

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

Институт Электронного обучения (ИнЭО)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация схемы электроснабжения
ОАО «Томский электромеханический завод»

УДК 621.31.031-048.35:621.314.002(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5a16	Колбас Николай Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Галина Николаевна	Кандидат технических наук, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Институт Электронного обучения (ИнЭО)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭПП

Завьялов

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5a16	Колбас Николай Владимирович

Тема работы:

Модернизация схемы электроснабжения ОАО «Томский электромеханический завод»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

ИнЭО от 27.04.16 №3236/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Июнь 2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Получены по материалам преддипломной практики

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модернизация схемы электроснабжения 2. Общие сведения о предприятии 3. Определение расчетной нагрузки цеха 4. Определение расчетной нагрузки завода в целом 5. Картограмма и определение центра электрических нагрузок 6. Схема внешнего электроснабжения 7. Схема внутривзаводского электроснабжения 8. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 9. Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В 10. Электроснабжение цеха 11. Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники 12. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В 13. Построение эпюры отклонения напряжения 14. Построение карты селективности действия аппаратов защиты 15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение 16. Социальная ответственность
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Генплан предприятия. Распределение электроэнергии 2. Внутрицеховая схема цеха. Распределение электроэнергии 3. Однолинейная схема электроснабжения цеха 4. Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности 5. Картограмма нагрузок 6. Схема электрическая принципиальная

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.т.н. Коршунова Л.А.
Социальная ответственность	Доцент, к.т.н. Бородин Ю.В.

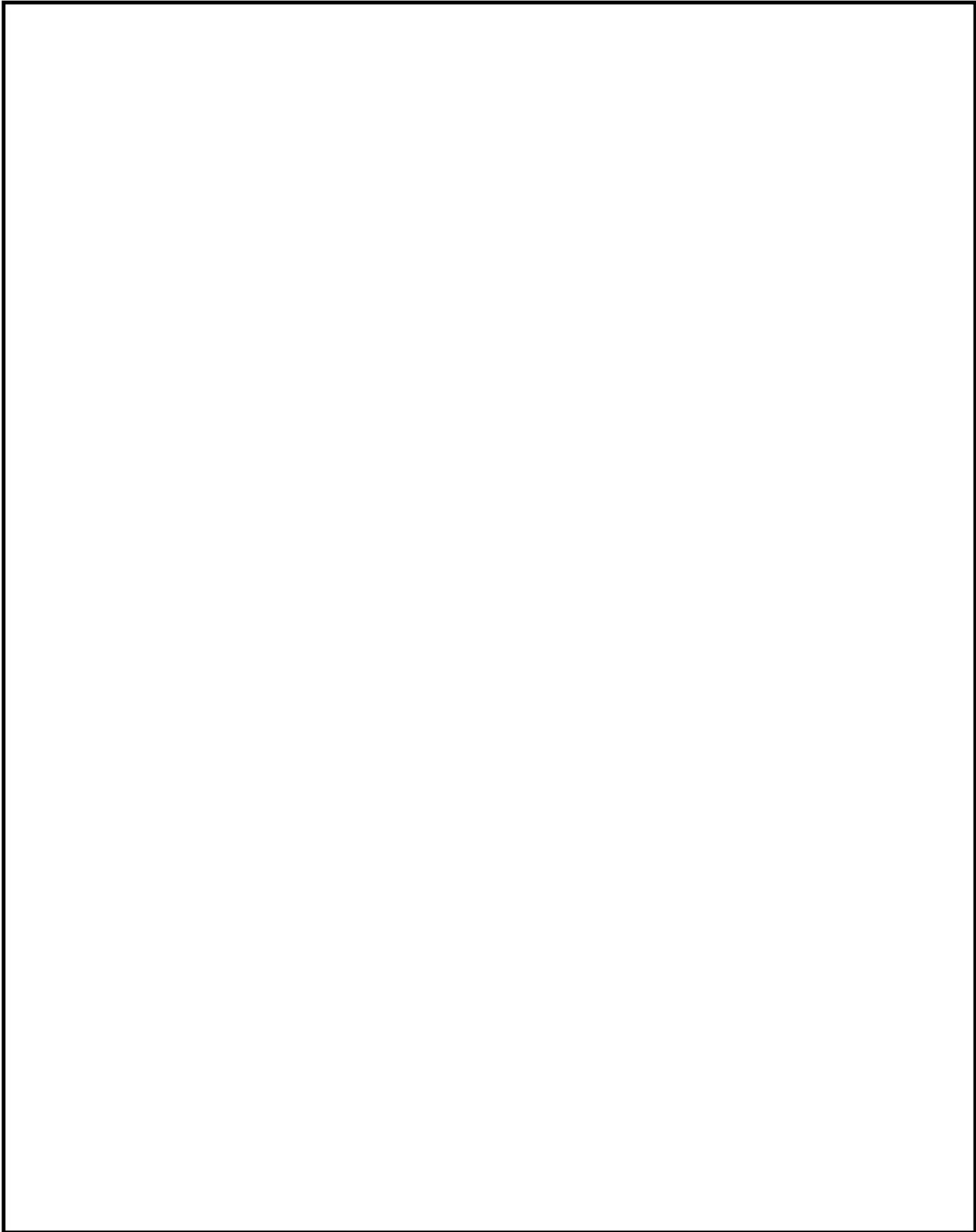
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Галина Николаевна	Кандидат технических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5a16	Колбас Николай Владимирович		

