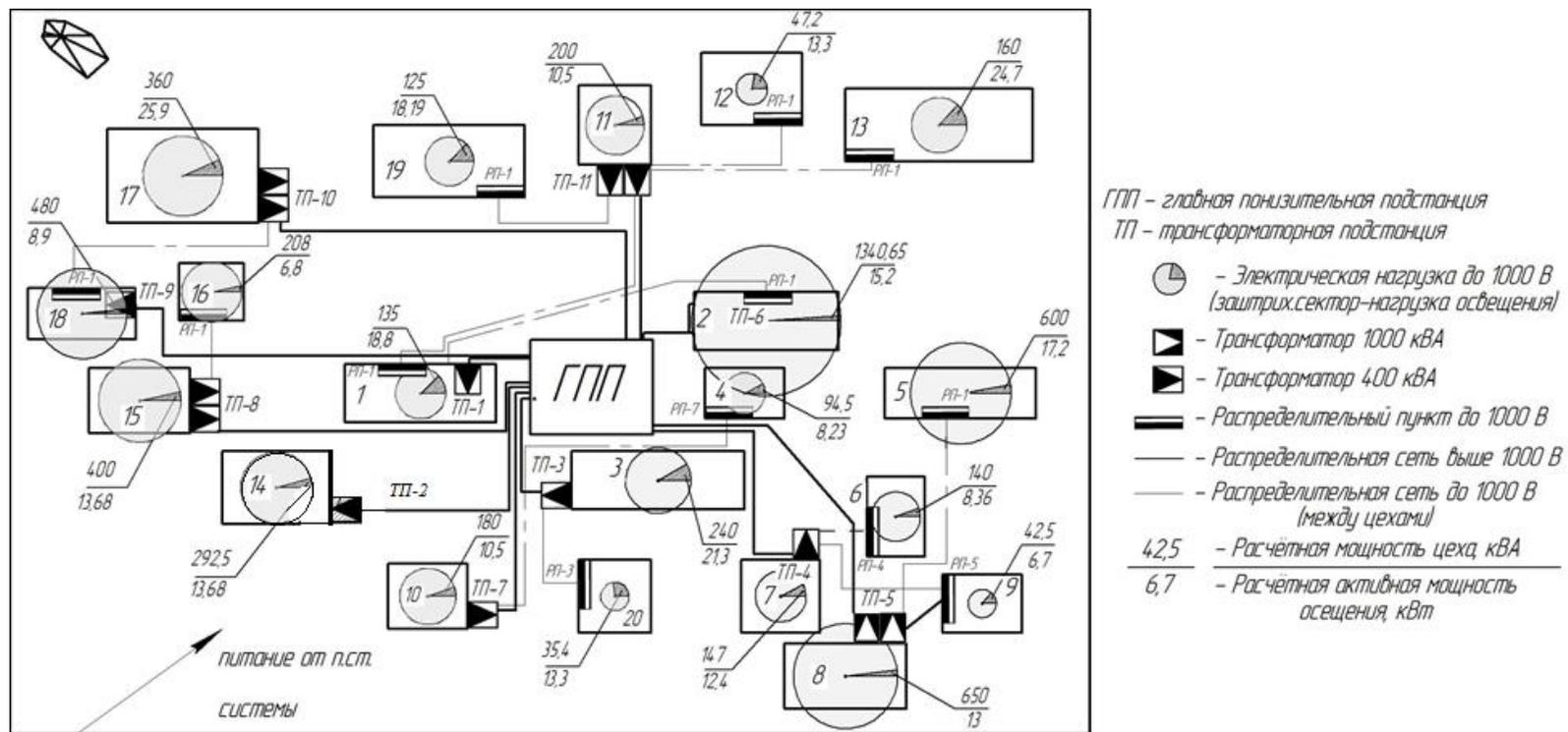


Рисунок 4.2 Генплан предприятия с картограммой нагрузок

## 4.5 Расчет потерь мощности в трансформаторах

Потери мощности в трансформаторе разделяются на постоянные и переменные. К постоянным потерям относят потери холостого хода  $\Delta P_{xx}$  и  $\Delta Q_{xx}$ , а к переменным относят потери на нагрев обмоток и рассеяние магнитного потока  $\Delta P_{кз}$  и  $\Delta Q_{кз}$ .

Параметры выбранных трансформаторов цеховых ТП сводим в таблицу 4.4

Таблица 4.4 - Параметры трансформаторов цеховых ТП

Тип трансформатора	S <sub>ном</sub> ,кВА	U <sub>ном</sub> обмоток,кВ		U <sub>к</sub> ,%	P <sub>кз</sub> ,кВт	P <sub>хх</sub> ,кВт	I <sub>х</sub> ,%	Схема и группа соединения обмоток
		ВН	НН					
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	12,2	2,45	1,4	Y-Y <sub>н</sub> - 11
ТМ-400/10	400	10	0,4	5,5	5,5	1,2	2,1	Y-Y <sub>н</sub> - 11

Определяем потери в трансформаторах:

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_{xx.тр} \cdot n + \Delta P_{кз.тр} \cdot n \cdot \left(\frac{S_{\phi}}{S_{н.тр}}\right)^2,$$

$$\Delta Q_{тр} = \Delta Q_{xx.тр} \cdot n + \Delta Q_{кз.тр} \cdot n \cdot \left(\frac{S_{\phi}}{S_{н.тр}}\right)^2,$$

где  $\Delta P_{тр}$  и  $\Delta Q_{тр}$  – потери активной и реактивной мощности трансформатора соответственно.

$\Delta P_{xx}$  – потери активной мощности на холостой ход, кВт, принимаем по справочным данным в зависимости от мощности для трансформатора ТМЗ по каталогу[4];

$\Delta P_{кз}$  – активные потери короткого замыкания, принимаем по справочным данным в зависимости от мощности для трансформатора ТМЗ по каталогу[4].

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx} \cdot S_{ном Т}}{100},$$

$$\Delta Q_{кз} = \frac{U_{кз} \cdot S_{ном Т}}{100},$$

$\Delta Q_{xx}$  – потери реактивной мощности на холостом ходу,

$I_{xx}$  – ток холостого хода в % от номинального, принимаем по справочным данным в зависимости от мощности и марки трансформатора по каталогу [4];

$U_{кз}$  – напряжение короткого замыкания в % от номинального, принимаем по справочным данным в зависимости от мощности и марки трансформатора по каталогу [4].

Пример расчета потерь для ТП1:

$$\Delta P_{тр} = 1,2 \cdot 1 + 5,5 \cdot 1 \cdot \left(\frac{161,72}{400}\right)^2 = 2,09 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{xx.mp} = \frac{I_{xx} \cdot S_{н.мп}}{100} = \frac{1,2 \cdot 400}{100} = 4,8 \text{кВар};$$

$$\Delta Q_{кз.mp} = \frac{U_{кз} \cdot S_{н.мп}}{100} = \frac{5,5 \cdot 400}{100} = 22 \text{кВар};$$

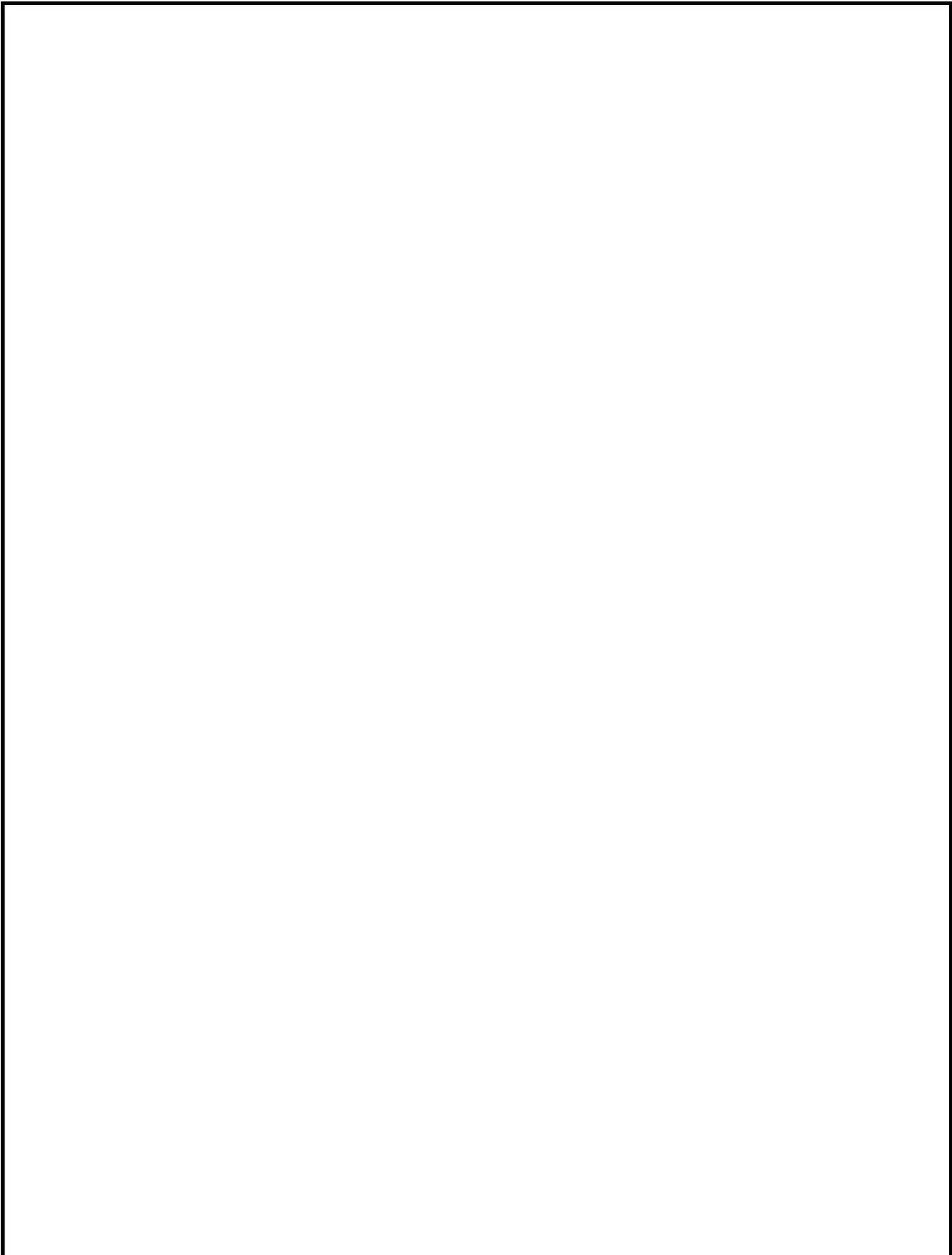
$$\Delta Q_{мп} = 4,8 \cdot 1 + 22 \cdot 1 \cdot \left(\frac{161,72}{400}\right)^2 = 8,39 \text{кВар}$$

Для остальных ТП расчет ведется аналогично.

Сводим результаты в таблицу 4.5

Таблица 4.5 - Потери активной и реактивной мощности в трансформаторах цеховых ТП

№ ТП	Запитанные цеха	$S_{ном\ тр}$ , кВА	Кол-во	$\beta_{тр\ н}$	$\Delta P_{тр}$ , кВт	$\Delta Q_{xx}$ , кВАр	$\Delta Q_{кз}$ , кВАр	$\Delta Q_{тр}$ , кВАр	$\Delta S_{тр}$ , кВА
ТП1	1	400	1	0,50	2,01	4,8	22	10,44	10,76
ТП2	14	400	1	0,779	4,54	4,8	22	18,15	18,7
ТП3	3,20	400	1	0,815	4,85	4,8	22	19,41	20,01
ТП4	7,6, малая часть 9	400	1	0,933	5,99	4,8	22	23,96	24,7
ТП5	8,5, большую часть 9	1000	2	0,665	15,71	24,5	55	97,73	98,98
ТП6	2	1000	2	0,708	17,14	24,5	55	104,2	105,6
ТП7	10	400	1	0,768	4,44	4,8	22	17,78	18,33
ТП8	15,16	400	2	0,824	9,87	4,8	22	39,47	40,7
ТП9	18	400	2	0,812	4,82	4,8	22	19,3	19,9
ТП10	17, четверть мощности 18	400	2	0,803	9,50	4,8	22	38,03	39,19
ТП11	11,12,13,19	400	2	0,807	9,577	4,8	22	38,3	39,48
	$\Sigma$				88,56	92,2		424,78	434,3



ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Электроснабжение ГПП	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					37	112
Н.контр					НИТПУ ЭГР <sup>37</sup> Группа 3-5А16			
Утв.								

## 5. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГПП

### 5.1 Схема и конструктивное исполнение ГПП

Схему ГПП выбираем с перемычками между питающими линиями и выключателями [1]. Такие схемы применяются при питании подстанции транзитными линиями 35 кВ. Применяем данную схему для повышения надежности и оперативности управления системой ЭСПП.

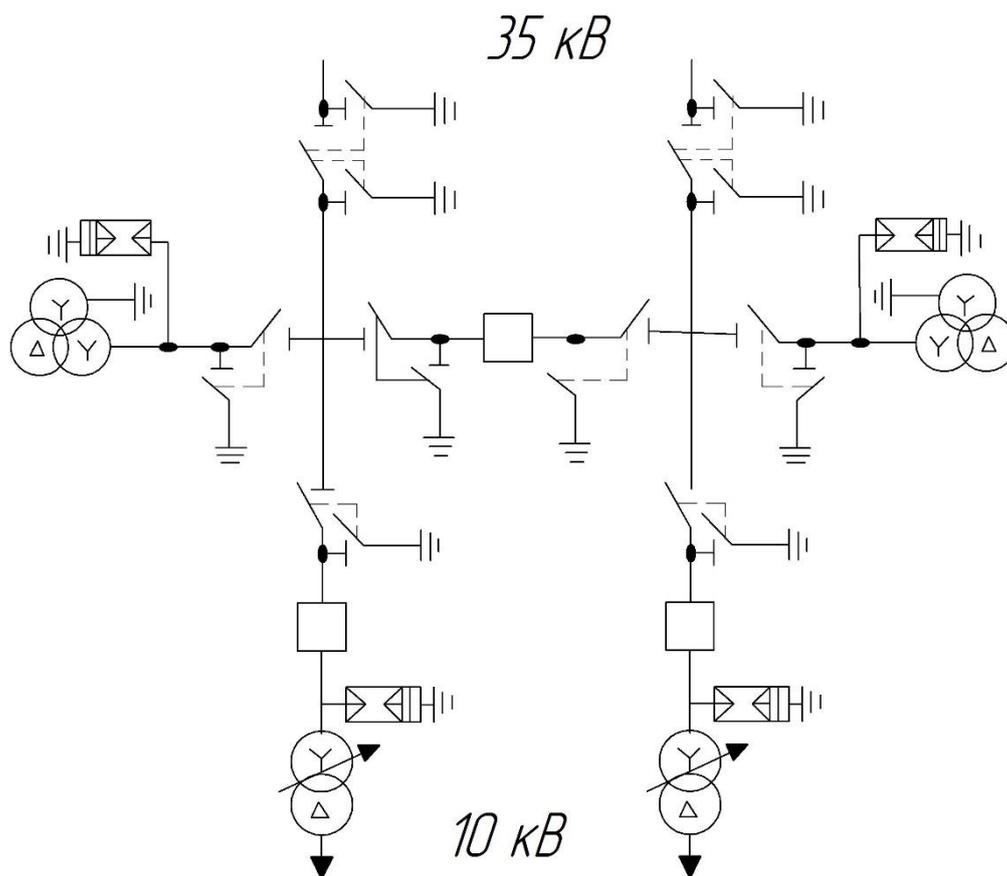


Рисунок 5.1 – Схема ГПП

Данная схема ГПП является упрощенной схемой с применением отделителей и короткозамкателей. Головной выключатель защищает линию и трансформатор.

### 5.2 Выбор мощности трансформаторов ГПП

Для питания цеховых трансформаторов от системы напряжением 35; 110 кВ необходима установка главной трансформаторной подстанции на это напряжение. ГПП предполагается двух трансформаторной, для выбора мощности трансформаторов необходимо определить передаваемую через них полную мощность  $S_{pГПП}$ , кВА

$$S_{pГПП} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{ГПП} - Q_{кв\Sigma})^2},$$

$$S_{p\Gamma\Pi\Pi} = \sqrt{(6689,96 + 184,33)^2 + (6341,78 + 621,8 - 4056,5)^2} = 7586 \text{ кВА},$$

где  $P_{p\Sigma}$  – суммарная активная нагрузка на низкой стороне трансформатора ГПП с учетом потерь;

$\Delta P_{\Gamma\Pi\Pi}$  – потери активной мощности в трансформаторах ГПП;

$Q_{p\Sigma}$  – суммарная реактивная нагрузка на низкой стороне трансформатора ГПП с учетом потерь;

$\Delta Q_{\Gamma\Pi\Pi}$  – потери реактивной мощности в трансформаторах ГПП;

$Q_{ку\Sigma}$  – суммарная мощность компенсирующих устройств.

$$\Delta P_T^{\Gamma\Pi\Pi} = 0,02 \cdot S_{p\Gamma\Pi\Pi}^{HH} = 0,02 \cdot 6218,7 = 124,37 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T^{\Gamma\Pi\Pi} = 0,1 \cdot S_{p\Gamma\Pi\Pi}^{HH} = 0,1 \cdot 6218,7 = 621,87 \text{ кВар}$$

$$S_{p\Gamma\Pi\Pi}^{HH} = \sqrt{P_{p\Gamma\Pi\Pi}^{HH\ 2} + Q_{p\Gamma\Pi\Pi}^{HH\ 2}} = \sqrt{6690,5^2 + 6341,7^2} = 9180,7 \text{ кВА}$$

Мощность трансформатора ГПП определим по формуле

$$S_{н.тр} = \frac{S_{p\Gamma\Pi\Pi}}{2 \cdot \beta_T},$$

где  $\beta_T$  – коэффициент загрузки трансформатора ГПП, принимаем  $\beta_T = 0,7$ .

2 – число трансформаторов на ГПП

$$S_{н.тр} = \frac{7586}{2 \cdot 0,7} = 5418,7 \text{ кВА}.$$

Исходя из полученной расчетной мощности трансформатора ГПП принимаем к установке два силовых трехфазных двухобмоточных трансформатора ТМН – 6300/35 – Y/Δ 11 – трехфазные силовые масляные трансформаторы с естественным масляным охлаждением, предназначены для работы в сетях переменного тока частотой 50 Гц. В трансформаторах доступна возможность автоматического регулирования напряжения без отключения его от сети. Переключение трансформатора на другой диапазон может производиться как в автоматическом режиме, так и в ручном.

Вид регулирования – РПН (переключение под нагрузкой).

Проверка обеспечения требуемой мощности предприятия с учётом возможной допустимой перегрузки трансформатора:

$$S_{p\Gamma\Pi\Pi} \leq 1,4 \cdot S_{н.тр}$$

$$7586 \text{ кВА} \leq 1,4 \cdot 6300 = 8820 \text{ кВА}$$

Паспортные данные сведём в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Паспортные данные трансформаторов ГПП

Тип	$S_{н.тр}$ , кВА	$U_{н'}$ , кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, кВт		$U_{кз}$ , %	$I_{хх}$ , %
		ВН	НН		ХХ	КЗ		
ТМН-6300/35	6300	35	11	Y/Δ – 11	8	46,5	7,5	0,8

### 5.3 Выбор сечения линии, питающей ГПП

По условиям задания питание трансформаторов ГПП осуществляется посредством двухцепной воздушной линии, проводами АС.

Сечения кабельных линий выбираются по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение  $F$ , мм<sup>2</sup>, определяется из выражения:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_n},$$

где  $I_p$  – расчетный ток установки, А;

$j_{\text{эк}}$  – экономическая плотности тока, А/мм<sup>2</sup>. (для неизолированных алюминиевых проводников при числе часов максимума нагрузки в год более 5000  $j_n = 1$ )

Расчетный ток на одну воздушную линию ГПП

$$I_p = \frac{S_{\text{рГПП}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$
$$I_p = \frac{7586}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 62,56 \text{ А},$$
$$F_{\text{эк}} = \frac{62,56}{1} = 62,56 \text{ мм}^2.$$

По справочнику [1, Таблица П11.1] принимаем ближайшее сечение провода марки АС 70 с допустимым длительным током вне помещений  $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$ .

Определим ток, протекающий по линии в послеаварийном режиме

$$I_{\text{р п.ав}} = \frac{S_{\text{рГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$
$$I_{\text{р п.ав}} = \frac{7586}{\sqrt{3} \cdot 35} = 125,13 \text{ А}.$$

Проверим выбранное сечение провода по допустимому нагреву в нормальном и послеаварийном режиме

$$I_p \leq I_{\text{доп}},$$
$$62,56 \leq 265 \text{ А},$$
$$I_{\text{р п.ав}} \leq 1,3I_{\text{доп}},$$
$$125,13 \text{ А} \leq 344,5 \text{ А}.$$

Условия выполняются.

