

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

---

Институт Электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проектирование схемы электроснабжения</b>
<b>ОАО «ТЭМЗ»</b>

УДК 621.31.031-047.74:621.314.002(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<b>3-5a16</b>	<b>Баранов Николай Николаевич</b>		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Доцент</b>	<b>Муравлев Игорь Олегович</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Доцент</b>	<b>Коршунова Лидия Афанасьевна</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Доцент</b>	<b>Бородин Юрий Викторович</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

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

---

Институт Электронного образования  
Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ЭПП

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

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**бакалаврской работы**

Студенту:

Группа	ФИО
<b>3-5a16</b>	<b>Баранов Николай Николаевич</b>

Тема работы:

**Проектирование схемы электроснабжения ОАО «ТЭМЗ»**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

ИнЭО от 27.04.16 №3236/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Июнь 2016

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	Получены по материалам преддипломной практики
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по</i></p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Общие сведения о предприятии</li><li>2. Определение расчетной нагрузки цеха</li><li>3. Определение расчетной нагрузки предприятия</li><li>4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок</li><li>5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов</li><li>6. Компенсация реактивной мощности</li><li>7. Схема внутри заводского электроснабжения</li><li>8. Схема внутри заводской сети выше 1000В</li><li>9. Расчет токов короткого замыкания в сети выше</li></ol>

<i>работе).</i>	1000В 10.Выбор и проверка оборудования в сети выше 100 В 11.Электроснабжение цеха 12.Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники 13.Построение эпюры отклонения напряжения 14. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В 15.Построение карты селективности действия аппаратов защиты 16.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение 17 Социальная ответственность
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1.Генплан предприятия распределение электроэнергии с картограммой нагрузок 2.Схема электрическая принципиальная 3.Схема силовой сети котельной 4.Электроснабжение котельной. Однолинейная схема 5.Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности 6.Молниезащита ГПП
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Доцент, к.т.н. Коршунова Л.А.
<b>Социальная ответственность</b>	Доцент, к.т.н. Бородин Ю.В.

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

**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
3-5a16	Баранов Николай Николаевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 131 с., 27 рис., 34 табл., 16 источников, 6 прил.

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

Объект исследования - электрическая часть ОАО ТЭМЗ.

Цель работы – разработка проекта схемы снабжения электроэнергией предприятия, расчет и выбор оборудования.

Во время проектирования проводилась обработка исходных данных полученных во время прохождения производственной практики на предприятии.

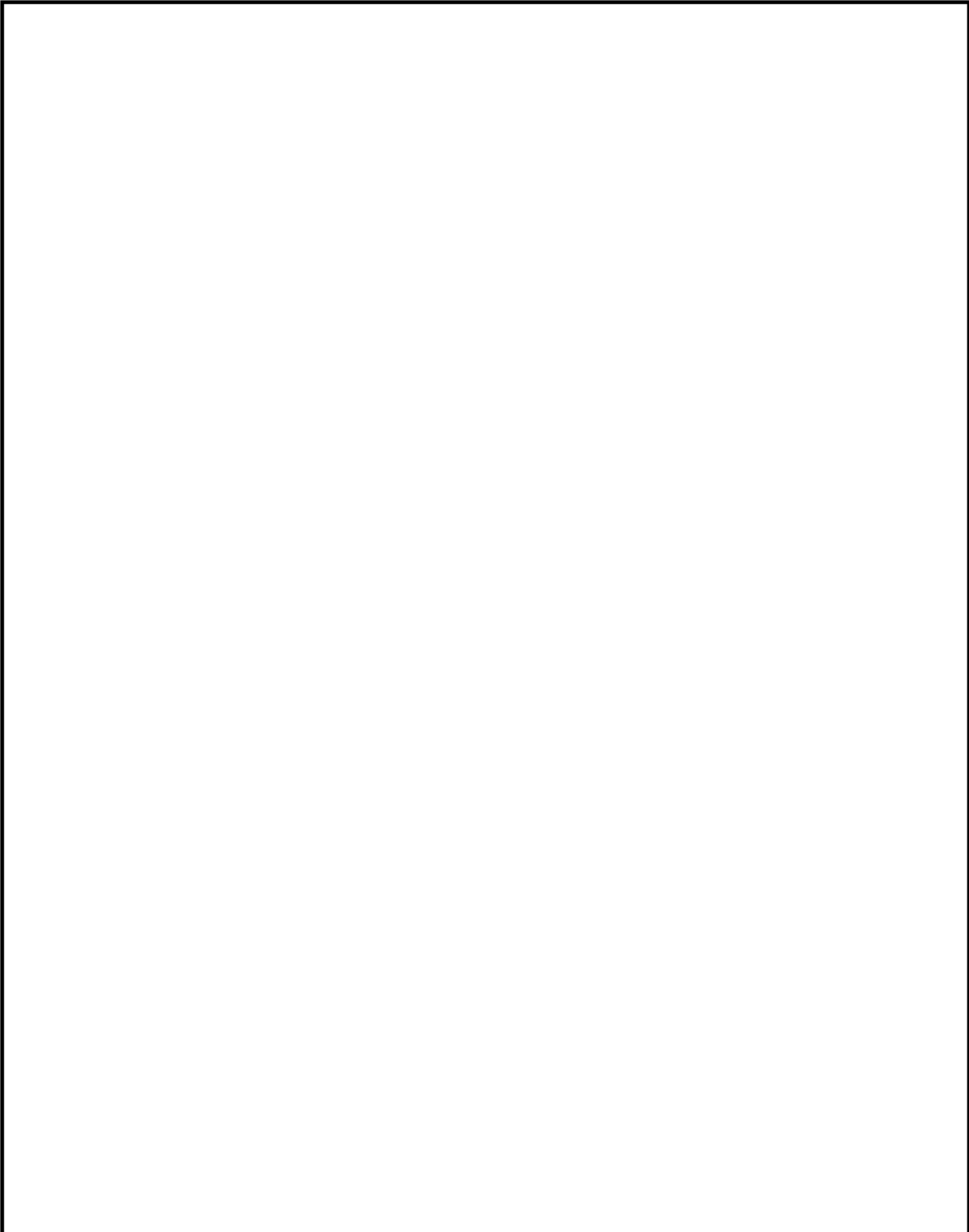
В результате была разработана схема электроснабжения от подстанции электросетей, до конечных электроприемников. Произвели выбор кабелей и проводов, коммутационное оборудование, произвели необходимые расчеты и проверки. Результатами работы стали экономические расчеты затрат на проектирование схемы и на сооружение выбранной схемы, определили безопасные условия труда для рабочих завода.

Внутренняя схема электроснабжения завода состоит из кабельных линий, а внешняя состоит из воздушной линии выполненной проводом. В высоковольтной сети применили вакуумные выключатели, в низковольтной сети выключатели автоматические.

Воздушная линия выполнена на железобетонных опорах, кабельная линия – в траншее и лотках.

Схема надежна для бесперебойности в электропитании. Схема пригодна к эксплуатации.

Разработанная схема электроснабжения очень важна, так как от ее правильности работы зависит выпуск продукции завода.



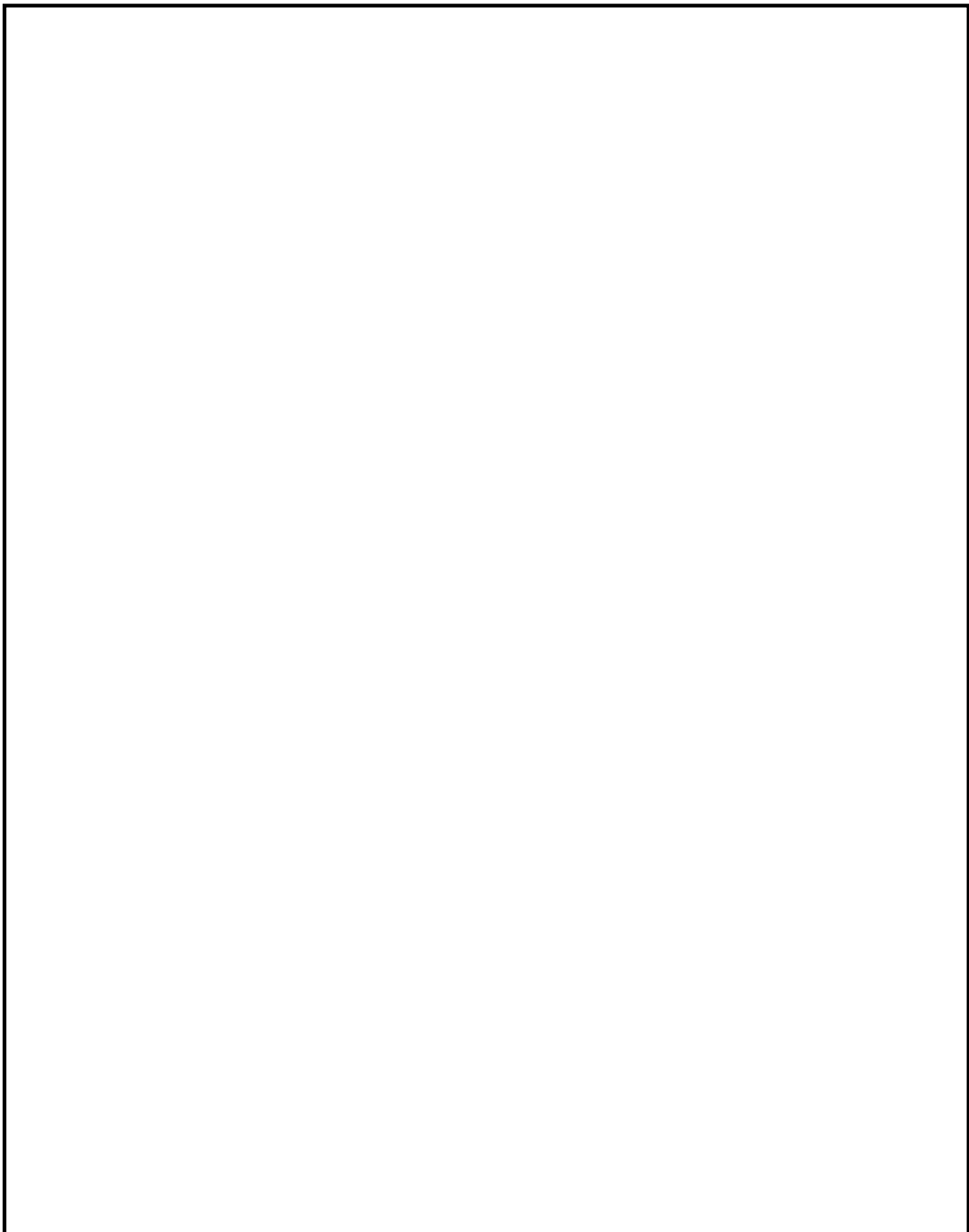
ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		БарановН.Н			Содержание	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.					1	2
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 Исходные данные .....	11
2 Определение расчетных электрических нагрузок котельной завода .....	17
3 Определение расчетной нагрузки завода в целом .....	26
4 Картограмма и определение центра электрических нагрузок .....	32
5 Схема внешнего электроснабжения .....	36
5.1 Выбор трансформаторов ГПП .....	39
5.2 Выбор сечения проводов воздушной ЛЭП .....	39
6 Схема внутриводской сети 10 кВ .....	41
6.1 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов .....	42
7 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В .....	48
8 Выбор и проверка электрических аппаратов в сети выше 1000 В ...	53
8.1 Выбор трансформаторов тока .....	57
8.2 Выбор трансформаторов напряжения .....	58
9 Электроснабжение котельной завода.....	60
9.1 Выбор схемы электроснабжения цеха .....	61
9.2 Выбор сечений питающей сети и аппаратов защиты .....	63
9.2.1 Выбор автоматических выключателей .....	69
10 Расчет токов короткого замыкания в сети 0,38 кВ .....	71
11 Построение карты селективности действия защитных аппаратов ..	74
12 Расчет и построение эпюр отклонения напряжения .....	78
13 Молниезащита ГПП.....	85
13.1 Расчет молниезащиты ГПП .....	86
13.2 Определение надежности защиты подстанций от прямых ударов молнии .....	87
13.3 Расчет заземляющих устройств .....	88
14 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	92
1. 14.1 Общие сведения .....	93
14.2 Смета на проектирование электроснабжения .....	93
14.3 Выбор варианта электроснабжения завода .....	100
14.4 Смета затрат на электрооборудование .....	101
15 Социальная ответственность .....	102
15.1. Введение .....	103
15.2. Анализ опасных и вредных факторов.....	103
15.3. Техника безопасности .....	104
15.4. Электробезопасность .....	105
15.5. Производственная санитария .....	108
15.6 Пожарная безопасность .....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	123
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	125





					<i>ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Введение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Баранов Н.Н.					1	2
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16</i>		



## ВВЕДЕНИЕ

Цель дипломной работы является проектирование электроснабжения котельной завода ОАО ТЭМЗ г. Томск, при проектировании использовались данные предприятия (генеральный план предприятия, план котельной завода, сведение об электрической нагрузке), детальная проработка системы электроснабжения приемников в здании котельной, сделать выводы.

Завод начинает свою историю в 1920 году, по решению Губернского совнархоза мастерские Томского технологического института были реорганизованы в "Первый Томский машиностроительный завод Совнархоза" - "Машинострой". Когда в 1927 году Томск перешел в состав организованного Новосибирского края, и предприятие перешло в ведение Новосибирского треста металлоизделий, завод был переименован в "Металлист". Начал выпускать весы, дорожные катки, бревнотаскалок нефтяных баков и вертикальных сверлильных станков. Решением ЦК ВКП(б) от 17.07.31 г. завод "Металлист" был передан в подчинение "Востокугля", это дата - начала превращения предприятия в производителя оборудования для шахт и горных выработок.

В 1933 году начали производить электросверла ЭР-1, для шахт Кузбасса. В 1933 г. Константин Николаевич Шмаргунов - директор Томского индустриального института - разработал электрический отбойный молоток КНШ-3, на заводе организовали их выпуск. Учитывая развитие промышленности, это было большим достижением. В 1939 году завод был передан в подчинение Главгормаша и изменил название на "Томский электромеханический завод".

Во время Великой Отечественной войны на завод были эвакуированы три завода: Ленинградский завод "Пневматика", Конотопский завод "Красный металлист" и Харьковский завод маркшейдерских инструментов. Завод получил задание на производство военных заказов. В 1942 г. завод начал производство горных машин, которые выпускались в Конотопе и Ленинграде.

В 1947 г. постановлением СМ СССР от 13.01.47 за N 52 заводу было присвоено имя В. В. Вахрушева - министра угольной промышленности СССР.

В 1949 г. Предприятие начало выпускать шахтные вентиляторы местного проветривания, что способствовало увеличению скорости проходки шахтных выработок.

При появлении гидродобычи предприятие начало выпуск изделия с гидроприводом: гидровентиляторов, гидросветильников, гидро-двигателей, гидросверел. В 60-е годы почти весь ассортимент выпускаемой продукции обновился. Пришли на смену более безопасные и мощные вентиляторы, электросверла, молотки, их масса стала меньше, а надежность при этом возросла.

Реконструкция в 1980г. позволила увеличить производство, резко изменила и повысила его технологический уровень и дала началу выпуску более новых и современных машин. Появились отечественные и зарубежные высокопроизводительные станки с ЧПУ . В термообработке - проходная линия термообработки фирмы «Айхилин» .Для создания конструкции и технологии начали использовать системы CAD/CAM Симатрон, Адем и др, что позволило существенно увеличить качество продукции .

С 2002 г. на заводе ведется модернизация оборудования и запуску новых линий, цеха оснастили новейшими станками что позволило освоить производство новых видов продукции.

В 2007 предприятия приступило к выпуску вентиляторов главного проветривания для метрополитене.

В данное время завод наладил выпуск электро, пневмо приводов для нефтегазовой промышленности.

*ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ*

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Баранов Н.Н.			Исходные данные	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16</i>		

## 1 Исходные данные

Таблица 1 - Ведомость электрических нагрузок по цехам завода

№	Наименование	Число сменн	Установленная мощность кВт.
1.	Ремонтностроительный цех	1	100
2.	Энергосиловой цех.	1	600
3.	АБК-3.	1	150
4.	Ремонтномеханический цех.	1	500
5.	Насосная станция.	1	100
6.	Компрессорная.	1	650
7.	Транспортный цех.	1	150
8.	Котельная.	2	
9.	Литейный цех.	1	2500
10.	Инструментальный цех.	1	500
11.	АБК-2	1	300
12.	АБК-5	1	600
13.	ТПА.	1	800
14.	ТГЦ.	1	2000
15.	ЦЕХ-5.	1	800
16.	ЦЕХ-2.	1	1000
17.	Склад готовой продукции	1	100
18	АБК	1	600
19	Заводоуправление	1	150

Таблица 2 – Сведения об электрических нагрузках котельной завода

№	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт
1	Насос скважины.	7,5
2	Насос скважины	7,5
3	Приточный вентилятор	15
4	Трубогибочный станок	5,5
5,6	Бойлер.	6
7	Вытяжной вентилятор	5,5
8	Вертикально-сверлильный станок	5,5
9	Шлифовальный станок	3,0
10	Приточный вентилятор	17
11	Ану-35	5,5
12,13	Насос ГВС	18
14,15	Насос Тех.воды	18
16,17	Насос подпитки.	5,5
18,26	Насосы дизельного топлива	5,5
19,22,25,29	Котлоагрегаты	2,0
30	Вертикально-сверлильный станок	1,5
20,23,27	Дутьевой вентилятор	3,0
44	Дутьевой вентилятор	5,5
21,24,28	Дымосос	5,5
31	Дымосос	7,5
32-38	Насос сетевой	22
39-43	АНУ-70	9,0
45	Вытяжной вентилятор	5,5

Таблица 3 - Характеристика среды производственных помещений и категории ЭП по степени бесперебойности питания

№	Наименование	Характеристика производственной среды	Категория ЭП по степени бесперебойности питания по ПУЭ
1.	Ремонтностроительный цех	Нормальная	3
2.	Энергосиловой цех.	Нормальная	3
3.	АБК-3.	Нормальная	3
4.	Ремонтномеханический цех.	Нормальная	3
5.	Насосная станция.	Нормальная	2
6.	Компрессорная.	Нормальная	2
7.	Транспортный цех.	Нормальная	3
8.	Котельная.	Нормальная	2
9.	Литейный цех.	Нормальная	2
10.	Инструментальный цех.	Нормальная	2
11.	АБК-2	Нормальная	3
12.	АБК-5	Нормальная	3
13.	ТПА.	Нормальная	2
14.	ТГЦ.	Нормальная	2
15.	ЦЕХ-5.	Нормальная	2
16.	ЦЕХ-2.	Нормальная	2
17.	Склад готовой продукции	Нормальная	3
18.	АБК	Нормальная	3
19	Заводоуправление	Нормальная	3

Генеральный план завода ОАО ТЭМЗ и котельной завода с планом расположения электроприемников, представлены на рис. 1 и 2.

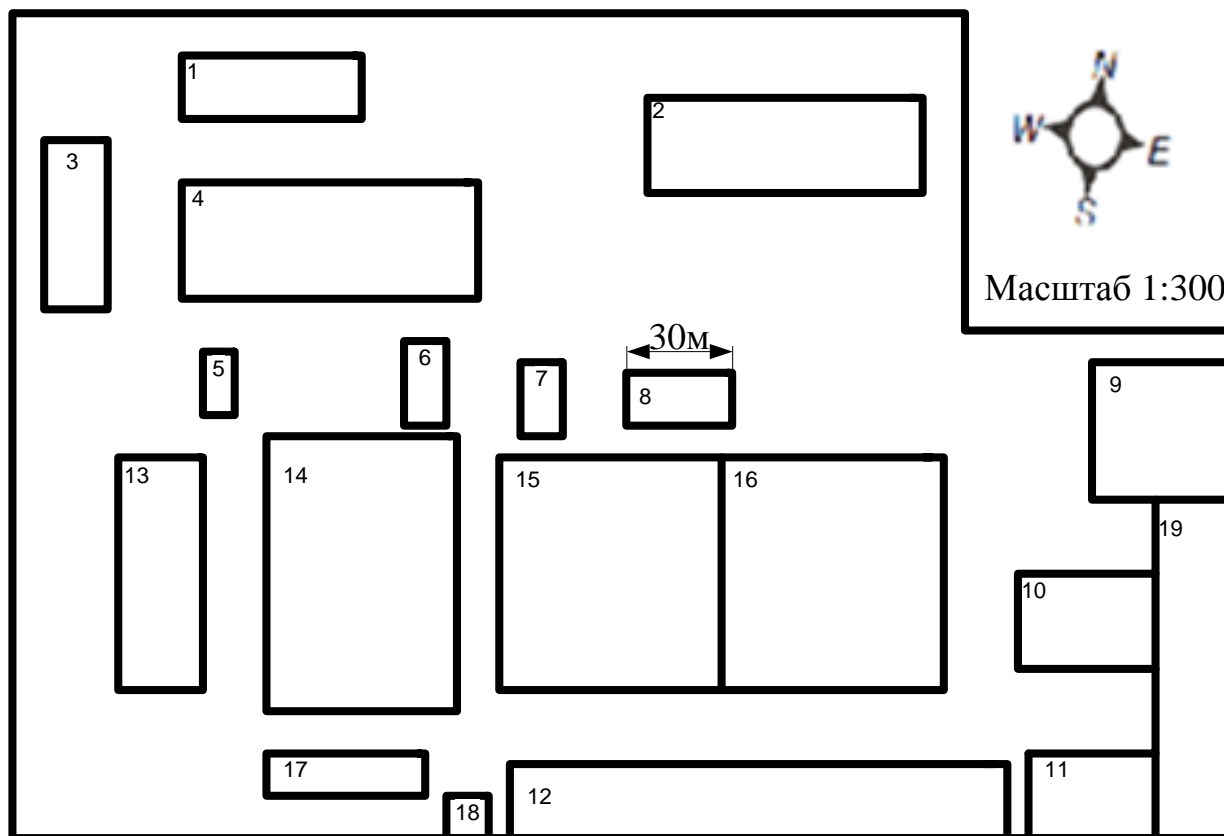


Рисунок 1 – Генеральный план завода

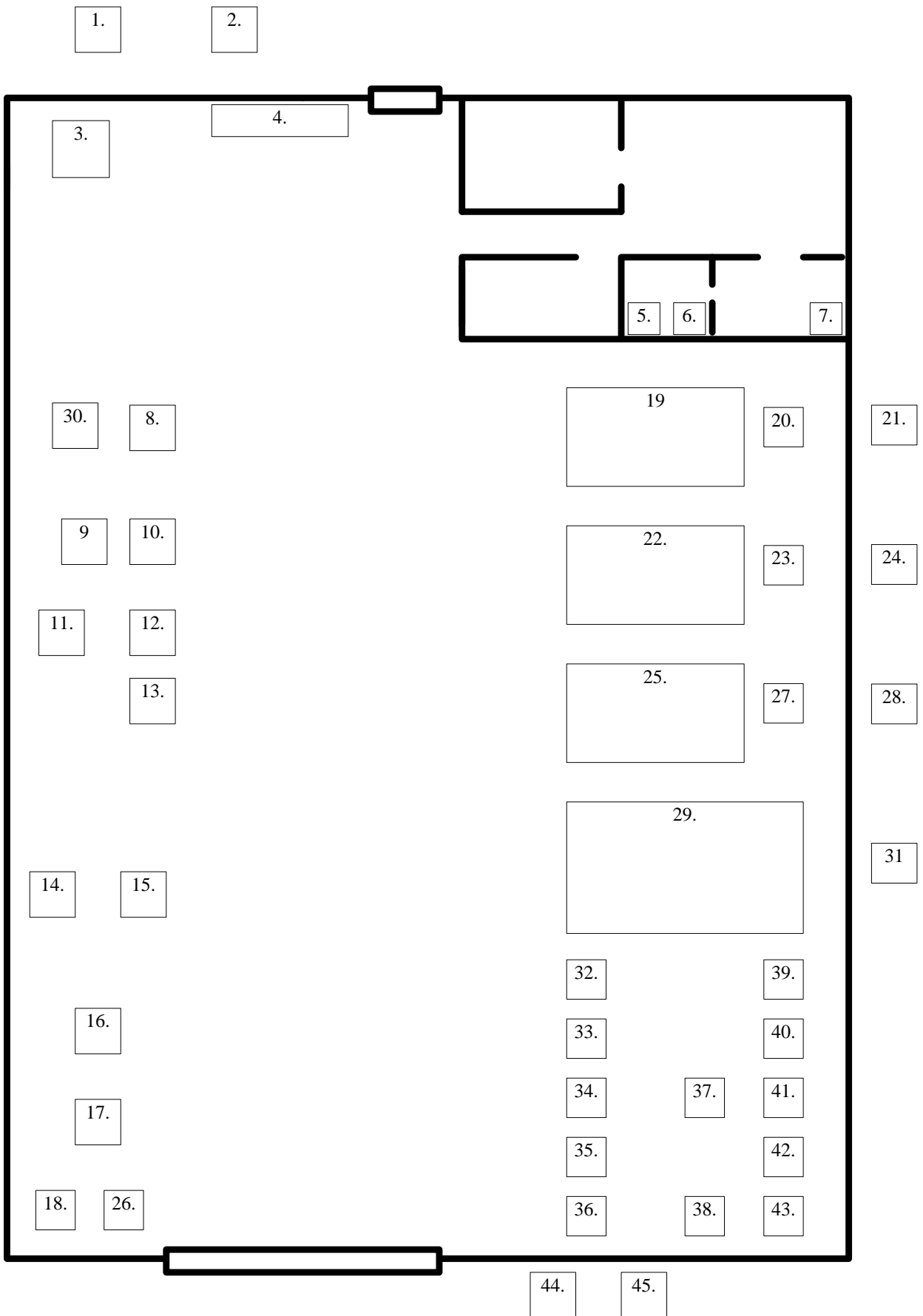


Рисунок 2 –План котельной с планом расположения электроприемников



*ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ*

					<i>ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Баранов Н.Н.			Определение расчетной электрической нагрузки котельной	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16</i>		

## 2 Определение расчетной электрической нагрузки котельной завода

Распределение электроприемников по РП и расчет электрических нагрузок по пунктам питания сведем в таблицу 4.

Как правило распределительные пункты рассчитаны на число групп не более пяти, восьми или двенадцати штук. Рекомендуется оставлять в резерв одну-две группы, чтобы в случае установки нового оборудования не было проблем с его подключением.

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

В качестве РП принимаем распределительные пункты марки ПР11-3077 с

номинальным током 250 ампер и более. Данный РП рассчитан на количество отходящих линий до двенадцати штук.

Распределительные пункты устанавливаются согласно СН 89.13330.2012 и ПУЭ в огороженной щитовой подстанции.

Согласно ПУЭ котельная завода относится ко второй категории электро- приемников и должна обеспечиваться двумя независимыми взаимно резервирующими источниками питания.

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

На рисунке 3.1 изображен план котельной с расположением ПР и питаемых от них электроприемников.

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

Суть метода заключается в том, что расчетная нагрузка находится по коэффициенту максимума и эффективному числу электроприемников. Для этого все электроприемники разбиваются на две группы с одинаковыми режимами работы:

- «А» электроприемники с переменным графиком нагрузки ( $K_{\text{и}} < 0,6$ );
- «Б» электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки ( $K_{\text{и}} \geq 0,6$ ;  $K_{\text{з}} \geq 0,9$ ;  $K_{\text{в}} = 1$ ).

Для определения расчётной нагрузки цеха  $P_{\text{м}}$  на втором уровне системы электроснабжения (распределительные шкафы, щиты управления, шинопроводы напряжением до 1 кВ переменного тока) применяется метод упорядоченных диаграмм или метод коэффициента максимума, по которому

$$P_{\text{т}} = K_{\text{т}} \cdot P_{\text{см}} = K_{\text{т}} \cdot K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}},$$

где  $P_{см}$  – средняя нагрузка за наиболее загруженную смену;

$K_T$  – коэффициент максимума активной мощности;

$K_{и}$  – групповой коэффициент использования активной мощности.

Исходными данными для расчёта  $P_T$  являются: план цеха с расположением ЭП, электрическая схема цеха (производства), количество ЭП, их установленные мощности, коэффициенты мощности и использования каждого ЭП.

Все электроприёмники разбиваются по расчётным узлам на УР2, в каждом узле электроприёмники разделяются на характерные группы с примерно одинаковыми коэффициентами использования  $K_{и}$  и мощности  $\cos\varphi$  с выделением групп ЭП с переменным и практически постоянным графиками нагрузки. К последним могут быть отнесены, например, ЭД насосов водоснабжения, вентиляторов, нерегулируемых дымососов, печей сопротивления и др. У ЭП с постоянными графиками нагрузки  $K_{и} \geq 0.6$  и коэффициент заполнения суточного графика за наиболее загруженную смену  $K_{зп} \geq 0.9$ . При отсутствии таких данных все ЭП относят к ЭП с переменным графиком нагрузки.

При расчётах электрических нагрузок используются специальные таблицы.

#### Порядок заполнения таблицы.

1. В графу 2 в соответствии со схемой питания записываем:

- наименование узла, для которого производится определение электрических нагрузок (в нашем случае в качестве таких узлов выступают распределительные пункты – ПР1, ПР2, ПР3, ПР5);
- наименование характерных групп (с одинаковыми  $K_{и}$  и  $\cos\varphi$ ), питающихся от данного узла:
  - электроприёмники длительного режима работы с переменным графиком работы;
  - электроприёмники повторно-кратковременного режима работы приведением их к ПВ=100%. При наличии однофазных электроприёмников даётся их перечень с указанием ПВ и номинального напряжения;
  - при наличии электроприёмников с практически постоянным графиком нагрузки эти электроприёмники записываются под чертой прочих групп электроприёмников.

2. В графе 3 в числителе записывается количество рабочих электроприёмников.

3. В графу 4 по каждой группе записываются: при одинаковой мощности электроприёмников группы – номинальная установленная мощность одного электроприёмника в киловаттах, при электроприёмниках различной мощности – номинальная мощность наименьшего и через тире наибольшего по мощности электроприёмника в группе.

4. В графу 5 – суммарная мощность электроприёмников

5. Графа 6 заполняется по всему расчётному узлу (по силовому шкафу, сборке, магистрали). Если  $t$  заведомо больше 3, эта величина не определяется и в графе 6 записывается « $m > 3$ ».

$$m = \frac{P_{ном. max}}{P_{ном. min}} = \frac{22}{2} = 11 > 3$$

6. Графы 7 и 8. Значения коэффициента использования и мощности для отдельных групп электроприёмников выбираются по справочным материалам (см. [3], табл. П.2.1, стр. 117 – 120).

$$K_{и} = 0,6 \quad \frac{\cos \varphi}{tg \varphi} = \frac{0,8}{0,75}$$

7. Графа 9. Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприёмников определяется по формуле

$$P_{см} = K_{и}(\text{графа 7}) \cdot \Sigma P_{н}(\text{графа 5}), \text{ кВт.}$$

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н} = 0,77 \cdot 103,5 = 80,7 \text{ кВт.}$$

8. Графа 10. Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприёмников определяется по формуле

$$Q_{см} = P_{см}(\text{графа 9}) \cdot tg \varphi(\text{графа 8}), \text{ кВ} \cdot \text{Ар.}$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg \varphi = 80,7 \cdot 0,75 = 60,84 \text{ кВ} \cdot \text{Ар.}$$

9. Для заполнения граф 7 и 8 по узлу в целом необходимо предварительно подвести итоги по графам 5, 9 и 10. По полученным итогам определяются:

– средневзвешенное значение коэффициента использования по расчётному узлу (графа 7)

$$K_u = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{н}} = \frac{\text{графа 9}}{\text{графа 5}};$$

$$K_u = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{н}} = \frac{80,7}{103,5} = 0,77$$

– средневзвешенное значение  $tg \varphi_c$  (графа 8)

$$tg \varphi_{см} = \frac{\sum Q_{см}}{\sum P_{см}} = \frac{\text{графа 10}}{\text{графа 9}}.$$

$$tg \varphi_{см} = \frac{\sum Q_{см}}{\sum P_{см}} = \frac{60,84}{80,7} = 0,75$$

По полученной величине  $tg \varphi_{см}$  находится  $\cos \varphi_{см}$ . Найденные значения  $K_{и}$  и  $\cos \varphi_{см}$  вносятся в итоговую строку узла соответственно в графы 7 и 8.