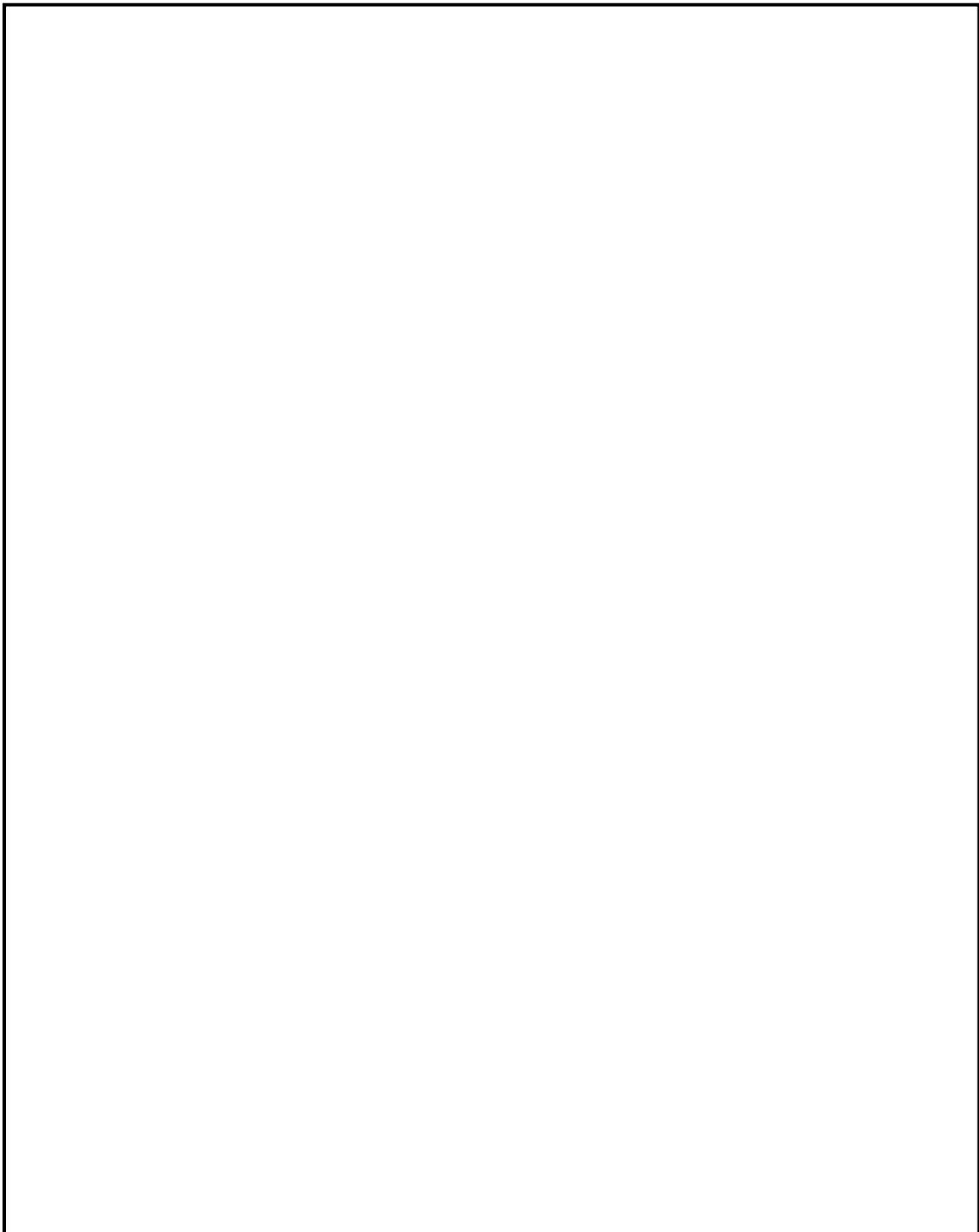


					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Содержание	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Колбас Н.В.						
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Модернизация схемы электроснабжения.....	8
2 Общие сведения о предприятии	14
3 Определение расчетных электрических нагрузок ремонтно-механического цеха.....	19 27
4 Определение расчетной нагрузки завода в целом	34
5 Картограмма и определение центра электрических нагрузок	38
6 Схема внешнего электроснабжения	40
6.1 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП.....	43
6.2 Выбор сечения линии питающей ГПП	45
6.3 Определение суммарных приведенных затрат на сооружение воздушных линий электропередачи.....	47
6.4 Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования.....	49 50
6.5 Техничко-экономическое сравнение вариантов.....	51 54
7 Схема внутривозводской сети	61
7.1 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов	69
7.2 Выбор сечений кабельных линий сети 10 кВ и 0,4 кВ.....	72
8 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	75
9 Выбор и проверка электрических аппаратов в сети выше 1000 В ...	79
9.1 Выбор трансформаторов тока	80
9.2 Выбор трансформаторов напряжения	80
9.3 Расчет сборных шин 10кВ.....	92
10 Электроснабжение ремонтно-механического цеха.....	95
10.1 Выбор схемы электроснабжения цеха	99
10.2 Выбор сечений питающей сети и аппаратов защиты	106
11 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000В, проверка срабатывания защиты от однофазных КЗ	109 110

12	Построение карты селективности действия защитных аппаратов ..	111
13	Расчет и построение эпюр отклонения напряжения	112
14	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	113
1. 14.1	Общие сведения.....	117 118
14.2	Смета на проектирование.....	124
14.3	Выбор варианта Электроснабжения завода.....	128
14.4	Смета затрат на электрооборудование.....	131
15	Социальная ответственность	133
15.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	134
15.2	Техника безопасности.....	135
15.3	Расчет защитного заземления.....	135
15.4	Производственная санитария.....	140
15.5	Микроклимат.....	141
15.6	Производственная вентиляция.....	148
15.7	Производственное освещение.....	149
15.8	Производственное освещение.....	154
15.9	Виброакустические вредные факторы.....	
15.10	Защита от электромагнитных полей.....	
15.11	Пожарная безопасность.....	
15.12	Экологическая безопасность.....	
	15.12 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	
	ПРИЛОЖЕНИЯ	



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Колбас Н.В.			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

ВВЕДЕНИЕ

Общие сведения о предприятии – ОАО «ТЭМЗ»

Краткие исторические сведения

История завода начинается с 1920 года, решением Томского технологического (ныне политехнического) института был преобразован в "Первый Томский машиностроительный завод". В начале 1927 года Томск появился в составе вновь организованного Новосибирского края, и завод был в веден в Новосибирский трест металлоизделий и пере назван в завод "Металлист". Веденной номенклатурой стал изготовление весов, дорожных катков, нефтяных баков, бревна таскательных приспособлений и вертикально сверлильных станков. Большие по тому времени ассигнования на реконструкцию в сумме свыше 3 млн. руб. позволило построить кузнечный, литейный цех, построить инструментальный и ремонтный, модельный цех, увеличить механосборочный цех, построить гаражи и склады.

После реконструкции были выпущены первые 77 электросверл ЭР-1, и были отправлены на испытания шахты. В 1940 - 41 гг. их изготавливали около тысячи. Шмаргунов Константин Николаевич – разработал электрический отбойный молоток КНШ-3, и на предприятии начали их производство. В 1941 году было выпущено 1553 шт. В то время, это являлось большое достижение предприятия. В 1939 году предприятие было переданно в ведение Главгормаша и поменяли наименование на "Томский электромеханический завод".

В 1947 г. предприятию присвоили имя В. В. Вахрушева. В 1948 г. Заводом было освоено производство шахтных вентиляторов. А в 1951 г. эта разработка была награжденная высокой оценкой. На Сталинскую премию были назначены работники завода: К. И. Лаврентьев - директор; Е. Н. Зикеев - главный инженер; П. М. Емельянов - главный конструктор; П. А. Школа - главный технолог; А. П. Гришин - ведущий конструктор. В 1956 г. на предприятии была конференция по увеличению технического уровня шахтной техники, в следствие предприятие получило работу развитие на

много лет. На основании появлением гидродобычи на предприятии разработали дополнительное оборудование для гидродобычи: гидравлические насосы, гидросветильники, гидро-двигатели, гидросверла и т.д. В дальнейшем на предприятии обновили весь перечень выпускаемой продукции.