По условиям механической прочности на воздушных линиях напряжением более 1000В могут применяться сталеалюминевые провода сечением не менее 25 мм<sup>2</sup> – требование выполняется  $F_{\text{прин}} = 70 \text{ мм}^2 > F_{\text{мин}} = 25 \text{ мм}^2$ .

По допустимой потере напряжения линия проверяется следующим образом

$$L_{\text{доп}} = L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_3 \geq L,$$

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

$L_{\Delta U 1\%}$  - длина линии при полной загрузке на 1 % потери напряжения, км, для АС 70 по [1, таблица П. 5.1]  $L_{\Delta U 1\%} = 1,65$  км;

$\Delta U_{\text{доп}\%}$  - допустимая величина потери напряжения, принимаем  $\Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%$ ;

$k_3$  - коэффициент загрузки линии, принимаем  $k_3 = I_{\text{доп}}/I_p = 265/62,56 = 4,23$ ;

$L$  - фактическая длина линии, принимаем  $L = 10$  км.

$$L_{\text{доп}} = 1,65 \cdot 5 \cdot 4,23 = 34,94 \geq 10 \text{ км.}$$

В аварийном режиме:

$$L_{\text{доп}} = 1,65 \cdot 10 \cdot \frac{265}{125,13} = 34,94 \geq 10 \text{ км.}$$

Так как все условия выполняются принимаем двухцепную линию, выполненную проводом марки АС70 к установке.

ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Схема внутривародской распределительной сети 10 КВ	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					42	112
Н.контр					НИТПУ ЭПТ <sup>42</sup> Группа 3-5А16			
Утв.								

## 6. СХЕМА ВНУТРИЗАВОДСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 10 КВ

Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода выполняется трёхжильными кабелями с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, с прокладкой в кабельных лотках.

Сечения кабельных линий выбираются по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение  $F$ , мм<sup>2</sup>, определяется из выражения:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}$$

где  $I_p$  – расчетный ток установки, А;

$j_{\text{ЭК}}$  – экономическая плотности тока, А/мм<sup>2</sup>.

Принимаем время использования максимальной нагрузки для определения экономического сечения проводников,  $T_{\text{max}}=6000$  часов.

Нормированное значение экономической плотности тока, А/мм<sup>2</sup>, принимается по справочным данным.  $j_{\text{ЭК}}=1,6$  А/ мм<sup>2</sup>, [1]

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток должен соответствовать условиям нормальной работы, при его определении не следует учитывать увеличение тока при аварийных ситуациях.

Расчетным током линии для питающих цеховых трансформаторов, преобразователей, высоковольтных электродвигателей и трансформаторов электропечей является их номинальный ток, независимо от фактической нагрузки.

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

КЛ от ГПП до ТП-1

Расчетный ток линии:

$$I_p = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном тр}} + n_{\text{тр}} \cdot \Delta S_{\text{тр}}}{n_{\text{лин}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}$$

где  $n_{\text{тр}}$  – число трансформаторов, питающихся по кабелю в нормальном режиме;

$n_{\text{лин}}$  – число питающих линий, в нормальном режиме соответствует  $n_{\text{тр}}$ .

$$I_p = \frac{1 \cdot 400 + 1 \cdot 10}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 23,74,$$

Экономическое сечение:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{23,74}{1,6} = 14,8$$

По справочным данным [1, П11.5] ближайшее стандартное значение:  $S=35$ мм<sup>2</sup>,  $I_{\text{доп}}=147$  А.

Длительно допустимый ток кабеля  $I_{\text{доп}}$ , соответствующий выбранному сечению, должен обеспечить по тепловому нагреву прохождение тока  $I_p$

$$I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{п1}} \cdot K_{\text{п2}} = I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}}$$

$K_{\text{п1}}, K_{\text{п2}}$  – поправочные коэффициенты, учитывающие фактическую температуру окружающей среды  $t = +20^{\circ}\text{C}$

$$0,78 \cdot 1 \cdot 147 = 114,6 \geq 23,74$$

Сечение жил линий, которые могут работать в послеаварийный режимах с перегрузкой проверяем по условию

$$k_{\text{пер}} \cdot I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{п1}} \cdot K_{\text{п2}} \geq I_{\text{п/ав}},$$

где  $k_{\text{пер}}$  – коэффициент перегрузки.

$$1,3 \cdot 114,6 \geq 2 \cdot 23,74$$

Следовательно, выбранное сечение проходит проверку. Принимаем кабель марки АПвП (3х35)

$$r_0 = 0,84 \text{ Ом/км} \quad x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$$

Проверяем сечение линии по потерям напряжения по формуле:

$$\Delta U_{\text{кл}} = \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot U_{\text{н}}^2}$$

где  $l$  – длина линии.

Участок ГПП-ТП1

$$\Delta U_{\text{кл}} = \frac{191,66 \cdot 0,84 + 198,8 \cdot 0,095 \cdot 0,058}{10 \cdot 10^2} = 0,16 \% \text{ В}$$

Для остальных кабельных линий расчет производится аналогично. Результаты сводим в таблицу 6.1

Таблица 6.1 – Кабельные линии

КЛ	Участок линии	Кол-во линий	$I_{\text{р}}$ , А	Фэк, мм <sup>2</sup>	Длина линий $l$ , км	Марка и сечение кабеля	$\Delta U$ %
КЛ1	ГПП-ТП-1	1	23,744	14,84	0,05800	АПвП(3х35)	0,16
КЛ3	ГПП-ТП3	1	24,278	15,17	0,09500	АПвП(3х35)	0,26
КЛ4	ГПП-ТП -4	1	24,549	15,34	0,18000	АПвП(3х35)	0,27
КЛ7	ГПП-ТП-7	1	24,181	15,1	0,13500	АПвП(3х35)	0,25
КЛ11	ГПП-ТП-11	2	24,263	15,2	0,08500	АПвП(3х35)	0,12
КЛ8	ГПП-ТП-8	2	24,298	15,2	0,21000	АПвП(3х35)	0,27
КЛ10	ГПП-ТП-10	2	24,254	15,16	0,28500	АПвП(3х35)	0,24
КЛ9	ГПП-ТП-9	1	24,272	15,17	0,27200	АПвП(3х35)	0,32
КЛ2	ГПП-ТП-2	1	24,203	15,13	0,18300	АПвП(3х35)	0,26
КЛ6	ГПП-ТП-6	2	60,856	38,03	0,06500	АПвП(3х50)	0,39
КЛ5	ГПП-ТП-5	2	60,664	37,9	0,255	АПвП(3х50)	0,40

ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Расчёт токов короткого замыкания для сети выше 1000 В	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					45	112
Н.контр					НИТПУ ЭПДБ Группа 3-5А16			
Утв.								

## 7. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

Расчет токов короткого замыкания необходим для выбора и проверки оборудования на термическую и динамическую стойкость к токам короткого замыкания, а так же для проверки отключающей способности коммутационной аппаратуры в сетях выше 1000 В.

В ходе расчета делаем следующие допущения: трехфазная сеть считается симметричной и не учитываются токи нагрузки (в виду их малости); не учитываются емкостные составляющие схем замещений линий; не учитывается насыщение магнитных цепей и токи намагничивания трансформаторов (постоянные индуктивные сопротивления); систему будем считать неограниченной мощности.

Расчет производится по схеме замещения, в относительных единицах. Для составления схемы замещения изначально составим упрощенную однолинейную схему, представленную на рисунке 7.1

Для проведения расчета в относительных единицах зададимся базисной мощностью и базисным напряжением

$$U_6 = U_{\text{ср.ном}} = 37 \text{ кВ.}$$

$$U_{61} = U_{\text{ср.ном}} = 10,5 \text{ кВ.}$$

$$S_6 = 100 \text{ МВА}$$

Так как, согласно допущений, система обладает неограниченной мощностью, по этому  $x_{\text{сист}} = 0$ .

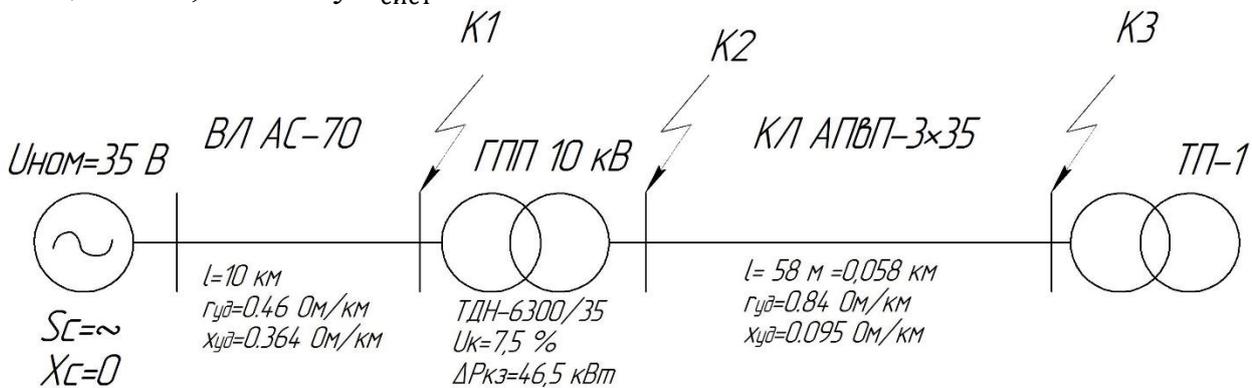


Рисунок 7.1 – Расчетная схема

Определим базисный ток на ступени трансформации  $I_{Б К1}$

$$I_{Б К1} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}$$

$$I_{Б К1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА.}$$

Воздушная линия напряжением 35 кВ заменяется активным и реактивным сопротивлением, которые определяются как:

$$x_{\text{вл}} = x_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_6^2},$$

$$r_{вл} = r_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_6^2},$$

где  $x_0, r_0$  – удельные сопротивления проводника линии, принимаем для провода АС 70 по [1, таблица П 6.1-П 6.2]

$$r_0 = 0,46 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; x_0 = 0,364 \text{ Ом/км}$$

$$r_{вл} = 0,46 \cdot 10 \cdot \frac{100}{35^2} = 0,336,$$

$$x_{вл} = 0,364 \cdot 10 \cdot \frac{100}{35^2} = 0,265.$$

Индуктивное сопротивление трансформатора ГПП, активным сопротивлением пренебрегаем в виду его малости

$$x_{трГПП*} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{н.тр}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 1,19 \text{ о. е.};$$

Кабельные линии:

$$x_{кл*} = x_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,095 \cdot 0,058 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0050 \text{ о. е.};$$

$$r_{кл*} = r_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,84 \cdot 0,058 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0442 \text{ о. е.};$$

Аналогично производится расчёт для остальных кабельных линий. Результаты сводятся в таблицу 7.1

Таблица 7.1 – Сопротивления кабельных линий

Конец линии	Фпр, мм2	r0, Ом/км	x0, Ом/км	L, км	гкл	хкл
ТП-1	35	0,84	0,0950	0,05800	0,0442	0,0050
ТП-3	35	0,84	0,0950	0,09500	0,0724	0,0082
ТП-4	35	0,84	0,0950	0,18000	0,1371	0,0155
ТП-7	35	0,84	0,0950	0,13500	0,1029	0,0116
ТП-11	35	0,84	0,0950	0,08500	0,0648	0,0073
ТП-8	35	0,84	0,0950	0,21000	0,1600	0,0181
ТП-10	35	0,84	0,0950	0,28500	0,2171	0,0246
ТП-9	35	0,84	0,0950	0,27200	0,2072	0,0234
ТП-2	35	0,84	0,0950	0,18300	0,1394	0,0158
ТП-6	50	0,589	0,0900	0,06500	0,0347	0,0053
ТП-5	50	0,589	0,0900	0,25500	0,1362	0,0208

Составляем схему замещения линии

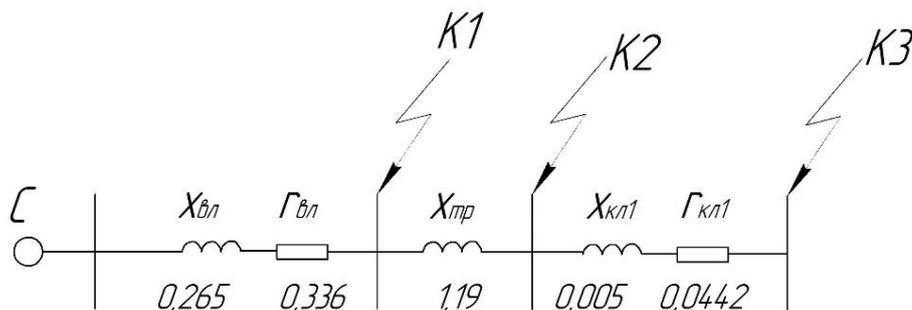


Рисунок 7.2 – Схема замещения

Найдем периодическую составляющую тока трехфазного короткого замыкания  $I_{\text{КЗ К1}}^{(3)}$

$$I_{\text{КЗ К1}}^{(3)} = \frac{I_{\text{Б К1}}}{Z_{\text{рез К1}}},$$

где  $Z_{\text{рез}}$  – результирующее сопротивление схемы до точки К1 от источника,

- для точки К1

$$Z_{\text{рез К1}} = \sqrt{(x_{\text{сист}} + x_{\text{вл}})^2 + (r_{\text{вл}})^2}.$$

$$Z_{\text{рез К1}} = \sqrt{(0 + 0,265)^2 + (0,336)^2} = 0,4284;$$

$$I_{\text{КЗ К1}}^{(3)} = \frac{1,56}{0,4284} = 3,64 \text{ кА}.$$

Определим отношение  $x/r$  для точки К1

$$\frac{x}{r} = \frac{0,256}{0,336} = 0,79$$

Исходя из отношения  $x/r$  для точки К1 по [1, рисунок 7.2] определим ударный коэффициент  $k_{\text{уд К1}} = 1,03$ .

Ударное значение тока, необходимое для проверки оборудования на динамическую стойкость определяется как

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{КЗ}}^{(3)},$$

$$i_{\text{уд К1}} = \sqrt{2} \cdot 1,03 \cdot 3,64 = 5,3 \text{ кА}.$$

- для точки К2

Определим базисный ток на ступени трансформации  $I_{\text{Б К2}}$

$$I_{\text{Б К2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,49 \text{ кА}.$$

$$Z_{\text{рез К2}} = \sqrt{(x_{\text{вл}} + x_{\text{тр}})^2 + (r_{\text{вл}})^2}$$

$$Z_{\text{рез К2}} = \sqrt{(0,265 + 1,19)^2 + (0,336)^2} = 1,49;$$

$$I_{\text{КЗ К2}}^{(3)} = \frac{5,49}{1,49} = 3,67 \text{ кА}.$$

Определим отношение  $x/r$  для точки К2

$$\frac{x}{r} = \frac{1,45}{0,336} = 4,33$$

$$k_{\text{уд К2}} = 1,45.$$

$$i_{\text{уд К2}} = \sqrt{2} \cdot 1,45 \cdot 3,67 = 7,54 \text{ кА}.$$

- для точки К3

$$Z_{\text{рез КЗ}} = \sqrt{(x_{\text{вл}} + x_{\text{тр}} + x_{\text{кл}})^2 + (r_{\text{вл}} + r_{\text{кл}})^2}$$

$$Z_{\text{рез КЗ}} = \sqrt{(0,265 + 1,19 + 0,005)^2 + (0,336 + 0,0442)^2} = 1,51;$$

$$I_{\text{КЗ КЗ}}^{(3)} = \frac{5,49}{1,51} = 3,64 \text{ кА.}$$

Определим отношение  $x/r$  для точки КЗ

$$\frac{x}{r} = \frac{1,46}{0,38} = 3,84$$

$$k_{\text{уд КЗ}} = 1,4$$

$$i_{\text{уд КЗ}} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 3,64 = 7,2 \text{ кА.}$$

Так как точка КЗ расположена в 10 местах по этому сведем расчет токов короткого замыкания в таблицу 7.2

Таблица 7.2 – Расчёт токов короткого замыкания в точке КЗ

Конец линии	гкл	хкл	ZрезКЗ	I кз кз	x/r	Куд	i удКЗ
ТП-1	0,0442	0,0050	1,5100	3,6414	3,8436	1,4	7,2085
ТП-3	0,0724	0,0082	1,5377	3,5759	3,6497	1,38	6,9778
ТП-4	0,1371	0,0155	1,5461	3,5565	3,1108	1,35	6,7890
ТП-7	0,1029	0,0116	1,5322	3,5887	3,3450	1,36	6,9012
ТП-11	0,0648	0,0073	1,5176	3,6233	3,6522	1,39	7,1214
ТП-8	0,1600	0,0181	1,5557	3,5346	2,9726	1,32	6,5972
ТП-10	0,2171	0,0246	1,5809	3,4782	2,6772	1,28	6,2953
ТП-9	0,2072	0,0234	1,5764	3,4881	2,7240	1,27	6,2639
ТП-2	0,1394	0,0158	1,5470	3,5543	3,0964	1,34	6,7346
ТП-6	0,0347	0,0053	1,5080	3,6464	3,9426	1,42	7,3215
ТП-5	0,1362	0,0208	1,5508	3,5456	3,1280	1,35	6,7681

На предприятии в компрессорном цехе (ТП-2) имеются 2 синхронных двигателя, которые непосредственно связаны с точкой короткого замыкания электрически и находятся в зоне малой удаленности. Поэтому учитывается подпитка мест КЗ.

Для синхронного двигателя (СД) принимаются средние значения сверхпереходной э.д.с.  $E'' = 1,1$  и сверхпереходного индуктивного сопротивления по продольной оси  $x_d'' = 0,2$  отн.ед.

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ синхронного двигателя, когда за базисные величины приняты номинальный ток и напряжение СД:

$$I_{\text{по СД}} = \frac{E'' \cdot I_{\text{н.СД}}}{x_d''}$$

Находим номинальный ток СД по выбранным параметрам

$$I_{\text{н.СД}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,944} = 84,94 \text{ А}$$

$$I_{\text{по СД}} = \frac{1,1 \cdot 84,94}{0,2} = 467,19 \text{ А}$$

Ударный ток трехфазного КЗ от синхронного и асинхронного двигателя равен:

$$i_{уд.сд} = k_{уд.сд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{по\ сд} = 1,82 \cdot \sqrt{2} \cdot 467,19 = 1202,48 \text{ А}$$

После расчета токов выше 1 кВ сечение жил проверяем на термическую стойкость при КЗ. Минимально допустимое сечение проводника по данному условию определяется:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T}, \text{ мм}^2$$

где  $C_T$  – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника. Принимаем для кабелей с полиэтиленовой изоляцией алюминиевыми жилами  $C_T = 65 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ .

$B_k$  – тепловой импульс тока КЗ,  $\text{А}^2 \cdot \text{с}$ .

$$B_k = I_{по}^2 (\tau + T_a),$$

где  $I_{по}$  – начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ;

$\tau$  – расчетное время отключения выключателя.

Для маломасляного выключателя

$$\tau = t_{р.з.min} + t_{с.в.откл} = 0,13 \text{ с.} \quad [8.10]$$

где  $t_{р.з.min}$  – минимальное время срабатывания первой ступени защиты, принимаемое равным 0,01 с для первой ступени защиты.

$t_{с.в.откл} = 0,12 \text{ с}$  – для маломасляного выключателя на 10 кВ ВМП;

$T_a$  – постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ, с определяется как:

$$T_a = \frac{x_{\Sigma}}{\omega \cdot r_{\Sigma}}, \text{ с}$$

где  $x_{\Sigma}$ ,  $r_{\Sigma}$  – результирующие индуктивное и активное сопротивления схемы относительно точки КЗ;  $\omega$  – угловая частота;  $\omega = 2\pi \cdot f = 314 \text{ рад/с}$ .

Проверка сечения на термическую стойкость при КЗ производится в начале линии. Поэтому для расчета принимаем точку К1.

$$T_a = \frac{x_{\Sigma 1*}}{\omega \cdot r_{\Sigma 1*}} = \frac{1,456}{314 \cdot 0,336} = 0,0138 \text{ с};$$

Определяем тепловой импульс тока

$$B_k = I_{к,К1}^2 (\tau + T_a) = (3,67 \cdot 10^3)^2 \cdot (0,13 + 0,0138) = 1,946 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с},$$

Минимальное сечение жилы кабеля:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{1,946 \cdot 10^6}}{65} = 21,46 \text{ мм}^2$$

Так как минимальное выбранное сечения кабеля  $F_{\text{мин кл } 10} = 35 \text{ мм}^2 \geq F_{\text{мин}} = 21,46 \text{ мм}^2$  все кабели проходят проверку на термическое действие тока короткого замыкания и принимаются к прокладке.

ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Выбор высоковольтных аппаратов защиты	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					52	112
Н.контр					НИТПУ ЭПТ 52 Группа 3-5А16			
Утв.								

## 8 ВЫБОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

### 8.1 Выбор высоковольтных выключателей

Выбор осуществляется по нескольким критериям:

- Напряжению электроустановки

$$U_{н.в} \geq U_{ном},$$

где  $U_{н.в}$  – номинальное напряжение выключателя.