10. Графа 11. При  $m > 3$  (графа 6) эффективное число электроприёмников  $n_э$  определяется по формуле

$$n_э = \frac{2 \sum_1^n P_{н}}{P_{ном. max}}$$

$$n_э = \frac{2 \sum_1^n P_{н}}{P_{ном. max}} = \frac{2 \cdot 103,5}{22} = 9$$

Если найденное по этой формуле  $p_3$  оказывается больше, чем фактическое число ЭП, следует принимать  $p_3 = p$ .

11. Графа 12. Коэффициент максимума  $K_T$  определяется по ([3], табл. 2.1, стр. 26) в функции эффективного числа электроприёмников  $p_3$  (графа 11) и средневзвешенного  $K_{и}$  (графа 7).

12. Графа 13. Максимальная активная нагрузка от силовых электроприёмников узла:

$$P_M = K_M(\text{графа 12}) \cdot P_{CM}(\text{графа 9}), \text{ кВт.}$$

$$P_M = K_M \cdot P_{CM} = 1,1 \cdot 80,7 = 88,8 \text{ кВт.}$$

13. Графа 14. Максимальная реактивная нагрузка от силовых электроприёмников узла принимается равной:

- при  $p_3 \leq 10$   $Q_m = 1,1 \cdot Q_{CM}$ ;

- при  $p_3 > 10$   $Q_m = Q_{CM}$ .

$$Q_m = 1,1 \cdot Q_{CM} = 1,1 \cdot 60,84 = 66,9 \text{ кВАр}$$

14. Графа 15. Максимальная полная нагрузка от силовых электроприёмников определяется по формуле:

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2}.$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{88,8^2 + 66,9^2} = 111,2 \text{ кВА}$$

15. Графа 16. Эта графа предназначена для записи расчётных токов (максимальных и пусковых). Пиковый ток группы электроприёмников определяется по формуле:

$$I_n = i_{пм} + (I_M - K_{и} \cdot i_{нм}),$$

$$I_n = 209 + (174,4 + 33) = 349,8 \text{ А}$$

где  $i_{пм}$  – наибольший из пусковых токов двигателей в группе по паспортным данным (пусковой ток асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в случае отсутствия заводских данных может быть принят равным 5-кратному номинальному току, пиковый ток печных и сварочных трансформаторов принимается по заводским данным, а в случае их отсутствия – не менее 3-кратного номинального);  $i_{нм}$  – номинальный (приведённый к ПВ=100%) ток двигателя с наибольшим пусковым током;  $K_{и}$  – коэффициент использования, характерный для двигателя, имеющего наибольший пусковой ток;  $I_M$  – расчётный ток нагрузки всей группы электроприёмников, который может быть определён по формуле:

$$I_M = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

$$I_M = \frac{111200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 174,4 \text{ А}$$

Таблица 4 Определение расчетных электрических нагрузок котельной

№	Наименование узлов питания и групп электроприёмников	n	Установленная мощность, кВт		$m = P_{\text{ном.макс}} / P_{\text{ном.мин}}$	$K_H$	$\frac{\cos \varphi}{\tan \varphi}$	Средняя смену		$n_3$	$K_m$	Максимальная нагрузка			$I_m$	$I_{\Pi}$
			$P_n$ кВт	$\sum P_H$				$P_{см}$ кВт	$Q_{см}$ кВт·Ар			$P_m$ кВт	$Q_m$ кВт·Ар	$S_m$ кВт·А		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>Пункт распределительный ПР1</b>																
1	Насос	7	5,5-22	115		0,8	0,8/ 0,75	92	69							
	Дутьевые вентиляторы, дымососы	2	3-5,5	8,5		0,6	0,8/ 0,75	5,1	3,82							
	Котлоагрегат	1	2	2		0,6	0,7/ 1,02	1,2	1,22							
	<b>Итого по группе В</b>	<b>10</b>	<b>2-22</b>	<b>125,5</b>	<b>&gt; 3</b>	<b>0,78</b>	<b>0,76/ 0,84</b>	<b>98,3</b>	<b>74,04</b>	<b>10</b>	<b>1,24</b>	<b>121,89</b>	<b>74,04</b>	<b>142,61</b>	<b>216,67</b>	<b>392,07</b>
	<b>Итого по ПР1</b>	<b>10</b>	<b>2-22</b>	<b>125,5</b>	<b>-</b>	<b>0,78</b>	<b>0,8/ 0,75</b>	<b>98,3</b>	<b>74,04</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>121,89</b>	<b>74,04</b>	<b>142,61</b>	<b>216,67</b>	<b>392,07</b>
<b>Пункт распределительный ПР2</b>																
	АНУ-70	3	9,0	27		0,4	0,87/ 0,56	10,8	6,048							
	Бойлер	1	6,0	6		0,5	0,85/ 0,61	3	1,83							

Продолжение таблицы 4

	<b>Итого по группе А</b>	<b>4</b>	<b>6-9</b>	<b>33</b>	<b>1,5</b>	<b>0,41</b>		<b>13,8</b>	<b>7,89</b>	<b>4</b>	<b>1,87</b>	<b>25,8</b>	<b>8,7</b>	<b>27,3</b>		
	Котлоагрегат	1	2	2		0,6	0,7/ 1,02	1,2	1,22							
	Дутьевые вентиляторы, дымососы	2	3-5,5	8,5		0,6	0,8/ 0,75	5,1	3,82							
	Вентиляторы	3	5,5-17	37,5		0,8	0,85/ 0,61	30	18,3							
	<b>Итого по группе В</b>	<b>6</b>	<b>2-17</b>	<b>48</b>	<b>&gt; 3</b>	<b>0,75</b>		<b>36,3</b>	<b>23,34</b>	<b>6</b>	<b>1,2</b>	<b>43,56</b>	<b>25,7</b>	<b>50,5 7</b>		
	<b>Итого по ПР2</b>	<b>10</b>	<b>2-17</b>	<b>81</b>	<b>-</b>	<b>0,61</b>	<b>0,84/0 ,62</b>	<b>50,1</b>	<b>31,23</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>67,36</b>	<b>34,4</b>	<b>77,87</b>	<b>122</b>	<b>248</b>
3	<b>Распределительный пункт ПР3</b>															
	Бойлер	1	6,0	6		0,5	0,85 /0,6 1	3	1,83	1						
	<b>Итого по группе А</b>	<b>1</b>	<b>6,0</b>	<b>6</b>		<b>0,5</b>	<b>0,85 /0,6 1</b>	<b>3</b>	<b>1,83</b>			<b>3</b>	<b>1,83</b>	<b>3,5</b>		
	Насос	6	5,5-22	93		0,8	0,8/ 0,75	74,4	55,8							
	Дутьевые вентиляторы, дымососы	2	3-5,5	8,5		0,6	0,8/ 0,75	5,1	3,82							
	Котлоагрегат	1	2	2		0,6	0,7/ 1,02	1,2	1,22							
	<b>Итого по группе В</b>	<b>9</b>	<b>2-22</b>	<b>103, 5</b>	<b>&gt; 3</b>	<b>0,7 7</b>	<b>0,8/ 0,75</b>	<b>80,7</b>	<b>60,84</b>	<b>9</b>	<b>1,1</b>	<b>88,8</b>	<b>66,9</b>	<b>111, 2</b>		

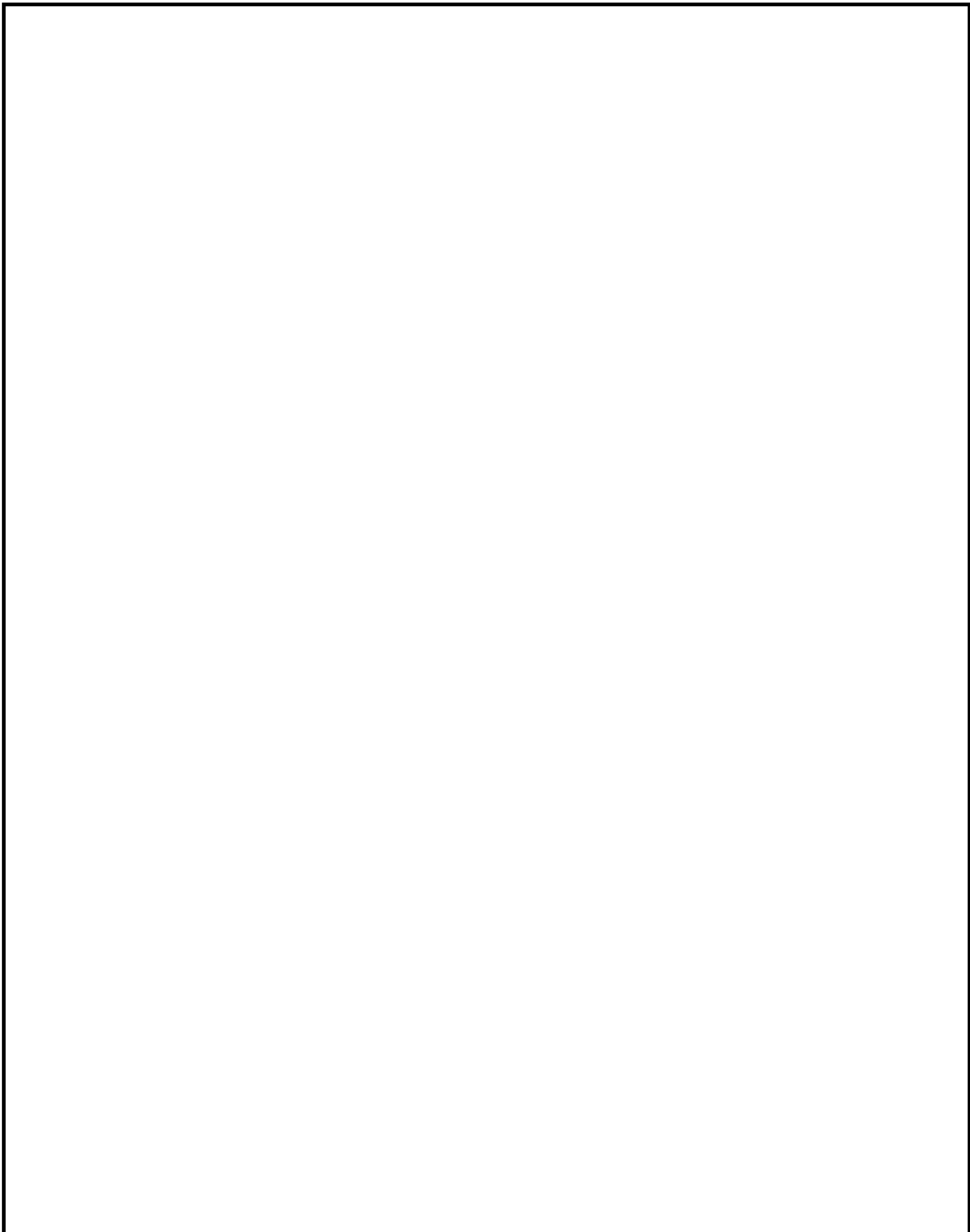
Продолжение таблицы 4

	<b>Итого по ПР3</b>	10	2-22	109, 5	-	0,7 6	0,8/ 0,74	83,7	62,67	-	-	91,8	68,83	114,7	174,4	349,8	
	<b>Пункт распределительный ПР4</b>																
	АНУ	3	5,5-9,0	23,5		0,4	0,87/ 0,56	9,4	5,3	3	1,8	16,92	5,83	17,9			
	<b>Итого по группе А</b>	3	5,5-9,0	23,5	2,6	0,4	0,87/ 0,56	9,4	5,3	3	1,8	16,92	5,83	17,9			
	Насос	4	5,5-22	55		0,8	0,8/ 0,75	44	33								
	Дутьевые вентиляторы, дымососы	2	5,5-7,5	13		0,6	0,8/ 0,75	7,8	5,85								
	Котлоагрегат	1	2	2		0,6	0,7/ 1,02	1,2	1,22								
	<b>Итого по группе В</b>	7	2-22	70	> 3	0,7 5	0,8/ 0,75	53	40	6	1,2	63,6	44	77,4			
	<b>Итого по ПР4</b>	10	2-22	93,5	-	0,6 6	0,81/0 ,72	62,4	45,3	-	-	80,6	49,9	95,3	151,1	327,1	
	<b>Пункт распределительный ПР5</b>																
	Станки разные	4	1,5-5,5	15,5		0,12	0,5/ 1,73	1,86	3,21			6,13	3,5	21,5			
	<b>Итого по группе А</b>	4	1,5-5,5	15,5	> 3	0,12	0,5/ 1,73	1,86	3,21	4	3,3	6,13	3,5	21,5			
	Вытяжной вентилятор	1	5,5	5,5	1	0,8	0,85/ 0,61	4,4	2,68	1		4,4	2,68	5,2			
	<b>Итого по группе В</b>	1	5,5	5,5	-	0,8	0,85/ 0,61	4,4	2,68	-	-	4,4	2,68	5,2			
5	<b>Итого по ПР5</b>	5	1,5-5,5	21	-	0,29	0,72/ 0,94	6,26	5,89	-	-	10,6	6,3	12,3	22,3 6	63,5 6	



Оканчание таблицы 4

6	<i>Итого силовая нагрузка</i>	45	1,5-22	430, 5		0,69	0,81/ 0,72	300, 76	219, 13	-	-	372,2 5	233 ,47	442 ,78		
7	<i>Электрическое освещение</i>			5,4		0,95	0,95/ 0,33	5,1	1,6			5,1	1,6			
8	<i>Итого по котельной</i>	45	1,5-22	436		0,7	0,81/ 0,72	305, 86	220, 73			377,3 5	235	444, 54	675, 40	883, 8



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Баранов Н.Н.			Определение расчетной нагрузки завода в целом	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16</i>		

### 3 Определение расчетной нагрузки завода в целом

Расчет электрических нагрузок завода определяем по методу коэффициента спроса.

Полная расчетная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП, а так же и потерь в ЛЭП.

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цехов определяются из соотношений:

$$P_p = K_c P_n;$$

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

где:  $P_n$  - суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

$K_c$  - коэффициент спроса [3, табл. П.2.1];

$\operatorname{tg} \varphi$  - коэффициент мощности.

Расчет осветительной нагрузки предприятия идентичен расчету осветительной нагрузки цеха. Но в данном случае плотность нагрузки на единицу площади принимается 10–20 Вт/м<sup>2</sup>, а коэффициент спроса по осветительной нагрузке  $K_{co} = 0,6–1,0$ , в зависимости от принадлежности производственного здания к той или иной группе помещений [1, табл. П2.2].

Приемники напряжением выше 1000 В рассчитываются отдельно. Расчетная активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В определяется по тем же формулам. Расчет силовых и осветительных нагрузок по цехам представлен в таблице 5.

Таблица 5 Определение расчетных нагрузок по цехам завода

№	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		$P_n$ , кВт	$K_c$	$\cos j$	$\operatorname{tg} j$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$F$ , м <sup>2</sup>	$P_{уд\ o}$ , Вт/м <sup>2</sup>	$P_{но}$ , кВт	$K_{co}$	$P_{po}$ , кВт	$P_p+P_{po}$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$S_p$ , кВА
Потребители электроэнергии 0,38 кВ															
1	Ремонтностроительный цех	100	0,5	0,6	1,3	50	65	918	15	13,8	0,95	13,1	63,1	65	90,6
2	Энергосиловой цех.	600	0,3	0,7	1,02	180	183,6	2106	12	25,3	0,95	24,0	204,0	183,6	274,5
3	АБК-3.	150	0,5	0,8	0,75	75	56,25	864	16	41,5	0,8	33,2	108,2	56,25	121,9
4	Ремонтномеханический цех.	500	0,35	0,7	1,02	175	178,5	2772	11	30,5	0,95	29,0	204,0	178,5	271,0
5	Насосная станция.	100	0,6	0,8	0,75	60	45	162	17	2,8	0,95	2,6	62,6	45	77,1
6	Компрессорная.	650	0,6	0,8	0,75	390	292,5	288	17	4,9	0,95	4,7	394,7	292,5	491,2
7	Транспортный цех.	150	0,5	0,8	0,75	75	56,25	252	17	4,3	0,95	4,1	79,1	56,25	97,0
8	Котельная.					372,25	233,47	450	17	7,7	0,95	7,3	377,35	235	444,54
9	Литейный цех.	2500	0,8	0,9	0,48	2000	960	1521	12	18,3	0,95	17,3	2017,3	960	2234,1
10	Инструментальный цех.	500	0,4	0,75	0,88	200	176	1053	15	15,8	0,85	13,4	213,4	176	276,6
11	АБК-2	300	0,5	0,8	0,75	150	112,5	936	16	30,0	0,9	27,0	177,0	112,5	209,7
12	АБК-5	600	0,5	0,8	0,75	300	225	2961	16	189,5	0,8	151,6	451,6	225	504,5
13	ТПА.	800	0,6	0,75	0,88	480	422,4	1584	12	19,0	0,95	18,1	498,1	422,4	653,1
14	ТГЦ.	2000	0,6	0,75	0,88	1200	1056	4212	12	50,5	0,95	48,0	1248,0	1056	1634,8
15	ЦЕХ-5.	800	0,3	0,8	0,75	240	180	4158	15	62,4	0,95	59,3	299,3	180	349,2
16	ЦЕХ-2.	1000	0,3	0,8	0,75	300	225	4158	15	62,4	0,95	59,3	359,3	225	423,9
17	Склад готовой продукции	150	0,5	0,8	0,75	75	56,25	540	17	9,2	0,6	5,5	80,5	56,25	98,2

Окончание таблицы 5

18	АБК	20	0,5	0,8	0,75	10	7,5	144	20	2,9	0,9	2,6	12,6	7,5	14,7
19	Заводоуправление	600	0,5	0,8	0,75	300	225	2016	16	129,0	0,8	103,2	403,2	225	461,7
	Территория завода							42885	0,16	6,9	1	6,9	6,9		6,9
	<b>Итого по 0,38 кВ</b>	11520				6632,25	4756,22	73980		726,3		629,9	7262,2	4756,22	8736,4

Определим полную расчетную нагрузку предприятия в целом:

• ЭП до 1000 В:

$$\Sigma P_p^H = 7262,2 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_p^H = 4756,22 \text{ кВАр}$$

$$\Sigma P_{po} = 629,9 \text{ кВт}$$

Так как трансформаторы цеховых ТП и высоковольтная сеть еще не выбраны, то потери мощности определяются из следующих выражений [2, стр.32]:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 8736,4 = 174,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H = 0,1 \cdot 8736,4 = 873,6 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_L = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 8736,4 = 262,1 \text{ кВт}$$

где:  $S_p^H$  - расчётная мощность завода на шинах напряжением 0,38 кВ за максимально загруженную смену.

Активная мощность завода, приведенная к шинам 10 кВ:

$$P_{p\Sigma} = (\Sigma P_p^H + \Sigma P_p^B) \cdot K_{pm} + \Sigma P_{po} + \Delta P_T + \Delta P_L = 7262,2 \cdot 0,95 + 629,9 + 174,7 + 262,1 = 7965,8 \text{ кВт}$$

где:  $K_{pm} = 0,95$  (для шин 10 кВ) – коэффициент одновременности максимумов нагрузки отдельных групп ЭП, характеризующий смещение максимума отдельных ЭП во времени.

Реактивная мощность завода, приведенная к шинам 10 кВ:

$$Q_{p\Sigma} = (\Sigma Q_p^H + \Sigma Q_p^B) \cdot K_{pm} + \Delta Q_T = 4756,22 \cdot 0,95 + 873,6 = 5392 \text{ кВАр}$$

Определим полную расчетную нагрузку, приведенную к шинам 10 кВ:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{7965,8^2 + 5392^2} = 9619,1 \text{ кВА}$$

Так как трансформаторы ГПП еще не выбраны, то потери мощности в трансформаторах определяются из следующих соотношений:

- потери активной мощности:

$$\Delta P_T^{ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 9619,1 = 192,4 \text{ кВАр}$$

- потери реактивной мощности:

$$\Delta Q_T^{ГПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 9619,1 = 961,9 \text{ кВАр}$$

Полная расчётная мощность ГПП:

$$S_p^{ГПП} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_T^{ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T^{ГПП})^2} = \sqrt{(7965,8 + 192,4)^2 + (5392 + 961,9)^2} = 10341 \text{ кВА}$$

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

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{1} + \frac{2500}{8158,2}}} = 35 \text{ кВ}$$

$L = 1 \text{ км}$  – длина питающей линии;

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

С учетом рекомендаций принимаем напряжение питающих линий

$$U_n = 35 \text{ кВ}$$

Так как  $S_{ргпп} = 10,341 \text{ МВА}$ , принимаем  $U_n = 35 \text{ кВ}$ ,

Определяем величину компенсируемой реактивной мощности; для компенсации реактивной мощности будем применять конденсаторные батареи. Мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{ку} = Q_{рс} - Q_c$$

Величина  $Q_c$  не известна, но ее можно, на данном этапе проектирования, приближенно принять:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{р\Sigma}$$

где:  $\alpha$  - расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы к потребителям, с учетом затрат на потери мощности и энергии в различных объединенных энергетических системах.

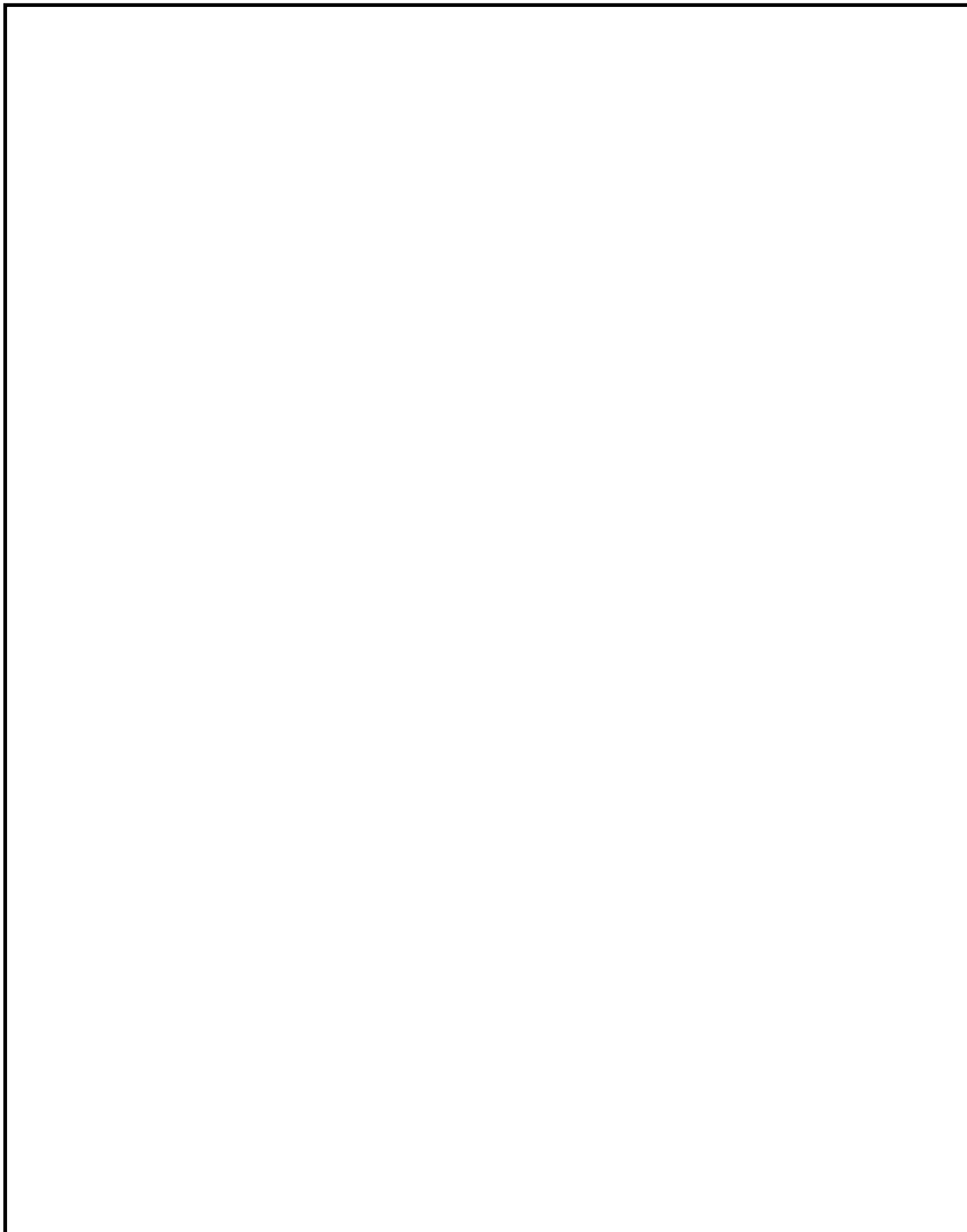
для Сибири:  $\alpha = 0,24$  при  $U_n = 35 \text{ кВ}$

$$Q_c = \alpha \cdot P_{р\Sigma} = 0,24 \cdot 7965,8 = 1911,8 \text{ кВАр}$$

$$Q_{ку} = Q_{рс} - Q_c = 5185,8 - 1661 = 3480 \text{ кВАр.}$$

Полная расчётная мощность завода со стороны высокого напряжения трансформаторов ГПП, с учётом компенсации реактивной мощности:

$$S_p^{гпп} = \sqrt{(P_{р\Sigma} + \Delta P_T^{гпп})^2 + (Q_{р\Sigma} + \Delta Q_T^{гпп} - Q_{ку})^2} = \\ \sqrt{(7965,8 + 192,4)^2 + (5392 + 961,9 - 3480)^2} = 8649,6 \text{ кВА}$$



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Картограмма и определение центра электрических нагрузок	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Баранов Н.Н.						
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16</i>		



#### 4 Картограмма нагрузок и определение центра электрических нагрузок

Для определения места расположения ГПП на генплане промышленного предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов. Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{p\Sigma i}}{\pi \cdot m}},$$

где:  $S_{p\Sigma i}$  - полная расчетная мощность  $i$ -го цеха с учетом освещения, кВА;

$m = 2,0$  кВт/мм<sup>2</sup> - масштаб нагрузки для определения площади круга (постоянный для всех цехов предприятия).

Таблица 6 Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

№	$P_{pi}$ , кВт	$P_{po}$ , кВт	$r$ , мм	$\alpha$ , град	$X_i$ , м	$Y_i$ , м	$P_{p\Sigma i} \cdot X_i$ , кВт·м	$P_{p\Sigma i} \cdot Y_i$ , кВт·м
Потребители 0,38 кВ								
1	90,6	13,1	4,06	52	73,5	219,00	6659,10	19841,40
2	274,5	24,0	6,89	31	219	202,5	60115,50	55586,25
3	121,9	33,2	4,97	98	18	180,00	2194,20	21942,00
4	271	29,0	6,91	38	90	175,5	24390,00	47560,50
5	77,1	2,6	3,56	12	58,5	135,00	4510,35	10408,50
6	491,2	4,7	8,89	3	117	135	57470,40	66312,00
7	97	4,1	4,01	15	150	130,50	14550,00	12658,50
8	445,6	7,3	8,49	6	189	129	84218,40	57482,40
9	2234,1	17,3	18,93	3	325,5	121,50	727199,55	271443,15
10	276,6	13,4	6,80	17	304,5	67,5	84224,70	18670,50
11	209,7	27,0	6,14	46	306	18,00	64168,20	3774,60
12	504,5	151,6	10,22	108	211,5	16,5	106701,75	8324,25
13	653,1	18,1	10,34	10	42	81	27430,20	52901,10

Окончание таблицы 6

14	1634,8	48,0	16,37	11	99	81,00	161845,20	132418,80
15	349,2	59,3	8,06	61	169,5	81	59189,40	28285,20
16	423,9	59,3	8,77	50	217,5	81,00	92198,25	34335,90
17	98,2	5,5	4,06	20	94,5	24	9279,90	2356,80
18	14,7	2,6	1,66	63	129	12,00	1896,30	176,40
19	461,7	103,2	9,48	80	334,5	54,00	154438,65	24931,80
<b>Итого</b>	<b>8729,4</b>	<b>623,1</b>	<b>–</b>				<b>1742680,05</b>	<b>869410,05</b>

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех на плане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора определяется по формуле:  $\alpha = (360^\circ \cdot P_{po})/P_{pi}$ .

На генплан завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения  $x_i$  и  $y_i$  для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок завода  $x_0$  и  $y_0$  определяются по формулам:

$$x_0 = S_{p\Sigma i} \cdot x_i / S_{p\Sigma i} = 1742680,05 / 8729,4 = 200 \text{ м};$$

$$y_0 = S_{p\Sigma i} \cdot y_i / S_{p\Sigma i} = 869410,05 / 8729,4 = 100 \text{ м}.$$

Место сооружения ГПП выбирается с учётом следующих факторов:

1. Наименьшая длина внутризаводских питающих линий;
2. Максимальное (по возможности) приближение ГПП к центру электрических нагрузок;

Генплан предприятия с картограммой нагрузок показан на рис. 3, из которого видно, что в расчетном центре электрических нагрузок ГПП разместить не возможно, вследствие недостаточности места для установки распределительного устройства и силовых трансформаторов на напряжение 35 кВ. Таким образом, размещаем ГПП на территории завода со смещением в сторону подстанции энергосистемы, расположенной на расстоянии 1 км.