В 1980 г. отпраздновал свое очередное рождение 60-летие. Новая реконструкция предприятия позволит значительно расширять производство, резко изменит и повысит его технологический уровень, и начал производство новых разработок машин. В цехах установили усовершенствованные станки, оборудование с ЧПУ, в термообработке – установили проходное оборудование термической обработки, для создания конструкций, технологий и программ для станков - используются системы CAD/CAM Симатрон, Адем и др. В 1993 г. завод был приватизирован, 38% акций перешли в руки государства, 51% - остались в руках заводских и внешних акционеров, а остальные были переданы в фонд имущества на продажу. С выходом в 1996 г. закона "Об акционерных обществах" коллектив акционеров ежегодно избирает на годовом собрании Совет директоров, и управление текущей деятельностью предприятия осуществляет единоличный исполнительный орган - Генеральный директор.

[www.temz.tomsk.ru]:

ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Колбас Н.В.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.					
Реценз.					ТПУ ИнЭО гр.3-5А16		
Косульт.							
Утверд.							

Модернизация схемы
электропитания

ТПУ ИнЭО гр.3-5А16

1. Модернизация схемы электроснабжения

1.1 Обоснование модернизации схемы электроснабжения ОАО «ТЭМЗ»

В связи с ростом производства и техническим перевооружением на предприятии ОАО «ТЭМЗ» возникла необходимость модернизировать устаревшую систему электроснабжения самого завода и его цехов. Для выполнения работы по модернизации вначале изучаем существующую схему электроснабжения завода и его цехов, и план расположения цехов предприятия. Далее производим выбор новой схемы электроснабжения и выполняем все необходимые расчёты.

Модернизация системы электроснабжения предприятия позволит:

- Увеличить надёжность и стабильность системы
- Обеспечить электроприёмники электроэнергией требуемого качества.
- Повысить безопасность и удобство эксплуатации.
- Расширить спектр возможностей по автоматизации производственного процесса.

1.2 Характеристика потребителей электроэнергии и определение категории электроснабжения

Питающая сеть электроснабжения завода ОАО «ТЭМЗ» выполнена двумя кабелями напряжением 6 кВ с подстанции «Южная» на распределительный пункт завода РП-2. В РП-2 выполнено распределение электроэнергии по цехам предприятия масляными выключателями ВМГ-10. Завод имеет в своем составе 19 цехов различного назначения. В самих цехах или рядом с ними установлены трансформаторные подстанции (ТП, в которых установлены трансформаторы типа ТМЗ 1000/6).

В соответствии с ПУЭ в отношении обеспечения надёжности электроснабжения электроприёмники подразделяются на три категории.

К первой категории относятся установки и агрегаты, у которых

перерыв питания электропримемников может повлечь за собой опасность для людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса. Эти электроприемники должны обеспечиваться питанием от двух независимых источников, и перерыв их электроснабжения допускается лишь на время автоматического включения резерва.

Ко второй категории относятся установки и агрегаты, у которых перерыв питания электроприемников связан с массовым недоотпуском продукции, простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта. Для этой категории допускаются перерывы электроснабжения на время, необходимое для ручного включения резерва дежурным персоналом или выездной бригадой (для тех подстанций, где нет постоянного дежурного персонала).

К третьей категории относятся вспомогательные производства, цехи несерийного производства металлообрабатывающих заводов, некоторые склады неответственного назначения и т.п. Они допускают перерыв питания на время ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения продолжительностью до одних суток.

Основными потребителями электроэнергии на ОАО «ТЭМЗ» являются трансформаторы и асинхронные двигатели, кратковременные остановки которых не приведут к материальным потерям и угрозам создания аварийных ситуаций. Потребители завода относятся ко второй и третьей категории надёжности электроснабжения.

Список и количество цехов ОАО «ТЭМЗ» перечислено в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень цехов и их нагрузки

№ Цеха	Наименование	Число смен	Установленная мощность кВт.
1	Ремонтно-строительный цех	1	100
2	Энергосиловой цех	1	100
3	АБК-3	1	100
4	Ремонтно-механический цех	1	100
5	Насосная станция	1	100
6	Компрессорная	1	650
7	Транспортный цех	1	150
8	Котельная	2	200
9	Литейный цех	1	2500
10	Инструментальный цех	1	500
11	АБК-2	1	100
12	АБК-5	1	100
13	ТПА	1	800
14	ТГЦ	1	2000
15	ЦЕХ-5	1	800
16	ЦЕХ-2	1	1000
17	Склад готовой продукции	1	150
18	АБК	1	10
19	Заводоуправление	1	150
Итого:			9610