- Длительному току

$$I_{раб.мах} \leq I_{н.в},$$

где  $I_{н.в}$  – номинальный ток выключателя;

$I_{раб.мах}$  – рабочий максимальный ток, принимаем для установки выключателя после трансформатора и секционного выключателя как значение тока в послеаварийном режиме  $I_{раб.мах} = I_{р п.ав 10}$

$$I_{р п.ав 10} = \frac{1,4 \cdot S_{ном трГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

$$I_{р п.ав 10} = \frac{1,4 \cdot 6300}{\sqrt{3} \cdot 10} = 509,2 \text{ А.}$$

- По действующему значению тока

$$I_{по} = 3,67 \text{ А} \leq I_{пр.с} = 12,5,$$

где  $I_{по}$  – периодическая составляющая тока короткого замыкания в начале линии;

$I_{пр.с}$  – действующее значение предельного сквозного тока для выключателя (номинальный ток отключения), кА.

- По амплитудному значению тока

$$i_{уд} = 7,54 \text{ А} \leq i_{пр.с} = 32,$$

где  $i_{пр.с}$  – амплитудное значение предельного сквозного тока, кА.

По отключающей способности

$$I_{по} = 3,67 \text{ А} \leq I_{откл.ном} = 12,5,$$

где  $I_{откл.ном}$  – номинальный ток отключения выключателя, кА

- На термическую стойкость выключатель проверяют по условию

$$B_k = 1,94 \leq I_T^2 t_T = 468,75$$

где  $I_T$  – ток термической стойкости выключателя, кА;

$t_T$  – время термической стойкости выключателя, с.

На ТП предусматриваем установку вводного и секционного вакуумного выключателя типа ВВ/TEL, предназначенные для работы внутри помещения.

Принимаем выключатель **ВВ/TEL-10-12,5/630 У2**

Сведем выбор высоковольтных выключателей в таблицу 8.1. Выбор выключателей осуществлялся по [12].

Выключатели на 35 кВ выбираем по тем же условиям:

Выбираем вакуумный выключатель **ВВ-35-25/630** со следующими параметрами:

$$U_{н.в} = 35 \text{ кВ} \geq U_{ном} = 35 \text{ кВ},$$

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{2 \cdot 6300}{\sqrt{3} \cdot 35} = 207,84 \text{ А} \leq I_{н.в} = 630 \text{ А},$$

$$I_{\text{по К1}} = 3,64 \text{ кА} \leq I_{\text{пр.с}} = 25 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд к1}} = 5,3 \text{ кА} \leq i_{\text{пр.с}} = 25 \text{ кА},$$

$$I_{\text{по К1}} = 5,457 \text{ кА} \leq I_{\text{откл.ном}} = 25 \text{ кА},$$

$$B_{\text{к К1}} = 3641^2 \cdot (0,06 + 0,0041) \text{ А}^2 \cdot \text{с} \leq I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} = 25000^2 \cdot 3 \text{ А}^2 \cdot \text{с}.$$

Таблица 8.1 - Выбор выключателей 10 кВ

Место установки	Наименование выключателя	$I_{\text{раб.мах}}$	$I_{\text{по К2}}$	$i_{\text{уд К2}}$	$B_{\text{к К2}}$	$I_{н.в}$	$I_{\text{пр.с}}$	$i_{\text{пр.с}}$	$I_{\text{откл.ном}}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}}$
ТП-1	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	23,74	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-3	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	24,27	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-4	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	24,54	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-7	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	24,18	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-11	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	24,26	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-8	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	24,29	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-10	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	24,25	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-9	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	24,27	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-2	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	24,20	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-6	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	60,85	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
ТП-5	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	60,66	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
НН ГПП	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	509,22	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75
СВ	ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	509,22	3,679	7,544	1,94	630	12,5	32	12,5	468,75

## 8.2 Выбор трансформаторов тока

На линиях, отходящих от ГПП, выбираем трансформаторы тока ТПЛК-10, класс точности 0,5/P, с номинальным током 200 А.

Выбираем перечень необходимых измерительных приборов:

Таблица 8.2 – Измерительные приборы вторичной цепи ТТ.

№	Приборы	тип	Кол-во	Нагрузка по фазам, В·А		
				А	В	С
1	Амперметр	Э-350	1	0,5	-	-
2	Счетчик активной энергии	И-680	1	2,5	-	2,5
3	Счетчик реактивной энергии	И-673	1	2,5	-	2,5
4	ИТОГО:		3	5,5	-	5

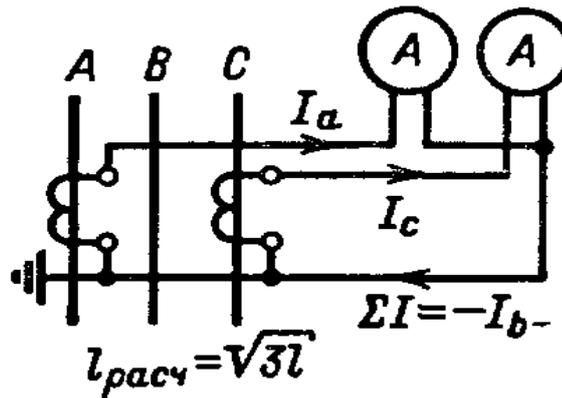


Рисунок 8.1 – Схема соединения измерительного трансформатора тока и приборов в неполную звезду

Произведем проверку выбранного трансформатора тока:

Расчетные данные	Справочные данные
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\max} = 23,74 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 200 \text{ А}$
$i_y = 7,54 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 35 \text{ кА}$
$V_k = 1,94 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 10^2 \cdot 3 = 300 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$
$Z_p = 0,348 \text{ Ом}$	$Z_{\text{ном.2}} = 0,4 \text{ Ом}$

Общее сопротивление приборов:

Наиболее нагруженной является фаза А

Общее сопротивление приборов рассчитывается по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2\text{ном}}^2},$$

где  $S_{\text{приб}}$  – мощность приборов, ВА.

$I_{2\text{ном}}$  – вторичный ток трансформатора тока, А.

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом},$$

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{пров}} = Z_{\text{ном.2}} - r_{\text{приб}} - r_k = 0,4 - 0,22 - 0,05 = 0,13 \text{ Ом},$$

где  $r_k = 0,05 \text{ Ом}$  – сопротивление контактов при числе приборов 3 и менее;

$Z_{\text{ном.2}} = 0,4 \text{ Ом}$  – полное допустимое сопротивление внешней цепи.

Минимальное сечение проводов:

$$F_{\min} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}} = \frac{0,028 \cdot 6,93}{0,13} = 1,49 \text{ мм}^2$$

где  $\rho = 0,028 \text{ Ом/мм}^2$  – удельное сопротивление провода;

$l_p = \sqrt{3} l = \sqrt{3} \cdot 4 = 6,93 \text{ м}$  – расчетная длина соединительных проводов с учетом схемы включения приборов.

Принимаем наименьшее допустимое стандартное сечение алюминиевого провода  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Сопротивление провода:

$$r_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{F} = \frac{0,028 \cdot 6,93}{2,5} = 0,078 \text{ мм}^2$$

Полное расчетное сопротивление:

$$Z_p = r_{\text{пров}} + r_{\text{приб}} + r_k = 0,078 + 0,22 + 0,05 = 0,348 \text{ Ом.}$$

На вводе 10 кВ от трансформатора выбираем тот же трансформатор тока, но с большим значением номинального первичного тока.

Произведем проверку выбранного трансформатора тока:

Расчетные данные	Справочные данные
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}} = 503,23 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1600 \text{ А}$
$i_y = 7,54 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 35 \text{ кА}$
$B_k = 1,94 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с.}$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 10^2 \cdot 3 = 300 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$
$Z_p = 0,391 \text{ Ом}$	$Z_{\text{ном.2}} = 0,4 \text{ Ом}$

Расчет полного расчетного сопротивления аналогичен выше проведённому.

### 8.3 Выбор трансформаторов напряжения

Предварительно выбираем трансформатор напряжения НАМИТ-10-2 класса точности 0,5 с номинальной мощностью  $S_{\text{ном}} = 200 \text{ ВА}$ .

Таблица 8.3 – Перечень необходимых приборов

Наименование прибора	Тип	Мощность одной обмотки, ВА	Число обмоток	cosφ	sinφ	Число приборов	Потребляемая мощность	
							P, Вт	Q, вар
Вольтмер	Э-377	2	1	0,38	0	1	2	-
Счетчик реактивной мощности	И-673	3 Вт	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счетчик активной мощности	И-680	3 Вт	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счетчик активной мощности	И-680	3 Вт	2	0,38	0,925	8	48	116,8
Счетчик реактивной	И-673	3 Вт	2	0,38	0,925	8	48	116,8
ИТОГО							110	262,6

Вторичная нагрузка трансформатора.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{134^2 + 341^2} = 366,38 \text{ ВА.}$$

Мощность трансформатора:

$3 \times 200 = 600 \text{ ВА} > 366,38 \text{ ВА}$ , т.е. данный трансформатор будет работать в выработанном классе точности.

ДП-ФЮРА.3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Электроснабжение цеха	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Мураглев И.О.					57	112
Н.контр					НИТПУ ЭПБ7 Группа 3-5А16			
Утв.								

## 9. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЦЕХА

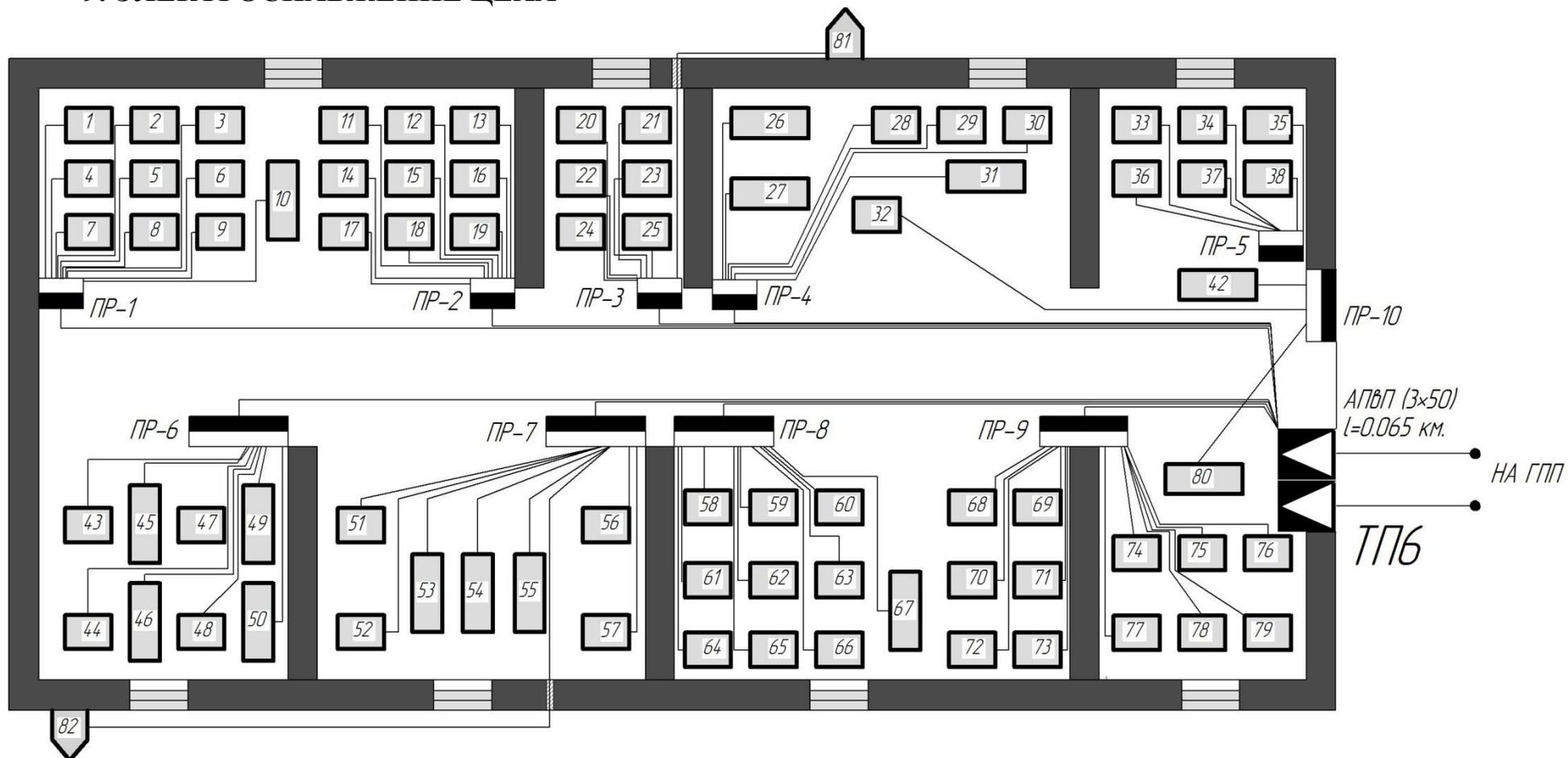


Рисунок 9.1 - Распределение приемников по пунктам питания внутри цеха

## 9.1 Выбор сечений проводников и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В

В цеховых сетях могут возникать следующие ненормальные по току режимы работы:

- увеличение тока вследствие перегрузки;
- увеличение тока в момент пуска или самозапуска двигателей;
- увеличение тока вследствие КЗ.

Короткие замыкания могут привести к пожару или даже взрыву, если не принять мер к быстрому отключению поврежденного участка линии, ЭП и т.п. Защита от токов КЗ является обязательной для всех элементов сети, время её действия должно быть минимальным для уменьшения термического и динамического эффектов от тока КЗ и необходимо, чтобы обеспечивалась селективность её действия.

Сечения силовых линий выбираются по допустимому нагреву длительно протекающим максимальным током нагрузки, по потере напряжения и по условию соответствия выбранному аппарату защиты.

Защита производится автоматическими выключателями

Условия выбора автоматического выключателя:

$$I_{н.тр.} \geq I_{длит.};$$

$$I_{э.р} \geq 1,5 \cdot I_{пуск.};$$

Пример расчета станка для гибки петель:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$
$$I_n = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6 \cdot 0,9} = 56,27 \text{ А}$$

Пусковой ток:

$$I_{пуск} = I_n \cdot 5 = 56,27 \cdot 5 = 281,36 \text{ А}$$

Принимаем к установке автоматический выключатель ВА 13-29

$$I_{н.т.р.} = 63 \text{ А} \geq I_n = 56,27 \text{ А}$$

$$I_{э.р.} = 63 \cdot 7 = 441 \text{ А} \geq 1,5 \cdot I_{пуск} = 422,04 \text{ А}$$

Выбираем сечение по допустимому нагреву кабельной линии :

$$I_{доп} = 82 \text{ А} \geq \frac{63 \cdot 1}{1 \cdot 1} = 63 \text{ А}$$

Принимаем кабель АВВГ(4 × 25) с  $I_{доп} = 63 \text{ А}$

Для группы электроприемников (при числе электроприемников более 5) пиковый ток определим, как:

$$I_{пик} = I_{пуск}^{max} + (I_{р.гр} - K_{и} \cdot I_n^{max}),$$

где  $I_{пуск}^{max}$  – максимальный пусковой ток из группы эл/пр,

$I_{р.гр}$  – расчетный ток группы электроприемников,

$K_{и}$  – коэффициент использования электроприемника с максимальным пусковым током,

$I_{\text{H}}^{\text{max}}$  – номинальный ток электроприемника с максимальным пусковым током.

Для ПР 1:

$$I_{\text{пик}} = 281,36 + (104,8 - 0,14 \cdot 56,27) = 378,36 \text{ А,}$$

Пиковый ток для группы электроприемников до 5 шт.

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + \sum I_{\text{H}},$$

где  $I_{\text{пуск}}^{\text{max}}$  – максимальный пусковой ток электроприемника в ПР,  
 $I_{\text{H}}$  – номинальный ток этого электроприемника,

Для ПР 10:

$$I_{\text{пик}} = 2813,68 + (337,64 + 562,74) = 3714,06 \text{ А}$$

Выбор вводного автоматического выключателя для ТП выбирается по номинальной мощности трансформатора

Номинальный ток трансформатора, находится по формуле

$$I_{\text{н.тр}} = \frac{S_{\text{H}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1519,34 \text{ А}$$

Выбираем для ТП 6: ВА 74-45 с  $I_{\text{H}} = 2500 \text{ А}$

Далее расчёты аналогичны

Результаты сводим в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Выбор защитной аппаратуры и сетей к электроприёмникам

Наименование узлов	R <sub>н</sub> , кВт	cos φ	I <sub>н</sub> , А	Кп	I <sub>п</sub> , А	Защитная аппаратура	I <sub>г.р</sub>	Кратность	I <sub>э.р</sub>	1,5*I <sub>п</sub>	Кп1	Кп2	I <sub>доп</sub>	I <sub>доп</sub> *Кп1*Кп2, А	(I <sub>з</sub> -К <sub>з</sub> )/(Кп1·Кп2), А	Марка кабеля
<b>ПР1</b>																
Станок для гибки петель	20	0,6	56,27	5	281,36	ВА 13-29	63	7	441	422,04	1	1	82	82	63	АВВГ(4х25)
Токарно-винторезный	9	0,6	25,32	5	126,61	ВА 51-26	32	7	224	189,92	1	1	47	47	32	АВВГ (4х10)
<b>Итого ПР1</b>			104,882		378,3	ВА 57-35	125	4	500	472,96	1	1	190	190	125	АВВГ (4х95)
<b>ПР2</b>																
Станок для гибки петель	20	0,6	56,274	5	281,3	ВА 13-29	63	8	504	422,05	1	1	82	82	63	АВВГ (4х25)
<b>Итого ПР2</b>			56,273		281,3								82	0		
<b>ПР3</b>																
Долбежный станок	18	0,6	50,65	3	151,9	ВА 13-29	63	7,5	472,5	227,91	1	1	62	62	63	АВВГ (4х25)
Вентилятор	24	0,8	50,65	5	253,2	ВА 13-29	63	7,5	472,5	379,85	1	1	62	62	63	АВВГ (4х25)
<b>Итого ПР3</b>			122,774		335,4	ВА 57-35	125	4	500	419,36	1	1	190	190	125	АВВГ (4х95)
<b>ПР4</b>																
Станок для высадки головок	50	0,6	140,85	3	422,5	ВА 57-35	160	5	800	633,81	1	1	190	190	160	АВВГ (4х95)
Намоточный станок	8	0,6	22,54	5	112,6	ВА 57-35	25	8	200	169,02	1	1	27	27	25	АВВГ (4х6)
Станок гнутья сеток	12	0,6	33,80	5	169,55	ВА 57-35	40	8	320	253,52	1	1	47	47	40	АВВГ (4х10)
<b>Итого ПР4</b>			110,71		513,55	ВА 57-35	125	6	750	641,91	1	1	190	190	125	АВВГ (4х95)
<b>ПР5</b>																
Настольно-сверлильный станок	50	0,5	168,821	5	844,1											
<b>Итого ПР5</b>			168,821		844,1	ВА 57-35	200	6	1200	1055,125	1	1	219	219	200	АВВГ (4х120)
<b>ПР6</b>																
Преобразователь сварочный	50	0,45	187,58	3	562,74	ВА 57-35	200	7,5	1500	844,10	1	1	219	219	200	АВВГ (4х120)
Трансформатор сварочный R <sub>н</sub> =6 кВт, ПВ=40%	6	0,4	25,32	5	126,62	ВА 51-35	35	7,5	232,5	189,92	1	1	34	34	35	АВВГ (4х6)
<b>Итого ПР6</b>			310,70		807,7	ВА 52-39	320	5	1600	1009,7	1	1	343	343	320	АВВГ (4х240)
<b>ПР7</b>																
Вертикально-сверлильный станок	20	0,5	67,53	5	337,64	ВА 51-31	80	7,5	600	506,46	1	1	82	82	80	АВВГ (4х25)
Станок обрезной с дисковой пилой	10	0,6	28,14	5	140,68	ВА 51-35	35	7,5	232,5	211,03	1	1	34	34	35	АВВГ (4х6)
Вентилятор	24	0,8	50,65	5	253,23	ВА 13-29	63	7,5	472,5	379,85	1	1	82	82	63	АВВГ (4х25)
<b>Итого ПР7</b>			108,10		436,29	ВА 57-35	125	5	625	545,36	1	1	126	126	125	АВВГ (4х50)
<b>ПР8</b>																
Пресс гидравлический	45	0,86	88,80	5	443,99	ВА 57-35	100	7,5	750	665,98	1	1	101	101	100	АВВГ (4х35)
Токарно-винторезный	9	0,6	25,32	5	126,62	ВА 51-35	35	7,5	232,5	189,92	1	1	34	34	35	АВВГ (4х6)
<b>Итого ПР8</b>			233,48		659,71	ВА 57-35	250	4	1000	824,63	1	1	254	254	250	АВВГ (4х150)

<b>ПР9</b>																
Пресс гидравлический	45	0,86	88,34	5	441,68	BA 57-35	100	7,5	750	662,52	1	1	101	101	100	АВВГ (4x35)
Универсальный-фрезерный станок	3	0,6	8,44	5	42,21	BA 51-31	10	7,5	75	63,31	1	1	20	20	10	АВВГ (4x2,5)
<b>Итого ПР9</b>			206,10		630,11	BA 57-35	250	4	1000	787,64	1	1	254	254	250	АВВГ (4x150)
<b>ПР10</b>																
Станок МТМК	120	0,6	337,64	5	1688,2 1	BA 51-29	400	8	3200	2532,3 1	1	1	405	405	400	АВВГ (4x240) АВВГ (4x16)
Станок МТМС	200	0,6	562,74	5	2813,6 8	BA 51-29	630	8	5040	4220,5 2	1	1	686	686	630	АВВГ 2*(4x240)
<b>Итого ПР10</b>			1295,83		3714,0 6	BA 74-43	1600	3,5	5600	5571,0 9	1	1	1626	1626	1600	АВВГ 4*(4x240) АВВГ (4x150)
ТП 6		номинал ток	С перегрузкой		3937,6 16	BA 74-45	2500	2,5	6250	4922,0 2						
.		1519,3	2127													

## 9.2 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В

При расчетах токов КЗ в установках напряжением до 1000 В необходимо учитывать активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов короткозамкнутой сети: силового трансформатора, проводов, кабелей и шин, токовых катушек расцепителей автоматических выключателей, первичных обмоток трансформаторов тока, переходных контактов аппаратов.