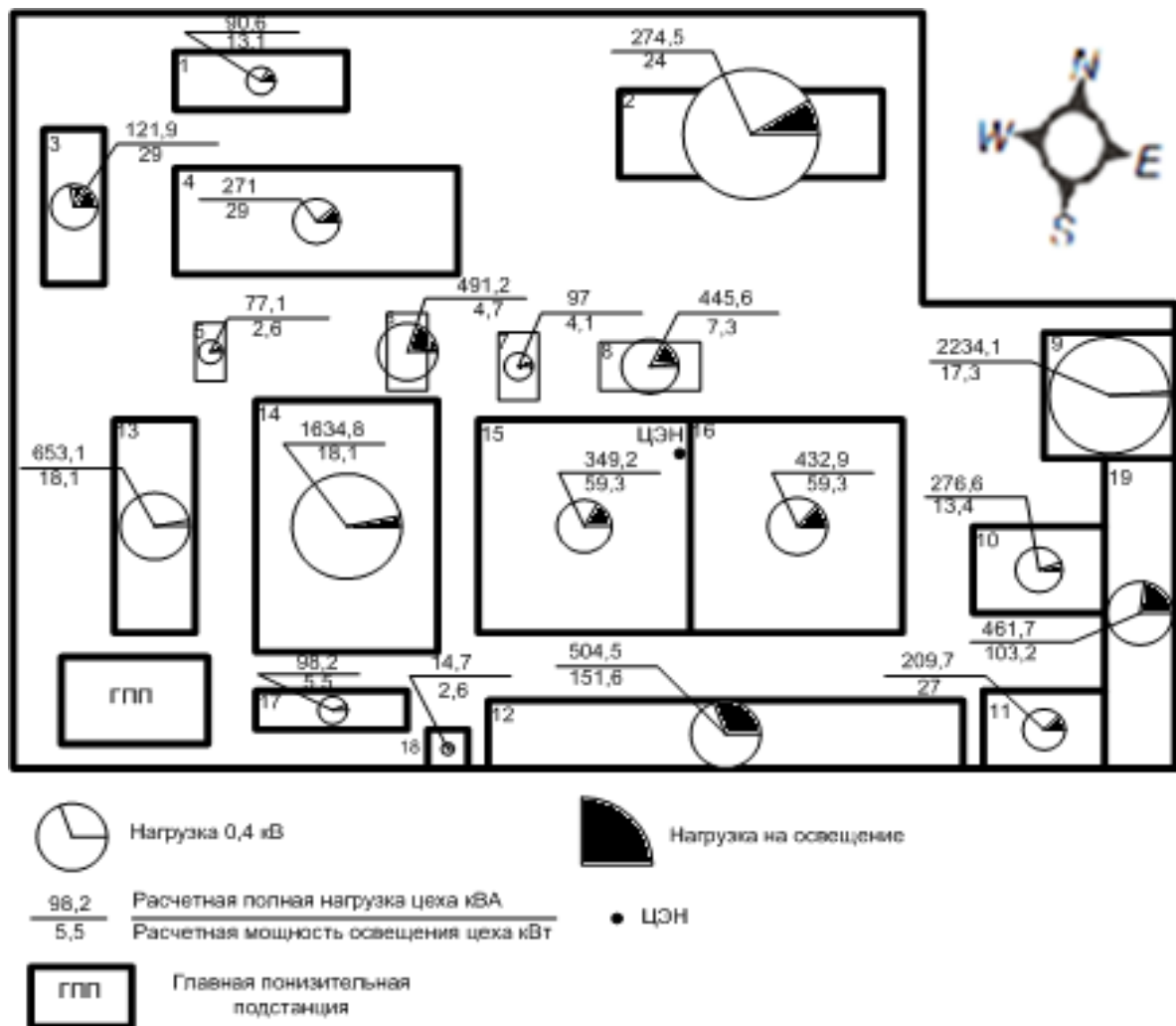
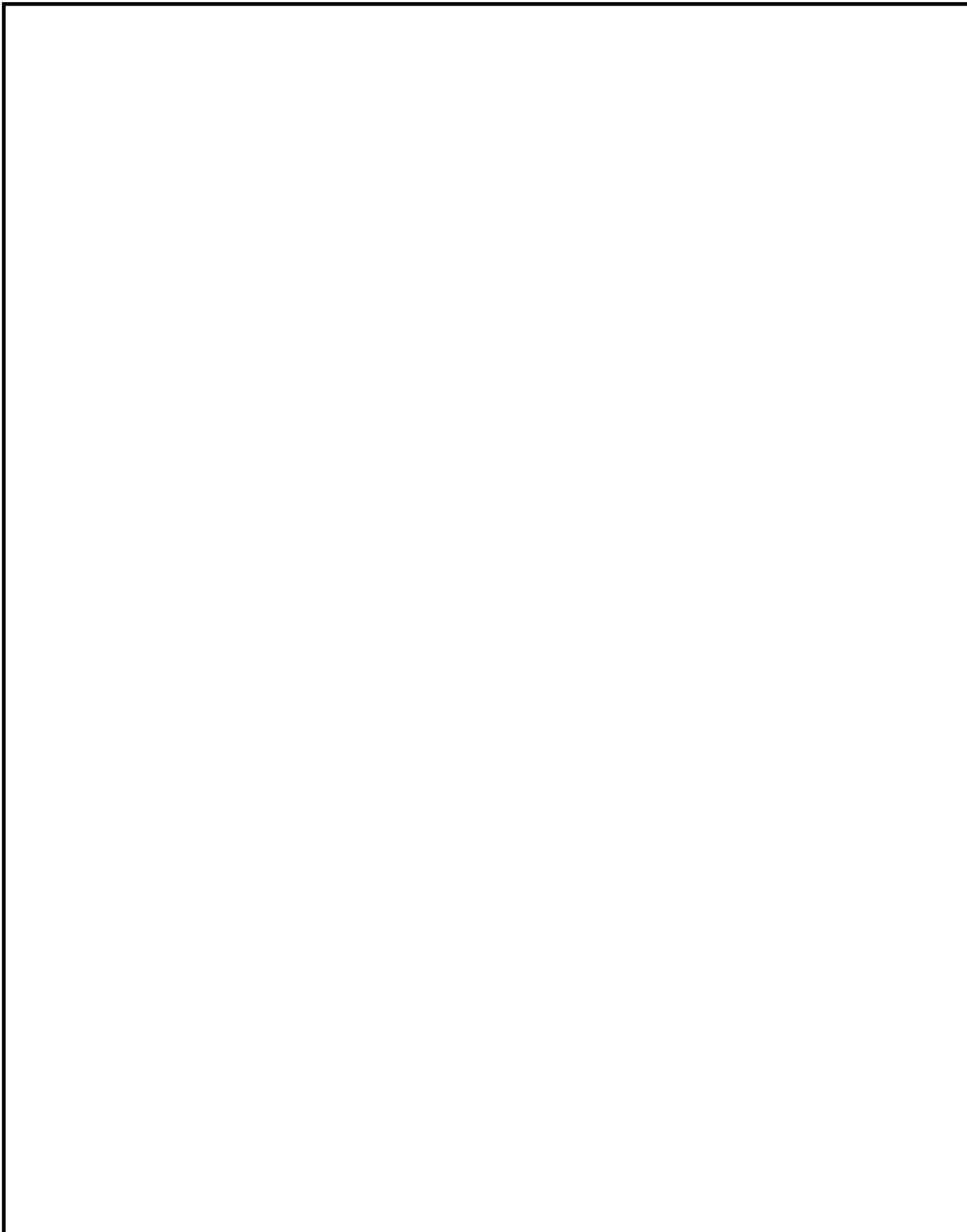


Рисунок 3 - Генплан предприятия с картограммой нагрузок



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>Схема внешнего электрообеспечения</b>	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Баранов Н.Н.						
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16</i>		

## **5 Схема внешнего электроснабжения**

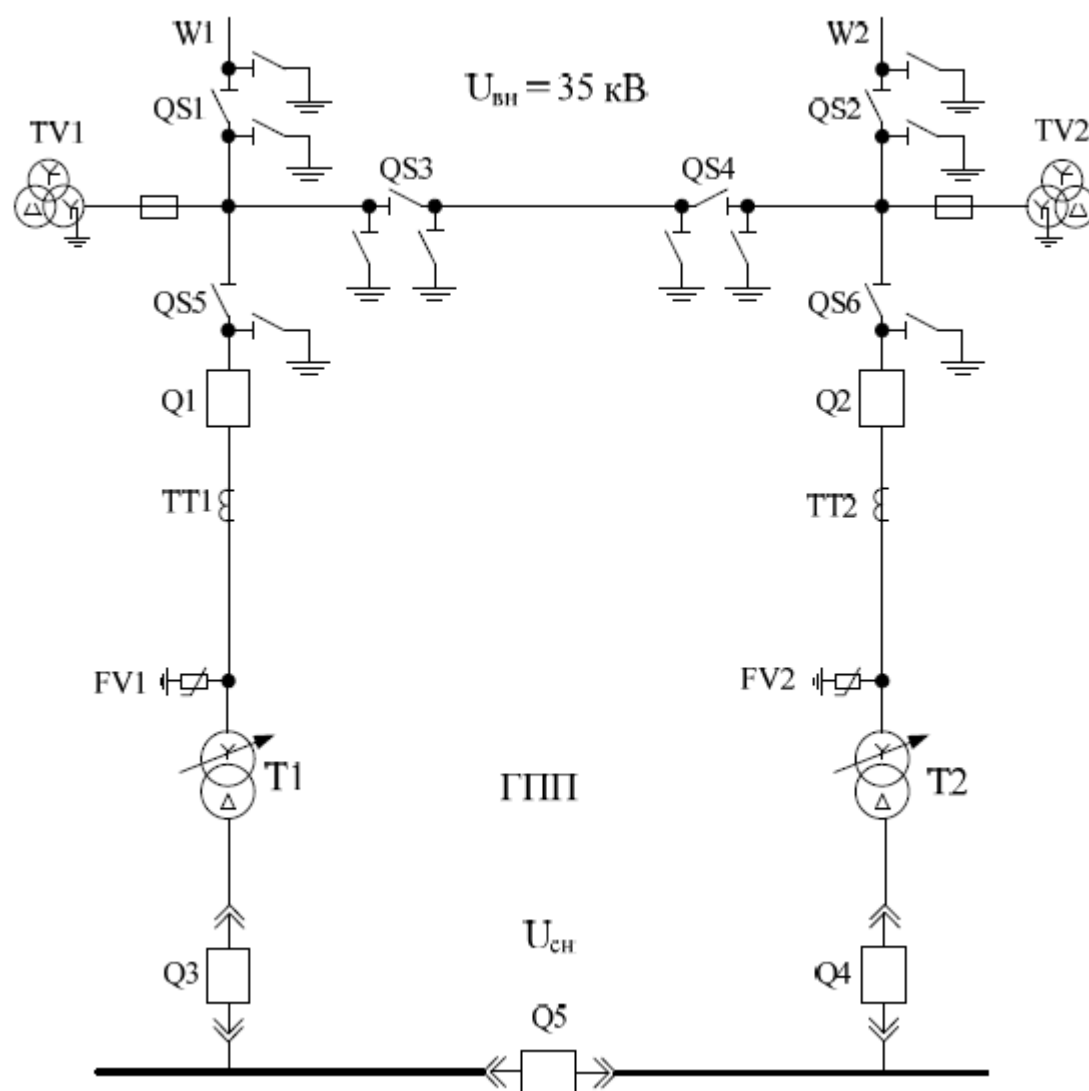
Основные требования к схеме внешнего электроснабжения:

1. Необходимая надёжность электроснабжения;
2. Простота и удобство в эксплуатации;
3. При аварийной ситуации, выхода из строя одной ЛЭП или одного трансформатора, оставшиеся в работе должны принять на себя полностью или частично нагрузку с учётом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме;
4. Учитывать перспективу развития предприятия;
5. Обеспечивать возможность проведения ремонтных работ и послеаварийных работ.

### **5.1 Составление схемы внешнего электроснабжения**

Принимаем схему внешнего электроснабжения в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. При нарушении в трансформаторе, сработает защита и подаст сигнал на отключение выключателя в цепях трансформатора на низкой и высокой стороне. Секционный выключатель низкой стороны подключит секцию, оставшуюся без напряжения. Разъединители в ремонтной перемычке нормально отключены. В случае вывода в ремонт трансформатора или выключателя в цепи трансформатора есть возможность оставить в работе обе питающие линии путем включения разъединителей перемычки. Причем сначала включается перемычка, а затем отключаются цепи трансформатора. Схема представлена на рисунке 5

Рисунок 5 – Схема внешнего электроснабжения



## 5.2. Выбор трансформаторов ГПП

Правильный технически и экономически обоснованный выбор числа и мощности трансформаторов для ГПП имеет существенное значение для рационального построения схем электроснабжения.

Выбор мощности трансформаторов ГПП производится по расчётной мощности завода с учётом коэффициента загрузки трансформатора в нормальном и послеаварийном режиме, а также с учётом перегрузочной способности трансформатора. При этом при выходе из работы одного трансформатора, оставшийся в работе должен обеспечивать стабильное электроснабжение предприятия на время замены или ремонта неисправного трансформатора с учётом возможного ограничения нагрузки без ущерба для основной деятельности предприятия. На предприятии есть потребители электроэнергии относящиеся ко 2-й категории потребителей по надёжности электроснабжения, что говорит о необходимости установки на ГПП двух трансформаторов.

Мощность трансформатора определяется по формуле:

$$S_{p.mp} = \frac{S_p^{ГПП}}{2 \cdot \beta_m},$$

где:  $\beta_m$  – коэффициент загрузки трансформатора (для потребителей 2 категории  $\beta_m = 0,7$ ).

$$S_{p.mp} = \frac{8649,6}{2 \cdot 0,7} = 6178,3 \text{ кВА.}$$

Из стандартного ряда номинальных мощностей силовых двухобмоточных трансформаторов выбираем трансформатор [9, табл.3.5 и табл. 3.6]: ТМН - 6300/35.

Определим коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме:

$$\beta = 8649,6 / (2 \cdot 6300) = 0,68.$$

Произведём проверку. В послеаварийном режиме мощность одного трансформатора, работающего с допустимой перегрузкой должна превышать расчётные мощности потребителей:

$$1,4 \cdot S_{н.тр} > S_p^{ГПП}$$

$$1,4 \cdot 6300 = 8820 > 8649,6$$

Таким образом, в послеаварийном режиме один трансформатор ГПП обеспечит нормальную работу потребителей.

Тип	$S_{ном}$ кВА	$U_{вн}$ кВ	$U_{нн}$ кВ	$P_{xx}$ кВт	$P_{кз}$ кВт	$I_{кз}$ %	$U_{кз}$ %
ТМН 6300/35	6300	35	11	9,2	46,5	0,9	7,5

## 5.3. Выбор сечения проводов воздушной ЛЭП

Воздушные ЛЭП будем выполнять сталеалюминевыми проводами, сечение проводов ( $F$ , мм<sup>2</sup>) определяем по экономической плотности тока:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}},$$

где:  $I_p$  – расчетный ток, А;

$j_{\text{эк}} = 1,0 \text{ А/мм}^2$  – нормированное значение экономической плотности тока, принимается по справочным данным.

Расчетный ток:

- в нормальном режиме:  $I_p = S_{\text{р.ГПП}} / (2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n) = 8649,6 / (2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35) = 71,4 \text{ А};$

- в аварийном режиме:  $I_{\text{р.макс}} = S_{\text{р.ГПП}} / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 8649,6 / (\sqrt{3} \cdot 35) = 142,681 \text{ А};$

$$F_{\text{эк}} = 142,681 / 1,0 = 142,68 \text{ мм}^2$$

Принимаем: АС-35/6,2,  $I_{\text{доп}} = 175 \text{ А}$  [9, табл. 7-35].

Выбранное сечение проверяем по:

1. По условию механической прочности: Проверка выполняется

– Проверка по условию механической прочности: согласно ПУЭ, воздушные линии напряжением 35 кВ и выше, сооружаемые на двухцепных опорах с применением сталеалюминевых проводов, должны иметь сечение не менее 120 мм<sup>2</sup>. Таким образом, проверка не выполняется.

Принимаем для  $U_n = 35 \text{ кВ}$ , АС-12/19,  $I_{\text{доп}} = 390 \text{ А}$

$F = 120 \text{ мм}^2$  по условию механической прочности – проходит.

2. условию нагрева расчетным и аварийным током:

$$1,3 \cdot I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.макс}}$$

$$507 > 142,68 \text{ А}$$

$F = 120 \text{ мм}^2$  по условию нагрева расчетным и аварийным током – проходит.

Проверка выполняется

3. По условию “коронирования”:

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

4. По условию потере напряжения:

$$l_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U\% \cdot I_{\text{доп}} / I_p \geq l_{\text{фак}}$$

где:  $l_{\text{доп}}$  – допустимая длина линии;

$l_{\Delta U 1\%} = 2,05 \text{ км}$  – для  $U_n = 35 \text{ кВ}$  и  $S = 120 \text{ мм}^2$ ;

$l_{\text{фак}} = 1 \text{ км}$  – фактическая длина ЛЭП;

$\Delta U\% = 5 \%$  – нормально допустимое отклонение напряжения от номинального;

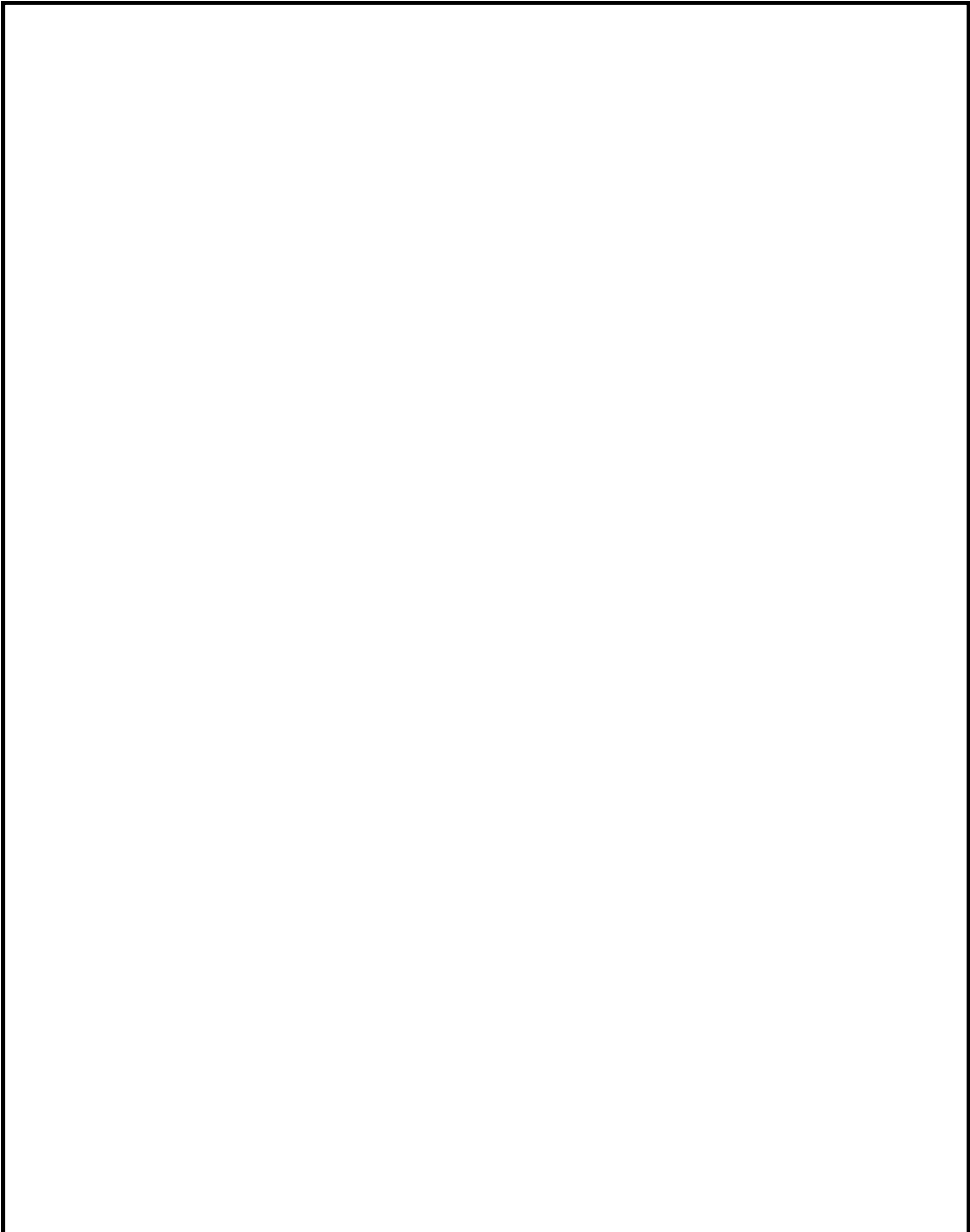
$$l_{\text{доп}} = 2,05 \cdot 5 \cdot 390 / 71,4 = 55,9 \text{ км}$$

$$l_{\text{доп}} = 55,9 \text{ км} > l_{\text{фак}} = 1 \text{ км}$$

$F = 120 \text{ мм}^2$  по условию потери напряжения – проходит.

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП,  $U_n = 35 \text{ кВ}$ , выполненным проводом АС-120/19 на железобетонных двух цепных опорах. ГПП размещается на территории завода в соответствии с расчётным центром с некоторым смещением в сторону подстанции энергосистемы, расположенной на расстоянии 1 км. На ГПП установлены два трехфазные силовые масляные двух обмоточные трансформаторы серии ТМН с регулированием напряжения под нагрузкой ТМН-6300/35.





*ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ*

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Баранов Н.Н.			Схема внутрив заводской сети 10кВ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		

## 6 Схема внутризаводской сети 10кВ

При построении схемы внутризаводского электроснабжения промышленных предприятий необходимо учитывать специфические особенности некоторых предприятий, такие как наличие высоковольтных потребителей электроэнергии и электроприёмников с резкопеременным графиком нагрузки.

Так как на заводе имеются высоковольтные потребители электроэнергии на номинальное напряжение 10 кВ, следовательно, номинальным напряжением внутризаводской сети будет напряжение 10 кВ.

На стороне 10 кВ ГПП принята одинарная система шин, секционированная вакуумным выключателем с устройством АВР, комплектное оборудование установлено в закрытом помещении (ЗРУ), которое выполнено по типу комплектного распределительного устройства.

Распределительная сеть по территории завода выполняется трёхжильными бронированными кабелями с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, с прокладкой в траншеях (коэффициент прокладки –  $K_{пр} = 0,9$ , так как в каждой траншее находится по два кабеля [9, табл.7-16]).

Сечения кабельных линий будем выбирать по экономической плотности тока. Расчетный ток определяем на одну линию:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n}$$

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток должен соответствовать условиям нормальной работы. Расчетным током линии для питающих цеховых трансформаторов, преобразователей 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 после аварийном режиме. Для загруженных и длинных линий проведём проверку выбранного сечения по допустимой потере напряжения.

### 6.1. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

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

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_y} = \frac{8736,4}{31095} = 0,281 \text{ кВА} / \text{м}^2$$

принимаем  $S_{ном.тр} = 1600$  кВА

Таблица 7 – Данные по выбранному трансформатору

Тип	$S_{ном}$ кВА	$U_{вн}$ кВ	$U_{нн}$ кВ	$P_{xx}$ кВт	$P_{кз}$ кВт	$I_{кз}$ %	$U_{кз}$ %
ТМ1600/10	1600	10	0,4	2,35	18	1,3	6,5

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$N_0 = \frac{\sum P_p^H}{\beta_T \cdot S_{н.тр}} = \frac{7262,2}{0,7 \cdot 1600} = 6,48 \quad \text{принимаем } n_{тр} = 7 \text{ шт}$$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum P_p^H}{n} = \frac{7262,2}{7} = 1037,5 \text{ кВт}$$

Число трансформаторов для установки в цехах предприятия  
Для ремонтностроительного цеха

$$N_1 = \frac{\sum (P_p + P_{рo})}{P_1} = \frac{63,1}{1037,5} = 0,061 \text{ шт.}$$

Нагрузки цехов объединяются таким образом, чтобы трансформаторные подстанции были загружены оптимально, а количество трансформаторов было в пределах расчетного числа трансформаторов. Результаты расчетов располагаются в таблице 7.1.

Таблица 7.1. – Данные по выборам трансформаторов в цехах и корпусах завода

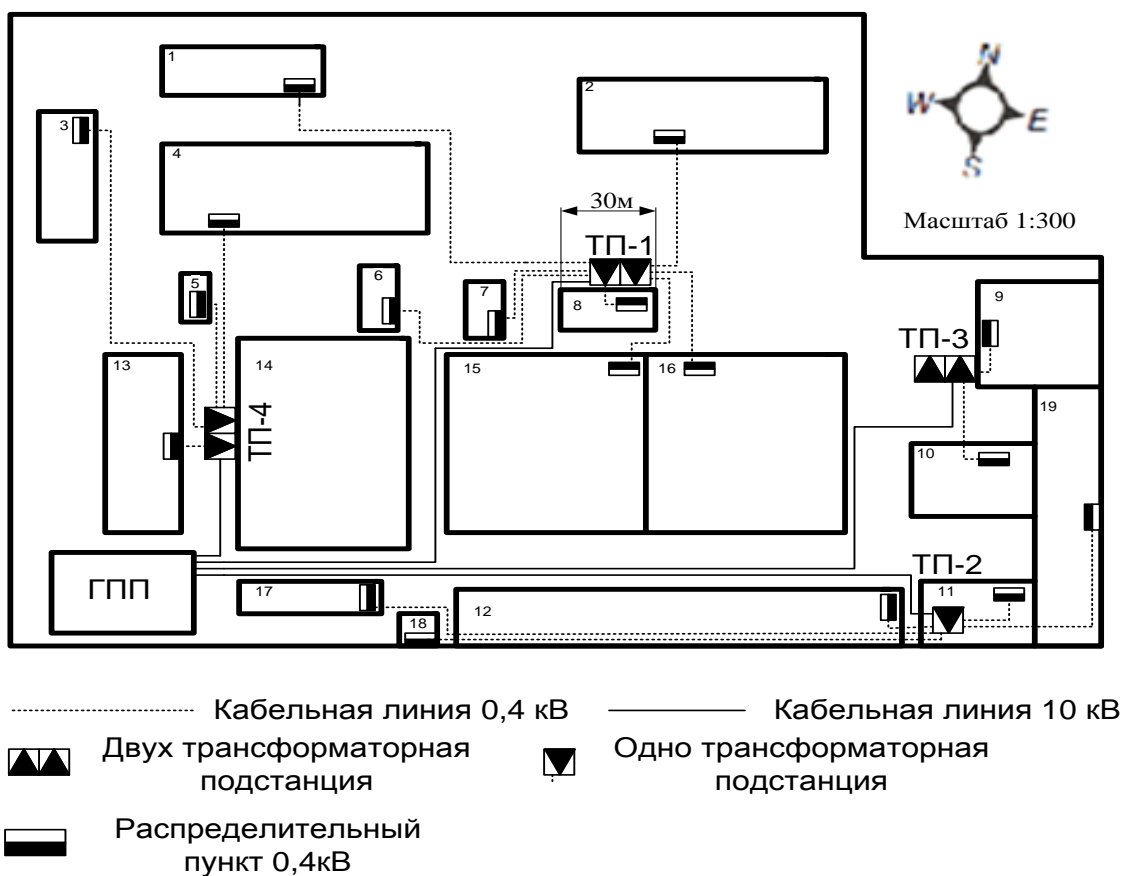
Наименование	Pp+Pp.o кВт	Количество трансформаторов шт.
Ремонтностроительный цех	63,1	0,061
Энергосиловой цех.	204,0	0,197
АБК-3.	108,2	0,104
Ремонтномеханический цех.	204,0	0,197
Насосная станция.	62,6	0,060
Компрессорная.	394,7	0,380
Транспортный цех.	79,1	0,076
Котельная.	377,35	0,366
Литейный цех.	2017,3	1,944
Инструментальный цех.	213,4	0,206
АБК-2	177,0	0,171
АБК-5	451,6	0,435
ТПА.	498,1	0,480
ТГЦ.	1248,0	1,203
ЦЕХ-5.	299,3	0,288
ЦЕХ-2.	359,3	0,346
Склад готовой продукции	80,5	0,078
АБК	12,6	0,012
Заводоуправление	403,2	0,389

На основании расчетов и группирований нагрузок на генплане предприятия производим расстановку цеховых трансформаторных подстанций, таблица 7.1., рисунок 3.2.

Таблица 7.2. – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания предприятия

Наименование пункта питания и количество трансформаторов	Потребители энергии (номер по генплану)	Суммарная мощность кВт	Место расположения на генплане
ТП-1, 2 трансформатора	1,2,6,7,8,15,16	1779	15. Цех№5
ТП-3, 2 трансформатора	9,10	2230	9.Литейный цех
ТП-3,2 трансформатора	3,4,5,13,14	2120	14.ТГЦ
ТП-2,1 трансформатор	11,12,17,18,19	1124	11.АБК-2

Рисунок 4 – Предварительное размещение трансформаторных подстанций



**ГПП – ТП-1 (Л-1):**

$$I_p = S_{н.тр}/(\sqrt{3} \cdot U_n)$$

$$I_p = 1600/(\sqrt{3} \cdot 10) = 92,37 \text{ А}$$

$$I_{п.авар} = (S_{н.тр} + S_{н.тр})/(\sqrt{3} \cdot U_n)$$

$$I_{п.авар} = (1600 + 1600)/(\sqrt{3} \cdot 10) = 184,75 \text{ А}$$

$$F_{эк} = 184,75/1,2 = 167,95 \text{ мм}^2$$

$$j_{эк} = 1,2 \text{ А/мм}^2 \text{ – нормированное значение экономической плотности}$$

тока.

Принимаем:

$$F = 150 \text{ мм}^2$$

$$I_{доп} = 275 \text{ А}$$

$$I'_{доп} = K_{пр} \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 275 = 247,5 \text{ А}$$

$$1,3 \cdot I'_{доп} = 1,3 \cdot 247,5 = 321,75 \text{ А}$$

Проверяем:

$$I'_{доп} \geq I_p$$

$$247,5 \text{ А} > 92,37 \text{ А} \text{ – выполняется;}$$

$$1,3 \cdot I'_{доп} \geq I_{п.авар}$$

$$321,75 \text{ А} > 184,75 \text{ А} \text{ – выполняется.}$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверки. Принимаем кабель марки АСБ-2(3х150).

**ГПП- ТП-4 (Л-4):**

$$I_p = S_{н.тр}/(\sqrt{3} \cdot U_n)$$

$$I_p = 1600 /(\sqrt{3} \cdot 10) = 92,38 \text{ А}$$

Проверка после аварийного режима не проводим т.к. на подстанции один трансформатор.

$$F_{эк} = 92,38 /1,2 = 76,98 \text{ мм}^2$$

Принимаем:

$$F = 70 \text{ мм}^2$$

$$I_{доп} = 165 \text{ А}$$

$$I'_{доп} = K_{пр} \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 165 = 148,5 \text{ А}$$

Проверяем:

$$I'_{доп} \geq I_p$$

$$148,5 \text{ А} > 92,38 \text{ А} \text{ – выполняется;}$$

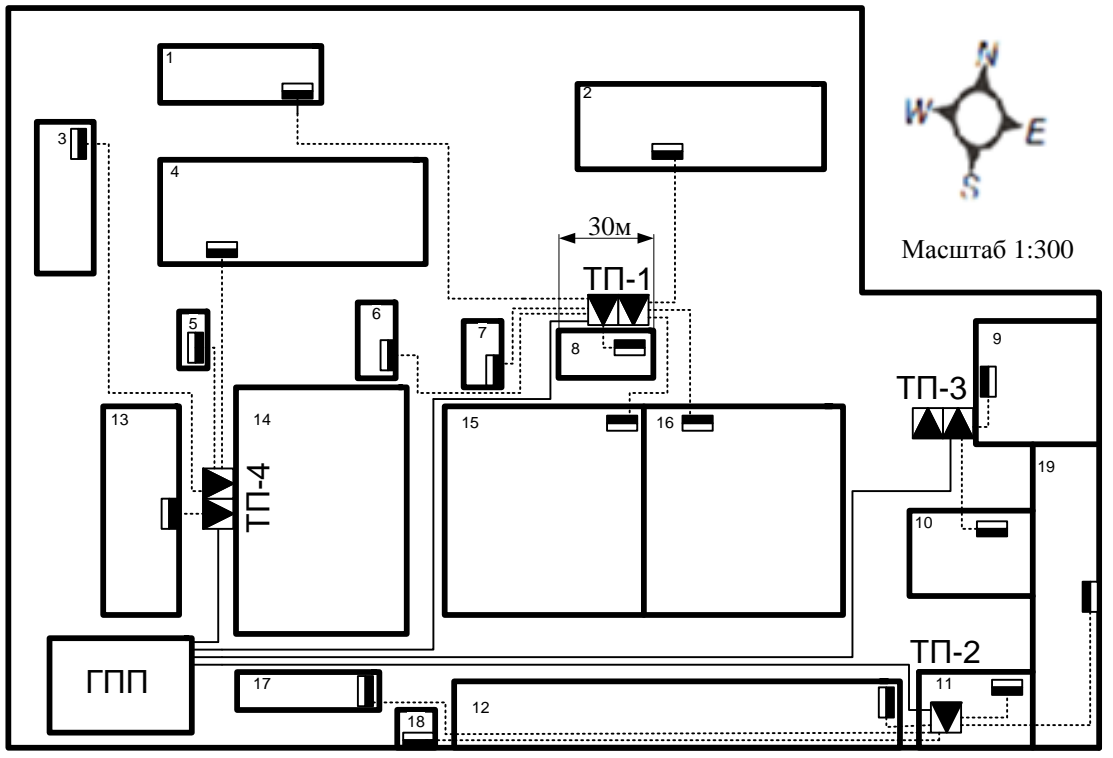
Выбранное сечение проходит по результатам проверки. Принимаем кабель марки АСБ-2(3х70).

Окончательные сечения кабелей будет принято после расчета токов КЗ, и расчета минимально допустимого термически стойкого сечения.

Следующие расчеты сведем в табл. 10.