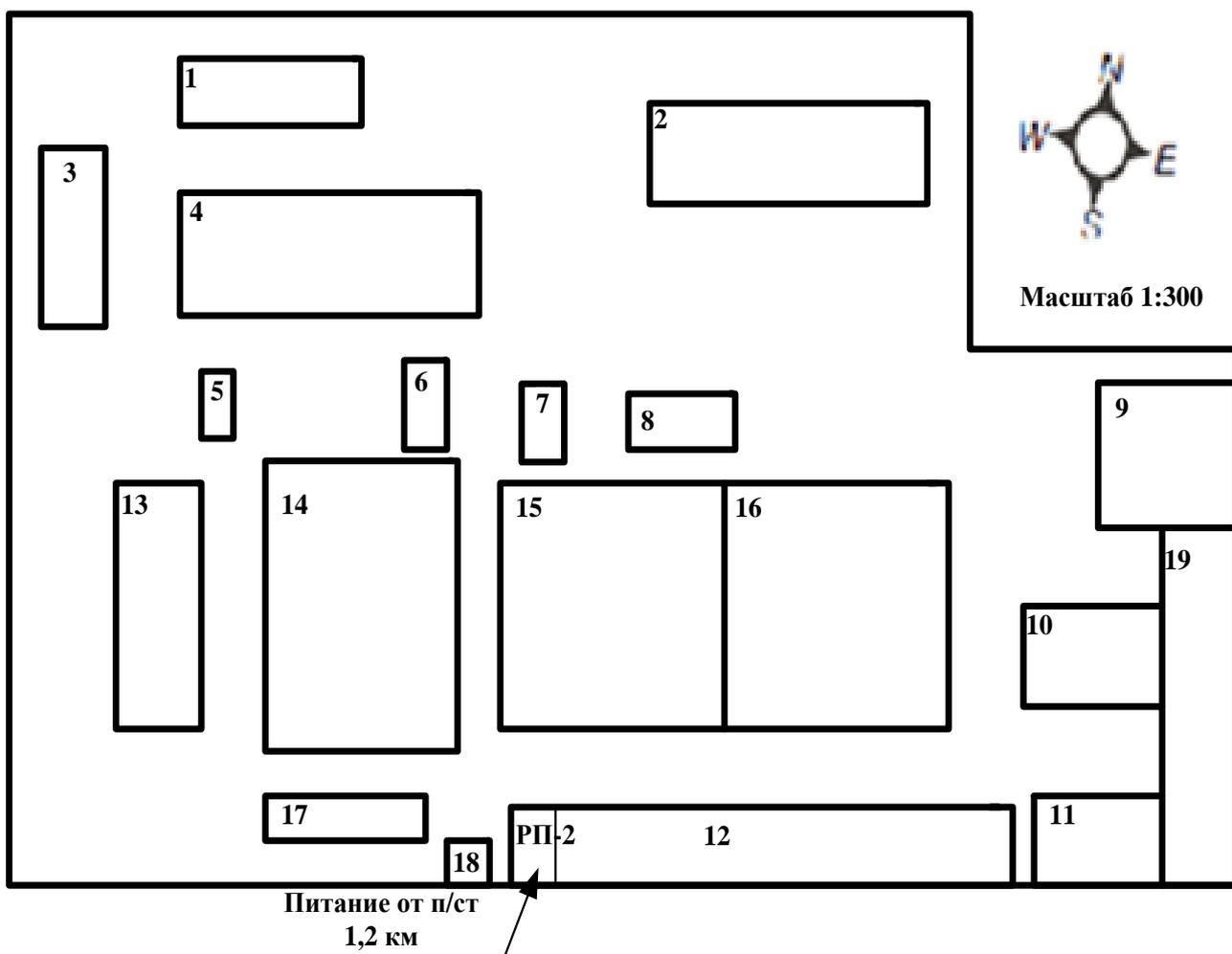


Рисунок 1. Генеральный план завода ОАО «ТЭМЗ»

1.3 Работы, необходимые при модернизации схемы электроснабжения

В настоящее время завод потребляет 9,6 МВт. На заводе планируется произвести замену существующего устаревшего оборудования и кроме того, на заводе намечено увеличить выпуск продукции. Общее потребление электроэнергии вырастет до 11,82 МВт. Для удовлетворения растущего потребления электроэнергии предлагаю:

- Поднять питающее напряжение завода с 6 кВ до 35кВ.
- Установить главную понизительную подстанцию (ГПП)
- Установить 2 трансформатора 35/10 кВ
- Заменить в цеховых ТП трансформаторы 6/0.4 кВ на трансформаторы 10/0.4 кВ.

- Применить на ГПП на секции 35 кВ воздушные выключатели.
- Применить на ГПП на секции 10 кВ вакуумные выключатели.
- Питание ГПП от ПС «Южная» выполнить двух цепной ЛЭП 35 кВ.
- Заменить действующие кабельные линии 6 кВ на 10 кВ.
- Заменить в цехах кабельные линии 0,4 кВ.
- Заменить цеховые распределительные пункты (ПР) 0,4 кВ.
- Заменить в цехах автоматические выключатели 0,4 кВ.

Модернизированную схему электроснабжения завода приложить к расчетам. Выбор электрооборудования, примененного в процессе модернизации, привести в расчетах. Кроме того, выполнить экономическое обоснование выбранной схемы электроснабжения завода.

ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Колбас Н.В.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.					
Реценз.					Общие сведения о предприятии <i>ТПУ ИнЭО гр.З-5А16</i>		
Косульт.							
Утверд.							

2 Общие сведения о предприятии

Таблица 2 Ведомость электрических нагрузок по цехам завода

№ Цеха	Наименование	Число смен	Установленная мощность кВт.
1	Ремонтно-строительный цех	1	300
2	Энергосиловой цех	1	250
3	АБК-3	1	150
4	Ремонтно-механический цех	1	-
5	Насосная станция	1	100
6	Компрессорная	1	Н.н. 650 В.н 1200
7	Транспортный цех	1	150
8	Котельная	2	200
9	Литейный цех	1	2500
10	Инструментальный цех	1	700
11	АБК-2	1	150
12	АБК-5	1	500
13	ТПА	1	950
14	ТГЦ	1	2000
15	ЦЕХ-5	1	1000
16	ЦЕХ-2	1	1500
17	Склад готовой продукции	1	150
18	АБК	1	20
19	Заводоуправление	1	400

Таблица 3 Сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха

№ Эп	Наименование электроприемника	Установленн ая мощность ЭП, кВт	К исп	cosφ	tng φ	Н	К пу с	І ном , А	І пус, А
1-5	Токарный станок	8,5	0,14	0,60	1,33	0,89	5	24,2	121
6	Кран балка	17	0,10	0,60	1,33	0,89	5	48,4	242
7-9	Токарно-фрезерный станок	10	0,14	0,60	1,33	0,89	5	28,4	142
10	Токарный станок	5,5	0,14	0,60	1,33	0,89	5	15,6	78
11,12	Вертикально- сверлильный станок	4,5	0,14	0,60	1,33	0,89	5	12,8	64
13,17	Точильно- шлифовальный станок	5,5	0,14	0,60	1,33	0,89	5	15,6	78
14-16	Долбежный станок	7,5	0,14	0,60	1,33	0,89	5	21,3	106, 5
18-20	Резьбонарезной станок	39	0,14	0,6	1,33	0,89	5	111	555
21,22	Точильно- шлифовальный станок	1	0,14	0,60	1,33	0,89	5	2,8	14
23-25	Станок с дисковой и отрезной пилой	15	0,14	0,60	1,33	0,89	5	42,7	213, 5
26-29	Вытяжной вентилятор	5,5	0,65	0,80	0,75	0,89	5	11,7	58,5
30-32	Сварочный агрегат ПВ=60%,	7,5	0,30	0,80	0,75	0,89	3	16	48

Таблица 4 Сведения о степени надежности и среде производственных помещений

№ Цеха	Наименование	Характеристика производственных помещений.	Категории ЭП по степени бесперебойности питания
1	Ремонтно-строительный цех	Нормальная	3
2	Энергосиловой цех	Нормальная	3
3	АБК-3	Нормальная	3
4	Ремонтно-механический 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 Ремонтно-механического цеха с планом расположения электроприемников, представлены на рис. 1 и 2.