Для расчета токов КЗ составляется расчетная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются все источники питания, трансформаторы, воздушные и кабельные линии.

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

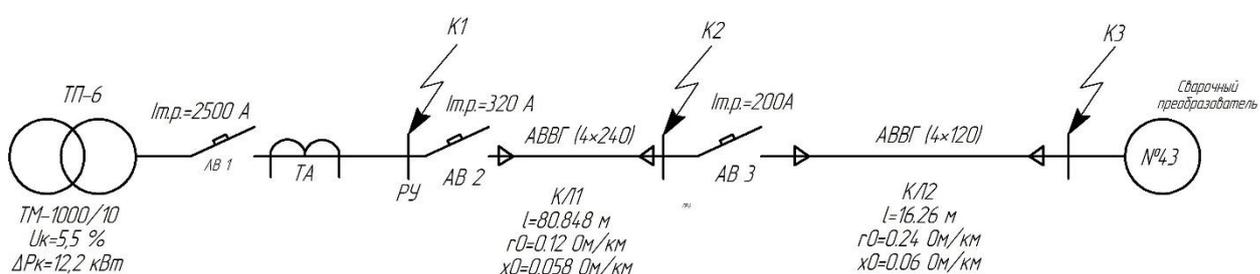


Рисунок 9.2 – Расчетная схема распределительной сети

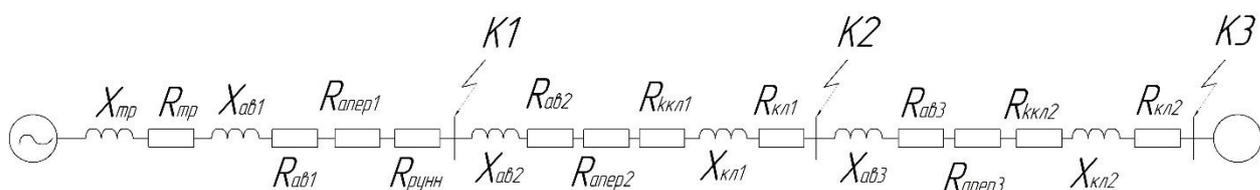


Рисунок 9.3 – Схема замещения цеховой сети

Сопротивления автоматического выключателя QF1:

$$r_{ав1} = 0,06 \text{ мОм}; \quad x_{ав1} = 0,07 \text{ мОм}; \quad r_{пер1} = 0,07 \text{ мОм}$$

Сопротивления автоматического выключателя QF2:

$$r_{ав2} = 0,20 \text{ мОм}; \quad x_{ав2} = 0,30 \text{ мОм}; \quad r_{пер2} = 0,50 \text{ мОм}$$

Сопротивления автоматического выключателя QF3:

$$r_{ав3} = 0,40 \text{ мОм}; \quad x_{ав3} = 0,50 \text{ мОм}; \quad r_{пер3} = 0,60 \text{ мОм}$$

Для нахождения сопротивлений для АВ воспользовались таблицей 7.2 [1]

Сопротивления первичной обмотки трансформатора тока ТА не учитываем

Сопротивления кабельных линий:

$$\begin{aligned} r_{ккл1} &= r_0 \cdot l_1 = 0,12 \cdot 80,848 = 9,7 \text{ мОм} \\ x_{ккл1} &= x_0 \cdot l_1 = 0,058 \cdot 80,848 = 4,69 \text{ мОм} \\ r_{ккл2} &= r_0 \cdot l_2 = 0,24 \cdot 16,26 = 3,9 \text{ мОм} \\ x_{ккл2} &= x_0 \cdot l_2 = 0,06 \cdot 16,26 = 0,97 \text{ мОм} \end{aligned}$$

Активные переходные сопротивления неподвижных контактных соединений:

$$r_{ккЛ1} = 0,012 \text{ мОм}$$

$$r_{ккЛ2} = 0,024 \text{ мОм}$$

Приводим сопротивления системы высшего напряжения к напряжению 0,4 кВ.

$$x_{\Sigma 10В} = x_{вЛ} + x_{трГПП} + x_{кЛ} = 2658,8 + 1190 + 5,3 = 3854,1 \text{ мОм.}$$

$$r_{\Sigma 10В} = r_{вЛ} + r_{кЛ} = 336,0116 + 34,726 = 370,376 \text{ мОм.}$$

$$x_{\Sigma 10Н} = x_{\Sigma 10В} \cdot \left( \frac{U_{НОМ.НН}}{U_{НОМ.ВН}} \right)^2 = 3854,1 \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 = 6,1665 \text{ мОм;}$$

$$r_{\Sigma 10Н} = r_{\Sigma 10В} \cdot \left( \frac{U_{НОМ.НН}}{U_{НОМ.ВН}} \right)^2 = 370,376 \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,5932 \text{ мОм.}$$

Определяем сопротивление цехового трансформатора:

$$r_T = \frac{\Delta P_K \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ.Т}^2} = \frac{12,2 \cdot 400^2}{1000^2} = 1,952 \text{ мОм;}$$

$$x_T = \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ.тр}} \cdot \sqrt{\left( \frac{U_{КЗ}}{100} \right)^2 - \left( \frac{\Delta P_{КЗ}}{S_{НОМ.тр}} \right)^2} = \frac{400^2}{1000} \cdot \sqrt{\left( \frac{5,5}{100} \right)^2 - \left( \frac{12,2}{1000} \right)^2} = 8,58 \text{ мОм;}$$

$$\text{где } U_p = \sqrt{U_{КЗ}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,363 \text{ \%};$$

$$U_a = \frac{\Delta P_K \cdot 100}{S_{НОМ.Т}} = \frac{12,2 \cdot 100}{1000} = 1,22 \text{ \%}.$$

Упростим схему замещения, определив эквивалентные сопротивления на участках схемы между точками КЗ:

$$R_1 = r_{10Н} + r_T + r_{ав1} + r_{апер1} = 0,5932 + 1,952 + 0,06 + 0,07 = 2,67 \text{ мОм}$$

$$X_1 = x_{10Н} + x_T + x_{ав1} = 6,1665 + 8,58 + 0,07 = 14,8 \text{ мОм}$$

$$R_2 = r_{ав2} + r_{апер2} + r_{ккЛ1} + r_{кЛ1} = 0,2 + 0,5 + 0,012 + 9,7 = 10,41 \text{ мОм}$$

$$X_2 = x_{ав2} + x_{кЛ1} = 0,3 + 4,68 = 4,9 \text{ мОм}$$

$$R_3 = r_{ав3} + r_{апер3} + r_{ккЛ2} + r_{кЛ2} = 0,40 + 0,60 + 0,024 + 3,9 = 4,9 \text{ мОм}$$

$$X_3 = x_{ав3} + x_{кЛ2} = 0,50 + 0,97 = 1,47 \text{ мОм}$$

Упрощенная схема замещения представлена на рис. 9.4.

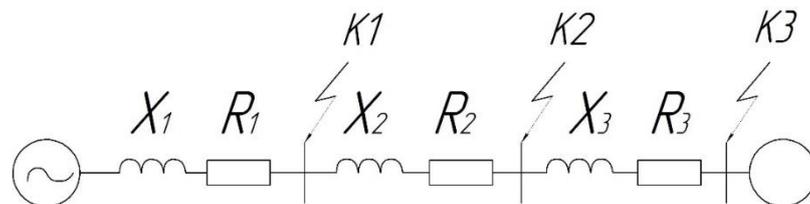


Рисунок 9.4 – Упрощенная схема замещения цеховой сети

Ток КЗ в точке К1 равен:

$$I_{к1} = \frac{1,05 \cdot U_{нсети}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_1^2 + X_1^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15,05} = 15,3 \text{ кА;}$$

Ударный ток в точке К1:

$$i_{y1} = k_{y1} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 15,3 = 32,53 \text{ кА.}$$

Значение  $k_y$  определяем по кривой, для  $\frac{x_{\Sigma 1}}{r_{\Sigma 1}} = \frac{14,8}{2,67} = 5,5$ ;

$$k_{y1} = 1,5.$$

Ток КЗ в точке К2 равен:

$$I_{K2} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 23,7} = 9,7 \text{ кА};$$

$$i_{y2} = k_{y2} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 9,7 = 13,75 \text{ кА}$$

Ток КЗ в точке К3 равен:

$$I_{K3} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 + X_3)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 27,8} = 8,28 \text{ кА};$$

$$i_{y3} = k_{y3} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 8,28 = 11,7 \text{ кА}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Результаты расчета токов КЗ

Точка	$X_{\Sigma}$ , мОм	$R_{\Sigma}$ , мОм	$I_{K}$ , кА	$x_{\Sigma}/r_{\Sigma}$	$k_y$	$i_y$ , кА
К1	14,81	2,67	15,33	5,53	1,5	32,53
К2	4,989	10,41	9,72	0,48	1	13,75
К3	1,47	4,92	8,28	0,29	1	11,71

В электрических сетях ниже 1000 В кабели не подлежат проверке на термическую устойчивость.

### 9.3 Расчет электрической сети по потере напряжения

Согласно ПУЭ для силовых сетей отклонение напряжения от номинального должно составлять не более  $\pm 5\% U_n$ . Для осветительных сетей промышленных предприятий и общественных зданий допускается отклонение напряжения от  $+5$  до  $-2,5\%$   $U_n$ , для сетей жилых зданий и наружного освещения  $\pm 5\% U_n$ .

Расчет цеховой сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонения напряжения выполняется для цепочки линии от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного от цеховой ТП или наиболее мощного ЭП для режимов максимальных и минимальных нагрузок.

Для расчета выберем цепь ГПП-ТП6-ПР6-Преобразователь сварочный ( $P_n=50$  кВт).

Исходные мощности для расчета, соответствующие участкам сети:

$$P_{12} = 1318,05 \text{ кВт} \quad P_{34} = 122,25 \text{ кВт} \quad P_{45} = 50 \text{ кВт}$$

$$Q_{12} = Q_{ТП1} - Q_{кб.нн.ТП1} = 1247,28 - 836 = 411,28 \text{ кВар}$$

$$Q_{34} = 163,91 \text{ кВар} \quad Q_{45} = 99 \text{ кВар}$$

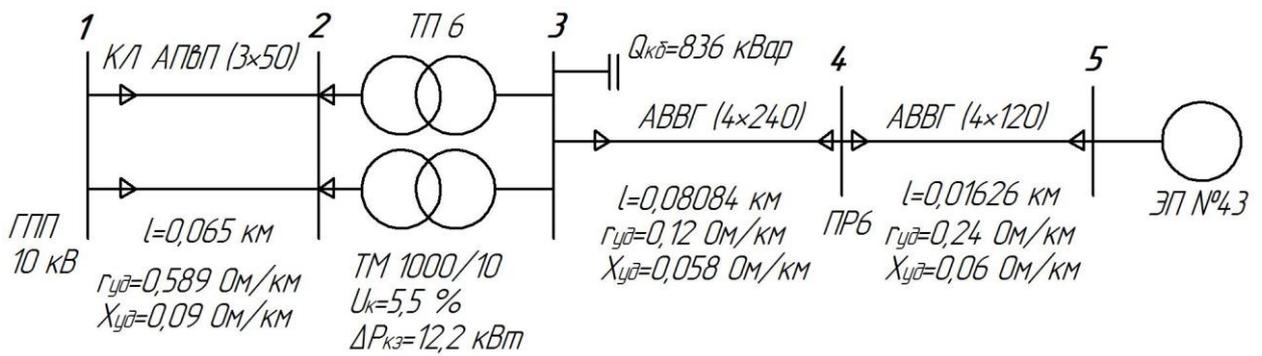


Рисунок 9.5 – Радиальная схема для расчета отклонения напряжения

### 9.3.1 Расчет максимального режима:

#### Участок 1-2

Потери напряжения на данном участке определи по выражению:

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

где  $R, X$  – активное и индуктивное сопротивления соответствующих участков сети;

$l$  – соответствующие длины участков сети;

$P, Q$  – активная и реактивная мощность на соответствующих участках.

Для построения эпюры отклонения напряжения мы распределяем всю нагрузку на два трансформатора и получаем, что на ТП6-1 и на ТП6-2 получилась нагрузка  $P_p = 1318,05$  кВт  $Q_p = 411,28$  кВар. Так как наш цех запитывается от ТП6-2, то берем его значения.

Для этого рассчитаем активное и реактивное сопротивления кабельной линии:

$$R_{12} = \frac{r_{01} \cdot l}{2} = \frac{0,589 \cdot 0,065}{2} = 0,01914 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = \frac{x_{01} \cdot l}{2} = \frac{0,09 \cdot 0,065}{2} = 0,002925 \text{ Ом.}$$

Определим потери напряжения на данном участке:

$$\begin{aligned} \Delta U_{12} &= \frac{(P_{12} + \Delta P_{\text{ТП12}}) \cdot R_{12} + (Q_{12} + \Delta Q_{\text{ТП12}}) \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \\ &= \frac{(1318,05 + 17,1456) \cdot 0,01914 + (411,28 + 104,2) \cdot 0,002925}{10 \cdot 10,5^2} = 0,024 \% \end{aligned}$$

Определим потери напряжения в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 0,024 \cdot \frac{10500}{100} = 2,577 \text{ В.}$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 2,577 = 10497,42 \text{ В.}$$

### Участок 2-3

Потери напряжения на участке определяются потерей напряжения на цеховом трансформаторе и определяется по выражению:

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

где  $U_a, U_p$  – активная и реактивная составляющие напряжения КЗ;  
 $U_{k\%}, \cos \varphi_2$  и  $\sin \varphi_2$  – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора (с учетом установки компенсирующих устройств).

Активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора определяется:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_k \cdot 100}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{12,2 \cdot 100}{1000} = 1,22 \%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{k3}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,33 \%$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{12}}{\sqrt{(P_{12} + \Delta P_{\text{ТП12}})^2 + (Q_{12} + \Delta Q_{\text{ТП12}})^2}} = \frac{1318,05}{\sqrt{(1318 + 17,1)^2 + (411,28 + 104,2)^2}} = 0,92$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{12}}{\sqrt{(P_{12} + \Delta P_{\text{ТП12}})^2 + (Q_{12} + \Delta Q_{\text{ТП12}})^2}} = \frac{411,28}{\sqrt{(1318 + 17,14)^2 + (411,3 + 104,2)^2}} = 0,287$$

$\beta_T$  – отношение фактической нагрузки одного трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме работы;

$$\beta_T = \frac{\sqrt{(P_{12})^2 + (Q_{12})^2}}{S_{\text{н.тр}}} = \frac{\sqrt{(1318,05)^2 + (411,28)^2}}{2 \cdot 1000} = 0,69.$$

Определяем потери напряжения на цеховом трансформаторе:

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

$$= 0,69 \cdot (1,22 \cdot 0,92 + 5,33 \cdot 0,287) + \frac{0,69^2}{200} \cdot (1,22 \cdot 0,287 - 5,33 \cdot 0,92)^2 = 2,354 \%$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН будет равно:

$$U_{\text{ВН}} = U_2 - \Delta U_T \cdot \frac{U_{\text{Н}}}{100} = 10497,42 - 2,354 \cdot \frac{10500}{100} = 10250,253 \text{ В}$$

Напряжение на низкой стороне с учетом потерь будет составлять

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10250,253}{10500} = 390,485 \text{ В}$$

### Участок 3-4

Рассчитаем активное и реактивное сопротивления кабеля АВВГ (4x240)

$$R_{34} = r_{34} \cdot l = 0,12 \cdot 0,08084 = 0,0097 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = x_{34} \cdot l = 0,058 \cdot 0,08084 = 0,0046 \text{ Ом.}$$

Определяем потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{122,25 \cdot 0,0097 + 163,91 \cdot 0,0046}{10 \cdot 0,390485^2} = 1,27 \%$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляет

$$\Delta U_{34} = 1,27 \cdot \frac{390,485}{100} = 4,967 \text{ В}$$

Напряжение в конце данного участка составит:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 390,485 - 4,967 = 385,517 \text{ В.}$$

#### Участок 4-5

Рассчитаем активное и реактивное сопротивления кабеля АВВГ (4x120)

$$R_{45} = r_{45} \cdot l = 0,24 \cdot 0,01626 = 0,0039 \text{ Ом}$$

$$X_{45} = x_{45} \cdot l = 0,06 \cdot 0,01626 = 0,000975 \text{ Ом.}$$

Определяем потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{50 \cdot 0,0039 + 99 \cdot 0,000975}{10 \cdot 0,385517^2} = 0,1961 \%$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляет

$$\Delta U_{45} = 0,1961 \cdot \frac{385,517}{100} = 0,756 \text{ В}$$

Напряжение в конце данного участка составит:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 385,517 - 0,756 = 384,76 \text{ В.}$$

#### 9.3.2 Расчет минимального режима:

В нашем случае примем  $P_{min} = 0,80 \cdot P_{max} = 0,8 \cdot 1 = 0,8$  а минимальная реактивная мощность  $Q_{min} = 0,60 \cdot Q_{max} = 0,6$

После этого расчет повторяется по принципу расчета максимального режима, но при уменьшенной передаваемой мощности.

#### Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивления кабельной линии остается прежним:

$$R_{12} = \frac{r_{01} \cdot l}{2} = \frac{0,589 \cdot 0,065}{2} = 0,0191425 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = \frac{x_{01} \cdot l}{2} = \frac{0,09 \cdot 0,065}{2} = 0,002925 \text{ Ом.}$$

Определяем потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot 0,6 \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot 0,35 \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \frac{1318 \cdot 0,8 \cdot 0,01914 + 411,2 \cdot 0,6 \cdot 0,002925}{10 \cdot 10,5^2} = 0,0189\%$$

Определим потери напряжения в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 0,0189 \cdot \frac{10500}{100} = 1,99 \text{ В.}$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 1,99 = 10498 \text{ В.}$$

### Участок 2-3

Потери напряжения на участке определяются потерей напряжения на цеховом трансформаторе и определяется по выражению:

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

где  $U_a, U_p$  – активная и реактивная составляющие напряжения КЗ,  $U_{к\%}$ ;  $\cos \varphi_2$  и  $\sin \varphi_2$  – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора (с учетом установки компенсирующих устройств).

Активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора определяется:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_k \cdot 100}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{12,2 \cdot 100}{1000} = 1,22 \%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{кз}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,33 \%$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{12}}{\sqrt{(P_{12} + \Delta P_{\text{тп12}})^2 + (Q_{12} + \Delta Q_{\text{тп12}})^2}} = \frac{1318,05 \cdot 0,8}{\sqrt{(1318 + 17,1)^2 + (411,28 + 104,2)^2}} = 0,736$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{12}}{\sqrt{(P_{12} + \Delta P_{\text{тп12}})^2 + (Q_{12} + \Delta Q_{\text{тп12}})^2}} = \frac{411,28 \cdot 0,6}{\sqrt{(1318 + 17,14)^2 + (411,3 + 104,2)^2}} = 0,172$$

$\beta_T$  – отношение фактической нагрузки одного трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме работы;

$$\beta_T = \frac{\sqrt{(P_{12})^2 + (Q_{12})^2}}{S_{\text{н.тр}}} = \frac{\sqrt{(1318,05 \cdot 0,8)^2 + (411,28 \cdot 0,6)^2}}{2 \cdot 1000} = 0,541.$$

Определяем потери напряжения на цеховом трансформаторе:

$$\begin{aligned} \Delta U_T &= \beta_T \cdot (U_a \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_T^2}{200} \cdot (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2)^2 = \\ &= 0,541 \cdot (1,22 \cdot 0,736 + 5,33 \cdot 0,172) + \frac{0,541^2}{200} \cdot (1,22 \cdot 0,172 - 5,33 \cdot 0,736)^2 = 1,0045 \end{aligned}$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН будет равно:

$$U_{\text{ВН}} = U_2 - \Delta U_T \cdot \frac{U_{\text{н}}}{100} = 10498,01 - 1,0045 \cdot \frac{10500}{100} = 10392,53 \text{ В}$$

Напряжение на низкой стороне с учетом потерь будет составлять

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10392,53}{10500} = 395,9 \text{ В}$$

### Участок 3-4

Рассчитаем активное и реактивное сопротивления кабеля АВВГ (4x240)

$$\begin{aligned} R_{34} &= r_{34} \cdot l = 0,12 \cdot 0,08084 = 0,0097 \text{ Ом} \\ X_{34} &= x_{34} \cdot l = 0,058 \cdot 0,08084 = 0,0046 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Определяем потери напряжения на данном участке учитывая наличие двух трансформаторов:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{122,25 \cdot 0,8 \cdot 0,0097 + 163,91 \cdot 0,6 \cdot 0,0046}{10 \cdot 0,3959^2} = 0,899 \%$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляет

$$\Delta U_{34} = 0,899 \cdot \frac{395,9}{100} = 3,56 \text{ В}$$

Напряжение в конце данного участка составит:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 395,9 - 3,56 = 392,34 \text{ В.}$$

#### Участок 4-5

Рассчитаем активное и реактивное сопротивления кабеля АВВГ (4x120)

$$R_{45} = r_{45} \cdot l = 0,24 \cdot 0,01626 = 0,039 \text{ Ом}$$

$$X_{45} = x_{45} \cdot l = 0,06 \cdot 0,01626 = 0,00097 \text{ Ом.}$$

Определяем потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{50 \cdot 0,8 \cdot 0,039 + 99 \cdot 0,6 \cdot 0,00097}{10 \cdot 0,39234^2} = 1,05 \%$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляет

$$\Delta U_{45} = 1,05 \cdot \frac{392,34}{100} = 4,12 \text{ В}$$

Напряжение в конце данного участка составит:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 392,34 - 4,12 = 388,218 \text{ В.}$$

### 9.3.3 Расчет послеаварийного режима:

Предполагаем, что одна линия и один трансформатор вышли из строя.

#### Участок 1-2

Потери напряжения на данном участке определи по выражению:

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

где  $R, X$  – активное и индуктивное сопротивления соответствующих участков сети;

$l$  – соответствующие длины участков сети;

$P, Q$  – активная и реактивная мощность на соответствующих участках.

Для построения эпюры отклонения напряжения мы распределяем всю нагрузку на два трансформатора и получаем, что на ТП1-1 и на ТП1-2 получилась нагрузка  $P_p = 1318,05 \text{ кВт}$   $Q_p = 411,28 \text{ кВар}$ . Так как наш цех запитывается от ТП1-2, то берем его значения.

Для этого рассчитаем активное и реактивное сопротивления кабельной линии:

$$R_{12} = r_{01} \cdot l_1 = 0,589 \cdot 0,065 = 0,0382 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = x_{01} \cdot l_1 = 0,09 \cdot 0,065 = 0,00585 \text{ Ом.}$$

Определим потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{12} = \frac{(P_{12} + \Delta P_{\text{тп12}}) \cdot R_{12} + (Q_{12} + \Delta Q_{\text{тп12}}) \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} =$$

$$= \frac{(1318,05 + 17,1456) \cdot 0,038285 + (411,28 + 104,2) \cdot 0,00585}{10 \cdot 10,5^2} = 0,04899 \%$$

Определим потери напряжения в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 0,04899 \cdot \frac{10500}{100} = 5,144 \text{ В.}$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 5,144 = 10494,85 \text{ В.}$$

### Участок 2-3

Потери напряжения на участке определяются потерей напряжения на цеховом трансформаторе и определяется по выражению:

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

где  $U_a, U_p$  – активная и реактивная составляющие напряжения КЗ,  $U_{к\%}$ ;  $\cos \varphi_2$  и  $\sin \varphi_2$  – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора (с учетом установки компенсирующих устройств).

Активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора определяется:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_k \cdot 100}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{12,2 \cdot 100}{1000} = 1,22 \%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{кз}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,33 \%$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{12}}{\sqrt{(P_{12} + \Delta P_{\text{тп12}})^2 + (Q_{12} + \Delta Q_{\text{тп12}})^2}} = \frac{1318,05}{\sqrt{(1318 + 17,1)^2 + (411,28 + 104,2)^2}} = 0,92$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_{12}}{\sqrt{(P_{12} + \Delta P_{\text{тп12}})^2 + (Q_{12} + \Delta Q_{\text{тп12}})^2}} = \frac{411,28}{\sqrt{(1318 + 17,14)^2 + (411,3 + 104,2)^2}} = 0,287$$

$\beta_T$  – отношение фактической нагрузки одного трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме работы;

$$\beta_T = \frac{\sqrt{(P_{12})^2 + (Q_{12})^2}}{S_{\text{н.тр}}} = \frac{\sqrt{(1318,05)^2 + (411,28)^2}}{1000} = 1,38.$$

Определяем потери напряжения на цеховом трансформаторе:

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

$$= 1,38 \cdot (1,22 \cdot 0,92 + 5,33 \cdot 0,287) + \frac{1,38^2}{200} \cdot (1,22 \cdot 0,287 - 5,33 \cdot 0,92)^2 = 3,86 \%,$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН будет равно:

$$U_{\text{ВН}} = U_2 - \Delta U_T \cdot \frac{U_{\text{н}}}{100} = 10494,85 - 3,864 \cdot \frac{10500}{100} = 10089,12 \text{ В}$$

Напряжение на низкой стороне с учетом потерь будет составлять

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10089,12}{10500} = 384,347 \text{ В}$$

Участок 3-4

Рассчитаем активное и реактивное сопротивления кабеля АВВГ (4х240)

$$R_{34} = r_{34} \cdot l = 0,12 \cdot 0,08084 = 0,0097 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = x_{34} \cdot l = 0,058 \cdot 0,08084 = 0,0046 \text{ Ом.}$$

Определяем потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{122,25 \cdot 0,0097 + 163,91 \cdot 0,0046}{10 \cdot 0,384347^2} = 1,323 \%$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляет

$$\Delta U_{34} = 1,323 \cdot \frac{384,34}{100} = 5,08 \text{ В}$$

Напряжение в конце данного участка составит:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 384,34 - 5,08 = 379,26 \text{ В.}$$

Участок 4-5

Рассчитаем активное и реактивное сопротивления кабеля АВВГ (4х120)

$$R_{45} = r_{45} \cdot l = 0,24 \cdot 0,01626 = 0,0039 \text{ Ом}$$

$$X_{45} = x_{45} \cdot l = 0,06 \cdot 0,01626 = 0,00097 \text{ Ом.}$$

Определяем потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{50 \cdot 0,0039 + 99 \cdot 0,00097}{10 \cdot 0,37926^2} = 0,2 \%$$

Потери напряжения на данном участке в вольтах составляет

$$\Delta U_{45} = 0,2 \cdot \frac{379,26}{100} = 0,769 \text{ В}$$

Напряжение в конце данного участка составит:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 379,26 - 0,769 = 378,49 \text{ В.}$$

Результаты расчёта сводим в таблицу 9.3. По результатам расчета строим эпюры, рисунок 9.7.

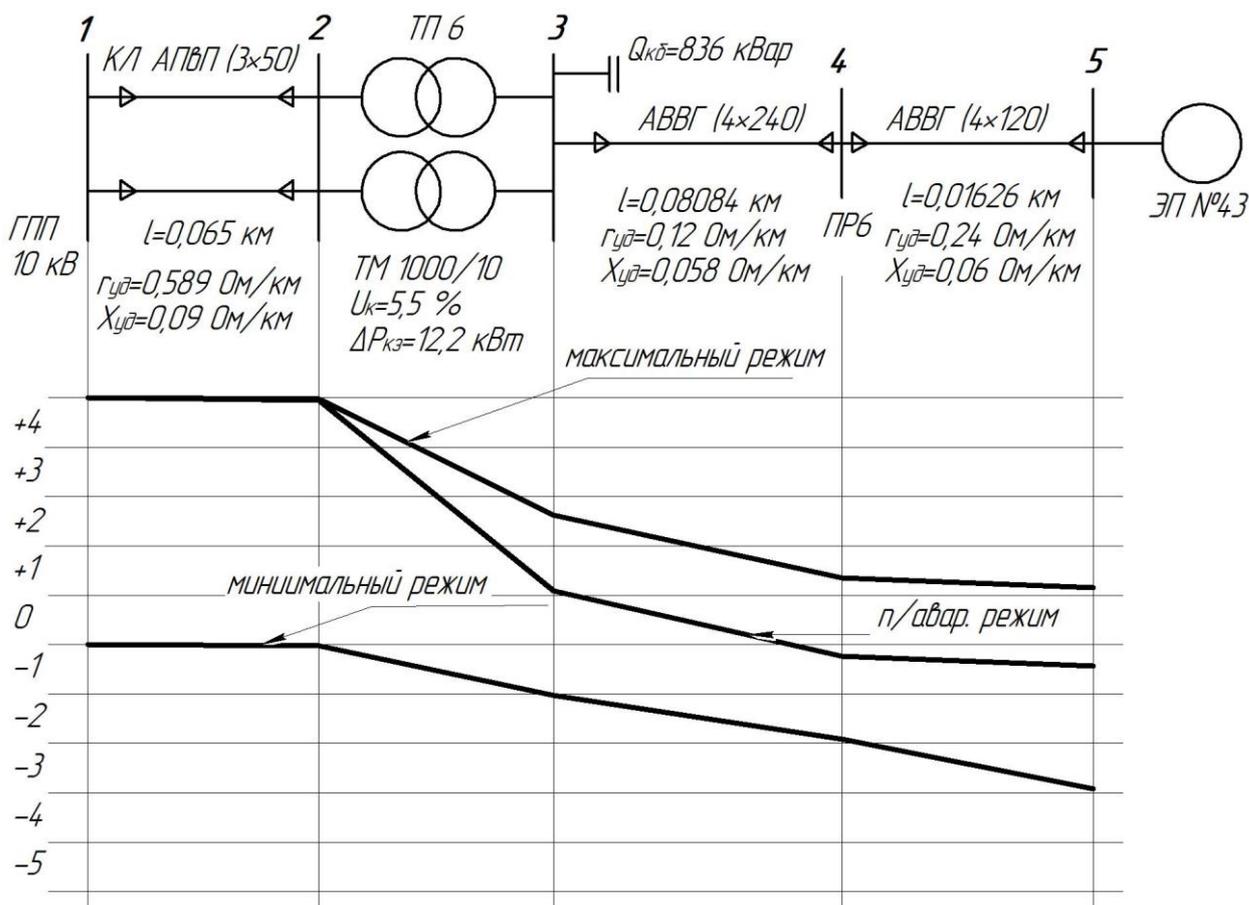


Рисунок 9.7 - Эпюра отклонений напряжения

Таблица 9.3 – Результаты расчета сети по потере

Обозначение участка	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5
Марка кабеля сечение, мм <sup>2</sup> ; длина, км	АПвП (3x50) 0,065	ТМ – 1000/10	АВВГ (4x240) 0,08084	АВВГ (4x120) 0,01626
Сопротивление активное, Ом/км реактивное, Ом/км	0,589 0,09	S <sub>ном</sub> =1000кВА U <sub>к</sub> =5,5 % ΔP <sub>к</sub> = 12,2 кВт	0,12 0,058	0,24 0,06
Нагрузки P+jQ Максимальный минимальный	1318,05 +j411,28 1054,44+j246,76	1318,05 +j411,28 1054,44+j246,76	122,25+j163,91 97,8+j98,4	50+j99 40+j59,4
Потери % напряжен. максимальный минимальный режим аварийный режим	0,024 1,99 0,0488	2,354 1,0045 3,86	1,27 3,56 1,323	0,1961 1,05 0,2

#### 9.4 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:

- 1) Номинальный и пусковой токи электроприемника;
- 2) Расчетный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- 3) Расчетный и пиковый ток подстанции;
- 4) Защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей)

5) Значения токов КЗ в сети 0,4 кВ

6) Перед построением карты селективности строят цепочку защит, начиная с вводного автомата на ТП до какого-либо ЭП, чаще всего до наиболее удаленного и мощного. На цепочке указываются все необходимые данные о токах на каждом участке в нормальном режиме и при КЗ, данные аппаратов защиты в этой цепочке и уставки их срабатывания, рис.9.8.

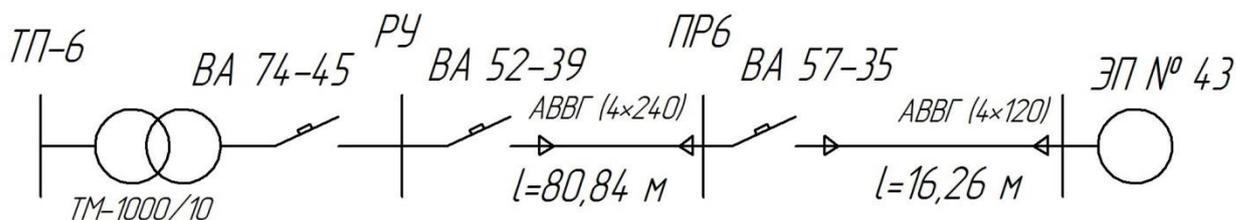


Рисунок 9.8 Схема для построения селективности участка ТП6-ЭП №43

Таблица 9.4– Данные для построения карты селективности

	ТП-6	ПР-10	ЭП	Ток КЗ в соотв.точках, КА		
				1	2	3
$I_p, A$	1519,387	310,7	–	15,3	9,7	8,28
$I_{пик}, A$	3937,62	807,78	–			
$I_{ном}, A$	–	–	187,58			
$I_{пуск}, A$	–	–	562,74			

Таблица 9.5– Данные для построения карты селективности

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
ВА 74-45(ТП 6)	2500	6250
ВА 52-39 (ПР 6)	320	1600
ВА 57-35 (ЭП 43)	200	1000

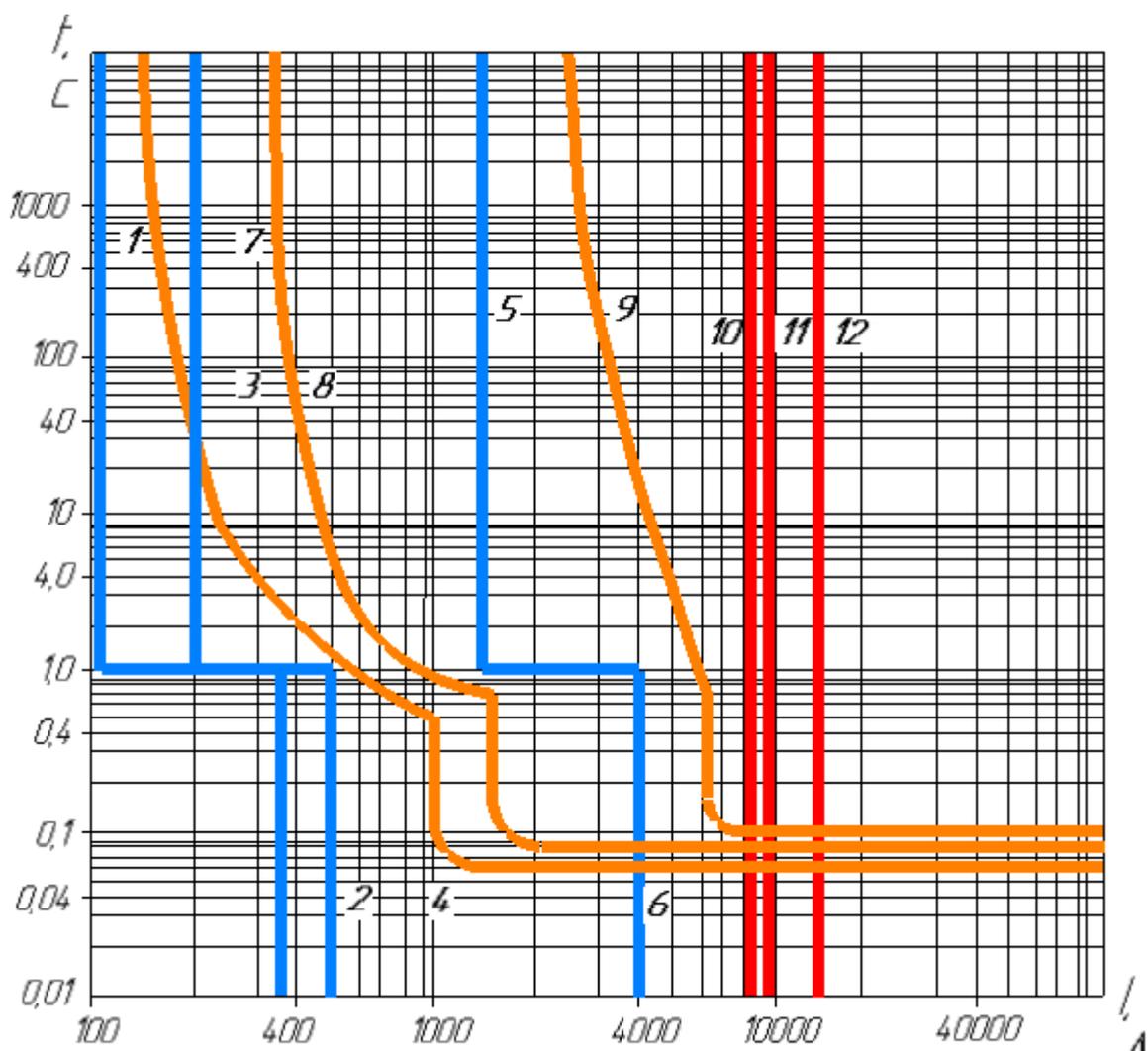


Рисунок 9.9 – Карта селективности действия аппаратов защиты

### 9.5 Расчёт заземляющих устройств

При обслуживании электроустановки опасность представляют не только неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением, но и те конструктивные части электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции.

Для защиты людей от поражения людей электрическим током при повреждении изоляции применяется одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, разделительный трансформатор, двойная изоляция и т.д.

Защитное заземление - это преднамеренное электрическое соединение какой-либо части электроустановки с заземляющим устройством для обеспечения электробезопасности. Задачей защитного заземления является снижение до безопасной величины напряжений шага и напряжение прикосновения.

Из вышеперечисленных мер защиты заземление наиболее эффективно, поскольку при малых затратах и без отключения позволяет обеспечить безопасность человека.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя и заземляющих проводников. В качестве естественных заземлителей используется в первую очередь естественные заземлители: проложенные в земле металлические конструкции. Если этих естественных заземлителей недостаточно, применяют искусственные заземлители: заглубленные в землю вертикальные электроды из труб, уголков или прутковой стали.

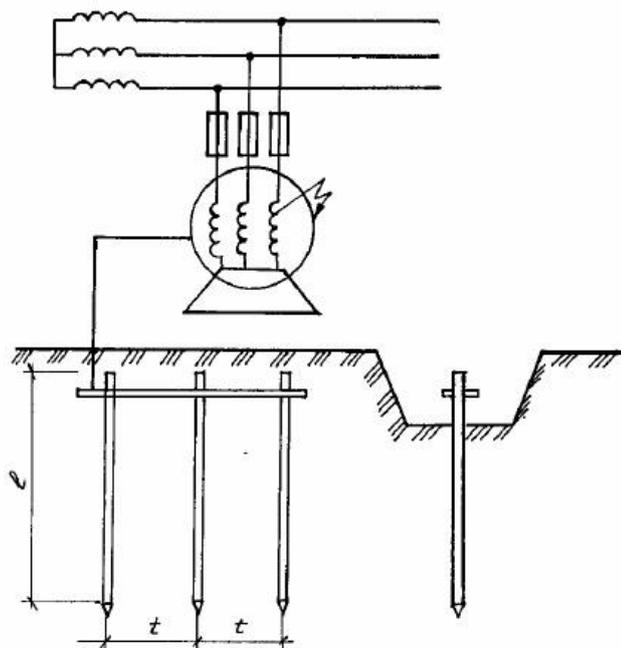


Рисунок 9.10 – Схема заземляющего устройства

Для обеспечения надлежащей безопасности величина заземления нормируется ПУЭ, в случае, если величина естественных заземлителей больше нормы применяют искусственные заземлители, которые уменьшают общую величину.

### Произведем расчет заземляющего устройства для арматурного цеха

1. В соответствии с ПУЭ устанавливаем допустимое сопротивление заземляющего устройства  $R_z$ .

- для электроустановок напряжением до 1кВ с глухозаземленной нейтралью сопротивление должно быть не более 4 Ом

2. Определяем величину естественного заземлителя.