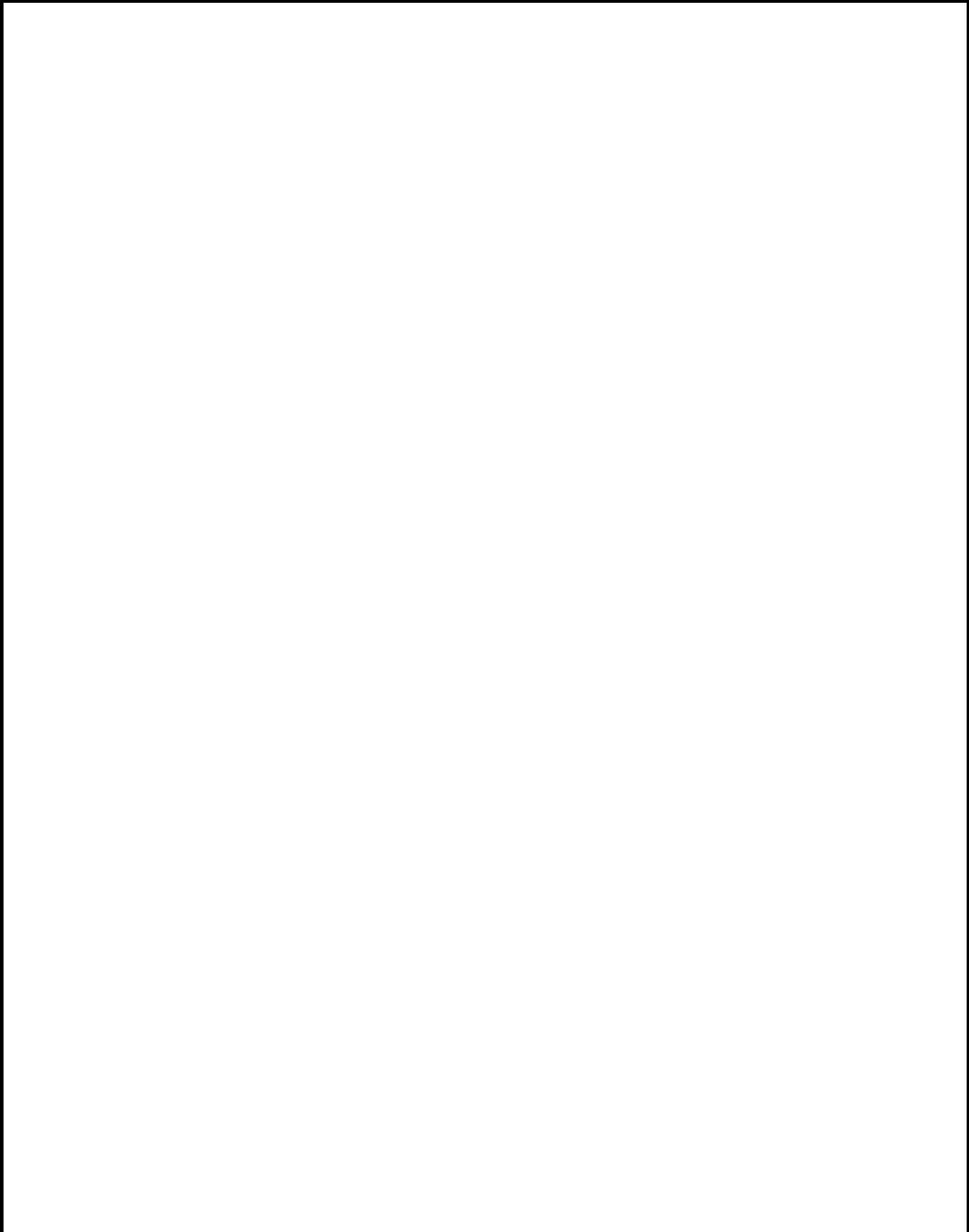
Таблица 10 Выбор сечений кабельных линий сети 10 кВ

№ линии	Назначение линии	Количество линий	Расчетная нагрузка на один кабель		Длина линии $\ell$ , км	Способ прокладки	Поправочный коэффициент прокладки кабеля	Марка и сечение кабеля, $F, \text{мм}^2$	Допустимая нагрузка на один кабель		
			$I_p, \text{А}$	$I_{\text{авар}}, \text{А}$					$I_{\text{доп}}, \text{А}$	В нормальном режиме $I'_{\text{доп}}, \text{А}$	В аварийном режиме $1,3 \cdot I'_{\text{доп}}, \text{А}$
2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	11	12
Л-1	ГПП-ТП-1	2	92,37	184,75	0,25	Траншея	0,9	АСБ-2(3×150)	275	247,5	321,75
Л-2	ГПП-ТП-2	2	92,37	184,75	0,40		0,9	АСБ-2(3×150)	275	247,5	321,75
Л-3	ГПП-ТП-3	2	92,37	184,75	0,06		0,9	АСБ-2(3×150)	275	247,5	321,75
Л-4	ГПП-ТП-4	1	92,37	92,37	0,32		0,9	АСБ-2(3×70)	165	148,5	193,05



- Кабельная линия 0,4 кВ
- Кабельная линия 10 кВ
- Двух трансформаторная подстанция
- Одно трансформаторная подстанция
- Распределительный пункт 0,4кВ

Рисунок 5 - Схема внутриводской распределительной сети  
(кабели проложены в земляных траншеях)



*ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ*

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В</b>		
Разраб.		Баранов Н.Н.					
Руковод.		Муравлев И.О.					
Реценз.							
Косульт.							
Утверд.					Лит.	Лист	Листов
					НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		



## 7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Расчет токов короткого замыкания как во время проектирования системы и элементов электроснабжения, так и при анализе работы системы преследует две цели:

1. Определение максимально возможных токов КЗ для проверки проводников и аппаратов на термическую и электродинамическую стойкость во время КЗ, а так же выбор средств по ограничению токов КЗ или времени их действия.

2. Определение минимально возможных токов КЗ для проверки чувствительности релейной защиты.

Расчёт токов КЗ производится исходя из следующих положений: все источники, участвующие в питании рассматриваемой точки КЗ, включены параллельно и работают с номинальной нагрузкой; синхронные машины имеют устройства АРН и устройства быстродействующей форсировки возбуждения; ЭДС всех источников питания совпадают по фазе; расчётное напряжение каждой ступени принимается на 5% выше номинального напряжения сети; учитывается влияние на токи КЗ присоединённых к данной сети синхронных и асинхронных электродвигателей, синхронных компенсаторов. Влияние АД не учитывается: при единичной мощности АД до 100 кВт, если при любой мощности АД отделены от места КЗ двумя или более ступенями трансформации, если ток от АД может поступать к месту КЗ через те же элементы, через которые проходит основной ток КЗ от сети, и если сопротивление этих элементов (линий, трансформаторов и т. п.) велико.

При расчёте токов КЗ в сетях выше 1 кВ учитывается индуктивное сопротивление элементов сети: ЭД, трансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, токопроводов. Активное сопротивление учитывается для воздушных ЛЭП с малым сечением проводов и стальными проводами, а так же для кабельных линий большой протяженности с малым сечением жил. Целесообразно учитывать активное сопротивление, если  $r_{\text{сум}} \geq x_{\text{сум}}/3$ , где  $r_{\text{сум}}, x_{\text{сум}}$  - суммарные активные и реактивные сопротивления сети от источника питания до места КЗ.

Все электрические аппараты и токоведущие части электроустановок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключить их разрушение при прохождении по ним наибольших из возможных токов КЗ, в связи, с чем возникает необходимость расчета этих величин.

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

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения и на её основе схему замещения. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры,

влияющие на ток КЗ. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ.

Расчет токов КЗ ведем на участке: Система–ГПП–РУ–ТП7. Для расчета токов КЗ составляем расчетную схему.

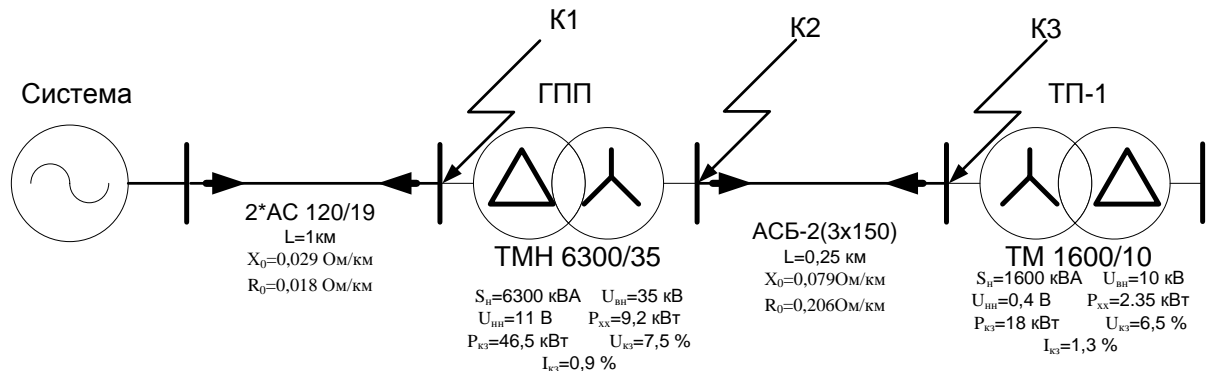


Рисунок 6 - Расчетная схема

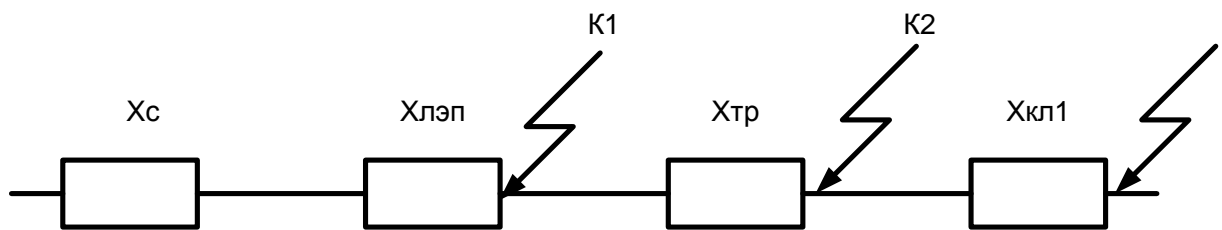


Рисунок 7 - Схема замещения

Примем, что система бесконечной мощности, следовательно, сопротивление системы равно нулю.

Принимаем за базисные напряжения:

$$U_{бI} = 37 \text{ кВ}; U_{бII} = 10,5 \text{ кВ}.$$

Принимаем базисную мощность:  $S_{б} = 100 \text{ МВА}$

Находим базисные токи:

$$I_{бI} = \frac{S_{б}}{\sqrt{3} \cdot U_{бI}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА};$$

$$I_{бII} = \frac{S_{б}}{\sqrt{3} \cdot U_{бII}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА};$$

Определяем сопротивления элементов:

Для воздушной линии:

$$X_{ВЛ} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_{б}}{U_{б}^2} = 0,391 \cdot 1 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,29 \text{ [o.e.]}$$

$$R_{ВЛ} = R_0 \cdot L \cdot \frac{S_{б}}{U_{б}^2} = 0,249 \cdot 1 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,018 \text{ [o.e.]}$$

где:  $X_0 = 0,391 \text{ Ом/км}$  – удельное индуктивное сопротивление провода марки АС-120/19

$R_0 = 0,249 \text{ Ом/км}$  – удельное активное сопротивление провода марки АС-120/19

Для трансформатора марки ТМН-6300/35:

$$X_{TP} = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{H,TP}} = \frac{7.5}{100} \cdot \frac{100}{6.3} = 1.19 \text{ [o.e.]}$$

Для кабельной линии КЛ1 – АСБ-(3x150):

$$X_{КЛ1} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_B^2} = 0,079 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0018 \text{ [o.e.]}$$

$$R_{КЛ1} = R_0 \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_B^2} = 0,206 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,047 \text{ [o.e.]}$$

где:  $X_0 = 0,079$  Ом/км – удельное индуктивное сопротивление кабеля марки АСБ-(3x150) ;

$R_0 = 0,206$  Ом/км – удельное активное сопротивление кабеля марки АСБ-(3x150)

Определим, необходимо ли учитывать активное сопротивление линий:

$$X_{\Sigma} = 0,029 + 1,19 + 0,0018 = 1,221 \text{ [o.e.]}$$

$$R_{\Sigma} = 0,018 + 0,047 = 0,065 \text{ [o.e.]}$$

$$\frac{X_{\Sigma}}{3} = \frac{1,221}{3} = 0,407 \text{ [o.e.]} \geq R_{\Sigma} = 0,065 \text{ [o.e.]}, \quad \text{следовательно,} \quad \text{активное}$$

сопротивление линий при расчёте можно не учитывать.

Действующее значение тока КЗ в рассматриваемой точке:

$$I_K = \frac{I_B}{Z_{\Sigma}}$$

где:  $Z_{\Sigma}$  - полное приведенное сопротивление от источника до точки КЗ

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}$$

Величина ударного тока определяется согласно формуле:

$$i_v = K_v \cdot \sqrt{2} \cdot I_K$$

где:  $K_v$  – ударный коэффициент, зависящий от постоянной времени  $T_a$ , аperiодической составляющей времени тока КЗ, определяется по кривой, зависимости  $k_{уд} = f(T_a)$ .

В цепи, когда не учитывается активное сопротивление, т.е.  $Z_{\Sigma} = X_{\Sigma}$

$$K_v = 1,8.$$

По величине  $I_K = I_{\infty}$  проверяют электрические аппараты и токоведущие части; по величине  $i_v$  проверяются аппараты на динамическую стойкость.

**Для точки К1:**

$$X_{\Sigma K1} = X_{Л} = 0,29 \text{ [o.e.]}$$

$$I_{K1} = \frac{I_B}{X_{\Sigma K1}} = \frac{1,56}{0,29} = 5,37 \text{ кА}$$

$$i_{vK1} = K_v \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,37 = 13,74 \text{ кА}$$

**Для точки К2:**

$$X_{\Sigma K2} = X_{ВЛ} + X_{TP} = 0,29 + 1,19 = 1,21 \text{ [o.e.]}$$

$$I_{K2} = \frac{I_B}{X_{\Sigma K2}} = \frac{5,5}{1,21} = 4,54 \text{ кА}$$

$$i_{vK2} = K_v \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,54 = 11,74 \text{ кА}$$

**Для точки КЗ:**

$$X_{\Sigma K3} = X_{ВЛ} + X_{ТП} + X_{КЛ1} = 0,29 + 1,19 + 0,0018 = 1,221 \text{ [о.е.]}$$

$$I_{K3} = \frac{I_B}{X_{\Sigma K3}} = \frac{5,5}{1,22} = 4,5 \text{ кА}$$

$$i_{yK3} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,5 = 14 \text{ кА}$$

**Для точки К4:**

Таблица 11 Результаты расчётов токов КЗ

Точка КЗ	$X_{\Sigma}$	$I_K$ , кА	$K_y$	$I_y$ , кА
К1	0,29	5,37	1,8	16,74
К2	1,219	4,54	1,8	14,15
К3	1,221	4,5	1,8	14

Рассчитанное по экономической плотности тока сечение кабеля необходимо проверить на термическую стойкость при КЗ в начале линии.

Условие проверки:  $F_{\min} \leq F_{\text{реал}}$ .

Термически стойкое сечение равно:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{I_K \cdot \sqrt{t_{np}}}{C}$$

где:  $B_k = I_K^2 \cdot t_{np}$  – тепловой импульс тока КЗ,  $A^2 \cdot c$

$I_K$  – действующее значение тока КЗ на данном участке, кА

$t_{np} = t_b + t_{pz} + T_a = 0,12 + 1,2 + 0,01 = 1,33$  с – время отключения КЗ;

$t_b = 0,12$  с – полное время отключения выключателя;

$t_{pz} = 1,2$  с – время действия основной защиты;

$T_a = 0,01$  с – аperiodическая составляющая затухания  $I_K$ .

$C$  – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника – для кабелей 10 кВ

• с алюминиевыми жилами:

$$C = 85 \frac{A \cdot c^{1/2}}{mm^2}$$

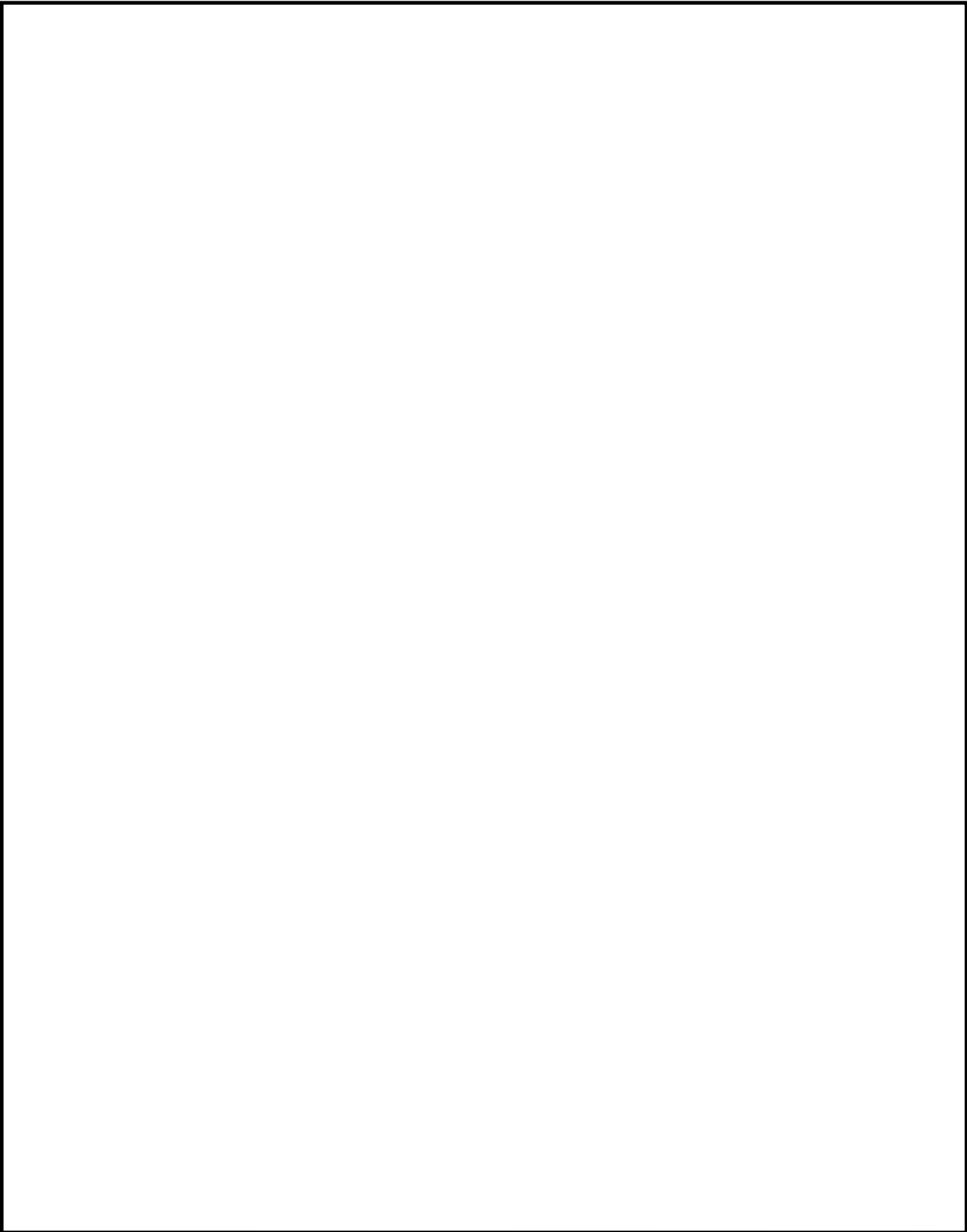
По результатам расчетов токов КЗ проводим проверку выбранного сечения кабеля на участке ГПП – ТП-1, выполненной маркой АСБ-2(3х150):

Определяем термически стойкое сечение:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{I_K \cdot \sqrt{t_{np}}}{C} = \frac{4,5 \cdot 10^3 \sqrt{1,33}}{85} = 61,05 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\min} = 61,05 < F_{\text{реал}} = 150 \text{ мм}^2.$$

Выбранные сечения по термической стойкости проходят.



ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ

					ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Выбор и проверка электрических аппаратов в сети выше 1000 В	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Баранов Н.Н.						
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		

## 8 Выбор и проверка электрических аппаратов в сети выше 1000 В

В системах электроснабжения могут возникнуть режимы, характеризующиеся тепловыми и механическими нагрузками, значительно превышающие нагрузки нормального режима работы и представляющие по этому опасность для элементов системы электроснабжения. Все оборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения должно быть устойчиво к токам КЗ и выбирается с их учетом. Для обеспечения надежной безаварийной работы расчетные значения должны быть меньше допустимых.

- Выбор высоковольтных выключателей производится по:

1. Напряжению электроустановки:

$$U_{\text{ном}} > U_{\text{уст}}$$

где:  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение выключателя, кВ

$U_{\text{уст}}$  – номинальное (установившееся) напряжение системы, кВ.

2. Длительному току:

$$I_{\text{ном}} > I_{\text{р.м}} > I_{\text{мах}}$$

где:  $I_{\text{ном}}$  – номинальный ток при номинальном напряжении, А

$I_{\text{р.м}}$  – наибольший расчетный ток максимального режима, А

$I_{\text{мах}}$  – наибольший ток послеаварийного режима, А.

3. Электродинамической стойкости при токах КЗ:

$$I_{\text{п.дин}} > i_{\text{уд}} \text{ и } I_{\text{дин}} > I_{\text{п.о}}$$

где:  $I_{\text{дин}}$  – действующее значение периодической составляющей тока КЗ, кА;

$I_{\text{п.дин}}$  – амплитудное значение полного тока.

4. Отключающей способности:

$$I_{\text{н.о}} > I_{\text{п.т.}}$$

где:  $I_{\text{н.о}}$  – ток отключения выключателя, А

5. Термической стойкости:

$$I_{\text{терм.}}^2 \cdot t_{\text{терм.}} > V_{\text{к}}$$

где:  $I_{\text{терм.}}^2$  – допустимый ток термической стойкости выключателя

$t_{\text{терм.}}$  – время протекания тока термической стойкости, с.

- Разъединители, короткозамкватели и отделители выбираются по:

1. напряжению электроустановки:

2. длительному току

3. электродинамической стойкости при токах КЗ

4. термической стойкости

- Выключатели нагрузки укомплектованные предохранителями выбираются по:

1. напряжению электроустановки:

2. длительному току

3. электродинамической стойкости при токах КЗ

4. отключающей способности

5. термической стойкости

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

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

Параметры выключателя:

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

номинальный ток  $I_{НОМ} = 2000$  А;

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

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

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

ток термической стойкости  $I_{ТЕР} = 40,0$  кА;

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

полное время отключения выключателя  $t_{ОТКВ} = 0,07$  с.

Проверка выключателя

- по напряжению установки  $U_{УСТ} < U_{НОМ}$

$U_{УСТ} = 35,0$  кВ =  $U_{НОМ} = 35,0$  кВ;

- по току  $I_{МАХ} < I_{НОМ}$

$$I_{МАХ} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{8649,6}{\sqrt{3} \cdot 35} = 142,68 \text{ А} < I_{НОМ} = 2000 \text{ А}$$

- по отключающей способности  $I_{ПТ} < I_{ОТКНОМ}$

$I_{П,Т} = 5,37$  кА <  $I_{ОТК.НОМ} = 40,0$  кА;

- по электродинамической стойкости  $I_{П0} < I_{ДИН}$ ,  $i_{УД} < i_{ДИН}$

$I_{П,0} = 5,37$  кА <  $I_{ДИН} = 40$  кА,

$i_{УД} = 16,74$  кА <  $i_{ДИН} = 100$  кА;

- по термической стойкости  $B_K < I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР}$

$$B_K = I_{НО}^2 \cdot (t_{р.а} + t_{откл} + T_a) = 5,37^2 (1,2 + 0,07 + 0,02) = 37,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

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

$$B_K = 37,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-35/1000

Параметры разъединителя :

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

номинальный ток  $I_{НОМ} = 1000$  А;

амплитуда предельного сквозного тока  $i_{РС} = 63$  кА;

ток термической стойкости  $I_{ТЕР} = 25,0$  кА;

длительность протекания тока термической стойкости  $t_{ТЕР} = 4$  с;

Проверка разъединителя

- по напряжению установки  $U_{УСТ} < U_{НОМ}$

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

- по току  $I_{МАХ} < I_{НОМ}$

$$I_{МАХ} = 142,68 \text{ А} < I_{НОМ} = 1000,0 \text{ А};$$

- по электродинамической стойкости  $i_{УД} < i_{ПР.С}$

$$i_{УД} = 16,74 \text{ кА} < i_{ПР.С} = 63 \text{ кА};$$

- по термической стойкости  $B_K < I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР}$

$$B_k = 37,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 25,0^2 \cdot 4 = 2500,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

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

Выбираем вводные, а также секционные выключатели и разъединители, выключатели и разъединители отходящих линий от ЗРУ-10 кВ к цеховым понизительным подстанциям, а также вводных аппаратов распределительных устройств. В цеховых ТП выбираем типа КРУ. Следовательно, для данных РУ выбор разъединителей не проводим (шкафы КРУ уже снабжены разъединителями). Выбор аппаратов производим по справочной литературе.

- Вводная и секционная коммутационная аппаратура ЗРУ-10 кВ:

Расчётный ток с учётом перегрузки:

$$I_p = \frac{\beta_{\text{пр}} \cdot S_{\text{н.пр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 184,75 \text{ А}$$

Проверку на действие токов КЗ проводим для точки К2. Для наглядности выбор выключателей и разъединителей произведём с помощью табл. 12.

Таблица 12 Вводная и секционная коммутационная аппаратура

Расчётные данные	Паспортные данные
	Выключатель: ВВЭ-10-20/630
$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 184,74 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
$I_k = 4,54 \text{ кА}$	$I_{\text{н.откл}} = 20 \text{ кА}$
$i_{\text{уд}} = 14,15 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
$B_k = 27,413 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Расчётные данные	Паспортные данные
	Выключатель: ВВУ-35-40/2000
$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
$I_p = 184,74 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$
$I_k = 5,37 \text{ кА}$	$I_{\text{н.откл}} = 40 \text{ кА}$
$i_{\text{уд}} = 16,74 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$
$B_k = 37,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Расчётные данные	Паспортные данные
	Разъединитель : РДЗ-35/1000
$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 184,74 \text{ А}$	-
$I_k = 5,37 \text{ кА}$	-
$i_{\text{уд}} = 16,74 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 63 \text{ кА}$
$B_k = 37,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$



## 8.1 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по номинальному напряжению, номинальному первичному току и проверяются по электродинамической и термической стойкости к токам короткого замыкания. Особенностью выбора трансформаторов тока является выбор по классу точности и проверка на допустимую нагрузку вторичной цепи. Трансформаторы тока для присоединения счётчиков, по которым ведутся финансовые расчёты, должны иметь класс точности 0,5, для релейной защиты 10 %.

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому в расчётах вторичных цепей его не учитывают.

Условия выбора трансформаторов тока:

1. По напряжению установки:  $U_{уст} \leq U_{ном.та}$
2. По номинальному первичному току:  $I_{уст} \leq I_{ном.та}$
3. По нагрузке вторичной цепи,  $Z_2 \leq Z_{2н.та}$ .

Необходимые проверки:

1. На динамическую стойкость к токам КЗ,  $i_{уд} \leq i_{дин}$  или  $k_{дин} \geq \frac{i_y}{\sqrt{2} \cdot I_{н.тт}}$
2. На термическую стойкость  $B_K \leq (k_T \cdot I_{н.тт})^2 \cdot t_T$  или  $B_K \leq I_{тт}^2 \cdot t_T$

- Выбираем трансформаторы тока на вводах 10 кВ и на отходящих линиях.

Определяем вторичную нагрузку в цепи трансформатора тока. К вторичной обмотке трансформаторов тока включаются: амперметр, ваттметр, счётчики активной и реактивной энергии и варметр. Данные по приборам занесём в табл. 14.

Таблица 14 Данные по измерительным приборам

Наименование прибора	Тип	Нагрузка, ВА		
		А	Б	С
Амперметр	ЭЛ-2	1,73	---	---
Ваттметр	Д585	0,525	---	0,525
Счётчик активной энергии	САУЗУ-И670	0,175	---	0,175
Счётчик реактивной энергии	СРУУ-И672	0,275	---	0,275
Варметр	Д335	0,5	---	0,5
$\Sigma S_{приб}$	---	3,205	---	1,475

Расчёт будем вести по наиболее загруженной фазе.

Суммарное сопротивление приборов:

$$\Sigma r_{приб} = \frac{\Sigma S_{приб}}{I_{2H}^2} = \frac{3,205}{5^2} = 0,128 \text{ Ом.}$$

где:  $I_{2H} = 5 \text{ А}$  – номинальный ток вторичной обмотки.

Определим сопротивление контрольного кабеля. Примем сечение кабеля равное  $2,5 \text{ мм}^2$ , длина кабеля 30 м, с учётом схемы соединения приборов:

$$l_{расч} = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ м}$$

$$r_{np} = \frac{1000}{\gamma \cdot F} l_{расч} = \frac{1000}{32 \cdot 2,5} 0,045 = 0,562 \text{ Ом.}$$

$$r_{кон} = 0,1 \text{ Ом} - \text{сопротивление контактов.}$$

Индуктивное сопротивление вторичных токовых цепей очень мало, поэтому им можно пренебречь, тогда полное сопротивление вторичной цепи:

$$Z_2 = \Sigma r_{приб} + r_{np} + r_{кон} = 0,128 + 0,562 + 0,1 = 0,79 \text{ Ом}$$

Полная мощность нагрузки вторичной цепи:

$$S_{2P} = I_{2H}^2 \cdot Z_2 = 5^2 \cdot 0,79 = 19,75 \text{ ВА}$$

Результаты расчётов выбора трансформаторов тока приведем в табл. 15.

Таблица 15 Выбор трансформаторов тока на стороне 10 кВ

Место установки	На вводе ЗРУ-10 кВ	На отходящих линиях ЗРУ-10 кВ
Расчётные данные	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$
	$I_p = 509,22 \text{ А}$	$I_p = 184,74 \text{ А}$
	$Z_2 = 0,79 \text{ Ом}$	$Z_2 = 0,79 \text{ Ом}$
	$i_{уд} = 14,15 \text{ кА}$	$i_{уд} = 14 \text{ кА}$
	$B_k = 27,413 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = 27,413 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Тип трансформатора тока	ТЛ-10УЗ	ТЛ-10УЗ
Каталожные данные	$U_{н.та} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.та} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{н.та} = 600 \text{ А}$	$I_{н.та} = 600 \text{ А}$
	$Z_{2н.та} = 0,8 \text{ Ом}$	$Z_{2н.та} = 0,8 \text{ Ом}$
	$i_{дин} = 81 \text{ кА}$	$i_{дин} = 81 \text{ кА}$
	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 4000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 4000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

## 8.2 Выбор трансформаторов напряжения

Условия выбора трансформаторов напряжения:

1. По первичному номинальному напряжению,  $U_{уст} \leq U_{н.тн}$ ;
2. По типу и схеме соединения обмоток;
3. По погрешности  $N_{тн} \leq N_{дон}$ ;
4. По вторичной нагрузке.

На каждой секции шин ГПП устанавливается трехфазный трёхобмоточный трансформатор напряжения марки НТМИ-10-66. Вторичная обмотка, соединённая в звезду используется для измерительных приборов, а к обмотке, соединённой в разомкнутый треугольник присоединяется реле защиты от замыкания на землю. Во вторичную обмотку трансформатора напряжения включают: ваттметр, вольтметр, счётчики активной и реактивной энергии и варметр. Данные по приборам занесём в табл. 16.

Таблица 16 Данные по измерительным приборам

Наименование прибора	Тип	S <sub>n</sub> , ВА	Число катушек	cos φ	Число при- боров	Потребляемая мощность	
						P, Вт	Q, Вар
Вольтметр	Э337	2,6	1	1	1	2,6	0
Ваттметр	Д-585	0,5	2	1	1	1,0	0
Варметр	Д-335	1,5	2	1	1	3,0	0
Счётчик активной энергии	И-670	1,5	2	0,38	8	11,4	27,8
Счётчик реактивной энергии	И-672	1,5	2	0,38	8	11,4	27,8
Итого						29,4	55,6

Расчётная вторичная нагрузка трансформатора напряжения:

$$S_{2P} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{29,4^2 + 55,6^2} = 62,9 \text{ ВА}$$

Проведём проверку выбранного трансформатора напряжения марки НТМИ-10-66 с классом точности 0,5

$$U_{н.тн} = 10 \text{ кВ} = U_{уст} = 10 \text{ кВ}$$

$S_{н.тн} = 120 \text{ ВА} > S_{2P} = 62,9 \text{ ВА}$ , следовательно, выбранный трансформатор напряжения подходит для эксплуатации.

ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ

					Электроснабжение котельной завода		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Баранов Н.Н.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.					
Реценз.					НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		
Косульт.							
Утверд.							

## 9 Электроснабжение котельной завода

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности:

1. Приемники цеха запитываются от распределительных пунктов. Распределительные пункты устанавливаются согласно СН 89.13330.2012 и ПУЭ в огороженной щитовой подстанции. Выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до ЭП). Принятая схема питающей сети должна обеспечивать требуемую степень надежности питания приемников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников и перемещения приемников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учетом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки.

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

3. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты управления цеха.

4. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного или наиболее удаленного электроприемника строится карта селективности действия аппаратов защиты.

5. Производится расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения. Производится построение эпюр отклонения напряжения на участке линии от шин ГПП до зажимов наиболее удаленного электроприемника или наиболее мощного от цеховой ТП. Эпюры строятся для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и для послеаварийного режима.

6. Производится расчет токов КЗ для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприемника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппарата защиты.

### 9.1 Выбор схемы электроснабжения цеха

Внутрицеховое электроснабжение будем осуществлять по радиальной схеме, так как она является наиболее надёжной. В качестве защитных аппаратов будем применять автоматические выключатели с устройствами, обеспечивающими автоматическое отключение автомата при КЗ в сети, и магнитные пускатели с тепловыми реле для защиты от токов перегрузки. Согласно выбранной схеме электроприёмники будут запитаны от распределительных пунктов (ПР), укомплектованных автоматическими выключателями.