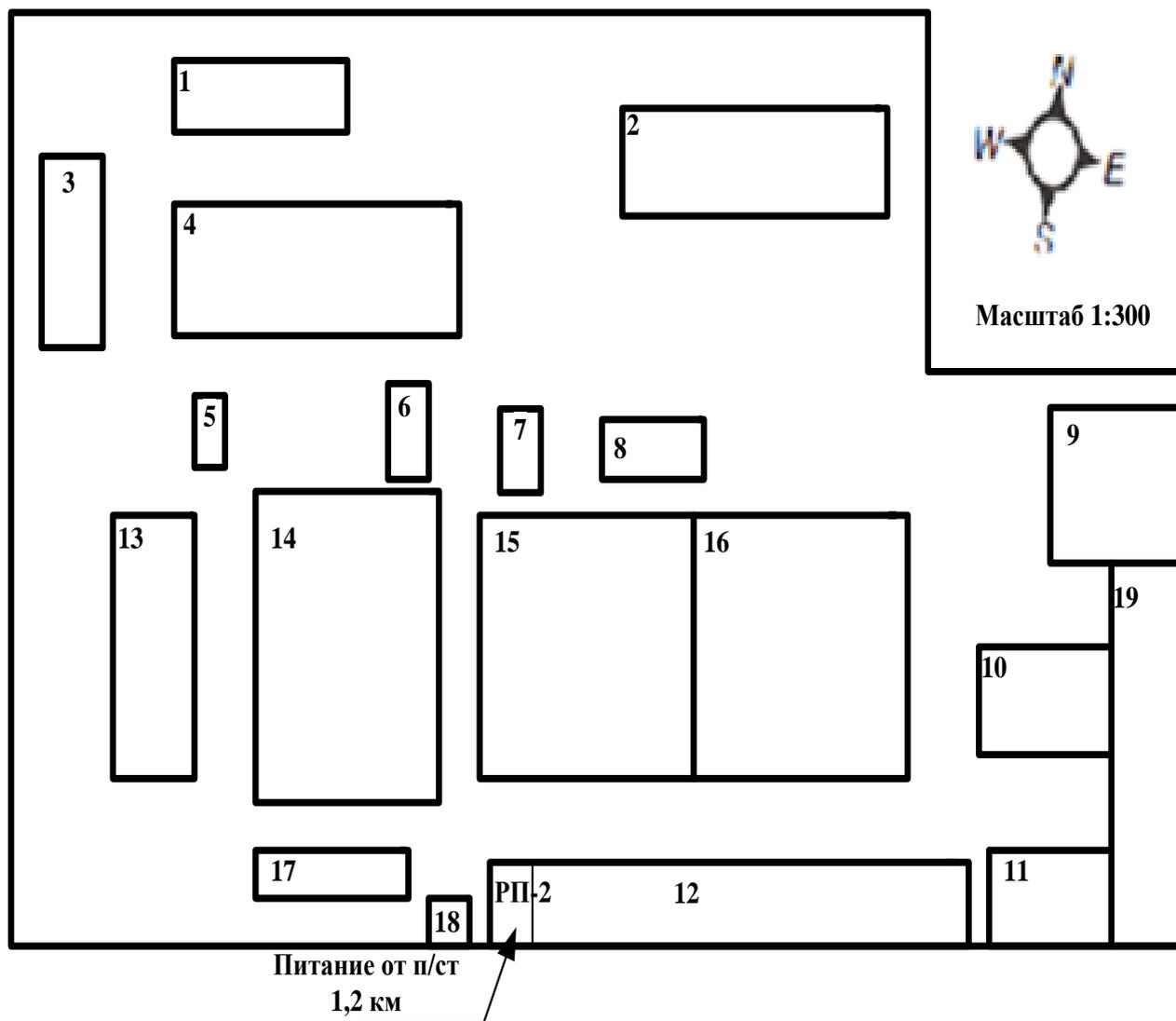


Рисунок 2 – Генеральный план завода

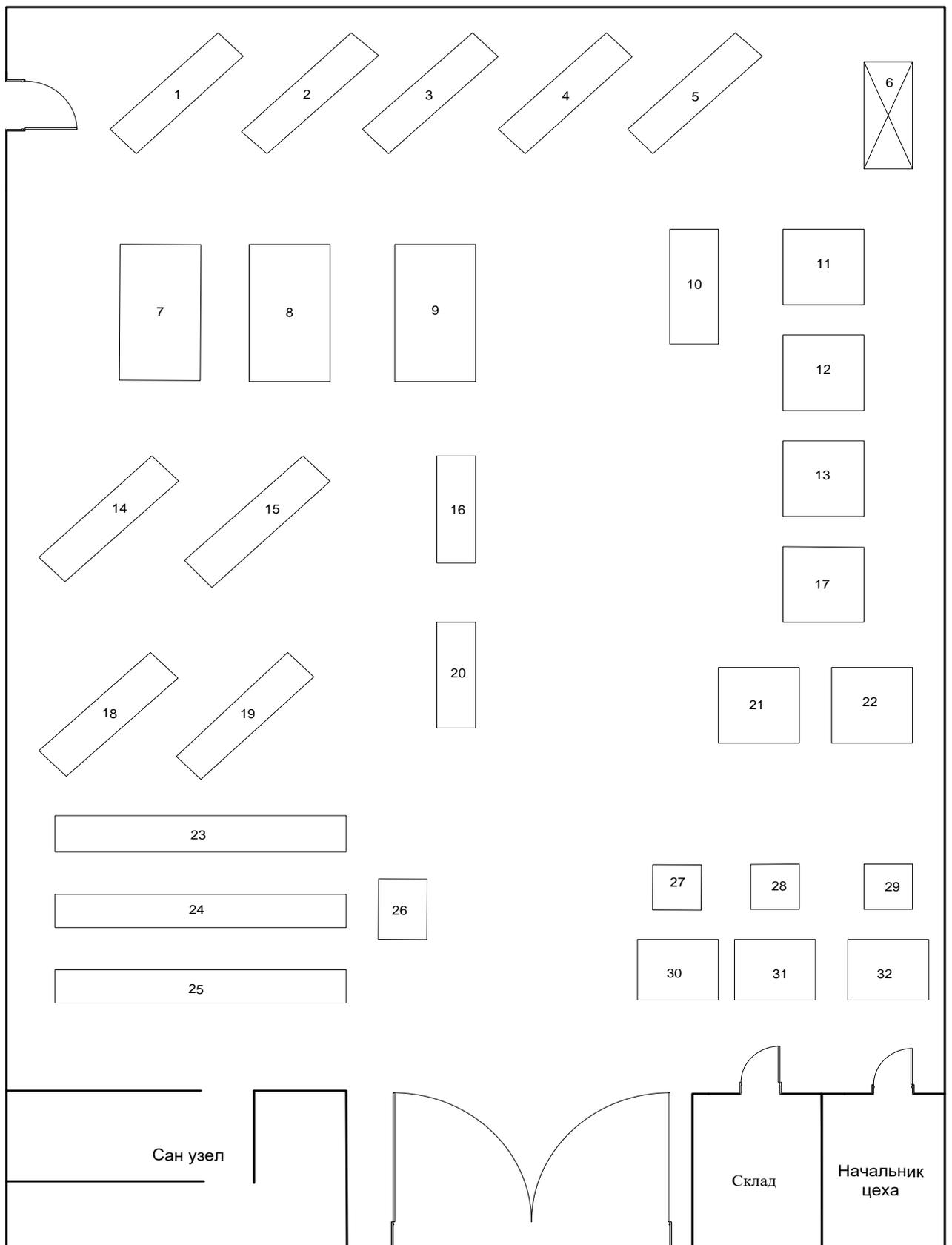


Рисунок 3 – Схема расположения электроприемников в ремонтно-механическом цехе

ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Определение расчетной электрической нагрузки ремонтно-механического пеха	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Колбас Н.В.						
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

3 Определение расчетной электрической нагрузки ремонтно-механического цеха

Распределение электроприемников по РП и расчет электрических нагрузок по пунктам питания сведем в таблицу 5.

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

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 ремонтно-механического цеха.