- подстанция получает питание по двум кабелям напряжением 6 кВ, сопротивление оболочек которых равно 5,65 Ом

3. Предварительно с учетом территории намечают расположение заземлителей в ряд, по контуру и его длину.

- заземления прокладываются по периметру цеха площадью 4000 кв.м., включая площадь цеховой трансформаторной подстанции.

Из площади принимаем, что длина 100 м, ширина 40 м. Периметр цеха равен 280 м.

4. Определяем расчетное удельное сопротивление грунта для горизонтальных и вертикальных электродов с учетом повышающего коэффициента, учитывающего высыхание грунта летом и промерзание его зимой.

- удельное сопротивление грунта определим из [8] стр.257, принимая, что предприятие находится на суглинистых грунтах с удельным сопротивлением грунта 20000 Ом\*см.

5. Определяют необходимое сопротивление искусственного заземлителя с учетом использования естественного заземлителя, включенного параллельно, из выражения

$$R_{и} = \frac{R_e \cdot R_з}{R_e - R_з} = \frac{5,65 \cdot 4}{5,65 - 4} = 13,5 \text{ Ом}$$

где  $R_з$  - сопротивление искусственного заземлителя,

$R_{и}$  - сопротивление искусственного заземлителя,

$R_e$  - сопротивление естественного заземлителя.

6. Принимаем нужный вид искусственного заземлителя и его параметры. Вычисляем его сопротивление по формуле

$$R_{пр} = 0,0027 \cdot \rho$$

где  $R_{пр}$  - сопротивление элемента искусственного заземлителя,

$\rho$  - расчетное удельное сопротивление грунта,

$\psi$  - коэффициент повышения сопротивления.

Для искусственных заземлителей принимаем прутковые электроды диаметром 12 мм, длиной 5 м, сопротивление которых:

$$R_{пр} = 0,0027 \cdot \rho = 0,0027 \cdot 20000 \cdot 1,5 = 68 \text{ Ом}$$

где  $\psi=1,5$  - коэффициент повышения сопротивления определяется из [8] стр.260 таблица 7.3.

7. При размещении электродов по периметру по

$$n = \frac{280}{5} = 56 \text{ шт.}$$

где  $n$  - длина заземлителя,  $L$  - длина между элементами в земле.

8. Определяется коэффициент экранирования.

- коэффициент экранирования по [8] стр.257 таблица 7.1, откуда  $\eta=0,31$ .

9. Вычисляется сопротивление заземляющего устройства по формуле

$$R'_{и} = \frac{R_{пр}}{n \cdot \eta} = \frac{68}{56 \cdot 0,31} = 3,91 \text{ Ом}$$

где  $R'_{и}$  - расчетная величина заземляющего устройства,

$\eta$  - коэффициент экранирования.

**10.** Сравнивается расчетное значение сопротивления и предельное значение по формуле

$$R'_{и} < R_{и}$$

- условие выполняется, значит количество элементов заземления выбрано правильно.

ДП-ФЮРА 3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Молниязащита	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					78	112
Консультант		Кабышев А.В.				НИТПУ ЭПП		
Н.контр						группа 3-5А16		
Утв.						78		

## 10. МОЛНИЕЗАЩИТА ГПП

### 10.1 Общие сведения

Безаварийная работа электроустановок промышленных предприятий обеспечивается выполнением комплекса организационных и технических мероприятий. Важное место среди них занимает защита объектов от прямого и непрямого воздействия грозовых разрядов.

Перенапряжением называется повышение напряжения до значения, опасного для изоляции электроустановки, рассчитанной на рабочее напряжение. Перенапряжение в электроустановках можно подразделить на две группы: коммутационные (внутренние) и атмосферные (внешние).

Атмосферные перенапряжения возникают вследствие возникновения на электроустановке грозовых разрядов. В отличие от коммутационных, они не зависят от значения рабочего напряжения электроустановки.

Атмосферные перенапряжения подразделяют на индуцированные перенапряжения и перенапряжения от прямого удара молнии.

Индуцированные перенапряжения образуются при грозовом разряде вблизи электроустановки и линии электропередачи за счет индуктивных влияний.

В электроустановках, использующих тросы, амплитуда перенапряжения не превосходит 300-400 кВ. Поэтому они опасны для электроустановок с рабочим напряжением до 35 кВ и не опасны для установок 110 кВ и выше.

Перенапряжение от прямого удара молнии наиболее опасно. Измерение показывают, что ток молнии может достигать значений до 250-300кА. Скорость изменения тока молнии (крутизна фронта волны тока) различна. Обычно для расчётов принимают 50 кА/мкс при амплитуде 200кА.

Для защиты электроустановок от атмосферных перенапряжений применяют молниеотводы, защитные тросы, разрядники и защитные промежутки.

Защита наземных сооружений, промышленных и электроэнергетических установок, открытых высоковольтных подстанций от прямых ударов молнии (ПУМ) осуществляется установкой стержневых заземленных молниеотводов. Молниеотвод состоит из металлического молниеприемника, который возвышается над защищаемым объектом и воспринимает удар молнии и токопроводящего спуска с заземлением, через которые ток молнии отводится в землю. Молниеотвод, являясь средством защиты от ПУМ, имеет вокруг себя пространство, в котором находящиеся объекты поражаются с малой вероятностью - это пространство называют зоной защиты молниеотвода.

В силу того, что траектория завершения разряда молнии зависит от случайных процессов, определяющих ионизационные процессы в воздухе, практически невозможно полностью исключить вероятность ПУМ в защищаемый объект, расположенный возле молниеотвода. Можно рассматривать зоны защиты только для определенной вероятности прорыва ПУМ в эту зону, при этом, чем меньше объем пространства рассматриваемой зоны, тем меньше вероятность поражения молнией объекта, находящегося в этой зоне.

### 10.2 Выбор высоты молниеотводов

Защиту открытого распределительного устройства осуществляем четырьмя молниеотводами, расположенными по углам ОРУ.

Распределительное устройство ГПП имеет следующие габаритные размеры:

- габарит подстанции  $h_x = 11,0$  м
- ширина защищаемого объекта  $A = 45,0$  м;
- длина защищаемого объекта  $B = 35,0$  м;
- расстояние между молниеотводами  $l_1 = 40,0$  м;
- расстояние между молниеотводами  $l_2 = 30,0$  м.

Площадь защищаемого объекта

$$S_2 = A \cdot B = 45,0 \cdot 35,0 = 1575,0 \text{ м}^2.$$

Предельное расстояние между молниеотводами

$$L = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} = \sqrt{40,0^2 + 30,0^2} = 50,0$$

Для молниеотводов высотой менее 30 метров условие защиты всей площади имеет вид

$$L \leq 8 \cdot (h - h_x) \leq 8 \cdot h_a$$

Из этого соотношения превышение высоты молниеотводов  $h_a$  над высотой защищаемого объекта  $h_x$  должно составлять

$$h_a \geq \frac{L}{8} = \frac{50,0}{8} = 6,25 \text{ м}$$

Принимаем  $h_a = 7,0$  м - активная высота молниеотвода.

Полная высота типового молниеотвода

$$h \geq h_a + h_x = 7,0 + 11,0 = 18,0$$

То есть

$$L = 50,0 \text{ м} < 8 \cdot h_a = 8 \cdot 7 = 56,0 \text{ м}.$$

### 10.3 Определения границ зоны защиты

Зона защиты четырех стержневых молниеотводов значительно превышает сумму зон защиты одиночных молниеотводов. Для многократных стержневых молниеотводов зона защиты строится посредством попарно взятых соседних стержневых молниеотводов.

Расчет защитной зоны молниеотвода произведем для зоны А имеющей степень надежности 95-99,5%.

Радиус защиты для внешних областей зоны защиты определяется как для одиночного стержневого молниеотвода

$$r_x = 1,5 \cdot (h - 1,1 \cdot h_x) = 1,5 \cdot (18,0 - 1,1 \cdot 11,0) = 8,9 \text{ м}$$

Вершина зоны защиты

$$h_0 = 0,92 \cdot h = 0,92 \cdot 18,0 = 16,6 \text{ м.}$$

Радиус защитной зоны на уровне земли

$$r_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 18,0 = 27,0 \text{ м.}$$

Высота средней части попарно взятых молниеотводов

$$h_{c1} = h_0 - 0,14 \cdot (l_1 - h) = 16,6 - 0,14 \cdot (40,0 - 18,0) = 13,5 \text{ м}$$

$$h_{c2} = h_0 - 0,14 \cdot (l_2 - h) = 16,6 - 0,14 \cdot (30,0 - 18,0) = 14,9 \text{ м.}$$

Ширина средней части зоны попарно взятых молниеотводов на уровне земли

$$r_c = r_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 18,0 = 27,0 \text{ м}$$

Ширина средней части зоны попарно взятых молниеотводов на уровне защищаемого объекта

$$r_{cx1} = r_0 \cdot \frac{h_{c1} - h_x}{h_{c1}} = 27,0 \cdot \frac{13,5 - 11,0}{13,5} = 5,0 \text{ м} > 0$$

$$r_{cx2} = r_0 \cdot \frac{h_{c2} - h_x}{h_{c2}} = 27,0 \cdot \frac{14,9 - 11,0}{14,9} = 7,0 \text{ м} > 0$$

Так как значения получились положительными, то условие защищенности объектов выполняется.

Схематично план и зона молниезащиты ОРУ ГПП представлены на рисунке 10.1

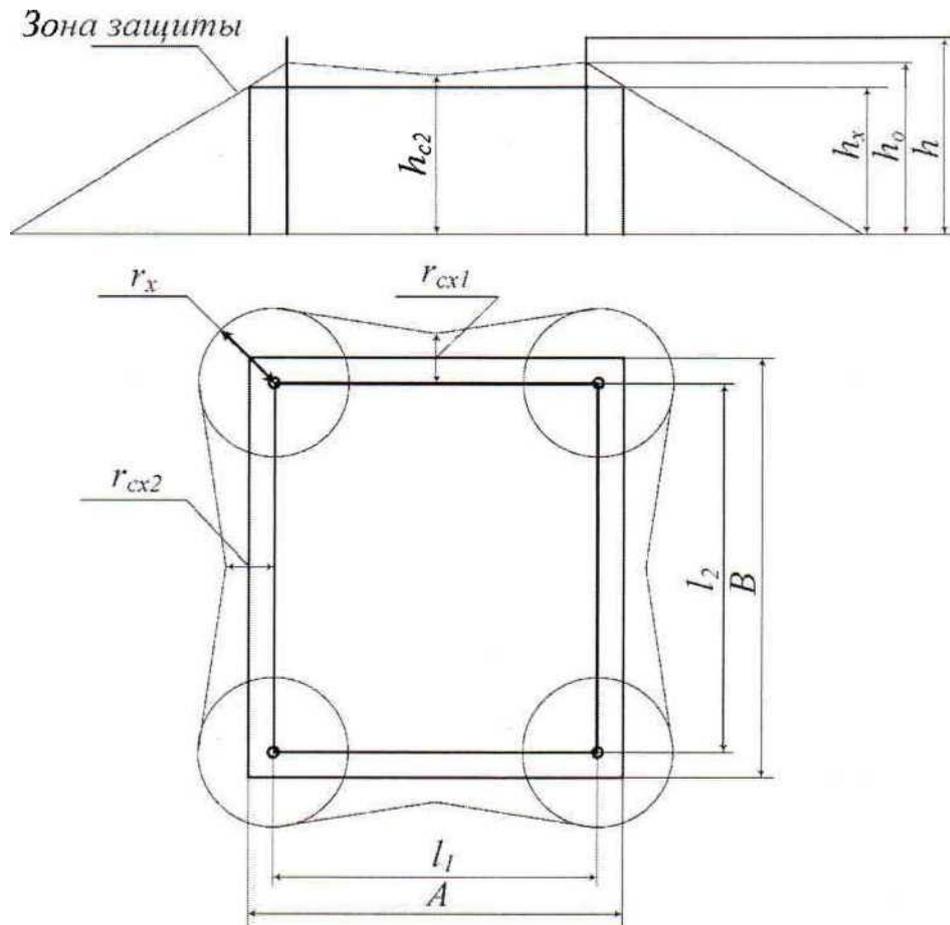


Рисунок 10.1 - План и зона молниезащиты ОРУ ГПП

#### 10.4. Определение надежности защиты подстанции от прямых ударов молний

1) Вероятное число лет работы без отключений от прямых ударов молнии подстанции без молниеотводов.

Число ударов молнии в подстанцию в год

$$N_1 = 0.06 \cdot n \cdot (A + 10 \cdot h) \cdot (B + 10 \cdot h) \cdot 10^{-6} =$$

$$= 0.06 \cdot [40 \div 60] \cdot (45.0 + 10 \cdot 11.0) \cdot (35.0 + 10 \cdot 11.0) \cdot 10^{-6} = 0.054 \div 0.081 \text{ шт}$$

где  $n$  - число грозовых ударов в году, шт.

Считая, что все удары молнии поражают токоведущие части подстанции, получаем вероятное число отключений в год от прямых ударов молнии подстанции без молниезащиты

$$\gamma_1 = N_1 \cdot \psi_i \cdot \psi_g = [0.054 \div 0.081] \cdot 0.68 \cdot 0.7 = 0.026 \div 0.039$$

где  $\psi_i$  - вероятность перекрытия изоляции при прямом ударе молнии в провод;  
 $\psi_g$  - вероятность перехода импульсного перекрытия в силовую дугу.

Показатель грозоупорности без использования молниеотводов

$$m_1 = \frac{1}{\gamma_1} = \frac{1}{[0.026 \div 0.039]} = 38.9 \div 26.0 \text{ лет}$$

2) Вероятное число лет работы без отключений от прямых ударов молнии подстанции с установленными молниеотводами.

Число ударов молнии в подстанцию в год

$$N_1 = 0.06 \cdot n \cdot (A + 10 \cdot h) \cdot (B + 10 \cdot h) \cdot 10^{-6} = \\ = 0.06 \cdot [40 \div 60] \cdot (45.0 + 10 \cdot 18.0) \cdot (35.0 + 10 \cdot 18.0) \cdot 10^{-6} = 0.116 \div 0.174 \text{ ум}$$

Считая что все удары молнии поражают токоведущие части подстанции, получаем вероятное число отключений в год от прямых ударов молнии подстанции с использованием молниезащиты

$$\gamma_1 = N_1 \cdot \psi \cdot \psi_i \cdot \psi_g = [0.116 \div 0.174] \cdot 10^{-3} \cdot 0.68 \cdot 0.7 = [0.055 \div 0.083] \cdot 10^{-3} \text{ ум}$$

где  $\psi_n$  - вероятность прорыва молнии сквозь зону защиты молниеотводов.

Показатель грозоупорности без использования молниеотводов

$$m_1 = \frac{1}{\gamma_1} = \frac{1}{[0.055 \div 0.083]} = 18095 \div 12063 \text{ лет}$$

## 10.5. Расчет заземления молниеотводов

При выполнении заземлений используют вертикальные и горизонтальные электроды- заземлители, которые в совокупности с заземляющими проводниками образуют заземляющее устройство. На электроэнергетических объектах заземляющее устройство служит:

- для обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала (защитное заземление);
- для присоединения нейтралей генераторов, трансформаторов (рабочее заземление);
- для присоединения средств грозозащиты (разрядников, молниеотводов).

Перечисленные функции выполняет одно общее заземляющее устройство, выбранное по наиболее жестким требованиям и удовлетворяющее всем остальным. На подстанциях таким заземлением является защитное заземление, оно может служить и для заземления средств грозозащиты.

Заземляющее устройство рассчитывается для второй климатической зоны.

Для заземления отдельно стоящих молниеотводов выполняется свое собственное заземление. Оно состоит из небольшого числа вертикальных электродов - стальных труб.

Сопротивление заземляющего устройства для отдельно стоящего молниеотвода.

Принимаем расположение заземлителей в ряд.

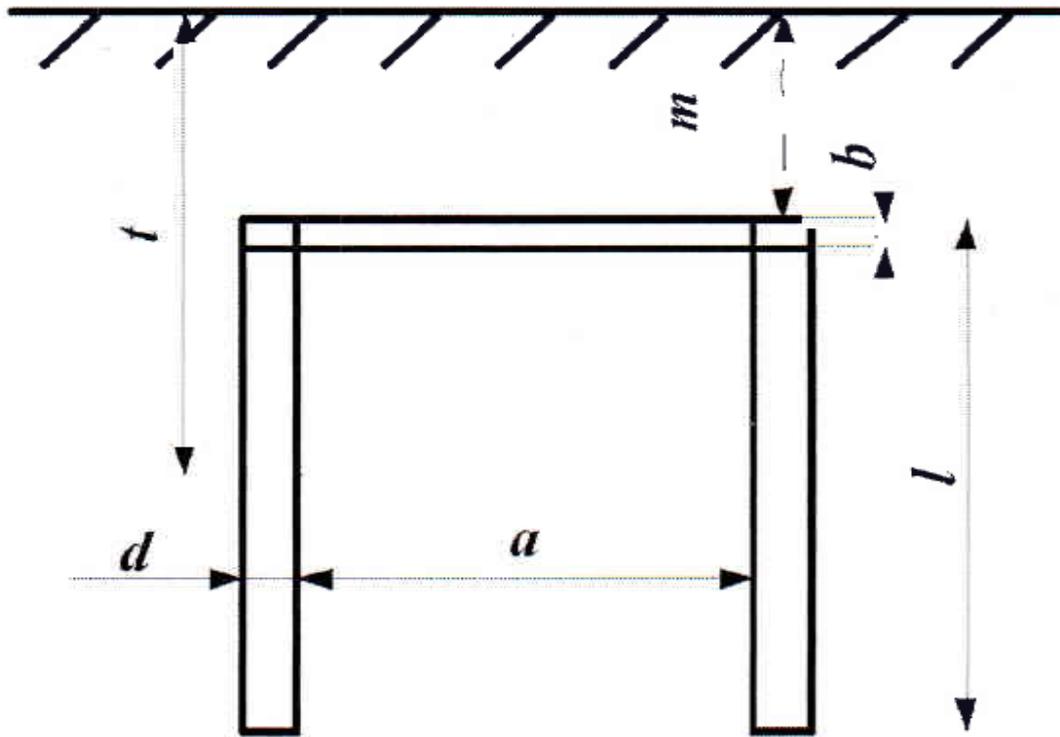


Рисунок 10.2 - Схема расположения заземлителей

$d=12$  - внешний диаметр электрода, мм;

$t=3,1$  - расстояние от поверхности земли до середины электрода, м;

$l=5,0$  - длина электрода, м;

$b=20$  - ширина горизонтальной полосы, мм;

$m=0,6$  - глубина заложения горизонтальной полосы, м;

$a=15,0$  - расстояние между вертикальными электродами, м.

Принимаем, что естественные заземлители (металлические конструкции, трубопроводы) не используются, тогда значение искусственного заземлителя.

$$R_{II} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} = R_{3y} = 25,0 \text{ Ом}$$

где  $R_e$  - сопротивление естественного заземлителя, Ом.

Расчетные удельные сопротивления грунта для вертикальных и горизонтальных заземлителей

$$P_{расч.в} = p_{уд} \cdot k_{сез.в} = 20 \cdot 1,7 = 34,0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$P_{расч.г} = p_{уд} \cdot k_{сез.г} = 20 \cdot 4,0 = 80,0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

где  $p_{уд} = 20$  сопротивление грунта, Ом

$k_{сез.в} = 1,7$  - коэффициент сезонности для вертикальных заземлителей

$k_{сез.г} = 4,0$  - коэффициент сезонности для горизонтальных заземлителей

Сопротивление растеканию (сопротивление, которое оказывает току грунт) одного вертикального электрода стержневого типа

$$R_{o.в.э} = \frac{P_{расч.в}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) = \frac{34.0}{2 \cdot 3.14 \cdot 5.0} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 5.0}{0.012} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3.1 + 5.0}{4 \cdot 3.1 - 5.0} \right) = 7.7 \text{ Ом}$$

Расчетное число вертикальных заземлителей без учета экранирования

$$N_{расч} = \frac{R_{o.в.э}}{R_{зг}} = \frac{7,74}{25} = 9шт$$

Исходя из принятого расстояния между электродами  $a=15,0$  м, принимаем

$$N_{расч} = \frac{L_n}{a} = \frac{135,0}{15,0} = 9шт$$

где  $l_n=135,0$  - общая длина полосы, м.

С учетом того, что  $\frac{a}{l} = \frac{15,0}{5,0} = 3$ , коэффициенты использования вертикальных электродов [12, стр. 35, табл. 1,15]  $\eta=0,77$ .

Расчетное число вертикальных заземлителей с учетом экранирования

$$N_{расч} = \frac{R_{o.в.э}}{\eta \cdot R_{зг}} = \frac{7,74}{0,77 \cdot 25} = 0,4шт$$

Оставляем  $N'' = 1шт$ .