#### Условия выбора автоматических выключателей:

1. Наименьший ток автомата и его расцепителя  $I_{ном.р}$  не должны быть меньше расчетного тока  $I_p$  защищаемой линии питающей группы ЭП:

$$I_{ном.р} \geq I_p$$

$$\text{Для отдельного ЭП: } I_p = I_{ном}$$

$$I_{ном} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta} - \text{номинальный ток ЭП};$$

$P_n$  – номинальная мощность ЭП;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности ЭП;

$\eta = 0,85-1,0$  – КПД ЭП.

2. Для того, чтобы участок сети не отключался при пуске или кратковременных перегрузках, аппарат защиты должен быть выбран с учетом кратковременных перегрузок в нормальных или послеаварийных режимах:

$$I_{пер} \geq 1,15 \cdot I_p;$$

3. Уставки защитных аппаратов по времени при действии токов КЗ должны быть проверены на селективность действия последовательно включенных аппаратов защиты, чтобы при каждом нарушении нормального режима работы отключался поврежденный объект.

$$I_{к.з.} \geq 1,2 \cdot I_{пик} - \text{для группы ЭП};$$

где:  $I_{пик} = I_{мах.пуск} + (I_p - I_{мах.н} K_{и})$  – пиковый ток для группы ЭП;

$I_{мах.пуск}$  – пусковой ток двигателя наибольшей мощности в данной группе ЭП;

$I_p$  – расчетный ток группы ЭП;

$I_{мах.н}$  – номинальный ток двигателя наибольшей мощности в данной группе ЭП.

$$I_{к.з.} \geq I_{пуск} = K_{п} \cdot I_{ном} - \text{кратковременный (пусковой) ток отдельного ЭП};$$

$K_{п} = 5-7$  – кратность пускового тока ЭП к номинальному;

**Условие выбора проводников:**

$$I_p = I_{ол.} \leq I_{доп.};$$

Выбранное сечение необходимо проверить по допустимой потере напряжения  $\Delta U_p \% = \Delta U_o \cdot I_p \cdot l$ ,

где  $\Delta U_o$  – потеря напряжения в 3-х фазных сетях, %/А·км, принимаем по справочной литературе

$I_p$  – расчётный ток;

$l$  – длина проводника.

## 9.2 Выбор сечений питающей сети и аппаратов защиты

Таблица 9.2 - Выбор распределительной сети и аппаратов защиты

№ п/п	Приемник	$P_{ном}$	$I_{ном}$	$I_{пуск}$	$1,15 \cdot I_p$	$1,2 \cdot I_p$	Автомат				$K_{пр}$	$K_z$	$\frac{K_z \cdot I_z}{K_{пр}}$	Кабель	
							К	$I_{т.р.}$	$I_{з.р.}$	Тип				$I_{доп}$	Марка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Пр - 1															
1	Насос скважины	7,5	14,3	71,2	15,66	106,82	10	16	160	ВА 47-29	1,0	1,0	16	19	АВВГ4*2,5
2	Насос ГВС	18	34,18	170,92	37,6	256,38	10	40	40	ВА 47-29	1,0	1,0	40	46	АВВГ4*10
3	Котлоагрегат	2	4,3	4,3	4,7	6,5	3	6	18	ВА 47-29	1,0	1,0	6	19	АВВГ4*2,5
4	Дутьевой вентилятор	3	5,7	28,5	5	42,75	10	6	60	ВА 47-29	1,0	1,0	6	19	АВВГ4*2,5
5	Дымосос	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	10	13	130	ВА 47-29	1,0	1,0	13	19	АВВГ4*2,5
6	Подпиточный насос	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	10	13	130	ВА 47-29	1,0	1,0	13	19	АВВГ4*2,5
7	Насос технической воды	18	34,18	170,92	37,6	256,38	10	40	400	ВА 47-29	1,0	1,0	40	46	АВВГ4*10
8	Сетевой насос	22	41,79	208,9	45,96	313,36	10	50	500	ВА 47-29	1,0	1,0	50	63	АВВГ4*16
9	Сетевой насос	22	41,79	208,9	45,96	313,36	10	50	500	ВА 47-29	1,0	1,0	50	63	АВВГ4*16
10	Сетевой насос	22	41,79	208,9	45,96	313,36	10	50	500	ВА 47-29	1,0	1,0	50	63	АВВГ4*16
Пр - 2															
11	Котлоагрегат	2	4,3	4,3	4,7	6,5	3	6	18	ВА 47-29	1,0	1,0	6	19	АВВГ4*2,5

Продолжение таблицы 9.2

12	Дутьевой вентилятор	3	5,7	11,4	5	17	3	6	18	BA 47-29	1,0	1,0	6	19	ABBG4*2,5
13	Дымосос	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	6	13	96	BA 47-29	1	1	13	19	ABBG4*2,5
14	АНУ-70	9	15,72	15,72	17,29	23,58	3	16	48	BA 47-29	1,0	1,0	16	27	ABBG4*4
15	АНУ-70	9	15,72	15,72	17,29	23,58	3	16	48	BA 47-29	1,0	1,0	16	27	ABBG4*4
16	АНУ-70	9	15,72	15,72	17,29	23,58	3	16	48	BA 47-29	1,0	1,0	16	27	ABBG4*4
17	Бойлер	6	10,48	10,48	11,53	15,72	3	13	39	BA 47-29	1,0	1,0	13	19	ABBG4*2,5
18	Вытяжной вентилятор	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	10	13	130	BA 47-29	1,0	1,0	13	19	ABBG4*2,5
19	Приточный вентилятор	17	30,39	151,93	33,43	227,9	6	40	240	BA 47-29	1,0	1,0	40	46	ABBG4*10
20	Приточный вентилятор	15	26,82	134,06	29,5	201,09	6	40	240	BA 47-29	1,0	1,0	40	46	ABBG4*10
ПП - 3															
21	Насос скважины	7,5	14,3	71,2	15,66	42,7	3	16	48	BA 47-29	1,0	1,0	16	19	ABBG4*2,5
22	Насос ГВС	18	34,18	170,92	37,6	256,38	10	40	400	BA 47-29	1,0	1,0	40	46	ABBG4*10
23	Насос технической воды	18	34,18	170,92	37,6	256,38	10	40	400	BA 47-29	1,0	1,0	40	46	ABBG4*10
24	Подпиточный насос	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	6	13	96	BA 47-29	1,0	1,0	13	19	ABBG4*2,5
25	Котлоагрегат	2	4,3	4,3	4,7	6,5	3	6	18	BA 47-29	1,0	1,0	6	19	ABBG4*2,5



Продолжение таблицы 9.2

№ п/п	Приемник кВт	$P_{\text{ном}}$ А	$I_{\text{ном}}$ А	$I_{\text{пуск}}$ А	$1,15 \cdot I_p$ А	$1,2 \cdot I_p$ А	Автомат				$K_{\text{пр}}$ -	$K_z$ -	$\frac{K_z \cdot I_z}{K_{\text{пр}}}$ А	Кабель	
							К	$I_{\text{тепл}}$ А	$I_{\text{о.э}}$ А	Тип				$I_{\text{доп}}$ А	Марка
26	Дутьевой вентилятор	3	5,7	11,4	5	17	6	6	18	ВА 47-29	1,0	1,0	6	19	АВВГ4*2,5
27	Дымосос	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	6	13	96	ВА 47-29	1,0	1,0	13	19	АВВГ4*2,5
28	Сетевой насос	22	41,79	208,9	45,96	313,36	10	50	500	ВА 47-29	1,0	1,0	50	63	АВВГ4*16
29	Сетевой насос	22	41,79	208,9	45,96	313,36	10	50	500	ВА 47-29	1,0	1,0	50	63	АВВГ4*16
30	Бойлер	6	10,48	10,48	11,53	15,72	3	13	39	ВА 47-29	1,0	1,0	13	19	АВВГ4*2,5
ПП – 4															
31	Котлоагрегат	2	4,3	4,3	4,7	6,5	6	6	18	ВА 47-29	1,0	1,0	6	19	АВВГ4*2,5
32	Дутьевой вентилятор	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	6	13	96	ВА 47-29	1,0	1,0	13	19	АВВГ4*2,5
33	Дымосос	7,5	14,3	71,2	15,66	106,82	10	16	160	ВА 47-29	1,0	1,0	16	19	АВВГ4*2,5
34	Сетевой насос	22	41,79	208,9	45,96	313,36	10	50	500	ВА 47-29	1,0	1,0	50	63	АВВГ4*16
35	Сетевой насос	22	41,79	208,9	45,96	313,36	10	50	500	ВА 47-29	1,0	1,0	50	63	АВВГ4*16
36	Насос диз.топлива	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	6	13	96	ВА 47-29	1,0	1,0	13	19	АВВГ4*2,5
37	Насос диз.топлива	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	6	13	96	ВА 47-29	1,0	1,0	13	19	АВВГ4*2,5

## Оканчание таблицы 9.2

38	Ану-70	9	15,72	15,72	17,29	23,58	3	16	48	BA 47-29	1,0	1,0	16	27	АВВГ4*4
39	Ану-70	9	15,72	15,72	17,29	23,58	3	16	48	BA 47-29	1,0	1,0	16	27	АВВГ4*4
40	Ану-35	5,5	9,6	9,6	10,57	14,4	3	10	30	BA 47-29	1,0	1,0	10	19	АВВГ4*2,5
ПП – 5															
41	Трубогибочный станок	5,5	16,72	83,564	18,384	125,35	10	20	200	BA 47-29	1,0	1,0	20	27	АВВГ4*4
42	Вертикальный сверлильный станок	5,5	16,72	83,564	18,384	125,35	10	20	200	BA 47-29	1,0	1,0	20	27	АВВГ4*4
43	Шлифовальный станок	3,0	9,12	45,58	10,03	68,37	10	10	100	BA 47-29	1,0	1,0	10	19	АВВГ4*2,5
44	Вертикальный сверлильный станок	1,5	4,5	22,8	5,1	34,19	6	6	36	BA 47-29	1,0	1,0	6	19	АВВГ4*2,5
45	Вытяжной вентилятор	5,5	10,45	52,23	11,5	78,35	6	13	96	BA 47-29	1,0	1,0	13	19	АВВГ4*2,5

Таблица 9.3 – Выбор марки и сечений проводников питающей сети, аппаратов защиты

№ п/ п	Участок	$\frac{I_p}{I_{пик}}$	$1,1 \cdot I_p$	$1,25 \cdot I_p$	Автомат			Способ прокладки	$K_{пр}$	$\frac{K_z \cdot I_z}{K_{пр}}$	Кабель	
					К	$\frac{I_{тепл}}{I_{з.о.}}$	Тип				$I_{доп}$	Марка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Вводной выключатель ТП	$\frac{4000}{8000}$	3744	4475	2	$\frac{4000}{8000}$	ВА 74-48	На лотках				
2	ТП-ПР1	$\frac{217}{393}$	238,7	491,25	2	$\frac{260}{520}$	ВА 74-40		1	260	291	АВВГ4*185
3	ТП-ПР2	$\frac{122}{248}$	134,2	310	2	$\frac{190}{380}$	ВА 74-40		1	190	190	АВВГ4*95
4	ТП-ПР3	$\frac{175}{350}$	192,5	437,5	2	$\frac{260}{520}$	ВА 74-40		1	260	291	АВВГ4*185
5	ТП-ПР4	$\frac{152}{328}$	167,2	410	3	$\frac{190}{540}$	ВА 74-40		1	190	219	АВВГ4*120
6	ТП-ПР5	$\frac{23}{64}$	25,3	80	3	$\frac{32}{186}$	ВА 57-35		1	32	34	АВВГ4*6

Кабельная линия  
от ГПП 2 АСБЗ\*150

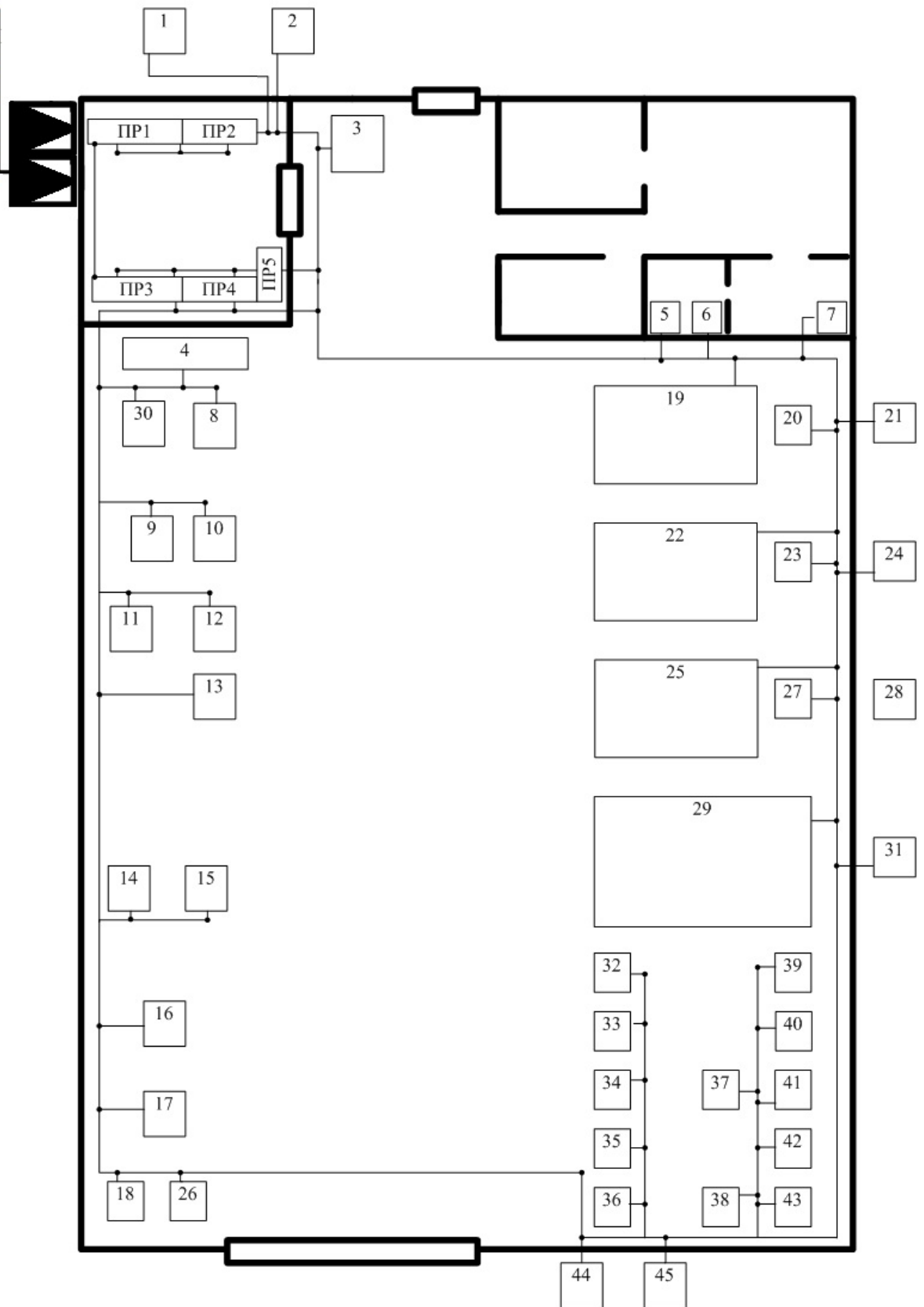


Рисунок 8 - Схема сети 0,4 кВ котельной завода

## 9.2.1 Выбор автоматических выключателей

Примеры выбора аппаратуры и кабелей.

а) Выбор вводного автоматического выключателя ТП1 0,4кВ

Расчетный ток нагрузки РУ:

$$I_{p\text{ТП1}} = \frac{S_{mp}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2431 \text{ А}$$

$$I_p = 1,4 \cdot 2431 = 3404 \text{ А}$$

$$I_{н.расц} = 1,1 \cdot I_p = 3744 \text{ А}$$

Принимаем:  $I_{н.расц} = 4000 \text{ А}$

$$I_{эм.расц} = 1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 3579,9 = 4474,87 \text{ А}$$

Принимаем  $I_{эм.расц} = 8000 \text{ А}$

Принимаем:

$$\text{ВА 74-48} \frac{4000}{8000}$$

Выбор автоматического выключателя ПР-1.

$$I_{длит} = 1,1 \cdot I_{расч}^{np1} = 217 \text{ А} \leq I_{н.т.р.};$$

$$1,5 \cdot I_{пуск} = 1,5 \cdot (5 \cdot I_p) = 1,5 \cdot 314,4 = 471 \text{ А} \leq I_{кз};$$

(пиковый ток сетевого насоса принимаем равным 5-кратному номинальному).

Выбираем автоматический выключатель серии ВА – ВА74-40:

$$I_{н.т.р.} = 260 \text{ А} \geq I_{длит} = 217 \text{ А};$$

$$I_{кз} = (2) I_{н.т.р.} = 2 \cdot 260 \text{ А} = 520 \text{ А} \geq 1,5 \cdot I_{пуск} = 471 \text{ А}.$$

Выбор автоматического выключателя для электроприемников.

Все электрические сети должны иметь защиту от токов кз по возможности с наименьшим временем отключения и обеспечением селективности последовательно включенных аппаратов защиты. Защита при этом должна обеспечивать отключение аварийной линии при кз на любом её участке, включая и кз в конце линии.

Обязательная защита от перегрузки согласно ПУЭ требуется для: сетей внутри помещений, выполненных открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или изоляцией; осветительных сетей в жилых или общественных зданиях, в торговых помещениях, промышленных предприятиях, а так же в пожароопасных зонах; силовых сетей на предприятиях, в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях – только в случаях, когда по условиям технологического процесса или по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка; проводников силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях до 1 кВ во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II, В-IIa.

Аппаратами защиты в сетях до 1 кВ обычно служат предохранители и автоматические выключатели.

Номинальные токи электроприемников:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta},$$

где  $\cos \varphi = 0,85$ ;  $\eta = 0,9$  – принимаем для всех электроприемников.

Пусковые токи электроприемников:

$$I_{\text{ПУСК}} = k \cdot I_{\text{НОМ}},$$

где  $k=5$  – кратность пускового тока, принимается для всех электроприемников с асинхронным приводом.

Пример:

Дутьевой вентилятор № 20:  $P_{\text{НОМ}} = 5,5$  кВт;

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{5,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 1} = 5,7 \text{ А};$$

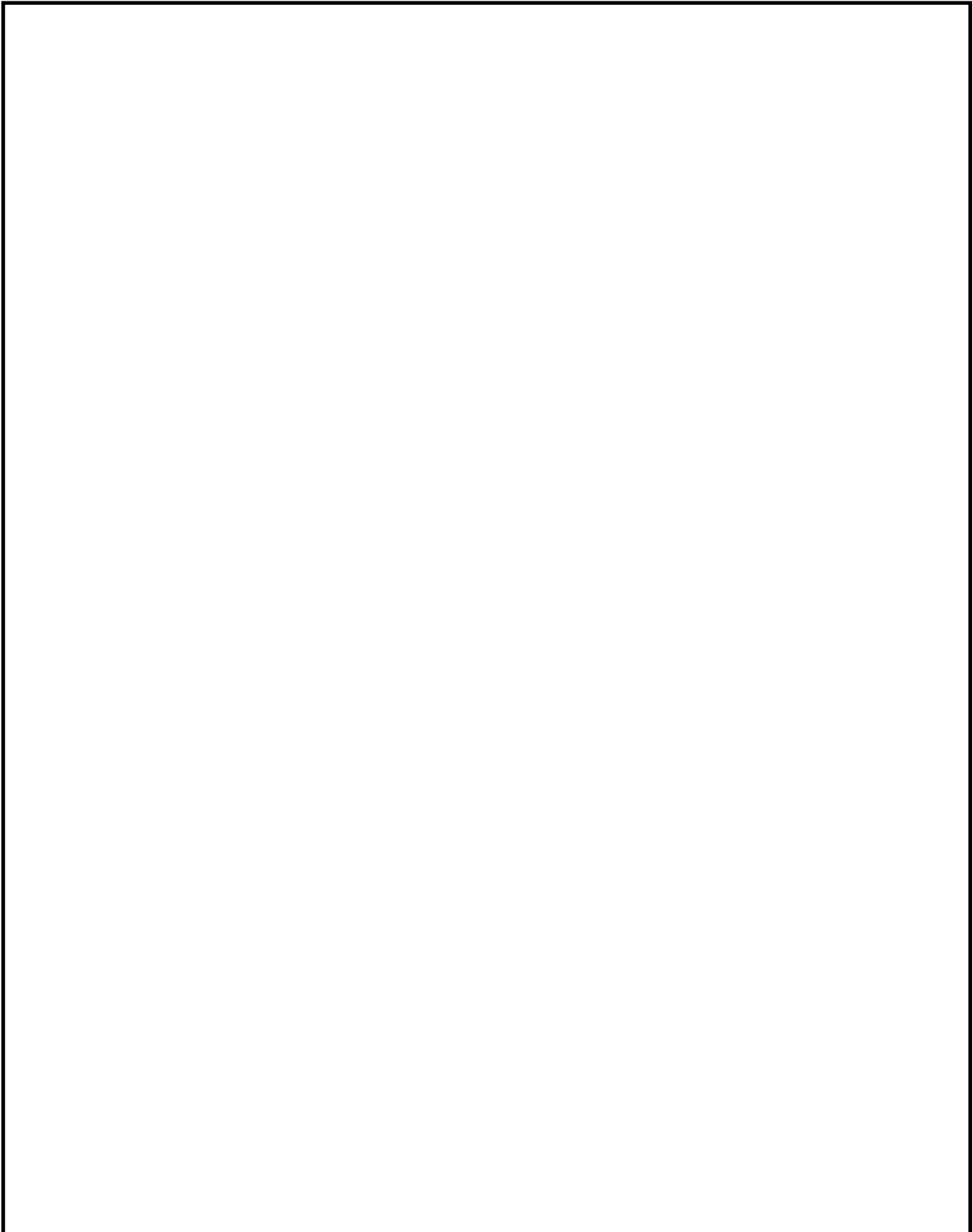
$$I_{\text{ПУСК}} = k \cdot I_{\text{НОМ}} = 5 \cdot 5,7 = 42,75$$

$$I_{\text{н.т.р.}} = 6 \text{ А} \geq I_{\text{н}} = 5,7 \text{ А}$$

$$I_{\text{э.р.}} = K \cdot I_{\text{н.т.р.}} = 10 \cdot 6 = 60 \text{ А} \geq 1,2 \cdot I_{\text{ПУСК}} = 51,3 \text{ А};$$

Используя справочную литературу выбираем автоматический выключатель серии ВА – ВА47-29.

Результаты расчетов сведены в таблицу 9.2:



ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Баранов Н.Н.			Расчет токов короткого замыкания в сети 0,38 кВ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		

## 10 Расчет токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ

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

1. Мощность системы принимаем бесконечной, следовательно, напряжение на шинах цеховой ТП при КЗ считается неизменным;
2. При расчете токов КЗ учитываем активные и индуктивные сопротивления всех элементов сети, до точки КЗ;
3. Расчет ведем в именованных единицах;
4. Напряжение принимаем на 5% выше номинального

Схема сети ниже 1000 В показана на рисунке 9.

Расчет токов кз в сетях до 1000 В обладает следующими особенностями:

- напряжение на шинах цеховой ТП считается неизменным при кз в сети до 1000В;
- при расчете токов кз учитываем активные и индуктивные сопротивления до точки кз всех элементов сети;
- расчет ведется в именованных единицах, напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети (при  $U_{сети} = 0,38$  кВ принимаем  $U = 1,05 U_{сети} = 0,4$ , кВ);
- ток кз определяется по следующей формуле:

$$I_{кз} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}$$

где  $Z_{\Sigma}$ , мОм – сопротивление до точки кз;  $U_n = 400$  В.

Расчет токов кз производим до участка цеховой сети до ЭП № 45.

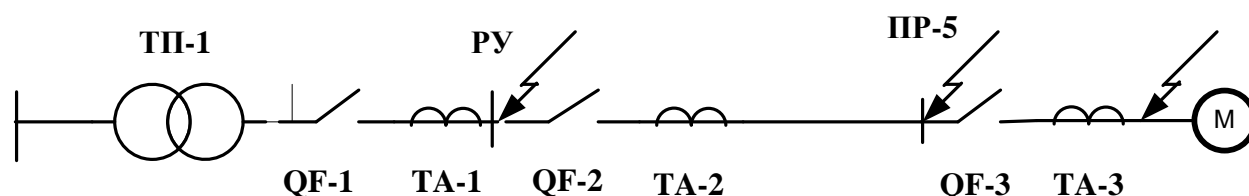


Рисунок 9 - Однолинейная схема сети ниже 1000 В

Линия ТП-1 – ЭП №45

Определяем полное суммарное сопротивление до точки К1. Сопротивления QF1 и ТА1 не учитываем, т.к.  $I_{ном.ап} = 800$  А.

Активное и индуктивное сопротивления трансформатора:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_k \cdot U^2}{S_{ном.мп}^2} = \frac{18 \cdot 400^2}{1600^2} = 1,15 \text{ мОм};$$

$$X_{mp} = \frac{U_p \%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{ном.мп}} = \frac{6,39}{100} \cdot \frac{400^2}{1600} = 6,39 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{R_{mp}^2 + X_{mp}^2} = \sqrt{1,15^2 + 6,39^2} = 6,49 \text{ мОм};$$

$$R_{mp} / X_{mp} = 1,15 / 6,39 = 0,18, \quad k_{y0} = 1,5;$$



$$I_{\kappa 1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,49} = 35,5 \text{ кА};$$

$$i_{y1} = I_{\kappa 1} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{y\theta 1} = 35,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,5 = 75,3 \text{ кА}.$$

#### *Линия ТП-1 – ПР-5*

Определяем полное суммарное сопротивление до точки К2.

*Для АВВГ (4х6)*

$$R_2 = R_{021}/n = 0,09 \cdot 0,01 = 0,009 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_{021}/n = 5 \cdot 0,01 = 0,05 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 2} = \sqrt{(R_{mp} + R_2)^2 + (X_{mp} + X_2)^2} = \sqrt{(3 + 0,05)^2 + (13,94 + 0,0009)^2} = 14,3 \text{ мОм};$$

$$R_{\Sigma 2} / X_{\Sigma 2} = 10,1 / 197,1 = 0,06, \quad k_{y\theta} = 1,8; \text{ кА};$$

$$i_{y2} = I_{\kappa 2} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{y\theta 2} = 16,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 40,9 \text{ кА}.$$

#### *Линия ПР-5 - №45*

Определяем полное суммарное сопротивление до точки К3.

*АВВГ (4х2.5)*

$$X_3 = 0,002 \cdot 0,05 = 1 \text{ мОм};$$

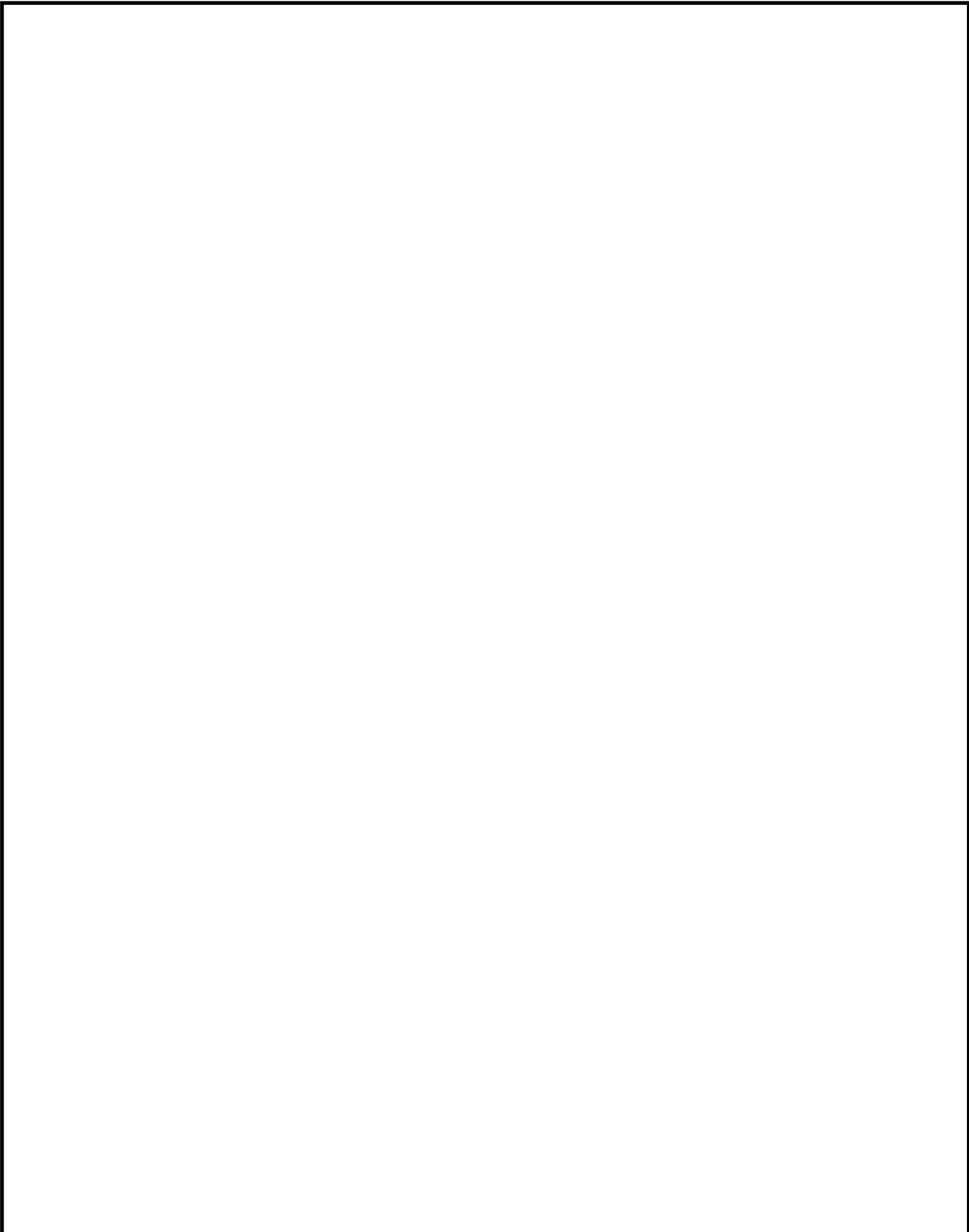
$$R_3 = 12,6 \cdot 0,05 = 630 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 3} = \sqrt{(R_{mp} + R_3)^2 + (X_{mp} + X_3)^2} = \sqrt{(3 + 0,63)^2 + (13,94 + 0,0001)^2} = 16,38 \text{ мОм};$$

$$R_{\Sigma 3} / X_{\Sigma 3} = 13,17 / 194,32 = 0,07, \quad k_{y\theta} = 1,8;$$

$$I_{\kappa 3} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,3} = 14,14 \text{ кА};$$

$$i_{y3} = I_{\kappa 3} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{y\theta 3} = 14,14 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 35,9 \text{ кА}.$$



ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Баранов Н.Н.			Построение карты селективности действия аппаратов защиты	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		

## 11 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

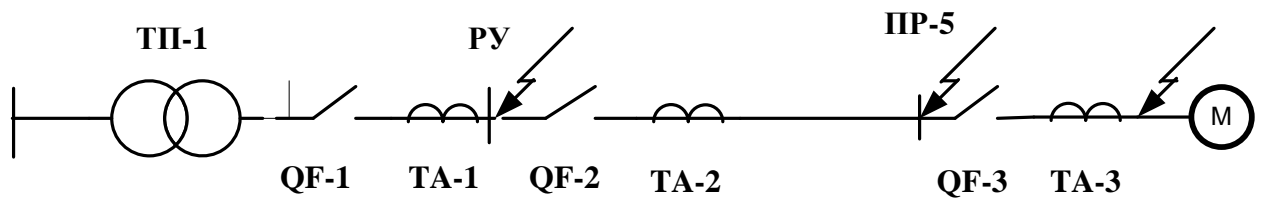


Рисунок 10 - Однолинейная схема сети ниже 1000 В

Данные для построения карты селективности:

Номинальный ток электроприёмника,  $I_{\text{эл}\#45} = 10,45\text{А}$ ;

Расчётный ток ПР-5,  $I_p = 23\text{ А}$ ;

Ток к.з. в точке 1,  $I_{k1} = 35,5\text{ кА}$ ;

Ток к.з. в точке 2,  $I_{k2} = 16,1\text{кА}$ ;

Ток к.з. в точке 3,  $I_{k3} = 14,14\text{ кА}$ ;

Защитная характеристика выключателя ВА74-48  $\frac{4000}{8000}$  (0,1 с);

Защитная характеристика выключателя ВА57-35  $\frac{32}{186}$  (0,04 с);

Защитная характеристика выключателя ВА47-29  $\frac{13}{96}$  (0,02 с).