В качестве РП принимаем распределительные пункты марки ПР11-3068 с номинальным током 250 ампер и более. Данный РП рассчитан на количество отходящих линий до восьми штук.

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

На рисунке 3.1 изображен план ремонтно-механического цеха 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 (УР2) 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 $P_{\text{см}}$ – средняя нагрузка за наиболее загруженную смену на УР2;

$K_{\text{Т}}$ – коэффициент максимума активной мощности;

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

Исходными данными для расчёта $P_{\text{Т}}$ 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 $K_{\text{и}}$ 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 $K_{\text{и}} \geq 0,6$ и коэффициент заполнения суточного графика за наиболее загруженную смену $K_{\text{зп}} \geq 0,9$. 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 шкафы – 1ШР, 2ШР, 3ШР);
- наименование характерных групп (с одинаковыми K_n и $\cos\varphi$), питающихся от данного узла:
 - электроприёмники длительного режима работы с переменным графиком работы;
 - электроприёмники повторно-кратковременного режима работы приведением их к $PВ=100\%$. При наличии однофазных электроприёмников даётся их перечень с указанием $PВ$ 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, а в знаменателе – количество резервных. Резервные электроприёмники в расчёте не учитываются.

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.

Для сварочного трансформатора

$$P_n = S_{наcn} \cdot \sqrt{PВ} \cdot \cos\varphi_{наcn} = 3 \cdot 12 \cdot \sqrt{0.6} \cdot 0.46 = 12,83 \text{ кВт.}$$

4. В графу 5 в виде дроби записываются: в числителе – суммарная установленная мощность только рабочих электроприёмников данной группы,

приведённая к ПВ=100%, в киловаттах, а в знаменателе – суммарная мощность резервных электроприёмников (резервные электроприёмники в определении средних и максимальных нагрузок не учитываются).

Однофазные ЭП, приведённые к ПВ=100%, учитываются как трёхфазные (без нахождения наиболее загруженной фазы и без приведения их к трёхфазным).

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 « $t > 3$ ».

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).

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

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

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

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

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)

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

– средневзвешенное значение $\text{tg} \varphi_{с}$ (графа 8)

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

По полученной величине $\text{tg} \varphi_{см}$ 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 $t > 3$ (графа 6) эффективное число электроприёмников $n_э$ определяется по формуле

$$n_э = \frac{2 \sum_1^n P_n}{P_{ном.мах}}$$

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

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

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

$$P_T = K_T(\text{графа 12}) \cdot P_{см}(\text{графа 9}), \text{ кВт.}$$

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

- при $n_э \leq 10$ $Q_m = 1.1 \cdot Q_{см}$;
- при $n_э > 10$ $Q_m = Q_{см}$.

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

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

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

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

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; $I_{м}$ – расчётный ток нагрузки всей группы электроприёмников, который может быть определён по формуле:

$$I_{м} = \frac{S_{м}}{\sqrt{3} \cdot U_{н}}$$

Таблица 5 – Определение расчетных нагрузок ремонтно-механического цеха по пунктам питания

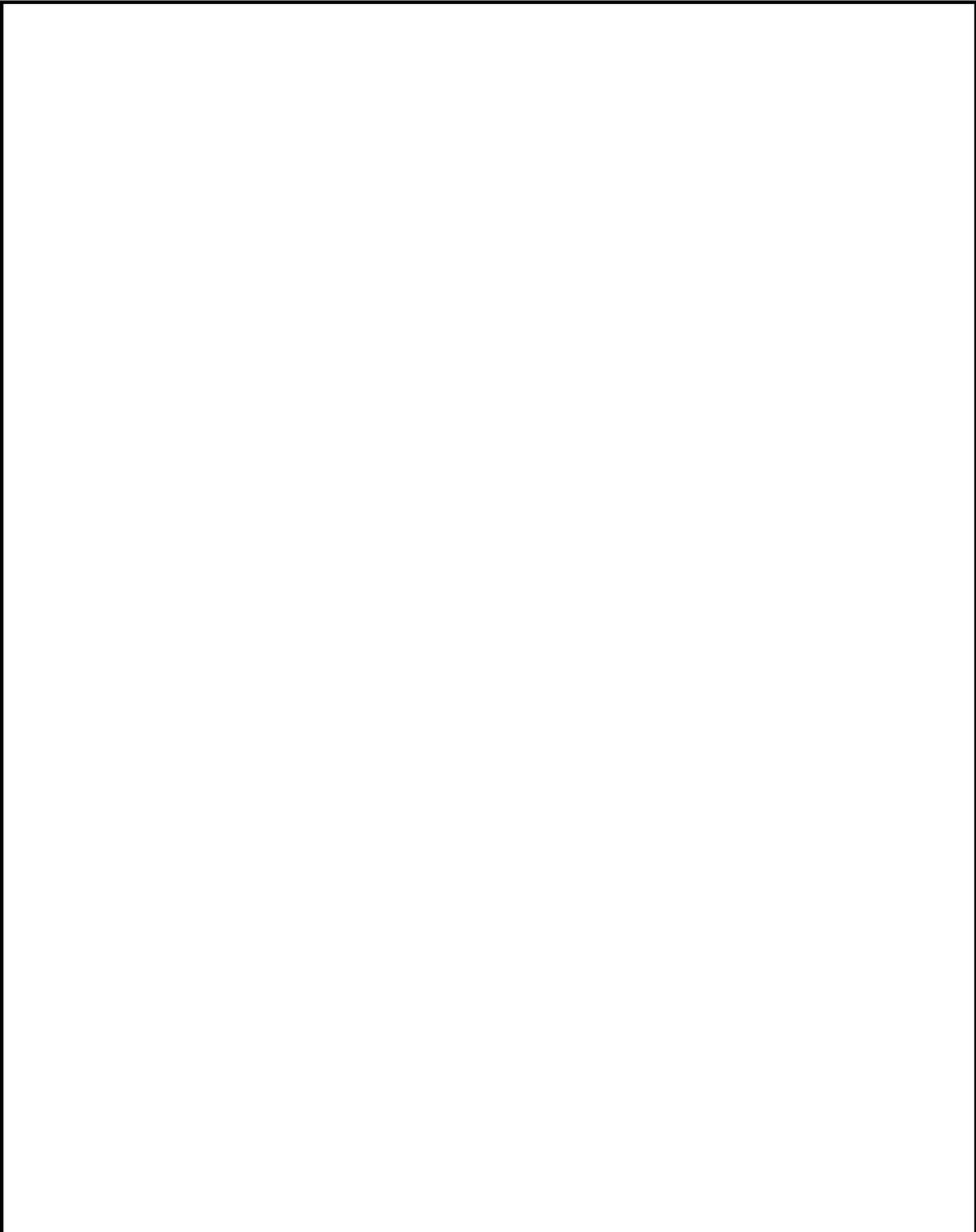
№	Наименование узлов питания и групп электроприёмников	N	Установленная мощность, кВт		m	K _и	cos φ / tan φ	Средняя за смену		n _э	K _м	Максимальная нагрузка			I _т	I _{пик}
			P _н кВт	∑ P _н				P _{см} кВт	Q _{см} кВт·Ар			P _м кВт	Q _м кВт·Ар	S _м кВт·А		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Пункт распределительный ПР1																
Электроприёмники группы «А» Ки<0.6																
	Разные станки	6	10-39	147		0,14	0,6/ 1,33	20,58	27,3							
	Итого по группе А	6	10-39	147	>3	0,14	0,6/ 1,32	20,58	27,3	4	3,11	64	30.03	70.7		
Электроприёмники группы «Б» Ки>0.6																
	Вытяжной вентилятор	1	5,5	5,5		0,8	0,8/ 0,75	4,4	5,8							
	Итого по группе Б	1	5,5	5,5	3<	0,8	0,6/ 1,31	4,4	5,8	1	1	4.4	6.38	7.7		
	Итого по ПР1	7	5,5-39	152,5		0,16	0,54/ 1,55	24,98	38,9	-	-	68.4	36.41	78.4	119.2	658,66
Пункт распределительный ПР2																
Электроприёмники группы «А» Ки<0.6																
	Разные станки	6	7,5-10	52,5		0,14	0,6/ 1,33	7,35	9,72							
	Итого по группе А	6	7,5-10	52,5	>3	0,14	0,6/ 1,32	7,35	9,72	5	2,87	21.1	10.7	23.6		
	Итого по ПР2	6	7,5-10	52,5		0,14	0,6/ 1,32	7,35	9,72	-	-	21.1	10.7	23.6	35.9	173,9