Окончательно сопротивление вертикальных заземлителей

$$R_6 = \frac{R_{o.в.э}}{\eta \cdot N} = \frac{7,7}{0,77 \cdot 1} = 10 \text{ шт}$$

Сопротивление растеканию (сопротивление, которое оказывает току грунт) горизонтального электрода

$$R_{з.э} = \frac{P_{расч.э}}{\pi \cdot l_{II}} \cdot \ln \frac{1,5 \cdot l_n}{\sqrt{b \cdot m}} = \frac{80.0}{3.14 \cdot 135.0} \cdot \ln \frac{1,5 \cdot 135.0}{\sqrt{0.020 \cdot 0.6}} = 1.4 \text{ Ом}$$

Расчетное сопротивление растеканию горизонтального электрода

$$R_z \frac{P_{з.э}}{\eta_z} = \frac{1.4}{0,58} = 2,4 \text{ Ом}$$

где  $\eta_z=0,58$  - коэффициент использования горизонтальных электродов  
Общее сопротивление заземляющего устройства

$$R_{зг} = \frac{R_6 \cdot R_z}{R_6 + R_z} = \frac{10 \cdot 2,4}{10 + 2,4} = 1,9 \text{ Ом}$$

Импульсное сопротивление заземляющего устройства

$$R_{зг} = \alpha_{imp} \cdot R = 0.5 \cdot 1.9 = 0.95 \text{ Ом}$$

где  $\alpha_{imp}$  - импульсный коэффициент. Таким образом, было рассчитано заземление молниеотводов, которое удовлетворяет предъявленным нормам.

ДП - ФЮРА.3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Финансовый менеджмент	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					86	112
Н.контр								
Уте.								
						НИТПУ ЭПП 86 Группа 3-5А16		

## **11. ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **11.1 Общие сведения**

Целью данной работы является составление сметы на проектирование электрической части “Томской Домостроительной Компании” и расчет сметы затрат на электрооборудование арматурного цеха предприятия.

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

Смета – это документ, определяющий окончательную и предельную стоимость реализации проекта. Смета служит исходным документом капитального вложения полного объема необходимых работ.

Исходными материалами для определения сметной стоимости строительство 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. Ген план предприятия;
2. Расположение источника питания;
3. Сведения об электрических нагрузках;
4. План размещения электроприемников на корпусах;
5. Площадь корпусов и все 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.

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 11.1)

Таблица 11.1 – План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполняемых работ	Исполнители	Продолжительность, дн.
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Руководитель	3
		Инженер	3
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инженер	8
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	7
4	Построение картограммы нагрузок	Инженер	1
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Техно-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	4
6	Выбор трансформаторов ГПП. Техно-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель	1
		Инженер	5
7	Расчет внутриводской сети предприятия	Инженер	12
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	1
9	Выбор электрооборудования в сети 1000 В.	Инженер	2
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	Руководитель	2
		Инженер	6
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Инженер	1
12	Расчет молниезащиты	Инженер	1
13	Расчет релейной защиты и автоматики	Инженер	1
14	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	2
15	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	2
		Инженер	22
16	Чертежные работы	Руководитель	2
		Инженер	20
	Итого по каждой должности	Руководитель	10
		Инженер	96
Итого			106

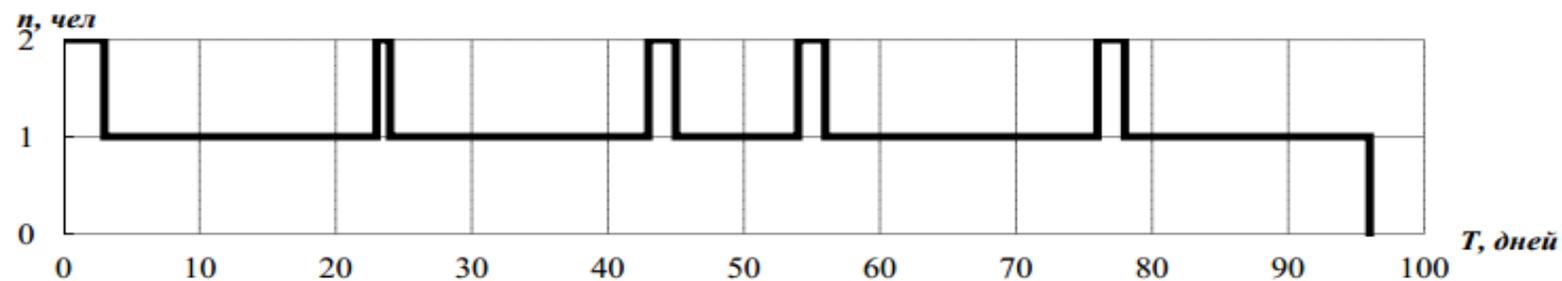
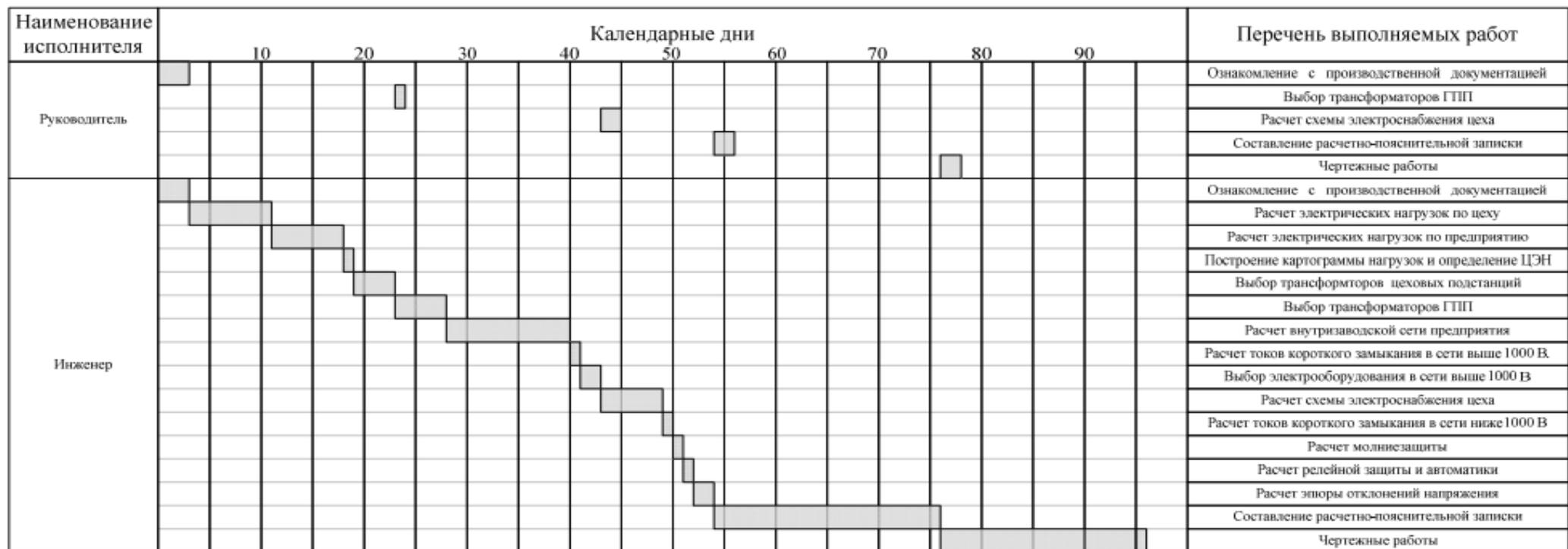


Рисунок 11.1 – Календарный план проекта и график занятости в выполнении проекта

## 11.2 Смета на проектирование

### 1) Затраты на разработку проекта

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

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

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

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

$I_{\text{со}}$  – отчисления в социальные фонды;

$I_{\text{пр}}$  – прочие затраты;

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

### 2) Расчет зарплаты

#### а) Месячная зарплата научного руководителя

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (ЗП_{\text{д}} + Д) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где  $ЗП_{\text{д}}$  – месячный оклад;

$Д$  – доплата за интенсивность труда;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий отпуск;

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

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (22800 + 2200) \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 35750 \text{ руб}$$

Зарплата научного руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n,$$

где  $n$  – количество отработанных дней по факту.

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{35750}{21} \cdot 10,0 = 17023,8 \text{ руб}$$

#### б) Месячная зарплата инженера

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (ЗП_{\text{д}} + Д) \cdot K_1 \cdot K_2 = (14000 + 2000) \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 22880 \text{ руб},$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{22880}{21} \cdot 96,0 = 104594,28 \text{ руб},$$

Расчет для сотрудников проекта сведем в таблицу 11.2

#### в) Итого $I_{\text{фзп}}$ сотрудников

$$I_{\text{фзп}} = 17023,8 + 104594,28 = 121618,08 \text{ руб}$$

Таблица 11.2 - Расчет заработной платы для сотрудников проекта

Должность	ЗП <sub>д</sub> , руб	Д, руб	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	I <sub>зп</sub> <sup>мес</sup> , руб
Руководитель	22800	2200	1,1	1,3	35750
Инженер	14000	2000	1,1	1,3	22880
Итого	36800	4200	-	-	58630

2) 'Материалы затраты

Таблица 11.3 – Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб.	И <sub>м</sub> , руб.
Флеш память	1	450	450
Упаковка бумаги А4 500листов	1	150	150
Канцтовары	-	550	550
Картридж для принтера	1	2000	2000
Итого И <sub>мат</sub> , руб	-	-	3150

3) Амортизация основных фондов

$$I_{ам} = \frac{T_{исп}}{T_{кал}} \cdot Ц \cdot \frac{1}{T_{сл}}$$

где  $T_{исп}$  – время использования оборудования;

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

$Ц$  – первоначальная стоимость оборудования, руб;

$T_{сл}$  – срок службы.

Рассчитаем амортизацию для компьютера руководителя.

$$I_{ам} = \frac{10}{365} \cdot 20000 \cdot \frac{1}{5} = 109,6 \text{ руб}$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 11.4

Таблица 11.4 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб.	Количество	Тэ, дней	Т <sub>сл</sub> , лет	И <sub>ам</sub> , руб
Компьютер руководителя	20000	1	10	5	109,6
Компьютер инженера	15000	1	96	5	789,0
Принтер	6000	1	10	5	32,9
Стол руководителя	10000	1	10	7	39,1
Стол инженера	7000	1	96	7	263,0
Стул руководителя	5000	1	10	5	27,4
Стул инженера	2000	1	96	5	105,2
Итого И <sub>ам</sub> , руб	-	-	-	-	1366,2

4) Отчисления в социальные фонды (соц. Страхование, пенсионный фонд, мед. страховка) в размере 30% от  $I_{фзп}$

$$I_{со} = 0,3 \cdot 121618,08 = 36485,4 \text{ руб.}$$

5) Прочие расходы (услуги связи, затраты на ремонт оборудования) в размере 10% от  $I_{\text{ФЗП}}$ , затрат на материалы, амортизации и отчислений в социальные фонды

$$I_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (I_{\text{ФЗП}} + I_{\text{м}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{со}}) = \\ = 0,1 \cdot (121618,08 + 3150,0 + 1366,2 + 36485,4) = 16261,9 \text{ руб.}$$

6) Накладные расходы (затраты на отопление, освещение, обслуживание помещений, административные расходы)

$$I_{\text{накл}} = 2,0 \cdot I_{\text{ФЗП}} = 2,0 \cdot 121618,08 = 243236,16 \text{ руб.}$$

7) Затраты на разработку проекта

$$K_{\text{пр}} = I_{\text{ФЗП}} + I_{\text{м}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{со}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}} = \\ = 121618,08 + 3150,0 + 1366,2 + 36485,4 + 16261,9 + 243236,16 = \\ = 422117,74 \text{ руб}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 11.5

Таблица 11.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб
1	$I_{\text{ФЗП}}$	121618,08
2	Материалы $I_{\text{мат}}$	3150,0
3	Амортизация основных фондов $I_{\text{ам}}$	1366,2
4	Социальные отчисления $I_{\text{со}}$	36485,4
5	Прочие расходы $I_{\text{пр}}$	16261,9
6	Накладные расходы $I_{\text{накл}}$	243236,16
	Цена проекта $K_{\text{пр}}$ , руб	422117,74

### 11.3 Формирование вариантов решения

Таблица 11.6 - Матрица структурного решения выбора

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

## 11.4 Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

Таблица 11.7 - Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Единица измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб		Общая стоимость, тыс. руб	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	Трансформаторы ТМЗ-1000/10	шт	2	680	84,10	1360	168,2
2	ПР 11-3011	шт	2	8,36	5,38	16,72	10,76
3	Конденсаторные батареи УKM 58-04-225-37.5У3	шт	2	87	27,25	174	54,5
4	Автомат ВА74-45	шт	3	4,85	0,88	4,85	0,88
	Автомат ВА57-35	шт	9	2,69	0,47	37,66	6,58
	Автомат ВА51-35	шт	3	1,53	0,32	4,59	0,96
	Автомат ВА13-29	шт	5	0,52	0,09	2,6	0,45
5	Кабель АВВГ-4x2,5	км	0,130	12,6	2,52	1,64	0,33
	Кабель АВВГ-4x6	км	0,121	16,20	3,24	1,96	0,39
	Кабель АВВГ-4x10	км	0,138	25,80	5,16	3,57	0,71
	Кабель АВВГ-4x16	км	0,067	37,00	7,40	2,48	0,50
	Кабель АВВГ-4x25	км	0,044	55,32	11,06	2,43	0,49
	Кабель АВВГ-4x35	км	0,010	75,10	15,02	0,75	0,15
	Кабель АВВГ-4x50	км	0,087	100,00	20,00	8,70	1,74
	Кабель АВВГ-4x95	км	0,084	200,00	40,00	16,80	3,36
	Кабель АВВГ-4x120	км	0,004	242,74	48,55	0,97	0,19
	Кабель АВВГ-4x150	км	0,214	297,69	59,54	63,71	12,74
	Кабель АВВГ-4x240	км	0,110	359,47	71,89	39,54	7,91
	Провод АС 70/25	км	1,745	1,57	0,35	2,85	0,6
<b>Итого по цеху, тыс. руб</b>						<b>1745,82</b>	<b>271,44</b>

Суммарные капитальные вложения в систему электроснабжения цеха составляют:

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{монт}} = 422,12 + 1745,82 + 271,44 = 2439,38 \text{ тыс. руб}$$

ДП-ФЮРА 3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					94	112
						94		
Н.контр						НИТПУ ЭПП		
Утв.					Группа 3-5А16			

## 12. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 12.1 Введение

Охрана труда рассматривается как одно из важнейших социально-экономических, санитарно-гигиенических и экологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда. Вопрос охраны труда отражен в статьях 21, 53, 54 Конституции РФ, в статье 139 Кодекса законов о труде, а также закона РФ "Об охране труда" № 181. В этих статьях говорится о том, что государство заботится об улучшении условий труда и охране труда, на всех предприятиях создаются здоровые и безопасные условия труда. Согласно главе Конституции РФ «Основы законодательства РФ об охране труда» каждый работник имеет право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены, а администрация обязана внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие возникновение профессиональных заболеваний рабочих и служащих.

На каждом предприятии должна быть разработана и внедрена система управления промышленной безопасностью и охраной труда, которая должна обеспечивать:

- производственный контроль за обеспечением промышленной безопасности;
- определение функций, обязанностей и ответственности работников подразделений предприятия по обеспечению промышленной безопасности и охране труда;
- оперативный контроль за обеспечением промышленной безопасности, за безопасным ведением всех видов работ во всех подразделениях предприятия;
- планирование, организацию, координацию и проведение работ по поддержанию необходимого уровня профессиональной подготовленности руководителей и специалистов, производственного персонала предприятия;
- организацию надзора за соблюдением требований по обеспечению промышленной безопасности и охраны труда на предприятии;
- материальное стимулирование работников, совмещающих основные производственные обязанности с надзорными и контрольными функциями по обеспечению промышленной безопасности и охраны труда;

## 12.2 Производственная безопасность

### Анализ опасных и вредных факторов

Возникновение профессиональных заболеваний возможно вследствие воздействия таких физически опасных и вредных для здоровья человека факторов, как:

- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- влажность и скорость движения воздуха;
- повышенные уровни шума и вибрации, электромагнитных и ионизирующих излучений;
- повышенный уровень статического электричества;
- недостаточное или нерациональное освещение;
- повышенная запыленность или загазованность воздуха рабочей зоны.

К группе вредных производственных факторов, которые могут проникать в организм человека через органы дыхания, пищеварения и кожу, относятся:

- токсические (ядовитые);
- раздражающие;
- сенсибилирующие (повышающие чувствительность организма к воздействию каких-либо веществ, например, аллергенов);
- канцерогенные (способствующие возникновению злокачественных опухолей);
- мутагенные (вызывающие изменения наследственности), а также факторы, влияющие на репродуктивную функцию (то есть на способность воспроизводства потомства).

Основными источниками образования вредных веществ являются: битумо-окислительные аппараты, печи дожига и сушки, пропиточные ванны, минераловатные ограночные печи, узлы упаковки минеральной ваты и др. установки при производстве кровельных, гидро и теплоизоляционных материалов; обжиговые печи, сушильные барабаны различных видов, цементные мельницы, реакторы для гашения извести, шахтные мельницы для гипса, дробильно-размольное оборудование, упаковочные машины и открытые склады (при производстве цемента, извести и гипса);

- дробильно-размольное оборудование, сушильные барабаны, прессы, сортировочные сита и стекловарочные печи (при производстве стекла и керамических изделий);
- дробильно-сортировочное оборудование узла загрузки и транспортировка (при производстве нерудных материалов);

- битумно-плавильные агрегаты, сушильные барабаны, сортировочные машины, смесители, узлы загрузки и транспортировка (при производстве асфальта).

К группе основных физических факторов, существующих в строительной отрасли, относятся движущиеся машины и механизмы, различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы, подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, режущие инструменты, вращающиеся приспособления и др.), а также системы, находящиеся под давлением.

При выполнении арматурных работ могут быть случаи травматизма из-за нарушения правил техники безопасности. При эксплуатации оборудования и при неправильной разгрузке арматурного металла, раскатывания стержней, пачек со сталью из неустойчивых штабелей.

Наличие на предприятии большого количества электрооборудования потенциально опасно для человека, так как может привести к поражению его электрическим током. При падении с высоты, переноске тяжестей, складировании изделий, нерациональном размещении материалов и оборудования рабочий тоже может получить травмы.

По взрывопожарной и пожарной опасности рассматриваемое здание и помещения относятся к категории Д, и является негорючим.

### **Анализ причин поражения электрическим током**

При технической эксплуатации электрооборудования промышленных предприятий электротравмы могут возникать по следующим причинам:

-прикосновение непосредственной к токоведущим частям электроустановок, которые действуют под напряжением. Это может произойти из-за неисправности ограждающих устройств электроустановок, ошибочные действия персонала, когда работы выполняются вблизи или непосредственно на токопроводящих элементах, находящихся под напряжением, а также с появлением напряжения (в результате ошибочной подачи) на ранее отключенных электроустановках и участках сети;

- тяжелые и смертельные несчастные случаи (свыше 200), показали, что на случайное прикосновение, не вызван производственной необходимостью и ошибочной подачей напряжения, в процессе ремонтов и осмотров электроустановок, приходится около 53% всех электротравм;

- прикосновение к металлическим конструктивным частям электроустановок, которые не должны находиться под напряжением, но на корпусах, кожухах и ограждающих устройствах может появиться напряжение в

результате электрического пробоя или естественного старения изоляции электроустановок, а также при замыкании оголенных проводов из-за обрыва и падения на конструктивные части электроустановок и при отсутствии защитного заземления, эти причины составляют около 22% всех травм;

- прикосновение инструментом или предметами, имеющими малое сопротивление, к изоляции, к токоведущим частям, а также к неметаллическим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением из-за заводских дефектов. На эти причины приходится 14% электротравм;

- прикосновение к стенам, полам, строительных конструкций, которые оказались под шаговой напряжением. Шаговая напряжение возникает при растекании электрического тока от трубопроводов, строительных конструкций, на которые перешел электрический ток в результате падения проводов или ухудшения изоляции. Такие причины составляют 2-3%%;

- действие дуги при операциях с отключающих устройств и другие причины. Они составляют около 6%.

### **Освещенность**

На производстве освещенность производственных помещений (нормы которой жестко закреплены законодательно) – один из основополагающих элементов правильной организации труда. Правильная организация освещения помогает одновременно решить несколько задач:

- повышение производительности и качества труда;
- снижение брака;
- улучшение самочувствия (как следствие – повышение работоспособности) работающих;
- снижение зрительной утомляемости;
- снижение травматизма.

При этом вредной для человека является как недостаточная освещенность - возникновение близорукости, снижение реакции, так и чрезмерная. Избыточная яркость и слепящее действие ламп вызывают повышенную утомляемость глаз, при длительном воздействии – резко увеличивается опасность фотоожога кожи или глаз, возникновение катаракты. Организация освещения в промышленных условиях – это обеспечение достаточного уровня освещенности на всех рабочих местах с использованием наиболее благоприятного (для организма и глаз) спектра излучения.