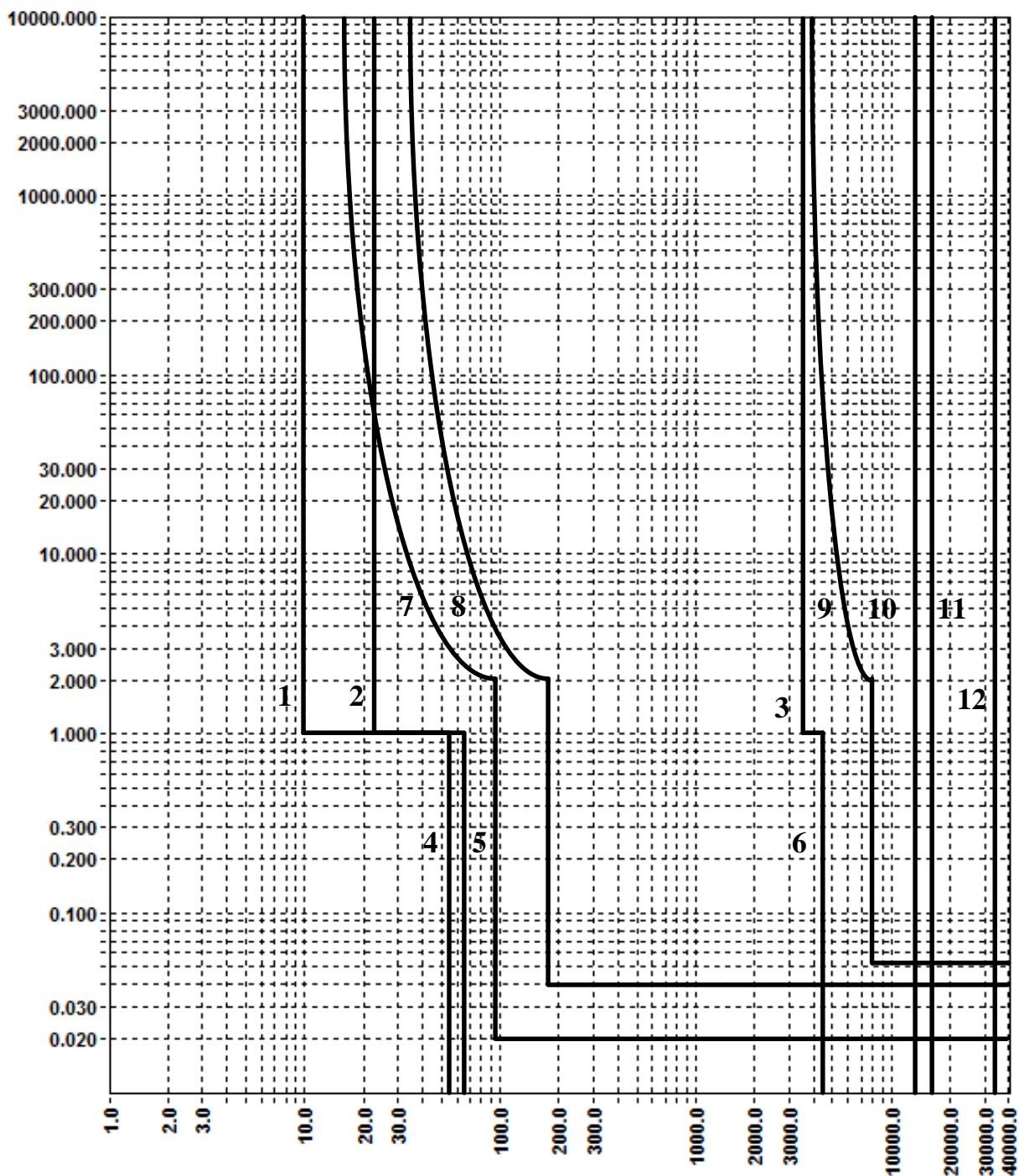


Рисунок 11 - Карта селективности действия защитных аппаратов:  
 1-номинальный ток ЭП №45; 4-пусковой ток ЭП №45; 2-расчётный ток ПР-5; 5-пиковый ток ПР-5; 3--номинальный ток ТП-1;6- пиковый ток ТП-1;7- защитная характеристика ВА47-29; 8-защитная характеристика ВА57-75; 9-защитная характеристика ВА74-48; 12-ток к.з. в точке К1; 11-ток к.з. в точке К2; 10-ток к.з. в точке К3;

*ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ*

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Баранов Н.Н.			Расчет и построение эпюр отклонения напряжения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16</i>		

## 12 Расчет и построение эпюр отклонения напряжения

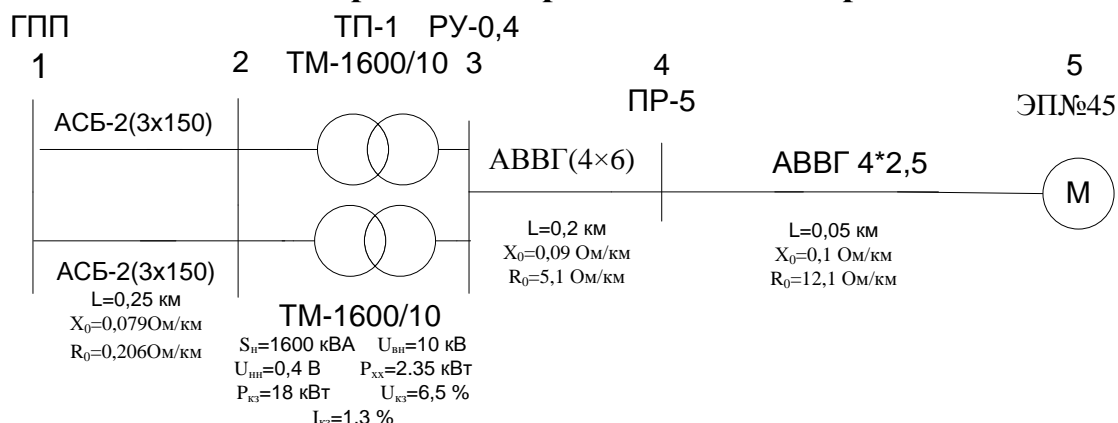


Рисунок 12 - Расчетная схема

По ГОСТ 13109 – 97 отклонение напряжения является одним из основных показателей качества электроэнергии.

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

Расчет цеховой сети по условиям допустимых потерь напряжения и построение эпюры отклонения напряжения выполняем для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного ЭП № 45 ( $P = 5,5$  кВт) для режимов максимальных и минимальных нагрузок, а также для послеаварийного режима, так как в цехе установлена двухтрансформаторная подстанция.

Если при построении эпюры отклонения напряжения окажется, что потеря напряжения больше допустимой, то нужно будет увеличить сечение проводников.

Расчет потерь напряжения в различных элементах производится по ниже приведенным выражениям:

Потери напряжения в трансформаторах:

$$\Delta U_{mp} = \beta \cdot (U_a \% \cdot \cos \phi_2 + U_p \% \cdot \sin \phi_2) + \frac{\beta^2}{100} (U_a \% \cdot \sin \phi_2 - U_p \% \cdot \cos \phi_2);$$

$$\beta = \frac{\sqrt{P_i^2 + Q_i^2}}{S_{ном.тр}},$$

где

$\beta$  - коэффициент загрузки трансформатора;

$P_i^2 + Q_i^2$  - активная и реактивная составляющие напряжения кз:

$$U_a \% = \left( \frac{\Delta P_{кз}}{S_{ном.тр}} \right) \cdot 100\% ;$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{к\%}^2 - U_a^2 \%} ;$$

потери напряжения в линиях электропередач:

$$\Delta U_{\text{лпн}} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U^2};$$

отклонение напряжения:

$$\delta U = \frac{U_{\text{факт}} - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% .$$

**Максимальный режим:**

*Участок 1-2*

$$P_{12} = 1989 \text{ кВт};$$

$$Q_{12} = 1236 \text{ кВАр};$$

$$S_{12} = \sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2} = \sqrt{1779^2 + 1236^2} = 2166,22 \text{ кВА}.$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \frac{1779 \cdot 0,05 + 1236 \cdot 0,02}{2 \cdot 10 \cdot 10,5^2} = 0,052\%$$

где  $R_{012} = 0,05 \text{ Ом}$  и  $X_{012} = 0,02 \text{ Ом}$  – активное и индуктивное сопротивления ВЛ на участке 1-2.

$$\Delta U_{12} = 0,052 \cdot \frac{10500}{100} = 5,46 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_2 = 10500 - 5,46 = 10494,54 \text{ В}$$

*Участок 2-3*

Так как на участке 2-3 в расчетной цепочке имеется цеховая ТП, то нужно выполнить расчет потери напряжения в трансформаторе  $\Delta U_T$ , а именно:

Определим мощности для участка 2-3:

$$P_2 = 1779 / 2 = 889,5 \text{ (кВт)}$$

$$Q_2 = 1236 / 2 = 618 \text{ (кВАр)}$$

$$U_a \% = \frac{18 \cdot 100\%}{2 \cdot 1600} = 0,56\%$$

$$U_p = \sqrt{5,5^2 - 0,56^2} = 5,47\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{889,5^2 + 618^2}}{1600} = 0,68$$

$$S_n = \sqrt{889,5^2 + 618^2} = 1083,1 \text{ (кВА)}$$

$$\cos \varphi_3 = \frac{889,5}{1083,1} = 0,82; \sin \varphi_3 = \frac{618}{1083,1} = 0,57$$

$$\Delta U_{23} = 0,68 \cdot (0,56 \cdot 0,82 + 5,47 \cdot 0,52) + \frac{0,68^2}{100} \cdot (0,56 \cdot 0,57 - 5,47 \cdot 0,82) = 2,4\%$$

$$\Delta U_{12} = U_2 - \Delta U_T \cdot \frac{U_n}{100} = 10494,54 - 2,5 \cdot \frac{10500}{100} = 10232 \text{ В}$$

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10232}{10500} = 389,8 \text{ В}$$

### Участок 3 – 4

Мощность участка 3-4 определяется активной и реактивной мощностью ПР-5:

$$P_4 = 10,6 \text{ (кВт)}$$

$$Q_4 = 6,3 \text{ (кВАр)}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{10,6 \cdot 0,1 + 6,3 \cdot 0,0009}{10 \cdot 0,389^2} = 1,2\%$$

где  $R_{034} = 0,1$  Ом и  $X_{034} = 0,0009$  Ом – активное и индуктивное сопротивления кабеля на участке 3 – 4.

$$U_4 = U_2 - \Delta U_{34} = 389,79 - 1,2 \cdot \frac{389,79}{100} = 385,11 \text{ В}$$

### Участок 4 – 5

Мощность участка 5-6 определяется активной и реактивной мощностью ЭП №45:

$$P_6 = 4,4 \text{ (кВт)}$$

$$Q_6 = 2,68 \text{ (кВАр)}$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_6 = 0,63 \text{ (Ом)}$$

$$X_6 = 0,001 \text{ (Ом)}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{4,4 \cdot 0,63 + 2,68 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,385^2} = 1,8\%$$

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 385,11 - 1,8 \cdot \frac{385,11}{100} = 379,17 \text{ В}$$

### Минимальный режим:

#### Участок 1-2

Определим минимальную активную и реактивную мощности цеха:

$$P_{\min} = P_{12} \cdot 0,4 = 711,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min} = Q_{12} \cdot 0,6 = 741,6 \text{ кВАр}$$

Определим активное и реактивное сопротивление ВЛ от ГПП до ТМ-1600/10(участок 1-2):

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \frac{711,6 \cdot 0,05 + 741,6 \cdot 0,02}{10 \cdot 10,5^2} = 0,04\%$$

где  $R_{012} = 0,05$  Ом и  $X_{012} = 0,02$  Ом – активное и индуктивное сопротивления ВЛ на участке 1-2.

$$\Delta U_{12} = 0,04 \cdot \frac{10500}{100} = 4,2 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_2 = 10500 - 4,2 = 10495,8 \text{ В}$$



### Участок 2-3

Так как на участке 2-3 в расчетной цепочке имеется цеховая ТП, то нужно выполнить расчет потери напряжения в трансформаторе  $\Delta U_T$ , а именно:

Определим мощности для участка 2-3:

$$P_2 = 711,6 / 2 = 355,8 \text{ (кВт)}$$

$$Q_2 = 741,6 / 2 = 370,8 \text{ (кВАр)}$$

$$U_a \% = \frac{18 \cdot 100\%}{2 \cdot 1600} = 0,56\%$$

$$U_p = \sqrt{5,5^2 - 0,56^2} = 5,47\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{355,8^2 + 370,8^2}}{1600} = 0,32$$

$$S_n = \sqrt{355,8^2 + 370,8^2} = 513,89 \text{ (кВА)}$$

$$\cos \varphi_3 = \frac{355,8}{513,89} = 0,69; \sin \varphi_3 = \frac{370,8}{513,89} = 0,72$$

$$\Delta U_{23} = 0,32 \cdot (0,56 \cdot 0,69 + 5,47 \cdot 0,72) + \frac{0,32^2}{100} \cdot (0,56 \cdot 0,72 - 5,47 \cdot 0,69) = 1,4\%$$

$$\Delta U_{12} = U_2 - \Delta U_T \cdot \frac{U_n}{100} = 10495,8 - 1,4 \cdot \frac{10500}{100} = 10348,8 \text{ В}$$

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10348,8}{10500} = 394,24 \text{ В}$$

### Участок 3 – 4

Мощность участка 3-4 определяется активной и реактивной мощностью ПР-5:

$$P_4 = 10,6 \text{ (кВт)}$$

$$Q_4 = 6,3 \text{ (кВАр)}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{10,6 \cdot 0,1 + 6,3 \cdot 0,0009}{10 \cdot 0,394^2} = 0,7\%$$

где  $R_{034} = 0,1$  Ом и  $X_{034} = 0,0009$  Ом – активное и индуктивное сопротивления кабеля на участке 3 – 4.

$$U_4 = U_2 - \Delta U_{34} = 394,24 - 0,7 \cdot \frac{394,24}{100} = 391,51 \text{ В}$$

### Участок 4 – 5

Мощность участка 5-6 определяется активной и реактивной мощностью ЭП №45:

$$P_6 = 4,4 \text{ (кВт)}$$

$$Q_6 = 2,68 \text{ (кВАр)}$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_6 = 0,63 (\text{Ом})$$

$$X_6 = 0,001 (\text{Ом})$$

$$\Delta U_{56} = \frac{4,4 \cdot 0,63 + 2,68 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,395^2} = 1,7\%$$

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 391,51 - 1,7 \cdot \frac{391,51}{100} = 384,85 \text{ В}$$

**Послеаварийный режим:**

$$P_{12} = 1779 \text{ кВт};$$

$$Q_{12} = 1236 \text{ кВАр};$$

$$S_{12} = \sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2} = \sqrt{1779^2 + 1236^2} = 2166,22 \text{ кВА.}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \frac{1779 \cdot 0,05 + 1236 \cdot 0,02}{10 \cdot 10,5^2} = 0,1\%$$

где  $R_{012} = 1,34 \text{ Ом}$  и  $X_{012} = 0,12 \text{ Ом}$  – активное и индуктивное сопротивления ВЛ на участке 1-2.

$$\Delta U_{12} = 0,1 \cdot \frac{10500}{100} = 10,5 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_2 = 10500 - 10,5 = 10489,5 \text{ В}$$

*Участок 2-3*

$$P_2 = 1779 \text{ (кВт)}$$

$$Q_2 = 1236 \text{ (кВАр)}$$

$$U_a \% = \frac{18 \cdot 100\%}{2 \cdot 1600} = 0,56\%$$

$$U_p = \sqrt{5,5^2 - 0,56^2} = 5,47\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{1779^2 + 1236^2}}{1600} = 1,35$$

$$S_u = \sqrt{1779^2 + 1236^2} = 2166,22 \text{ (кВА)}$$

$$\cos \varphi_3 = \frac{1779}{2166,22} = 0,82; \sin \varphi_3 = \frac{1236}{2166,22} = 0,57$$

$$\Delta U_{23} = 1,35 \cdot (0,56 \cdot 0,82 + 5,47 \cdot 0,57) + \frac{1,35^2}{100} \cdot (0,56 \cdot 0,57 - 5,47 \cdot 0,82) = 4,7\%$$

$$\Delta U_{12} = U_2 - \Delta U_T \cdot \frac{U_u}{100} = 10489,5 - 4,7 \cdot \frac{10500}{100} = 9996 \text{ В}$$

$$U_3 = 400 \cdot \frac{9996}{10500} = 380,8 \text{ В}$$

*Участок 3 – 4*

Мощность участка 3-4 определяется активной и реактивной мощностью ПР-5:

$$P_4 = 10,6 \text{ (кВт)}$$

$$Q_4 = 6,3 \text{ (кВАр)}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{10,6 \cdot 0,1 + 6,3 \cdot 0,0009}{10 \cdot 0,380^2} = 0,77\%$$

где  $R_{034} = 0,1$  Ом и  $X_{034} = 0,0009$  Ом – активное и индуктивное сопротивления кабеля на участке 3 – 4.

$$U_4 = U_2 - \Delta U_{34} = 380 - 0,77 \cdot \frac{380}{100} = 377 \text{ В}$$

*Участок 4 – 5*

Мощность участка 5-6 определяется активной и реактивной мощностью ЭП №45:

$$P_6 = 4,4 \text{ (кВт)}$$

$$Q_6 = 2,68 \text{ (кВАр)}$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_6 = 0,63 \text{ (Ом)}$$

$$X_6 = 0,001 \text{ (Ом)}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{4,4 \cdot 0,63 + 2,68 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,377^2} = 1,96\%$$

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 377 - 1,96 \cdot \frac{377}{100} = 370 \text{ В}$$

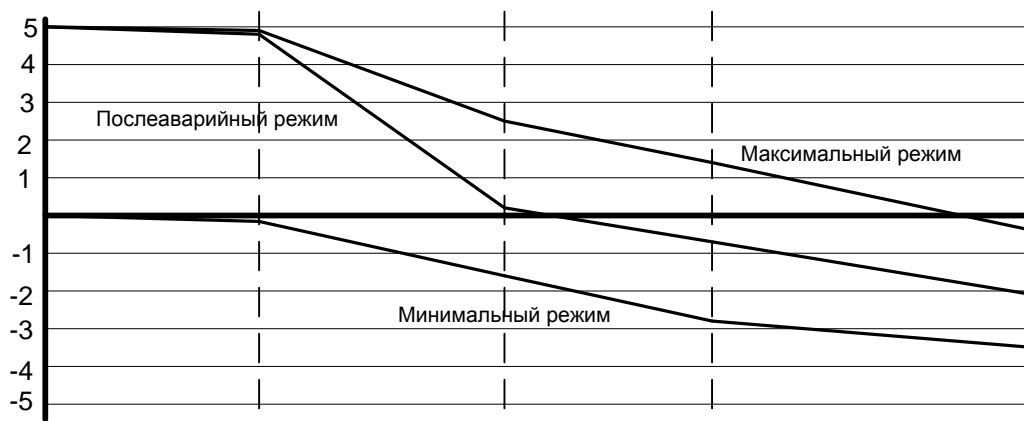
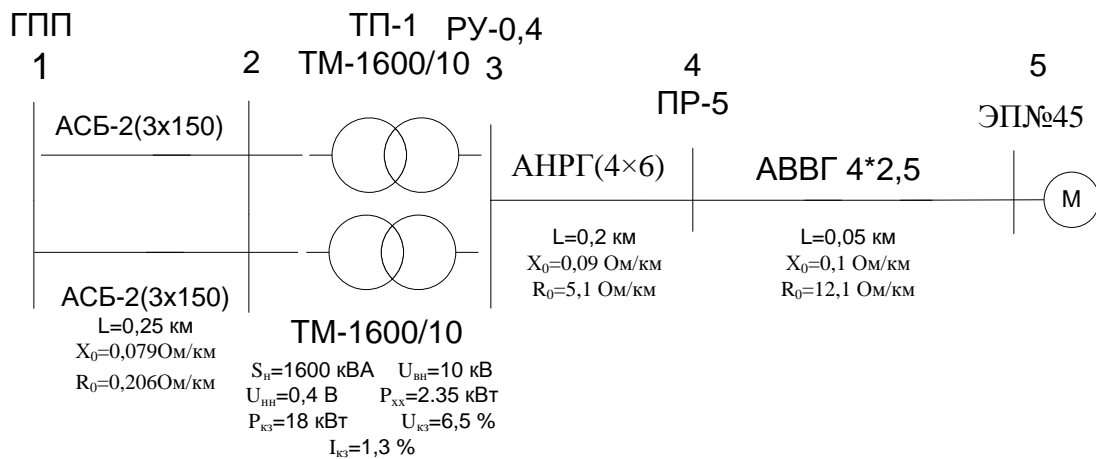


Рисунок 13 - Эпюры отклонений напряжения



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Молниезащита	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Баранов Н.Н.					1	5
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.		Кабышев А.В.						
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16/02</i>		

## 13 МОЛНИЕЗАЩИТА ОТКРЫТОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

### 13.1. Расчет молниезащиты ГПП

Открытое распределительное устройство подстанции (рисунок 13.1) имеет следующие параметры: высота наиболее высокого объекта  $h_x = 5,5$  м ширина  $b=40$  м, длина  $a=50$  м. Расстояние между ближними молниеотводами  $l_1=30$  м, между удаленными  $l_2=40$  м.

Устанавливаем молниеотводы одиночные стержневые.

Предельными расстояниями между молниеотводами определяются по соотношению

$$L = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50(\text{м})$$

Для молниеотводов высотой  $h \leq 30$  м условием защиты является вид :

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

где  $h$  – высота молниеотвода,  $h_x$  – габарит подстанции.

Из данного соотношения превышения высоты молниеотводов  $h_a$  над высотой защищаемого объекта  $h_x$

$$h_a = \frac{L}{8} = \frac{50}{8} = 6,25(\text{м})$$

Полная высота типового молниеотвода КТПБ

$$h = h_a + h_x = 6,5 + 5,5 = 12(\text{м})$$

Т.е.  $L=50$  м  $< 8h_a=8 \cdot 6,5=52$  м. Данные молниеотводы должны обеспечивать полную защиту всех площадей ОРУ подстанции от прямых ударов молний.

Произведем расчет защитной зоны молниеотводов одиночных стержневых [8, табл.1.6].

Определим параметры молниезащиты для зоны А т.е. степень надежности защиты  $\geq 99,5$  % и зоны Б – степень надежности защиты 95- 99,5%.

*Зона А*

Высота вершины конуса стержневого молниеотвода

$$h_0 = 0,85h = 0,85 \cdot 12 = 10,2(\text{м})$$

Радиус защиты на уровне земли

$$r_0 = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3}h)h = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 12)12 = 12,91(\text{м})$$

Радиус защиты на высоте защищаемого сооружения

$$r_x = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3}h)(h - 1,2h_x) = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 12)(12 - 1,2 \cdot 5,5) = 5,81(\text{м})$$

Высота стержня молниеотвода

$$h_m = h - h_0 = 12 - 10,2 = 1,8(\text{м})$$

Активная высота молниеотвода

$$h_{A1} = h - h_x = 12 - 5,5 = 6,5(\text{м})$$

Угол защиты (между вертикалью и образующей)

$$\alpha^A = \arctg \frac{r_0}{h_0} = \arctg \frac{12,91}{10,2} = 51,68^\circ$$

*Зона Б*

Высота вершины конуса стержневого молниеотвода

$$h_0 = 0,92h = 0,92 \cdot 12 = 11,04(\text{м})$$

Радиус защиты на уровне земли

$$r_0 = 1,5h = 1,5 \cdot 12 = 18(\text{м})$$

Радиус защиты на высоте защищаемого сооружения

$$r_x = 1,5(h - 1,1h_x) = 1,5(12 - 1,1 \cdot 5,5) = 8,92(\text{м})$$

Высота стержня молниеотвода

$$h_m = h - h_0 = 12 - 11,04 = 0,96(\text{м})$$

Активная высота молниеотвода

$$h_{A1} = h - h_x = 12 - 5,5 = 6,5(\text{м})$$

Угол защиты (между вертикалью и образующей)

$$\alpha^B = \arctg \frac{r_0}{h_0} = \arctg \frac{18}{11,04} = 58,47^\circ$$

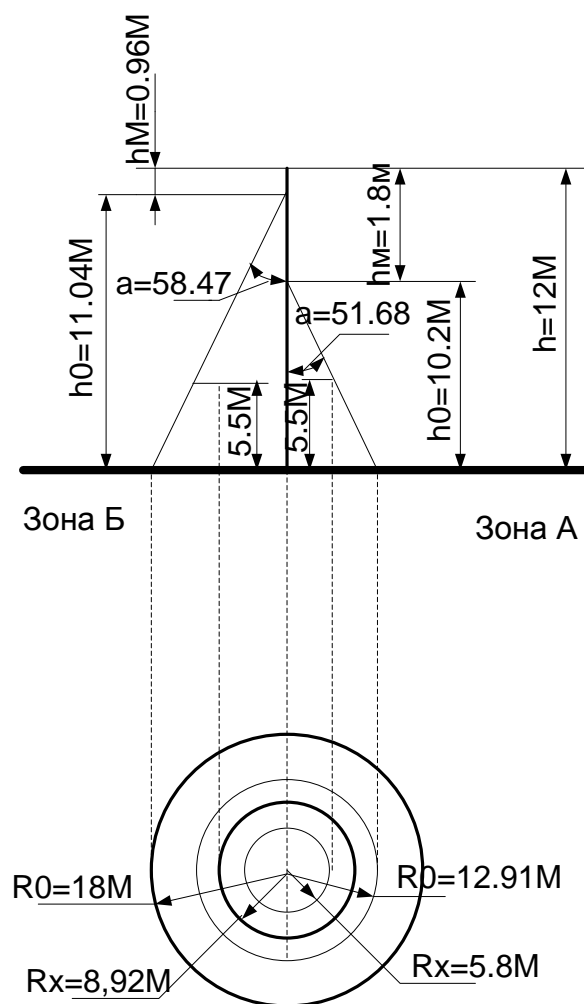


Рисунок 13.2. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Проанализировав расчетные данные зоны А и зоны Б, принимаем к рассмотрению второй вариант т.к. при степени надежности защиты 95-99,5%, оборудование ГПП полностью входит в зону защиты (рисунок 13.2.).

### 13.2. Определение надежности защиты подстанций от прямых ударов молнии

Если молниезащита отсутствует

Число удара молний в подстанции в год определяется по формуле

$$N_1 = 0,06n(b + 10h_x)(a + 10h_x) \cdot 10^{-6} = 0,06 \cdot 50(40 + 10 \cdot 5,5)(50 + 10 \cdot 5,5) \cdot 10^{-6} = 0,0299,$$

где  $a, b$  – длина и ширина объекта, м.  $n=50$  – число грозových часов в году (по карте [14, стр.391] находим интенсивность грозовой деятельности для Томской области, равную 50 часов).

Удар молний поражает токоведущую часть подстанции, получаем вероятное число отключений в год от прямого удара молнии

$$\gamma_1 = N_1 \cdot \psi_i \cdot \psi_g = 0,0299 \cdot 0,68 \cdot 0,7 = 0,0142,$$

где  $\psi_i = 0,68$  – вероятность перекрытия изоляции от прямых ударов молний,  $\psi_g = 0,7$  – вероятность перехода импульсного перекрытия в силовую дугу [8, стр.23].

Вероятное число лет работ подстанций без отключения от прямого удара молний составляет

$$m_1 = \frac{1}{\gamma_1} = \frac{1}{0,0142} = 70,42 \text{ лет}$$

Подстанция защищена молниеотводами

Число удара молний в подстанции в год  $N_2$  определяем также, как и  $N_1$  только  $h_x$  принимаем равное высоте молниеотвода  $h$

$N_2 = 0,06n(b + 10h)(a + 10h) \cdot 10^{-6} = 0,06 \cdot 50(40 + 10 \cdot 12)(50 + 10 \cdot 12) \cdot 10^{-6} = 0,0816$   
число отключений подстанций в год составит

$$\gamma_2 = N_2 \cdot \psi_i \cdot \psi_g \cdot \psi_n = 0,0816 \cdot 0,68 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} = 0,39 \cdot 10^{-4},$$

где  $\psi_n = 10^{-3}$  – вероятность прорыва молнии сквозь зону защиты молниеотводов.

Вероятное число лет работ подстанций без отключения от прямого удара молний составляет

$$m_2 = \frac{1}{\gamma_2} = \frac{1}{0,39 \cdot 10^{-4}} = 2,564 \cdot 10^4 = 25640 \text{ лет}$$

### 13.3. Расчет заземляющих устройств

При установке стержневого молниеотвода на конструкции ОРУ и когда заземлителем молниеотвода служит заземляющий контур подстанции, его следует считать протяженным.

Заземление отдельно стоящих молниеотводов выполняют своим обособленным, не соединенным с контуром заземление подстанции. Оно состоит из небольшого числа вертикальных электродов объединенных между собой круглой сталью или горизонтальной полосовой.

Для более эффективной молниезащиты необходимо заземление с низким сопротивлению растеканию высокочастотного грозowego импульса.

Рассчитаем заземляющее устройство молниеотвода. Удельное сопротивление грунта состоящего из глины и суглинка слабовлажного, смешанного грунта при нормальной влажности  $\rho = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  [8, Таб.1,12]. Оборудование электроподстанции располагается на площадь  $(50 \times 40) \text{ м}^2$ .

Исходя из таблицы 1.7 [8] Сопротивление заземления отдельно стоящего молниеотвода  $R_{3y} = 25 \text{ Ом}$ . - Расчетный ток замыкания на землю составляет

$$I_3 = \frac{U_H L_{ВЛ}}{350} = \frac{35 \cdot 2}{350} = 0,2 (A)$$

Сопротивление одного вертикального трубчатого или стержневого заземлителя (электрода) находится по формуле [8, табл.1.9]



$$r_6 = \frac{\rho_{расч}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{2t + \frac{l}{2}}{2t - \frac{l}{2}} \right) = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{2 \cdot \left(0,7 + \frac{5}{2}\right) + \frac{5}{2}}{2 \left(0,7 + \frac{5}{2}\right) - \frac{5}{2}} \right) = 68,02(Ом),$$

где  $\rho_{расч} = k_{сез} \rho = 1,5 \cdot 200 = 300$  Ом\*м;  $k_{сез} = 1,5$  – коэффициент сезонности для третьей климатической зоны [8, Таб.1.11].

Необходимое число вертикальных заземлителей

$$N_B = \frac{r_B}{R_{3V} \cdot \eta_B} = \frac{68,02}{25 \cdot 0,74} = 3,67,$$

где  $\eta_B = 0,74$  – коэффициент вертикальных электродов для рядного заземляющего устройства для  $a/l = 1,2$ ;

$N_B = 4$  [8, Таб.1.15].

Принимаем число электродов 4.

Фактическое заземление 4-х заземляющих устройств в целом [8, Таб.1.9]

$$R_{3VB} = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B} = \frac{68,02}{4 \cdot 0,74} = 22,97(Ом)$$

$$R_{3Vдон}(25 \text{ Ом}) > R_{фактич.}(22,97 \text{ Ом})$$

Следовательно заземляющее устройство состоящее из 4-х вертикальных заземляющих устройств будет эффективным.

Определим импульсное сопротивление заземляющего устройства

$$R_{3Vimp} = (0,97 \div 0,6) R_{3V} = (0,97 \div 0,6) \cdot 22,97 = 22,98 \div 13,78(Ом)$$

Для токов молнии  $I_M = 10-100$  кА, импульсный коэффициент изменяется в пределах

$$\alpha_{imp}^{10kA} = \sqrt{\frac{1500\sqrt{S}}{(\rho_{расч} + 320)(I_M + 45)}} = \sqrt{\frac{1500\sqrt{52 \cdot 42}}{(300 + 320)(10 + 45)}} = 1,43$$

$$\alpha_{imp}^{100kA} = \sqrt{\frac{1500\sqrt{S}}{(\rho_{расч} + 320)(I_M + 45)}} = \sqrt{\frac{1500\sqrt{52 \cdot 42}}{(300 + 320)(100 + 45)}} = 0,88$$

Число направлений растекания тока молнии по магистралям заземления должно быть 3-4, а расстояние от стойки с молниеотводом – не менее длины вертикального электрода.

По таблице 1.17 [8] выбираем схему молниезащиты подстанций предприятий (Рисунок 13.3.).