Продолжение таблицы 5

Пункт распределительный ПР3																
Электропиремники группы «А» Ки<0.6																
3	Токарный станок	5	8,5	42,5		0,14	0,6/ 1,33	5,95	7,9							
	Итого по группе А	5	8,5	42,5	3<	0,14	0,6/ 1,32	5,95	7,9	5	2,87	17.07	8.69	19.1		
	Итого по ПР3	5	8.5	42.5		0,14	0,6/ 1,32	5,95	7,9			17.07	8.69	19.1	29	146,6
Пункт распределительный ПР4																
Электропиремники группы «А» Ки<0.6																
4	Кран балка	1	17	17		0,10	0,6/ 1,33	1,7	2,2							
	Разные станки	5	4,5-5,5	25,5		0,14	0,6/ 1,33	3,57	4,9							
	Итого по группе А	6	4,5-17	42,5	>3	0,12	0,59/ 1,34	5,27	7,1	4	3,43	18.07	7.81	19.6		
	Итого по ПР4	6	4,5-17	42,5		0,12	0,59/ 1,34	5,27	7,1	-	-	18.07	7.81	19.6	29.8	266,96
Пункт распределительный ПР5																
Электропиремники группы «А» Ки<0.6																
5	Точильно-шлифовальный станок	2	1	2		0,1 4	0,6/ 1,32	0,28	0,37							
	Сварочный агрегат ПВ=60%,	3	5,8	17,4		0,3	0,6/ 1,32	5,22	6,9							
	Итого по группе А	5	1-5,8	19,4	>3	0.2 8	0,6/ 1,32	5,5	7,27	6	1,88	10.34	7.9	13		

Окончание таблицы 5

Электропиремники группы «Б» Ки>0.6																
5	Вытяжной вентилятор	3	5,5	16,5		0,6 5	0,8/ 0,75	10,72 5	14,2							
	Итого по группе Б	3	5,5	16,5	<3	0,6 5	0,6/ 1,32	10,72 5	14,2		1	10.725	15.62	18.9		
	Итого по ПР5	8	1-5,8	41		0,1 8	0,6/ 1,32	16,22 5	21,47	-	-	21.065	23.52	31.9	48.5	91,7
6	Итого силовая нагрузка	32	1-39	288, 5		0.2	0.57 / 1,42	59,77	85,09	-	-	145.705	86.16	172.6	262.4	801,8
7	Электрическое освещение			52,4	$K_{co}=0,95$		0,95 / 0,33	49,8				49,8				
8	Итого по цеху	32	1-39	340, 94		0.3 2	0,73 / 0.92	109,5 7	85,09			195,505	86,16	213,6	336,4	801,8



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Определение расчетной нагрузки завода в целом	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Колбас Н.В.						
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

4 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/м², 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 6.

Таблица 6 Определение расчетных нагрузок по цехам завода

№	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		P_n	K_c	\cos	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p	Q_p	F	$P_{уд\ o}$	$P_{но}$	K_{co}	P_{po}	P_p+P_{po}	Q_p	S_p
Потребители электроэнергии 0,38 кВ															
1	Ремонтно-строительный цех	300	0,5	0,6	1,33	150	199,5	918	15	13,8	0,95	13,1	163,1	199,5	257,7
2	Энергосиловой цех	250	0,3	0,7	1,02	75	76,5	2106	12	25,3	0,95	24,0	99,0	76,5	125,1
3	АБК-3	150	0,5	0,8	0,75	75	56,25	864	16	41,5	0,9	37,3	112,3	56,25	125,6
4	Ремонтно-механический цех	0	-		-	145,7	86,16	2772	11	52,4	0,95	49,8	195,505	86,16	213,6
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	200	0,6	0,8	0,75	120	90	450	17	7,7	0,95	7,3	127,3	90	155,9
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	700	0,4	0,75	0,88	280	246,4	1053	15	15,8	0,85	13,4	293,4	246,4	383,2
11	АБК-2	150	0,5	0,8	0,75	75	56,25	936	16	30,0	0,9	27,0	102,0	56,25	116,4
12	АБК-5	500	0,5	0,8	0,75	250	187,5	2961	16	189,5	0,8	151,6	401,6	187,5	443,2
13	ТПА.	950	0,6	0,75	0,88	570	501,6	1584	12	19,0	0,95	18,1	588,1	501,6	772,9
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	1000	0,3	0,8	0,75	300	225	4158	15	62,4	0,95	59,3	359,3	225	423,9
16	ЦЕХ-2	1500	0,3	0,8	0,75	450	337,5	4158	15	62,4	0,95	59,3	509,3	337,5	610,9
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 6.