## **Шум**

Одним из наиболее распространенных факторов внешней среды, неблагоприятно воздействующих на организм человека, является шум. Допустимые уровни шума на рабочих местах должны соответствовать требованиям.

Любой источник шума характеризуется, прежде всего, звуковой мощностью. Мощность источника  $P$  - это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени. Шум вредно действует на организм и снижает производительность труда. Уровень звукового давления по отношению к порогу слышимости  $L=120-130$  дБ соответствует порогу болевого ощущения. Звуки, превышающие по своему уровню этот порог, могут вызывать боли и повреждения в слуховом аппарате. Шум создает значительные нагрузки на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие.

Согласно санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562-96, в помещениях, где работают инженерно-технические работники, осуществляющие лабораторный, аналитический или измерительный контроль, уровень шума не должен превышать 60 дБ, в помещениях операторов ЭВМ (без дисплеев) уровень шума не должен превышать 65 дБ, а на рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов, уровень шума не должен превышать 75 дБ.

В производственных помещениях, как правило, являются основной проблемой шума и вибрация на рабочих местах, которая не должна превышать допустимых норм. Шумящее оборудование, уровни шума которого превышают нормированные, должно находиться вне помещения. Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов для отделки помещений.

Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходит изменение объема внутренних органов. Эти вредные последствия шума тем больше, чем сильнее шум и продолжительнее его действие. Таким образом, шум на рабочем месте не должен превышать допустимых уровней.

## **Техника безопасности**

### **Электробезопасность**

По действующим нормам все помещения по степени опасности поражения электротоком делятся на три группы:

– помещения с повышенной опасностью: сырые (влажность более 75%); наличие токопроводящей пыли и полов (металлические, земляные, бетонные); температура более 30 °С; наличие большого количества металлического оборудования, конструкций и электроустановок, к которым возможно прикосновение;

– помещения особо опасные: особо сырые (влажность около 100%); с влажной поверхностью пола, стен и потолка; с химически активной средой, разрушающей изоляцию электросетей и электрооборудования; с одновременным наличием двух или более условий повышенной опасности, приведенных выше;

– помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

**Помещения арматурного цеха относятся к помещениям с повышенной опасностью.**

Электробезопасность обеспечивают в соответствии с правилами устройства электроустановок.

Для правильного выбора способа защиты от поражения электрическим током при замыкании на корпус необходимо знать, какая электрическая сеть подведена к оборудованию. В зависимости от режима нейтрали электрической сети применяют: защитное заземление, зануление, защитное отключение.

В рассматриваемом предприятии (цехе) выбрана глухо заземленная нейтраль.

Для снижения опасности поражения электрическим током проводятся организационные мероприятия и применяются технические средства.

К организационным мероприятиям относятся:

- обучение персонала;
- обеспечение работающих защитными средствами;
- контроль знаний и соблюдение правил безопасности;
- разработка мероприятий, устраняющих причины травматизма, на основе его глубокого анализа.

Для защиты от поражения электрическим током при замыкании на корпус применяются меры, которые называют защитными мероприятиями электробезопасности.

К защитным мерам можно отнести:

- заземление;
- зануление;
- защитное отключение;

Заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических токоведущих частей, которые

могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Зануление применяется в виде защитной меры в сетях с глухозаземленной нейтралью трансформатора через нулевой провод или специальный защитный проводник.

Защитным отключением называется защитная мера, обеспечивающая безопасность путем быстродействующего (0,1 с и менее) отключения аварийного участка или сети в целом при возникновении замыкания на корпус или непосредственного замыкания на землю или при прикосновении к частям, находящимся под напряжением.

### **Производственная санитария**

Производственная санитария — это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Основными опасными и вредными производственными факторами являются: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная влажность и подвижность воздуха в рабочей зоне; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибрации; повышенный уровень различных электромагнитных излучений; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны и др.

### **Микроклимат**

На состояние здоровья и работоспособность человека могут отрицательно действовать различные вредные производственные факторы. В связи с этим необходимо предусматривать санитарно-технические мероприятия по предотвращению их воздействия на обслуживающий персонал.

Мероприятия по созданию микроклимата в производственных помещениях способствуют созданию необходимых условий труда.

К показателям, характеризующим микроклимат производственных помещений, относятся:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;

- интенсивность теплового излучения.

Микроклимат зависит от периода года, категории физических работ и интенсивности теплового излучения согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны". Различают два периода года: теплый и холодный. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой воздуха +10 °С и выше, а холодный - ниже +10°С.

Таблица 12.1. Показатели микроклимата рассматриваемого предприятия (цеха)

Период года	Категория работ	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с		
		Оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных							
Холодный	Средней тяжести - Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не более 0,4
Теплый	Средней тяжести - Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

### Расчет производственного освещения

Расчет осветительной установки производится методом коэффициента использования светового потока  $\eta_u$ . В качестве источников света следует выбрать газоразрядные лампы высокого давления, т.к. высота помещения более 6м.

В проекте производится расчет общего освещения производственного цеха, которое должно обеспечить равную освещенность всей площади помещения.

Выполняем расчет электрического освещения для участка арматурного цеха домостроительной компании.

Длина данного помещения составляет  $A=48\text{м}$ , ширина  $B=32\text{м}$ , высота  $H=8\text{м}$ .

Коэффициенты отражения:

от потолка –  $\rho_{\text{п}} = 30\%$

от стен –  $\rho_c = 10\%$

от рабочей поверхности –  $\rho_p = 10\%$

Расчет производится для общего освещения, которое обеспечивает равномерную освещенность площади.

В качестве источников свет выбираем газоразрядные лампы типа ДРИ-250

$P = 250$  (Вт)

$\Phi = 18700$  (лм)

Тип светильников РСР-05 незащищенного исполнения.

Согласно СП 52.13330.2011, для рассчитываемого цеха определяем нормированную освещенность  $E_n$  и коэффициент запаса  $K_3$ .

$E_n = 300$  (лк)

$K_3 = 1,5$

Приняв высоту свеса светильника  $h_c = 0,8$ м, высоту рабочей поверхности  $h_p = 1$ м, определяем расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью.

$$h = H - (h_c + h_p) = 8 - (0,5 + 1) = 6,5 \text{ (м)}$$

Определяем индекс помещения

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{48 \cdot 32}{6,5 \cdot (48 + 32)} = 2,95$$

Согласно, выбранного типа светильников и рассчитанного индекса помещения, определяем коэффициент использования светового потока:  $\eta_u = 0,73$

В соответствии с определенными условиями рассчитываем требуемое количество источников света –  $n$

$$n = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\Phi \cdot \eta_u}, \text{ где}$$

$Z = 1,15$  – коэффициент, характеризующий неравномерность освещения.

$$n = \frac{250 \cdot 1,5 \cdot 48 \cdot 32 \cdot 1,15}{18700 \cdot 0,73} = 58,2 \text{ (шт)}$$

Принимаем количество светильников  $n = 60$ шт. Светильники располагаются в 5 рядов по 12шт. в каждом ряду. Общая мощность осветительной установки:

$$P_{oy} = n \cdot P = 60 \cdot 250 = 15000 \text{ Вт} = 15 \text{ кВт}$$

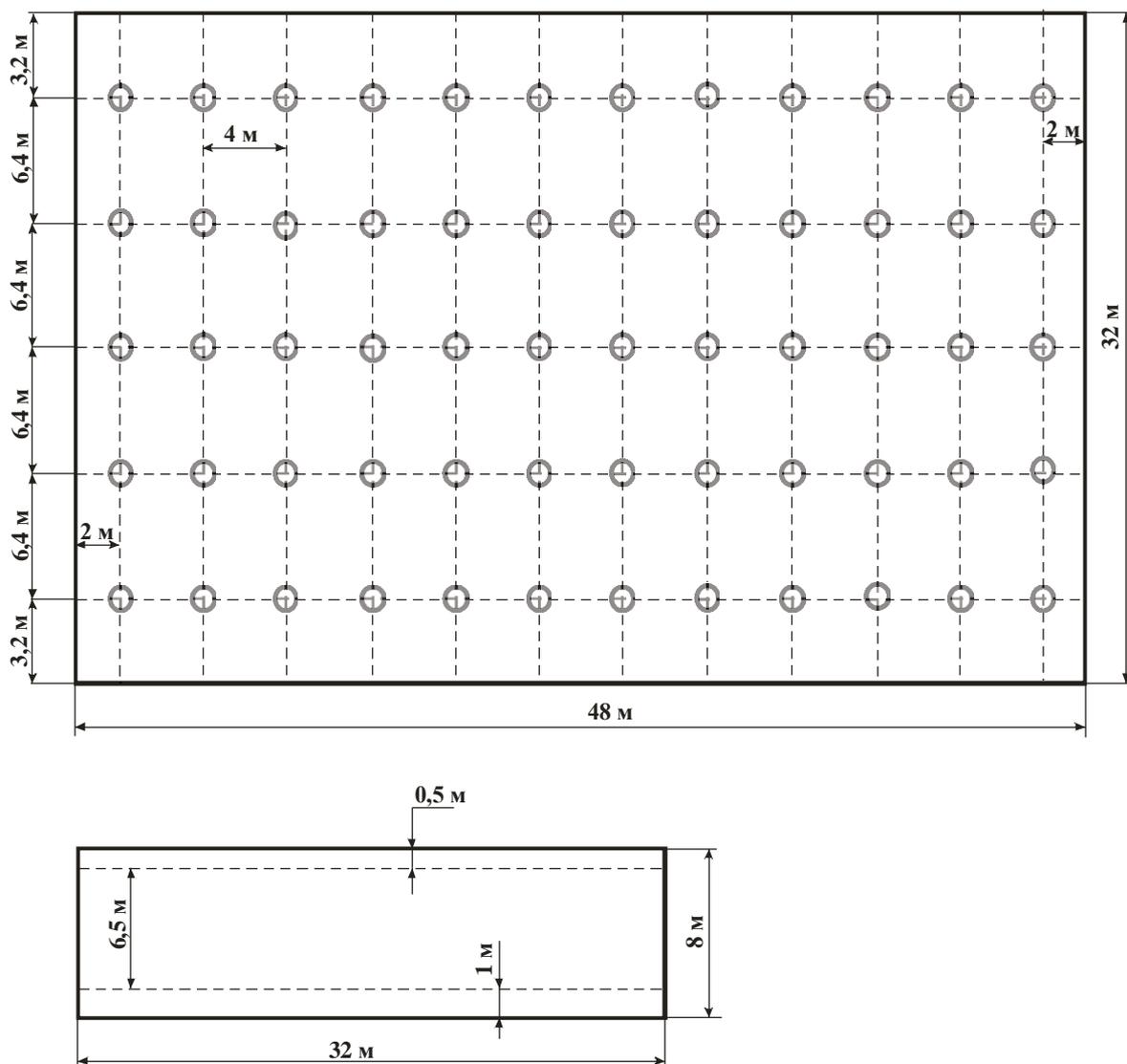


Рисунок 12.1. План размещения светильников и поперечный разрез цеха.

### Пожаробезопасность

В соответствии Федеральным законом от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» по пожарной и взрывопожарной опасности помещения проектируемого объекта относится к категории «Д» (пониженная пожароопасность) и им назначается I степень огнестойкости. Произведено противопожарное зонирование, в соответствии с которым помещение склада горюче-смазочных материалов расположено с подветренной стороны и отделено от остальной части цеха противопожарными перегородками, покрытиями и дверями. Из цеха запроектировано 2 противопожарных выхода; расстояния от наиболее удалённых рабочих мест до них принято в соответствии с требованиями норм противопожарной безопасности. В цехе предусмотрен монтаж датчиков пожарной сигнализации и запроектирована система автоматического пожаротушения.

Пожар наносит огромный материальный ущерб.

Все работающие должны проходить специальную противопожарную подготовку:

- противопожарный инструктаж (первичный и вторичный);
- занятия по пожарно-техническому минимуму по специальной программе.

Причинами пожара в электроустановках являются:

- искрение в электрических машинах и аппаратах;
- токи короткого замыкания и перегрузки, приводящие к воспламенению изоляции;
- искрение от электростатических разрядов и ударов молнии;
- плохие контакты в соединениях проводов;
- электродуга между контактами коммутационных аппаратов;
- электродуга при сварочных работах;
- перегрузка или замыкания в обмотках трансформатора при неисправности релейной защиты;
- аварии с многообъемными масляными выключателями, сопровождающиеся выбросом продуктов разложения масла и смесей их с воздухом.

Причинами пожаров неэлектрического характера могут быть:

- неосторожное обращение с огнем при газосварочных работах или работах с паяльной лампой;
- неисправности печей и отопительных приборов;
- неисправности производственного оборудования (нагрев подшипников, механическое искрение);
- самовоспламенение некоторых материалов;

Если горящая электроустановка не отключена и находится под напряжением, то тушение ее представляет опасность поражения электрическим током. Как правило, тушить ручными средствами пожар электрооборудования следует при снятом с него напряжении. Если почему-либо снять напряжение невозможно, то допускается тушение установки, находящейся под напряжением, но с соблюдением особых мер.

Порошковый огнетушитель типа ОПС-10 наполнен в качестве огнетушащего средства сухим порошком (кальцинированная или двууглекислая сода, поташ и др.). Огнетушитель состоит из баллона 1 емкостью 10 л, заполненного огнегасящим порошком. К корпусу прикреплен баллон 2 с инертным газом (азот), находящимся под давлением порядка 15 МПа. При открывании вентиля порошок из баллона напором газа выталкивается в шланг 3, а затем через раструб 4 подается к очагу загорания.

Все работающие проходят специальную противопожарную подготовку:

- противопожарный инструктаж (первичный и вторичный);
- занятия по пожарно-техническому минимуму по специальной программе.

Промасленная ветошь складывается в специальный закрывающийся металлический ящик. Трава на территории подстанции регулярно выкашивается, чтобы исключить образование, после высыхания, легковоспламеняющегося сена.

На каждой наружной стороне ограждения подстанции имеются, обозначенные специальным знаком, заземленные шпильки с гайками для заземления пожарных стволов во время тушения пожара.

На подстанции и в мастерских оборудованы пожарные щиты по классу пожара (Е) (пожары, связанные с горением электроустановок) ЩП-Е и (В) (пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ), выкрашенных в красный цвет, расположены на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,5 м., укомплектованных набором пожарного инвентаря:

Таблица 12.2. Перечень средств пожаротушения

№ п/п	Наименование первичных средств пожаротушения, немеханизированного инструмента и инвентаря	Нормы комплектации в зависимости от типа пожарного щита и класса пожара	
		ЩП-В класс В	ЩП-Е класс Е
1	Огнетушители:		
	а) пенные и водные вместимостью, л/массой огнетушащего состава, кг	2 <sup>+</sup>	-
	б) порошковые (ОП) вместимостью, л/массой огнетушащего состава, кг		
	10/9	1 <sup>++</sup>	1 <sup>++</sup>
	5/4	2 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
	в) углекислотные (ОУ) вместимостью, л/массой огнетушащего состава, кг 5/3	-	2 <sup>+</sup>
2	Лом	1	
3	Крюк с деревянной рукояткой		1
4	Ведро	1	
5	Комплект для резки электропроводов: ножницы, диэлектрические боты и коврик		1
6	Асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала)	1	1

7	Лопата штыковая	1	
8	Лопата совковая	1	1
9	Ящик с песком	1	1

Также установлена электрическая пожарная сигнализация. Пожарная сигнализация служит для быстрого извещения службы пожарной охраны о возникшем пожаре в каком-либо помещении или сооружении предприятия.

Система электрической пожарной сигнализации состоит из извещателей-датчиков, устанавливаемых в защищаемых от пожара помещениях, приемной станции, расположенной в помещении пожарной комнаты, источников питания и электрической сети, связывающей извещатели с приемной станцией. Извещатели применяются ручного или автоматического действия.

## 12.2 Экологическая безопасность

Охрана природы – это система мер, направленная на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной средой.

На промышленных предприятиях для работающих окружающей средой является воздух рабочих зон (помещений) и прилегающих к ним территорий. Очень важную роль играет микроклимат производственных помещений, который характеризуется действующим на организм человека сочетанием температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также тепловыми и электромагнитными излучениями, содержанием в воздухе вредных веществ:

- Очистка воздуха, выбрасываемого в атмосферу вентиляционными системами;
- Изменением технологических процессов с таким расчетом, чтобы они меньше выделяли пыли и других вредных веществ.

Также следует не забывать выполнять следующие мероприятия:

- Уборка отработанного металла в цехе в соответствующие места;
- Сдача перегоревших ламп (ртутных, газоразрядных и т.п.) в соответствующие организации для дальнейшей утилизации;
- Сдача смазочных материалов, отработанного трансформаторного масла.

ДП-ФЮРА 3710000.091.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бухаров И.Г.			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Муравлев И.О.					108	112
Н.контр								
Утв.								
						108 НИТПУ ЭПП Группа 3-5А16		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения дипломного проекта на тему «Электроснабжение домостроительной компании ОАО ТДСК» найдено решение на все поставленные задачи.

В результате расчета электрических нагрузок арматурного цеха методом упорядоченных диаграмм получены: расчетный ток равен 2762,7А, полная расчетная мощность равна 1802,3 кВА. Найдены полные расчетные мощности остальных цехов предприятия методом коэффициента спроса и полная расчетная мощность завода с учетом высоковольтной нагрузки и освещения территории.

По результатам расчета нагрузки по цехам завода построена картограмма нагрузок и определен центр электрических нагрузок. Место установки ГПП выбрано вблизи центра электрических нагрузок в пределах зоны рассеяния.

Найдено число и мощность цеховых силовых трансформаторов марки ТМ мощностью 400 и 1000кВА и выполнены распределение по цехам завода с учетом категории надежности. Питание цеховых трансформаторов производится двухцепными кабельными линиями напряжением 10 кВ марки АПвП.

Для цеха выбраны два трансформатора марки ТМ-1000/10. Для питания трансформаторов от КРУ-10 кВ были выбраны кабели марки АПвП 3х35 и сети проверены на действие токов КЗ.

Электроснабжение цеха производится от энергосистемы. Питание предприятия осуществлено двухцепной воздушной линией на напряжение 35 кВ. Линия выполнена проводом АС-70. На главной понизительной подстанции, с целью обеспечения надежности электроснабжения потребителей второй категории, устанавливаются два трансформатора ТМН-6300/35. Выбор трансформаторов осуществляется с учетом компенсации реактивной мощности на предприятии путем установки КБ.

Питание к ЭП выполнено кабелями марок АВВГ сечением от 2,5 до 240 мм<sup>2</sup>. В качестве защитной аппаратуры приняты автоматические выключатели серии ВА. Для питания цеха от цеховой подстанции выбран кабель АВВГ (4×240).

Построены эпюры отклонения напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов работы, что указывает на допустимые пределы и выбранные сечения пригодных для эксплуатации.

По результатам расчета токов короткого замыкания в сети 0,4кВ спроектирована карта селективности действия аппаратов защиты токовой сети, на карте видно, что аппараты работают селективно.

В разделе социальная ответственность произведен анализ опасных и вредных факторов проектируемой производственной среды, экологической безопасности, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережения составлена смета на проектирование электрической части «Томской домостроительной компании» и произведен расчет сметы затрат на электрооборудование арматурного цеха предприятия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И.. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001 – 93 с.
2. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 143 с.
3. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 168 с.
4. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.-121с
5. Мельников М.А. Внутризаводское электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2004. – 180 с.
6. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов Ч.1 Расчет электрических нагрузок, нагрев проводников и электрооборудования. Учеб. пособие . – Томск: ТПУ, 2007. – 185 с.
7. Справочник по проектированию электроэнергетических систем /под ред. С.С. Рокотяна и др. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.
8. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. Учебник для СУЗов. - М.: Высшая школа, 1990
9. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
10. Барченко Т.Н., Закиров Р.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту, Томск, ТПИ, 1988.
11. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2005.
12. 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.
13. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
14. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособ. – ФОРУМ:ИНФРА-М, 2006.
15. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие /А.В. Кабышев. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006
16. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - 178 с.

17. 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.
18. Борисова Л.М., Гершанович Е.А. Экономика энергетики: учебное пособие.– Томск: Изд. ТПУ, 2006.
19. ГОСТ 12.1.038-82 (2001) ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
20. Правила устройства электроустановок – 7-е изд. Сибирское университетское издательство, 2011 г.
21. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок”
22. ГОСТ 12.1.005-88 (2001) ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
23. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
24. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование
25. ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
26. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
27. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
28. ГОСТ 12.1.002-84 (1999) ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
29. СП.52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
30. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2001.
31. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
32. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153-34.0-03.301-00. ВППБ 01-02-95.
33. ГОСТ 17.0.001-86 Охране окружающей среды. Основные положения.
34. ГОСТ 17.2.1.01-86 Атмосфера.
35. ГОСТ 17.11.02-86 Гидросфера.
36. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №213-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».