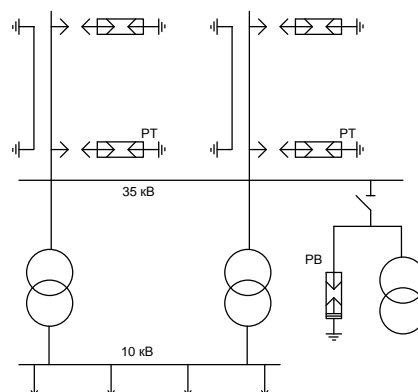


Рисунок 13.3. Схема молниезащиты подстанции.

Таким образом удалось разработать эффективную молниезащиту ГПП предприятия ОАО ТЭМЗ. Вероятное число лет работы подстанции без отключений от прямых ударов молнии составляет 25640 лет, что обеспечивает полную надежность ее работы. По результатам расчета заземления можно сделать вывод, что конструкция ГПП и молниеотводов отвечает всем требованиям безопасности и не несет угрозы вреда здоровью обслуживающего персонала.

### Спецификация

Поз.	Наименование	Кол.
1	Блок приёма ВЛ - 35кВ	2
2,3,5,6,7	Разъединитель 35кВ	10
4	Блок выключателя 35кВ	3
8	Разрядник - 35кВ	2
9	Трансформатор силовой	2
10	ТСН	2
11	Распределительное устройство КРУН - 10кВ	1
12,13	Молниеотвод	4
14	Ограждение	

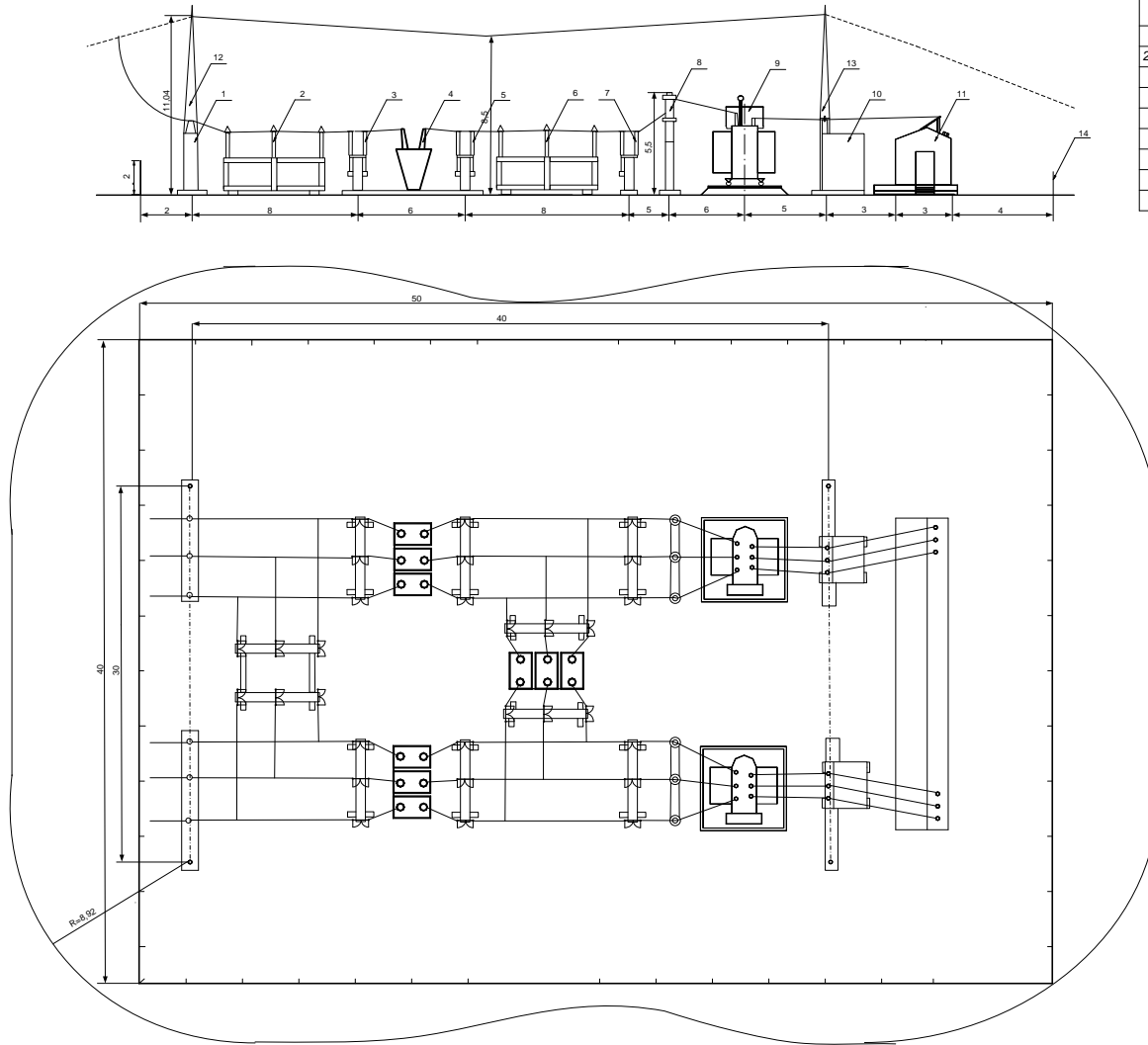


Рисунок 13.1. План и зона молниезащиты ОРУ ГПП

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5А16	Баранов Николай Николаевич

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПП</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02 Электроснабжение

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

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

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	- планирование выполнения проекта
2. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	- расчет бюджета на проектирование; - расчет капитальных вложений в основные средства.

**Перечень графического материала:**

1. *График разработки и внедрения ИР*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-5А16	Баранов Николай Николаевич		

ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ

					ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Баранов Н.Н.						
Руковод.		Муравлев И.О.					1	9
Реценз.						НИТЛУ ИнЭО гр.3-5а16/02		
Косульт.		Коршунова Л.А						
Утверд.								

## 14 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 14.1 Общие сведения

Целью данной работы является составление сметы на проектирование схем электроснабжения ОАО ТЭМЗ.

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

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

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

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

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

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

Различают две стадии проектирования:

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

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

### 14.2 Смета на проектирование

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на проектирование электроснабжения объекта в срок при наименьших затратах средств, составляется план-график, в котором рассчитывается поэтапная трудоемкость всех работ. После определения трудоемкости всех этапов темы, назначается число участников работы по этапам (таблица 15.1).

Таблица 14.1 – План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполненных работ	Исполнители	Прод-сть, дн.	СЗП, руб.	ЗП, руб.
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Руководитель	3		
		Инженер	3		
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инженер	7		
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	7		
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер	1		
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Технико-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	6		
6	Выбор трансформаторов ГПП. Технико-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель	3		
		Инженер	8		
7	Расчет внутривзаводской сети предприятия	Инженер	10		
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	2		
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В (выключатели, разъединители, измерительные трансформаторы тока и напряжения.	Инженер	3		
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	Руководитель	3		
		Инженер	7		
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Инженер	1		
12	Расчет молниезащиты	Инженер	2		
13	Расчет релейной защиты и автоматики	Инженер	2		
14	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	3		
15	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	5		
		Инженер	25		
16	Чертежные работы	Руководитель	4		
		Инженер	26		
Итого по каждой должности		Руководитель	14	1980,9	27733,33
		Инженер	115	891,42	102514,3
Итого :					130247,63

## Затраты на разработку проекта

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

- где 1)  $I_{\text{зп}}$  – заработная плата;  
2)  $I_{\text{мат}}$  – материальные затраты;  
3)  $I_{\text{ам}}$  – амортизация компьютерной техники  
4)  $I_{\text{со}}$  – отчисления в социальные фонды;  
5)  $I_{\text{пр}}$  – прочие затраты;  
6)  $I_{\text{накл}}$  – накладные расходы.

### 1) Расчет зарплаты

#### а) Месячная зарплата научного руководителя

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (ЗП_0 \cdot K_1 + Д) \cdot K_2 = (25000 + 2200) \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 41018 \text{руб.},$$

где  $ЗП_0$  – месячный оклад;

$Д$  – доплата за интенсивность труда;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий отпуск;

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

Зарплата научного руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\phi} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{41600}{21} \cdot 14 = 27345,33 \text{ руб.};$$

где  $n$  – количество отработанных дней по факту.

#### б) Месячная зарплата инженера

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = (16000 + 2000) \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 25272 \text{ руб.}$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\phi} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{25272}{21} \cdot 115 = 138394,29 \text{ руб.}$$

Расчет зарплаты сотрудников сведен в таблицу 15.2.

#### в) Итого ФЗП сотрудников

$$\text{ФЗП} = 27345,33 + 138394,29 = 165739,62 \text{ руб.}$$

Расчет ФЗП приведен в таблице 15.2.

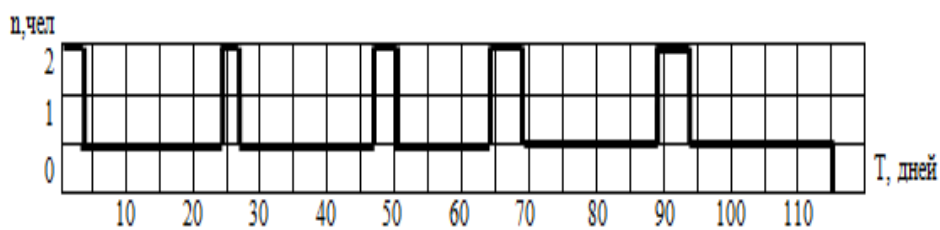


Таблица 14.2 – Расчет ФЗП.

Должность	ЗПо, руб.	Д, руб.	К1	К2	И <sup>мес</sup> , руб.
Руководитель	25000,0	2200,0	1,16	1,3	41018
Инженер	16000,0	2000,0	1,08	1,3	25272
Итого	41000	–	–	–	66290

Календарный план проекта и график занятости представлены на рис. 14.1:

Исполнитель	Календарные дни											Перечень выполняемых работ			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110				
Руководитель	■														Ознакомление с производственной документацией
			■												Выбор трансформаторов ГПП
					■										Расчет схемы электроснабжения цеха
							■								Составление расчетно-пояснительной записки
										■					Чертежные работы
Инженер	■														Ознакомление с производственной документацией
	■	■													Расчет электрических нагрузок по цеху
		■	■												Расчет электрических нагрузок по предприятию
			■												Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН
				■											Выбор трансформаторов цеховых подстанций
					■										Выбор трансформаторов ГПП
						■									Расчет внутрисоволковой сети предприятия
							■								Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В
								■							Выбор оборудования в сети выше 1000 В
									■						Расчет схемы электроснабжения цеха
										■					Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В
											■				Расчет молниезащиты
												■			Расчет релейной защиты и автоматики
													■		Расчет эторы отклонений напряжения
														■	Составление расчетно-пояснительной записки
														Чертежные работы	



Календарный план проекта и график занятости представлены на рис. 14.1

## 2) Материальные затраты

Таблица 14.3 – Затраты на материал

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб	И <sub>м</sub> , руб
Флеш память	1	500,0	500,0
Упаковка бумаги А4 500	1	250,0	250,0
Канцтовары	–	1000,0	1000,0
Тонер-картридж для HP LaserJet P2035 (3000с.)	1	2500,0	2500,0
Итого И <sub>мат</sub> , руб	–	–	4250,0

## 3) Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах.

$$I_{ам} = T_{исп.КТ} / T_{кал} * Ц_{КТ} * 1 / T_{сл} = 115 / 365 * 25000 * 1 / 5 = 1575 \text{ руб}$$

где  $T_{исп.КТ}$  – время использования компьютерной техники на проект;  
 $T_{кал} = 365$  – годовой действительный фонд рабочего времени используемого оборудования;

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

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

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 15.4.

Таблица 15.4 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб	Кол-во, шт.	$T_z$ , дней	И <sub>ам</sub> , руб	$T_{сл}$ , лет
Компьютер инженера	25000,0	1	115	1575	5
Компьютер руководителя	25000,0	1	14	191.78	5
Принтер	5000,0	1	115	315.06	5
Компьютерный стол инженера	8000,0	1	115	252.05	10
Компьютерный стол руководителя	11000,0	1	14	42.19	10
Стул инженера	2000,0	1	115	63.14	10
Стул руководителя	5000,0	1	14	16.17	10
Итого И <sub>ам</sub> , руб	-	-	-	2455,39	-

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

$$I_{со} = 0,3 * 165739,62 = 49721,88 \text{ руб.}$$

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

$$I_{\text{пр}} = 0,1 ( \text{ФЗП} + I_{\text{м}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{со}} =$$

$$= 0,1 \cdot ( 165739,62 + 4250,0 + 2455,39 + 49721,88) = 22216,69 \text{ руб.}$$

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

$$I_{\text{накл}} = 2,0 \cdot \text{ФЗП} = 2,0 \cdot 165739,62 = 331479,24 \text{ руб.}$$

7) Затраты на разработку проекта (себестоимость)

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

$$= 165739,62 + 4250,0 + 2455,39 + 49721,88 + 22216,69 + 331479,24 = 575862,8 \text{ руб.}$$

8) Прибыль, полученная от реализации проекта (20% от себестоимости проекта)

$$П = 0,2 \cdot 575862,8 = 115172,56 \text{ руб.}$$

9) Стоимость проекта

$$K_{\text{пр}} = K + П = 575862,8 + 115172,56 = 691035,36 \text{ руб.}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 7.5.

Таблица 14.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб.
1	ФЗП	165739,62
2	Материалы $I_{\text{мат}}$	4250,0
3	Амортизация основных фондов $I_{\text{ам}}$	2455,39
4	Социальные отчисления $I_{\text{со}}$	49721,88
5	Прочие расходы $I_{\text{пр}}$	22216,69
6	Накладные расходы $I_{\text{н}}$	331479,24
7	Себестоимость проета К	575862,8
8	Прибыль П	115172,56
Цена проекта $K_{\text{пр}}$ , руб		691035,36

## 14.4 Выбор варианта электроснабжения завода.

Таблица 14.6 – Структурных решений электроснабжений завода

Индекс параметра	Морфологический признак (параметр)	Вид (способ) исполнения	
		1	2
1	2	3	4
2	Выбор внешнего напряжения питания завода	110кВ	35кВ
3	Выбор провода ВЛ	АС 120/19	АС 70/11
4	Выбор трансформатора ГПП	ТМН 4000/35	ТМН 6300/35
5	Выбор напряжение питания завода	10кВ	6кВ
6	Выбор кабеля питания ТП	АСБ 3*120	АСБ 3*150
7	Выбор трансформатора ТП	ТМ 1600/10	ТМ 1000/10
8	Выбор аппарата защиты ПР	ВА74 – 43	ВА74 – 40
9	Выбор кабеля питания ПР	АВВГ 4 × 185	АВВГ 4 × 150
10	Выбор аппарата защиты электроприемника	ВА13-29	ВА47-29
11	Выбор кабеля питания электроприемника	Кабель АВВГ 4 × 6	Кабель ВВГ 4 × 4

#### 14.4 Смета затрат на электрооборудование

Таблица 14.7 – Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого завода

№ п/п	Наименование оборудования	Единицы измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТМН-6300/35	шт.	2	2700,00	560,23	5400	1120,46
	ТМ-1600/10	шт.	7	800,0	115,2	5600	806,4
2	ВБНТ-35	шт.	2	321,75	58,9	643,5	117,8
	ВВТЭ-М-10	шт.	10	87,95	21,36	879,5	213,6
	РНД-35/2000У1	шт.	6	105,5	20,98	633	125,88
3	ТШЛ 10	шт.	2	27,8	4,96	55,6	9,92
	ТФЗМ35А	шт.	2	101,1	18,56	202,2	37,12
4	НТМИ-10	шт.	2	40,05	6,12	80,10	12,24
	ЗНОМ-35	шт.	2	33,5	8,19	67	16,38
5	ПР11-7123-21У3	шт.	5	28,5	4,56	142,5	22,80
	ЯОУ 85-01	шт.	1	1,7	0,52	1,7	0,52
6	Автомат ВА74 – 40	шт.	5	43,70	8,74	218,5	43,7
	Автомат ВА57 – 35	шт.	1	2,90	0,58	2,9	0,58
	Автомат ВА47-29	шт.	46	5,40	1,08	248,4	49,68
7	Кабель АСБ -3 × 150	км.	0,71	632,41	123,5	449,01	87,69
	Кабель АСБ -3 × 70	км.	0,32	434,7	96,78	139,1	30,97
	Кабель АВВГ 4 × 185	км.	0,1	654,4	55,86	65,44	5,59
	Кабель АВВГ 4 × 120	км.	0,05	437,74	47,95	21,89	2,4
	Кабель АВВГ 4 × 95	км.	0,05	363,2	39,87	18,16	1,99
	Кабель АВВГ 4 × 16	км.	0,5	67,51	6,85	33,76	3,43
	Кабель АВВГ 4 × 10	км.	0,4	45,37	4,75	18,15	1,9
	Кабель АВВГ 4 × 6	км.	0,3	29,38	3,75	8,81	1,13
	Кабель АВВГ 4 × 4	км.	0,32	20,21	2,78	6,47	0,89
	Кабель АВВГ 4 × 2,5	км.	3,2	15,53	1,78	49,7	5,7
	Провод АС 120/19	км.	6	108,39	214,5	650,34	1287,0
Итого по цеху, тыс. руб						15635,72	4005,75

Полная стоимость затрат на разработку проекта, оборудование и монтаж, тыс.руб. : $K = K_{пр} + K_{об} + K_{монт} = 691,035 + 15635,72 + 4005,75 = 20332,50$  тыс.руб.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
<b>3-5a16</b>	<b>Баранов Николай Николаевич</b>

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ.Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, ПУЭ Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Обутверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок”. Согласно Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках СО 153-34.03.603-2003 электрзащитные средства подразделяются на защитные средства для работы с электроустановками до и выше 1000 В.</p>
<p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Наиболее частыми в сетях напряжением выше 1000 В являются поражения, вызванные:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Случайным прикосновением или приближением на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением.</li> <li>2. Появлением напряжения на металлических конструктивных частях электрического оборудования (корпусах, кожухах и т.п.) в результате повреждения изоляции и других причин.</li> <li>3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.</li> </ol>
<p>3. <i>Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- результат стихийных бедствий;</li> <li>- воздействие внешних природных факторов, приводящие кстарению материалов;</li> <li>- технико-производственные дефекты сооружений;</li> <li>- нарушение правил эксплуатации сооружений и технологических процессов;</li> <li>- нарушение правил техники безопасности при ведении работ и во время технологических процессов.</li> </ul>
<p>4. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Правовой основой обеспечения государственной безопасности является целый ряд законов: федеральные законы «О безопасности» (в ред. Указа Президента РФ от 24 декабря 1993 г. № 2288); «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ); «Об обороне» (в ред. Федерального закона от 30 декабря 1999 г. № 223-ФЗ); «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ);</p>

**Перечень графического материала:**

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	Доцент к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5a16	Баранов Николай Николаевич		





## **15 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **15.1 Введение**

Охрана труда – это свод законодательных актов, социально-экономические, организационные, технические, гигиенические мероприятия и средства, обеспечивающие безопасность и сохранение здоровья человека в процессе труда, предотвращение воздействия на работающих опасных производственных факторов. 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. Задача охраны труда – свести к минимальной вероятности травм или профессиональных заболеваний персонала, и одновременного обеспечения комфортного и максимально производительного труда. Выполнение правил и норм по охране труда обеспечивает необходимую электробезопасность, пожаро- и взрывобезопасность электроустановок, комфортную среду на рабочих местах операторов, ведущих производственный процесс, и работников, обслуживающих производственные установки. Одним из важнейших нормативных документов по охране труда является “Система стандартов безопасности труда” (ССБТ), представляющая собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда.

Будет рассмотрено рабочее место электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования на подстанции с подробным рассмотрением всех неблагоприятных факторов, угрожающих здоровью.

### **15.2 Анализ опасных и вредных факторов**

Опасный производственный фактор - это такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях, приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

При выполнении персоналом работ подстанции 35/10 кВ к вредным факторам следует отнести следующие:

1. Микроклимат;
2. Состояние воздушной среды;
3. Шум;
4. Недостаточная освещённость;
5. Электромагнитное излучение.

К опасным факторам следует отнести:

1. Поражение электрическим током;
2. Пожаро- и взрывоопасность (взрыв масла в баке трансформатора);
3. Падение с высоты (при замене ламп, ремонте трансформаторов и другого оборудования);

### 15.3 Техника безопасности

Техника безопасности - это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов ГОСТ 12.0.002 80 .

Электроустановкой называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи распределения электроэнергии.

Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются по ПУЭ на установки выше 1000 В и установки ниже 1000 В (по действующему значению напряжения).

Производство машиностроительного завода относится к электроприёмникам второй категории, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции.

При проектировании электроснабжения предусматривалось выполнение всех требований правил безопасности и техники эксплуатации электроустановок промышленных предприятий.

Подстанции производства необходимо обеспечить следующими защитными средствами:

#### 1. Для работы в электроустановках выше 1000 В

- основные защитные средства:

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

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

Изолирующие части основных средств защиты должны быть выполнены из электроизоляционных материалов с устойчивыми диэлектрическими свойствами (из фарфора, бумажно-бакелитовых труб, эбонита, гетинакса, пластических и стекло-эпоксидных материалов и т.д.).

Материалы, поглощающие влагу (бумажно-бакелитовые трубы, дерево и т.д.), должны быть покрыты влагостойким лаком и иметь гладкую поверхность без трещин, расслоений и царапин.

- дополнительные защитные средства:

- перчатки диэлектрические
- комплекты индивидуальные экранирующие
- изолирующие накладки и подставки
- боты диэлектрические
- диэлектрические колпаки
- заземления переносные
- оградительные устройства
- знаки безопасности и плакаты безопасности

- ковры диэлектрические

#### Для работы в электроустановках ниже 1000 В

- основные защитные средства:
  - указатели напряжения
  - перчатки
  - инструмент слесарный с диэлектрическими рукоятками
- дополнительные защитные средства:
  - галоши диэлектрические
  - ковры диэлектрические
  - заземления переносные
  - изолирующие подставки и накладки
  - оградительные устройства
  - знаки безопасности и плакаты безопасности.

Защитные средства должны храниться в порядке и находиться на специально отведенных для этого местах. Основные и дополнительные средства должны быть испытаны и иметь штамп, указывающий на напряжение установки, для которой допустимо применение данного средства, а также срок следующего испытания.

### **15.4 Электробезопасность**

В отношении опасности поражения электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности (складские, конторские помещения);
2. Помещение с повышенной опасностью, характеризуются наличием одного из следующих условий:
  - токопроводящая пыль, сырость
  - токопроводящие полы
  - высокая температура
  - возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическому корпусу электрооборудования - с другой.
3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:
  - а) сырости
  - б) химически активной или органической среды
  - в) одновременно двух или более условий повышенной опасности
4. Территории размещения наружных электроустановок. Эти территории приравниваются к особо опасным помещениям.

Подстанция 35/10 кВ относится к особо опасным помещениям.

Каждый изолированный от земли проводник сети связан с землей через активные проводимости путем утечки тока, вследствие наличия в той или иной степени проводимости его изоляции относительно земли. Кроме того, проводники обладают по отношению к земле емкостью, т. е. имеют с ней емкостную связь.

Наиболее частыми в сетях напряжением выше 1000 В являются поражения, вызванные:

1. Случайным прикосновением или приближением на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

2. Появлением напряжения на металлических конструктивных частях электрического оборудования (корпусах, кожухах и т.п.) в результате повреждения изоляции и других причин.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.

Таким образом, важнейшим мероприятием в области снижения электротравматизма является строгое соблюдение правил безопасности и правил технической эксплуатации электрических установок "Электробезопасность". Мерами защиты от поражений током являются:

- Обеспечение недоступности токоведущей части, находящейся под напряжением от случайного прикосновения;

- Электрическое разделение сети;

- Устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и др.

- Применение специальных защитных средств - переносных приборов и приспособлений,

- Организация безопасной эксплуатации электроустановок.

В процессе эксплуатации электроустановок нередко возникают условия, при которых даже самое совершенное их выполнение не обеспечивает безопасности работающего персонала и требуется применение следующих средств защиты:

1. Изолирующие электрозащитные средства.

2. Ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления.

3. Предохранительные средства защиты, предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

Исправность средств защиты должна проверяться осмотром перед каждым применением, а также периодически через 6-12 месяцев.

## **15.5 Защитное заземление**

Заземление, устраиваемое с целью обеспечения безопасности, представляет собой преднамеренное соединение с землей металлических частей электрической установки, в нормальных условиях не находящихся под напряжением, при помощи заземляющих проводников и заземлителей.

Назначение защитного заземления заключается в создании между металлическими конструкциями или корпусом защищаемого устройства и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления.

В установках 380/220 В с заземленной нейтралью трансформаторов применяем систему заземления, при которой заземленные проводники соединяются с заземленной нейтралью. Наличие такого соединения превращает замыкание токоведущих частей на заземленные части установки в короткое замыкание, вследствие чего происходит отключение аварийного участка автоматом или предохранителем, ГОСТ 12.1.030-81.

Таким образом, целями устройства защитных заземлений являются:

а) в установках с изолированной нейтралью – обеспечение безопасной величины тока, протекающего через тело человека при замыканиях фазы сети на заземленные участки;

б) в установках с заземленной нейтралью – обеспечение возможности автоматического отключения дефектных участков сети при тех же замыканиях.

Переносимые защитные заземления должны быть пронумерованы, и на каждое заземление необходимо иметь свой плакат, который вывешивается при установке заземления. Это исключит ошибочную подачу напряжения на "закороченный" фидер.

Каждая подстанция должна иметь комплект предупредительных плакатов.

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

1. Должностная инструкция дежурного данного района обслуживания.
2. Инструкция по производству оперативных переключений на подстанции данного района.
3. Инструкция действий оперативного персонала в случае аварии.
4. Инструкция дежурного персонала по технике безопасности.
5. Оперативный журнал.
6. Журнал производства работ.
7. Журнал телефонограмм.

Кроме того, на подстанциях должен быть список лиц административно-технического персонала утвержденный главным энергетиком завода, имеющих право единоличного осмотра подстанций. У дежурного персонала, обслуживающего ПС, раз в год должна производиться проверка знаний по ТБ, ПТЭЭП и МПОТ, что должно отмечаться в журнале проверки знаний и на руки дежурному должно выдаваться удостоверение установленного образца.

К самостоятельному дежурству должны допускаться лица сдавшие экзамены по рабочему месту и имеющие квалификационную группу не ниже 4.

Распределительные устройства ПС должны быть выполнены согласно ПУЭ 4-2. Подстанции должны быть укомплектованы также противопожарным инвентарем. В РУ и в камерах трансформаторов должны

быть установлены ящики с песком, а также угольно-кислотные огнетушители. Двери камер трансформаторов должны быть трудносгораемыми (обшиты текстолитом).

## **15.6 Производственная санитария**

Производственная санитария служит для практического использования научных положений гигиены труда и занимается изучением вопросов санитарного устройства, эксплуатации и содержания предприятия и оборудования, разработкой требований, обеспечивающих нормальные условия труда на рабочих местах, в производственных помещениях и на территории предприятия.

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

## **15.7 Микроклимат**

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- Температура воздуха  $t$ ,
- Относительной влажностью  $Y, \%$
- Интенсивность теплового излучения  $I, \text{Вт/м}^2$ ;
- Скоростью движения ветра  $U, \text{м/с}$ .

Под оптимальными микроклиматическими параметрами следует понимать такие, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционирования и теплового состояния организма, создают ощущение теплового комфорта и являются предпосылкой высокого уровня работоспособности. Для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне. Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Оптимальные величины относительной влажности составляют 40-60%. Движение воздуха является важным фактором, влияющим на самочувствие человека. Минимальная скорость движения воздуха, ощущаемая человеком, составляет 0,2-0,1 м/с. В зимнее время года скорость движения воздуха не должна превышать 0,2-0,4 м/с, а летом 0,2-0,1 м/с. Особенно неблагоприятные условия возникают в том случае, когда наряду с высокой температурой в помещении наблюдается повышенная влажность, ускоряющая возникновение перегрева организма. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 устанавливаются оптимальные и допустимые метеорологические условия для рабочей зоны, помещений, при выборе которых для данного цеха будем учитывать:

1. Время года – холодный период со средней температурой наружного

воздуха ниже +5 С;

2. Категория работы: физическая работа средней тяжести с энергозатратами 172-293 Дж/с (150-200 кКал/ч).

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на подстанции, сведем в таблицу 10.1

**Таблица 15.1.**

Период года	T, °С	У, %	U, м/с, не более
Холодный и переходный	+17 - +19	60-40	0,3
Теплый	+20 - +22	60-40	0,4

**Таблица 15.2. Допустимые показатели микроклимата**

Период года	Категории работ	t, °С				Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
		Верхняя граница		Нижняя граница			
		Пост. РН	Непост. РН	Пост. РН	Непост. РН		
Холодный	П <sub>6</sub>	21	23	15	13	75	<0,4
Тёплый	П <sub>6</sub>	27	29	16	15	70	0,2-0,5

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 100 Вт/м<sup>2</sup> при облучении не более 25% поверхности тела.

### **Воздухообмен**

В целях обеспечения необходимых санитарно-гигиенических норм воздушной среды в рабочих помещениях на предприятиях устанавливаются вентиляционные устройства, т.е. организованный и регулируемый обмен, обеспечивающий удаление из помещений воздуха загрязненного вредными газами, парами, пылью. В оперативном пункте управления на подстанции 35/6 кВ применяются естественная вентиляция. Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается с помощью электрообогревательных приборов.

### **15.8 Освещение**

К современному производственному освещению предъявляют высокие требования гигиенического и технико-экономического характера.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое воздействие на рабочих, содействует повышению производительности труда.

В зависимости от природы источника света, освещение различают: естественное, искусственное, комбинированное. При недостатке естественного освещения используют комбинированное освещение. Последнее представляет собой освещение, при котором в светлое время



суток одновременно светят естественное и искусственное освещение. А при отсутствии естественного освещения – только искусственное.

Основная задача освещения - создание наилучших условий для видения. Эту задачу возможно решить только осветительной системой, отвечающей следующим требованиям:

1. Освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительных работ.
2. Необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства.
3. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени.
4. В поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная бликоность - повышенная яркость светящихся поверхностей.
5. Величина освещенности должна быть постоянной во времени.
6. Следует выбирать необходимый спектральный состав света.
7. Следует выбирать оптимальную направленность светового потока.
8. Все элементы осветительных установок должны быть достаточно долговечны, электробезопасны, а также не должны быть причиной возникновения пожара или взрыва.
9. Установка должна быть удобной и простой в эксплуатации, отвечать требованиям эстетики.

Рекомендуемые значения освещенности для оперативного пункта управления на ПС 35/6 кВ приведены в таблице, представленной ниже, на основании СНиП.

Таблица 15.3

Лампы накаливания. Освещенность, Лк		Газоразрядные лампы. Освещенность, Лк	
Искусственное	Общее	Искусственное	Общее
150	----	200	----

В приведенных нормах для газоразрядных ламп значение норм освещенности выше, чем для ламп накаливания, из-за большой светоотдачи этих ламп.

В нормах заложена тенденция повышения освещенности во всех случаях, когда ее можно увеличить за счет повышения экологических установок.

### Расчет освещения на рабочем месте

#### 1. Освещённость (СНиП-23-05-95).

Основная задача освещения на производстве – создание наилучших условий для зрения.

Произведём расчёт освещения. Помещение не относится к высоким категориям по взрывоопасности и пожароопасности, целесообразно использовать светильники с люминесцентными лампами. В связи с тем что, требуется обеспечить большую освещенность, выбираем в качестве

источников света люминесцентные лампы ЛД-80, установленные в двухламповые светильники типа ОДР.

Производственное помещение имеет размеры:  $A = 44$  м,  $B = 70$  м,  $H = 3$  м. Коэффициент отражения потолка и стен составляет соответственно  $\rho_n = 70\%$ ,  $\rho_c = 50\%$ . Требуемое значение освещенности равно  $E_n = 500$  лк, рабочая поверхность находится на высоте  $h_p = 0,8$  м, расстояние свеса светильников  $h_{св} = 0,2$  м.

Для определения суммарного светового потока используем формулу:

$$F_{\text{треб}} = \frac{E_n \times S \times Z \times K_3}{\eta};$$

где:  $F_{\text{треб}}$  – суммарный световой поток; лм

$E_n$  – значение освещенности установленное по СНиП; лк

$S$  – площадь помещения;  $\text{м}^2$

$K_3 = 1,5$  – коэффициент запаса, связанный со старением ламп, их загрязнением для люминесцентных ламп;

$Z = 1,1-1,5$  – коэффициент неравномерности освещения;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока [14, табл. 5]

1. Рассчитаем площадь помещения:

$$S = 44 \cdot 70 = 3080 \text{ м}^2;$$

2. Рассчитаем высоту подъема светильников:

$$h = H - h_p - h_{св} = 3 - 0,8 - 0,2 = 2 \text{ м};$$

3. Для определения коэффициента использования светового потока вычислим индекс помещения:

$$i = A \cdot B / (A + B) \cdot h = 44 \cdot 70 / (44 + 70) \cdot 2 = 13,5;$$

Тогда  $\eta$  для светильников типа ОДР определим по [14, табл. 5]:

$$\eta = 50\% \text{ или в долях } 0,5;$$

4. Рассчитаем требуемый световой поток

$$F_{\text{треб}} = 500 \cdot 3080 \cdot 1,1 \cdot 1,5 / 0,5 = 5082000 \text{ лм};$$

Учитывая, что номинальный световой поток одной лампы ЛД-80 равен 4070 лм [14, табл. 2] получаем нужное количество ламп для обеспечения, требуемого светового потока:

$$n = 5082000 / 4070 = 1250 \text{ шт.}$$

Так как в этих светильниках предусмотрены 2 лампы, то количество светильников будет:

$$m = 1250 / 2 = 625;$$

Принимаем  $m = 625$  шт.

5. Используя рекомендуемое соотношения  $L/h$  для светильников ОДР, равное 1,4 [14, табл. 4], получаем расстояние между рядами светильников  $L = 2,8$  м. Отсюда число получим число рядов  $B/L = 44 / 2,8 = 15,7$  после округления 16 рядов, а число светильников в ряду 39 шт. Поскольку длина каждого светильника равна 1,514 м, то длина одного ряда составит:  $1,514 \cdot 39 = 59$  м. Разрыв между светильниками составит:

$$R = (70 - 59) / 5 = 2,2 \text{ м}$$

Расстояние от торцовых стен до начала ряда светильников равно:

$$R/2 = 2,2/2 = 1,1 \text{ м}$$

### **Шум**

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

Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Продолжительность действия сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте. Таким образом, шум вызывает нежелательную реакцию всего организма человека.

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука в дБ. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значения которых приведены в ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». Поэтому для рабочих мест данного места допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБА, а допустимый уровень звука 85 дБ.

Одним из основных методов уменьшения шума на производственных объектах является снижение шума в основных его источниках - в электрических машинах, вентиляторах и т. д.

Строительные нормы и правила СНиП 11-12-17 предусматривают защиту от шума строительными-акустическими методами, при этом для снижения уровня шума предусматриваются следующие меры:

- установка в помещениях звукопоглощающих конструкций и экранов;
- звукоизоляция ограждающих конструкций;
- уплотнение по периметру притворов окон, дверей, ворот;
- звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными конструкциями;
- устройство звукоизолированных кабин наблюдения и дистанционного управления технологическим процессом;
- укрытия в кожухи источников шума.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

### **Защита от электромагнитных полей**

Источниками электромагнитных полей на подстанции являются: трансформаторы, кабели, шинопроводы, катушки магнитных пускателей, и т. д.

Согласно ГОСТ 12.1.002.-75 допустимые уровни напряженности и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле составляют:

- 5кВ/м – без ограничений;
- от 5 кВ/м до 10 кВ/м – не более 3,5 часов;
- от 10 кВ/м до 15 кВ/м - не более 1,5 часа;
- от 15кВ/м до 20кВ/м – не более 10 минут;
- от 20 кВ/м до 25кВ/м - 5 минут.

Защита от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты осуществляется экранированием источников.

Активная часть трансформаторов помещена в металлический маслonaполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах. Шинопроводы прокладываются в металлических коробах, кабели прокладываются в полу, в специальных кабельных каналах.

Для персонала подстанции внутри ее территории напряженность электрического поля по нормам должна быть не более 15 кВ/м на маршрутах обходов для просмотра оборудования, и не более 5 кВ/м на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное воздействие на персонал при профилактических ремонтных работах. В зонах, где эти значения превышены, производится экранирование площадок у рабочих мест и трасс на маршрутах обходов

### **Пожарная безопасность**

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов. Основы противопожарной защиты определяются стандартами ГОСТ 12.1.004-86 «Пожарная безопасность» и ГОСТ 12.1.010-86 «Взрывоопасность. Общие требования.» Этими стандартами возможная частота пожаров и взрывов допускается такой, чтобы вероятность их возникновения в течение года не превышала  $10^{-6}$  на человека.

Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючей является изоляция обмоток электрических машин, трансформаторов, различных электромагнитов (контакторы реле, контрольно-измерительные приборы), а так же электронагревательные приборы.

Всевозможные лаки, компаунды, масла, битумы, канифоль, и ряд других электроизоляционных и конструктивных материалов являются горючими и пожароопасными материалами. В случаях значительных перегрузок проводников, и особенно при прохождении токов КЗ, температура изоляции возрастает настолько, что материал разлагается с выделением горючих паров и газов, что зачастую является причиной возгорания.

Большую опасность возникновения пожара представляют маслonaполненные аппараты: трансформаторы, кабели с бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифольевым составом и т.д.

В силовых трансформаторах с масляным охлаждением существует возможность межвитковых КЗ, в результате которых возникает настолько большой ток, что изоляция быстро разлагается с выделением горючих газов.

Учитывая пожарную опасность электроустановок, ПУЭ устанавливает ряд специальных требований к электрооборудованию при проектировании и монтаже. Кроме того, в соответствии с ПУЭ, помещения по пожарной и взрывопожарной опасностям делятся на различные категории.

Территория ПС 35/10 кВ в соответствии с классификацией пожароопасных зон относится к зоне класса П–III (зоны, расположенные вне помещений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C). Согласно классификации взрывоопасных зон ПС 35/10 кВ относится к зоне класса В–Iг (Зоны класса В – Iг – пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ; надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ; эстакад для слива и налива ЛВЖ; и т. д.)

Ответственность за соблюдения необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на начальника цеха.

Для каждого предприятия на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий (утвержденных ГУПО МВД СССР 21 августа 1976 года) разрабатываются общеобъектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях должны быть определены основные требования пожарной безопасности для данного участка производства.

Устанавливается также порядок вызова пожарной охраны на случай возникновения пожара. Для проведения профилактической работы необходимо осуществлять соответствующие мероприятия, направленные на снижение пожарной опасности.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Организационные мероприятия предусматривают: правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности и т. д.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил и норм при проектировании зданий, при обустройстве электропроводки и оборудования, отопления, вентиляции, освещения; правильное размещение оборудования.

Мероприятия режимного характера: запрещение курения в неустановленных местах и производства огневых работ в пожароопасных помещениях.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

В пожарную профилактику при проектировании и строительстве промышленных предприятий входят следующие:

- группирование в отдельные комплексы объектов, родственных по фундаментальному назначению и признаку пожарной опасности с учётом рельефа местности;
- устройство противопожарных резервуаров и преград;
- предусмотрение пути эвакуации людей на случай пожара;
- удаление дыма из помещений при пожаре;
- **повышение огнестойкости зданий и сооружений путем облицовки или оштукатуривания металлических конструкций.**

К основным причинам возникновения пожара относятся:

- электрического характера (короткое замыкание, ненадежность контактной системы, перегрев проводов);
- наличие открытого огня (сварные работы, пламя и искры машин газовой резки, и т.д.);
- удар молнии;
- разряды статического электричества.

Для устранения вышеуказанных причин на ПС 35/10 кВ осуществляют следующие мероприятия:

- для предотвращения коротких замыканий проводят: измерения сопротивления изоляции (условие  $R_{из} > 0,5 \text{ МОм}$ ), защиту от механических повреждений (прокладка проводов и кабелей в трубах), использование коммутирующей аппаратуры для быстрого отключения места повреждения;
- все сварочные работы производят на сварочном участке или сварочном посту; если иначе, то получают разрешение для ведения работ в других местах;
- обязательное выделение мест для курения;
- защита всех производственных объектов молниеотводами;
- защита от статических разрядов с помощью заземления;
- используют специальные огнеупорные заградительные конструкции.

Для тушения пожара широко применяются различные химические средства, выбрасываемые в очаг пожара с помощью огнетушителей, например, углекислотных огнетушителей типов ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8 и др., предназначенные для тушения возгорания различных материалов и электроустановок. В помещениях оборудуются специальные щиты и посты со следующим инвентарем:

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 (или другого типа);
- ящик с песком  $3 \text{ м}^3$  - 1 шт;
- асбест  $2 \times 1,5 \text{ м}$  - 1 шт;
- ведро - 2 шт;
- лопата - 2 шт;
- багор.

**На подстанции причиной взрыва может послужить нагретое до высокой температуры масло в баке трансформатора (из-за межвитковых коротких замыканий или при очень больших нагрузках).**

Для предотвращения взрыва на подстанции необходимо устанавливать на трансформаторы газовые реле, автоматически регулируемые клапаны, мембраны и т.д.

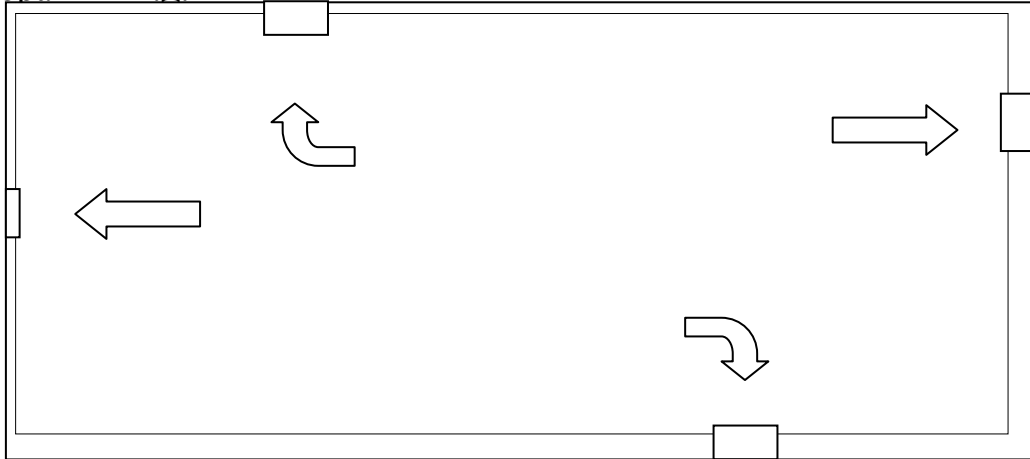


Рисунок 1. План эвакуации из цеха при пожаре и ЧС.

**Взрыв**

**На подстанции причиной взрыва может послужить нагретое до высокой температуры масло в баке трансформатора (из-за межвитковых коротких замыканий или при очень больших нагрузках).**

Для предотвращения взрыва на подстанции необходимо устанавливать на трансформаторы газовые реле, автоматически регулируемые клапаны, мембраны и т.д.

### **Чрезвычайные ситуации**

Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:

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

Под устойчивостью работы предприятия в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени понимается его способность производить в этих условиях запланированную продукцию в установленном объеме.

Надежная работа предприятия в условиях военного времени неразрывно связана с защитой рабочих, служащих и членов их семей от оружия массового поражения, для обеспечения которой в мирное время производятся следующие основные мероприятия:

- а) поддержание в постоянной готовности системы оповещения;
- б) обеспечение фонда убежищ на объекте для работающей, и противорадиационных укрытий в загородной зоне для отдыхающих смен и членов семей рабочих и служащих;
- в) планирование и выполнение подготовительных работ по строительству на объекте быстро возводимых убежищ и ПРУ в загородной зоне;
- г) поддержание в готовности защитных сооружений и организация обслуживания убежищ и укрытий;
- д) планирование и подготовка к рассредоточению и эвакуации в загородную зону производственного персонала и членов их семей;
- е) накопление, хранение и поддержание готовности средств индивидуальной защиты;
- ж) обучение рабочих и служащих способам защиты от ОМП и действиям по сигналам оповещения ГО.

От устойчивости зданий и сооружений к ударной волне зависит в основном устойчивость всего объекта. Целесообразным пределом повышения устойчивости зданий и сооружений к такому воздействию считается такой, при котором полученные предприятием разрушения дают возможность его оправданного восстановления. Вместе с тем, стремиться повышать устойчивость всех зданий и сооружений не следует, так как это связано с большими материальными затратами, которые не всегда оправдываются. Главным образом следует повышать прочность наиболее важных элементов производства, от которых зависит работа всего предприятия, но устойчивость которых ниже общего предела устойчивости.

Повышение устойчивости зданий и сооружений достигается устройством каркасов, рам, подносов, контрфорсов и опор для уменьшения пролета несущих конструкций, а также применением более плотных материалов.

Надежно защитить всё технологическое оборудования от воздействия ударной волны практически невозможно, так как доводить прочность зданий цехов до защитных свойств убежищ экономически нецелесообразно. Защита оборудования необходима, если: защищаемое оборудование способно при разрушении остальной части предприятия выпускать особо важную продукцию; защищаемое оборудование трудно восстанавливается, а при поражении данного объекта предусматривается использования этого оборудования на других предприятиях; защищаемое оборудование уникально, и его необходимо сохранить для дальнейшего использования.

#### 1. Защита рабочих и служащих.

Надёжная работа предприятия в условиях военного времени неразрывно связана с защитой рабочих, служащих и членов их семей от оружия



массового поражения, для обеспечения которой в мирное время проводятся следующие основные мероприятия:

- поддержание в постоянной готовности системы оповещения;
- обеспечения фонда убежищ на объекте для работников;
- поддержание в готовности защитных сооружений и организация обслуживания убежищ и укрытий;
- планирование и подготовка к рассредоточению и эвакуации в загородную зону производственного персонала и членов их семей;
- накопление, хранение и поддержание в готовности средств индивидуальной защиты;
- обучение рабочих и служащих способам защиты от ОМП и действия по сигналам оповещения ГО.

## 2. Повышение устойчивости инженерно-технического комплекса объекта к ударной волне.

От устойчивости зданий и сооружений зависит в основном устойчивость всего объекта. При этом стремиться повышать устойчивость всех зданий и сооружений не следует, так как это связано с большими материальными затратами, которые не всегда будут оправданными. Главным образом, следует повышать прочность наиболее важных элементов производства, от которых зависит работа всего предприятия, но устойчивость, которых ниже общего предела устойчивости.

Повышение устойчивости зданий и сооружений достигается устройством каркасов, рам, подкосов, контрфорсов, опор для уменьшения пролёта несущих конструкций, а также применением более прочных материалов.

Надёжно защитить всё технологическое оборудование от воздействия ударной волны практически невозможно, так как доводить прочность зданий цехов до защитных свойств убежищ экономически нецелесообразно. Защита оборудования необходима, если:

- защищаемое оборудование способно при разрушении остальной части предприятия выпускать особо важную продукцию;
- защищаемое оборудование трудно восстанавливается, а при поражении данного объекта предусматривается использование этого оборудования на других предприятиях;
- защищаемое оборудование уникально и его необходимо сохранить для дальнейшего использования.

Система электроснабжения предприятия. Повышение устойчивости этой системы достигается проведением как общегородских, так и объектных инженерно-технических мероприятий. При питании предприятия от энергосистемы линии электропередачи целесообразно прокладывать с двух направлений. При возможности питания от двух источников электроэнергии, на случай выхода из строя основного необходимо предусматривать автономный (аварийный) источник электроэнергии.

Сети водоснабжения прокладываются в земле и оборудуются задвижками для отключения отдельных участков при аварии. Пожарные

гидранты и устройства тушения пожара размещаются на территориях, которые не могут быть завалены при разрушении зданий и сооружений. При выборе схемы водоснабжения необходимо решить вопрос о возможности повторного использования воды. Это уменьшает общую потребность в воде и, следовательно, в какой-то мере повышает устойчивость работы промышленного предприятия.

### **Экология и охрана окружающей среды**

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

Электрическое поле ВЛ - это вредный, биологически активный фактор, воздействующий на человека и окружающую природную среду. Это влияние в основном ощущается на ВЛ напряжением 500-1150 кВ и 1500 кВ постоянного тока. В связи с этим напряженность электрического поля под проводами ВЛ сверхвысокого напряжения и нормируется и контролируется в пределах охранной зоны у поверхности земли, обычно 1-15 кВ/м на высоте 18 м от земли.

Предельно допустимые уровни напряженности электрического поля:

1. Внутри жилых зданий 0,5 кВ/м, на территории жилой застройки 1кВ/м, в населенной местности, вне зоны жилой застройки, а также на территории огородов и садов 5 кВ/м, на участках пересечения ВЛ с автомобильными дорогами 10 кВ/м, в населенной местности (незастроенные местности, часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельхоз угодья) 15 кВ/м.
2. При напряженности электрического поля выше 1 кВ/м должны быть приняты меры по исключению воздействия на человека ощутимых электрических разрядов и токов стекания.
3. Предельно допустимые значения напряженности нормируются для электрического поля, не искаженного присутствием человека. Напряженность электрического поля определяется на высоте 18 м от уровня земли, а для помещений от уровня пола.
4. Контроль за соблюдением предельно-допустимых уровней напряженности электрического поля следует производить:
  - при приемке в эксплуатацию новых зданий, сооружений и зон организованного пребывания людей вблизи ВЛ;
  - после проведения мероприятий по снижению уровней электрического поля ВЛ.

В целях экологической оптимизации трасс линий электропередач целесообразно в качестве природоохранной меры производить соответствующие биологические изыскания, картографирование местности по биологическим признакам, дифференцировать тарифы на вырубку лесов в размерах стимулирующих корректировку трассы, запрещать использование гусеничной тяги с большим давлением на грунт и т.п.

Для подстанций, находящихся вблизи населенных пунктов, нормируется шумовое воздействие на человека. Особенно неблагоприятны низкочастотные составляющие (около 50-150 Гц) шумовых характеристик трансформаторного оборудования. Превышение нормируемого значения уровня шумов (30 дБ на уровне открытой форточки в жилой застройке) устраняется мероприятиями по снижению уровня шумов (удаление подстанций от жилой территории, шумопоглощающие устройства, размещение трансформаторов в закрытых помещениях или камерах и т.п.)

Для исключения влияния на окружающую среду возможных сбросов трансформаторного масла при авариях с маслонаполненным оборудованием, на подстанциях предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники, в которые также могут поступать воды из маслоприемников содержащие следы масла. Вместе с тем необходимо отметить, что по своему устройству и режимам работы ВЛ и подстанций напряжением 500 кВ и выше не могут привести к катастрофическим авариям, связанным с массовым поражением людей. Повреждения и аварии на подстанции  $U \geq 500$  кВ, как правило, не распространяются за пределы их внешней ограды. Некоторую опасность могут представлять только пожары на подстанциях, связанные с авариями трансформаторов большой мощности.

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

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

Охрана окружающей среды на предприятии предусматривает мероприятия, предотвращающие загрязнение воздушного бассейна. С этой целью загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, пропускается через специальные очистительные фильтрующие и обезвреживающие устройства, далее после очистки рассеиваются в атмосферу.

Достаточная высота дымовых труб обеспечивает рассеивание выбросов на больших площадях, тем самым концентрации вредных газов в воздухе становятся незначительными.

Для предотвращения загрязнения гидросферы сточными водами применяется замкнутая система водоснабжения.

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

### ***Производственная вентиляция***

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях. Основное назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязнённого или перегретого воздуха и подача чистого воздуха, в

результате чего в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды.

Нормы производственной вентиляции установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.4.021 – 75.[13]

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м<sup>3</sup>/ч.

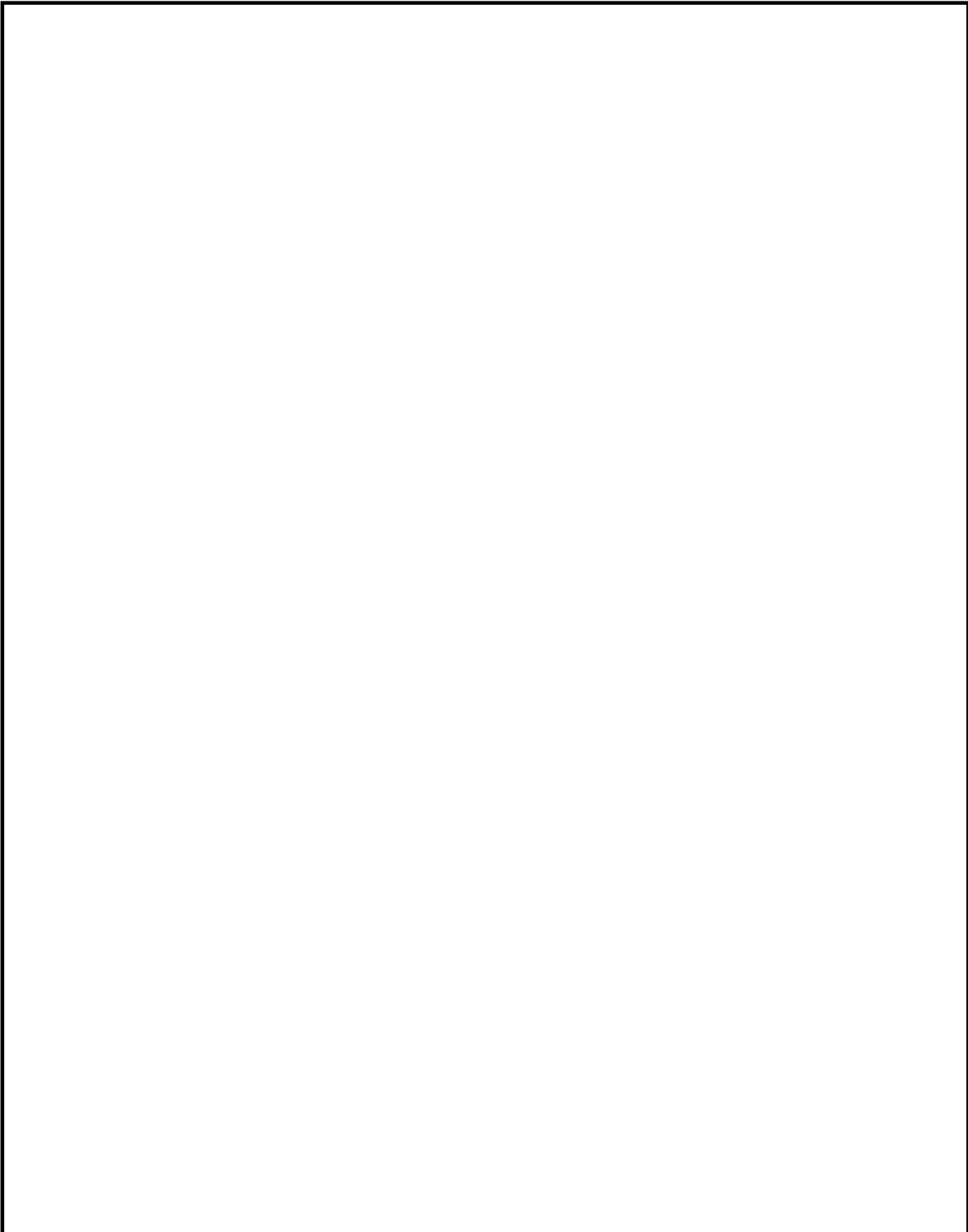
Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается, а в летнее время охлаждается, кроме того, поступающий воздух при необходимости может быть увлажнен или осушен. Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды, окружающей предприятие.

в соответствии со СНиП II-2-80 по пожарной, и взрывопожарной опасностям делятся на различные категории.

Поскольку в КТПН установлены трансформаторы с масляным охлаждением, то помещение КТПН можно отнести к категории „В” - пожароопасные, в которых применяются жидкости с температурой вспышки выше 1<sup>0</sup>С способны только гореть, но не взрываться при контакте к воздухом, водой или друг с другом.

По ПУЭ, рассматриваемый объект можно отнести к зоне класса Р1. Это зона в которой содержатся горючие жидкости (трансформаторное масло).

По этому согласно [6] применяемое электрооборудование должно иметь степень защиты I Р44.



*ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ*

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Баранов Н.Н.			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель дипломной работы является проект системы электроснабжения предприятия ОАО ТЭМЗ. Первый этап для достижения цели был определением расчетной электрической нагрузки котельной завода, следующий этап определение расчетной нагрузки завода в целом, определяем расчетные активные и реактивные нагрузки цехов (до и выше 1000 В), расчетные нагрузки на освещение цехов и территории завода, потери мощности в трансформаторах цеховой подстанций и ГПП и потери в высоковольтной линии. Полная максимальная нагрузка котельной завода :  $S_p = 444,54$  кВА, полная расчетная нагрузка 0,38 кВ:

$S_p^H = 8736,4$  кВА, полная расчетная нагрузка 10 кВ:  $S_p^B = 8649,6$  кВА.

По расчетным нагрузкам цехов построили картограмму нагрузок и определили центр электрической нагрузки предприятия.

Предприятия снабжается электроэнергией от подстанции энергосистемы по двум воздушным линиям,  $U_n = 35$  кВ, выполненных проводами АС-120/19 на железобетонных двухцепных опорах. Главная понизительная подстанция завода установлена со смещением от центра электрической нагрузки в сторону приближения к подстанции энергосистемы, расположенной на удалении в один километр от завода. Смещение произведено вследствие нехватки свободного места на территории предприятия. На главной понизительной подстанции установили два двухобмоточных трансформатора марки ТМН-6300/35. Со стороны 35 кВ принята схема с вакуумными выключателями в цепи линий 35 кВ и ремонтной перемычкой со стороны питающих линий. Со стороны 10 кВ на ГПП используем одинарные системы шин секционными выключателями и устройствами АВР. РУ 10 кВ, выполнили из шкафов КРУ с выключателями на выкатных тележках.

Номинальная мощность цехового трансформатора определена по плотности нагрузок завода равной 1600 кВА. Минимальным расчетным число трансформаторов цеховых ТП приняли равным 7. Исходя из этого разработали схему питания цеховых подстанций. Распределительную сеть 10 кВ на территории предприятия выполнили трёхжильным бронированным кабелем с алюминиевыми жилами в бумажной изоляции марки АСБ, с прокладкой в земляной траншее. Ка аппараты защиты выбрали вакуумные высоковольтные выключатели. Оборудование было проверено на динамическую и термическую стойкость.

Следующий этап было проектирование электроснабжения котельной завода. Электроснабжение котельной осуществили по радиальной схеме. Электроприёмники цеха питаются от распределительного устройства 0,4 кВ трансформаторной подстанции ТП1, четырёхжильными кабелями с алюминиевыми жилами марки АВВГ, проложенные в каналах.

После выбора силового оборудования и расчета тока короткого замыкания в сети 0,38 кВ, построена карта селективности действия аппаратов защиты, а также рассчитаны и построены эпюра отклонения напряжения для

максимального, минимального и послеаварийного режима. По построенной карте селективности видно, что защитное оборудование выбрано правильно и грамотно, селективность действий аппаратов защиты не будет нарушено. По эюграм отклонения напряжения видно, что во всех режимах на зажимах электроприемников поддерживается напряжение в нормально допустимых пределах, установленных ГОСТ 13109-97.

Исходя из результатов расчета внешнее электроснабжение принято номинальным напряжением питающей линий 35 кВ, мощность силовых трансформаторов, устанавливаемых на ГПП, 6300 кВА. Выбранный вариант является наиболее экономичным, так как требует минимум затрат.

Исходя из приведенных в процессе проектирования расчетов и проверок, сделали вывод, что данный проект системы электроснабжения котельной завода пригодной к разработке и эксплуатации.

*ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ*

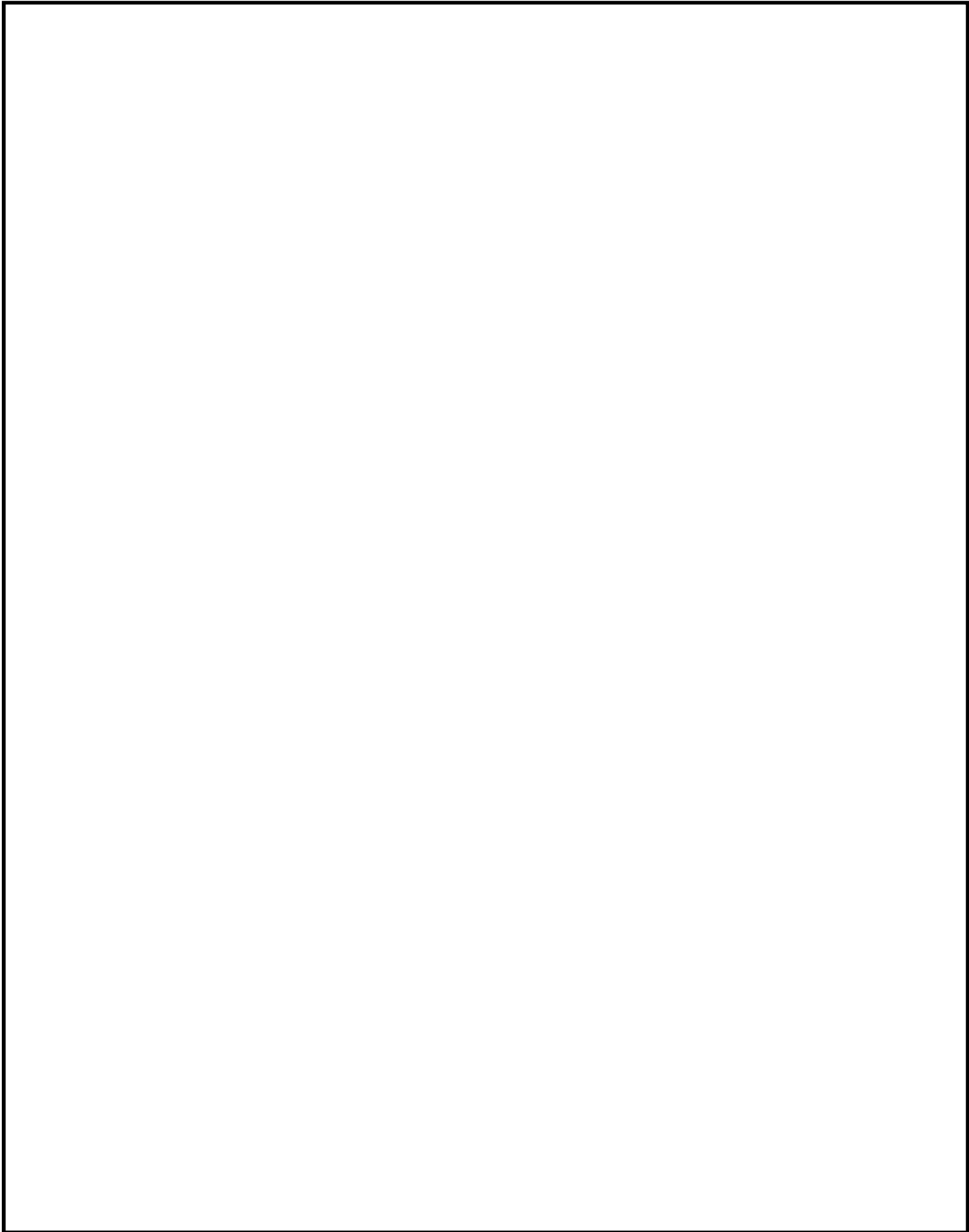
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Баранов Н.Н.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Муравлев И.О.					
Реценз.					НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16		
Косульт.							
Утверд.							

Список литературы



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. - Томск, ТПИ, 1988.
2. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра. - Томск, ТПУ, 2001.
3. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение. - Томск, ТПУ, 2002.
4. Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие по дипломному проектированию. - Томск, ТПИ, 1989.
5. Рокотян С.С., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических систем. - Москва, Энергия, 1985.
6. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / Под общей ред. Федорова А.А. - Москва, Энергоатомиздат, 1986.
7. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Барыбина Ю.Г. - Москва, Энергоатомиздат, 1990.
8. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
9. Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учебное пособие 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1978.
10. Мельников М. А. Внутризаводское электроснабжение: Учебное пособие. - Томск, ТПУ, 2004.
11. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. Учебное пособие. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
12. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок - Новосибирск, СУИ, 2005.
13. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - Москва, Госэнергонадзор, 1994.
14. Ковалёв Г.И., Быкова В.В. Оценка искусственного освещения рабочих мест. Методические указания. - Томск, ТГАСУ, 2001.
15. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. - М.: Минстрой России, 1995.
16. Кравклис Н.Н., Лосев В.А. Вечерняя Москва. - 6.05.1999.



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.111.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Приложения	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Баранов Н.Н.						
Руковод.		Муравлев И.О.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5а16</i>		