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	400	0,5	0,8	0,75	200	150	2016	16	129,0	0,8	103,2	303,2	150	338,3
	Территория завода	–	–	–	–	0	0	42885	0,16	6,9	1	6,9	6,9	0	6,9
	Итого по 0,38 кВ	11670	–	–	–	6500,7	4686,16	$\Sigma F_{\text{н}} =$ 73980	–	726,3	–	634,1	7134,8	4686,16	8602,0
Потребители электроэнергии 10 кВ															
6	Компрессорная	1200	0,6	0,8	0,75	720	540	–	–	–	–	–	720	540	900
	Итого по 10 кВ	1200	–	-	-	720	540	–	–	–	–	–	720	540	900

Определим полную расчетную нагрузку предприятия в целом:

- ЭП до 1000 В:

$$\Sigma P_p^H = 6500,7 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_p^H = 4686,16 \text{ кВАр}$$

$$\Sigma P_{po} = 634,1 \text{ кВт}$$

- ЭП выше 1000 В:

$$\Sigma P_p^B = 720,0 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_p^B = 540,0 \text{ кВАр}$$

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

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 8602 = 172 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H = 0,1 \cdot 8602 = 860,2 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_L = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 8602 = 258 \text{ кВт}$$

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:

$$P_{p\Sigma} = (\Sigma P_p^H + \Sigma P_p^B) \cdot K_{pm} + \Sigma P_{po} + \Delta P_T + \Delta P_L = (6500,7 + 720) \cdot 0,95 + 634,1 + 172 + 258 = 7923,7 \text{ кВт}$$

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

Реактивная мощность завода, приведенная к шинам 10 кВ:

$$Q_{p\Sigma} = (\Sigma Q_p^H + \Sigma Q_p^B) \cdot K_{pm} + \Delta Q_T = (4686,16 + 540) \cdot 0,95 + 860,2 = 5825 \text{ кВАр}$$

Определим полную расчетную нагрузку, приведенную к шинам 10 кВ:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{7923,7^2 + 5825^2} = 9834,4 \text{ кВА}$$

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

- потери активной мощности:

$$\Delta P_T^{гпп} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 9834,4 = 196,6 \text{ кВт};$$

- потери реактивной мощности:

$$\Delta Q_T^{гпп} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 9834,4 = 983,4 \text{ кВАр}$$

Полная расчётная мощность ГПП:

$$S_p^{гпп} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_T^{гпп})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T^{гпп})^2} = \\ \sqrt{(7923,7 + 196,6)^2 + (5825 + 983,4)^2} = 10596,9 \text{ кВА}$$

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

$$Q_{ку} = Q_{pc} - Q_c$$

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

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma}$$

где: α - 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 $U_n = 35 \text{ кВ}$

$\alpha = 0,29$ при $U_n = 110 \text{ кВ}$

$\alpha = 0,40$ при $U_n = 220 \text{ кВ}$

Для того чтобы знать величину напряжения питающих линий воспользуемся следующими рекомендациями [3, стр. 35]: если расчетная мощность предприятия $S_p^{гпп}$ не превышает 10 МВА, то экономически целесообразно принять $U_n = 35 \text{ кВ}$, если $S_p^{гпп} = 10 \div 150 \text{ МВА}$ - $U_n = 110 \text{ кВ}$, $S_p^{гпп} > 150 \text{ МВА}$ - $U_n = 220 \text{ кВ}$.

Так как $S_p^{гпп} = 10,596 \text{ МВА} > 10 \text{ МВА}$, принимаем $U_n = 110 \text{ кВ}$, следовательно, $\alpha = 0,29$.

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

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{1} + \frac{2500}{8,12}}} = 35.137 \text{ кВ}$$

Где: L = 1 км -длина питающей линии;

U_{эк} - экономическое напряжение рассматриваемого участка, кВ

С учетом рекомендаций принимаем напряжение питающих линий

$$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$$

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,29 \cdot 7923,7 = 2297,8 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{кв}} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 5825 - 2297,8 = 3527,1 \text{ кВАр.}$$

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

$$S_p^{\text{ГПП}} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_T^{\text{ГПП}})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T^{\text{ГПП}} - Q_{\text{кв}})^2} =$$

$$\sqrt{(7923,7 + 196,6)^2 + (5825 + 983,4 - 3527,1)^2} = 8758,2 \text{ кВА}$$

ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Картограмма и определение центра электрических нагрузок	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Колбас Н.В.						
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

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

$m = 2,0$ кВт/мм² - масштаб нагрузки для определения площади круга (постоянный для всех цехов предприятия).

Таблица 7 Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха	S_{pi} , кВА	P_{po} , кВт	r , мм	α , Град	x_i , м	y_i , м	$S_{p\Sigma i} \cdot x_i$, кВА·м	$S_{p\Sigma i} \cdot y_i$, кВА·м
Потребители 0,38 кВ								
1	257,7	13,1	6,6	18,3	73,5	219,0	18939,0	56430,6
2	125,1	24,0	4,9	69,1	219	202,5	27401,2	25336,7
3	125,6	37,3	5,1	107,0	18	180,0	2261,2	22612,0
4	213,6	49,8	6,0	53,5	90	175,5	17528,6	34180,7
5	77,1	2,6	3,6	12,2	58,5	135,0	4510,9	10409,7
6	491,2	4,7	8,9	3,4	117	135,0	57473,8	66315,9
7	97,0	4,1	4,0	15,1	150	130,5	14555,5	12663,3
8	155,9	7,3	5,1	16,8	189	129,0	29460,4	20107,9
9	2234,1	17,3	18,9	2,8	325,5	121,5	727203,6	271444,7
10	383,2	13,4	7,9	12,6	304,5	67,5	116672,2	25863,3
11	116,4	27,0	4,8	83,3	306	18,0	35631,9	2096,0
12	443,2	151,6	9,7	123,1	211,5	16,5	93740,4	7313,1
13	772,9	18,1	11,2	8,4	42	81,0	32462,9	62607,0
14	1634,8	48,0	16,4	10,6	99	81,0	161848,6	132421,5
15	423,9	59,3	8,8	50,3	169,5	81,0	71850,1	34335,5
16	610,9	59,3	10,3	34,9	217,5	81,0	132878,7	49485,9

Окончание таблицы 7

17	98,2	5,5	4,06	20,19	94,5	24,0	9281,0	2357,1
18	14,7	2,6	1,66	63,67	129	12,0	1890,7	175,9
19	338,3	103,2	8,38	109,84	334,5	54,0	113158,9	18267,8
Потребители 10 кВ								
6	720	4,7	10,7	–	117	135,0	84240	97200
Итого	9315,1	631,9	–	–	–	–	1752989,5	951624,4

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:

$$x_0 = S_{p\Sigma i} \cdot x_i / S_{p\Sigma i} = 1752989,5 / (9315,1 + 631,9) = 204 \text{ м};$$

$$y_0 = S_{p\Sigma i} \cdot y_i / S_{p\Sigma i} = 951624,4 / (9315,1 + 631,9) = 110,7 \text{ м}.$$

Место сооружения ГПП выбирается с учётом следующих факторов:

1. Наименьшая длина внутривзводских питающих линий;
2. Максимальное (по возможности) приближение ГПП к центру электрических нагрузок;
3. Согласно ПУЭ (т.7313, стр. 593) ОРУ ГПП необходимо сооружать на расстоянии 60 м от помещений со взрывоопасной средой и на расстоянии 80 м от наружных взрывоопасных установок.

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 (минимальные габаритные размеры ГПП 70×70 м). Таким образом,

размещаем ГПП на территории завода со смещением в сторону подстанции энергосистемы, расположенной на расстоянии 1 км.

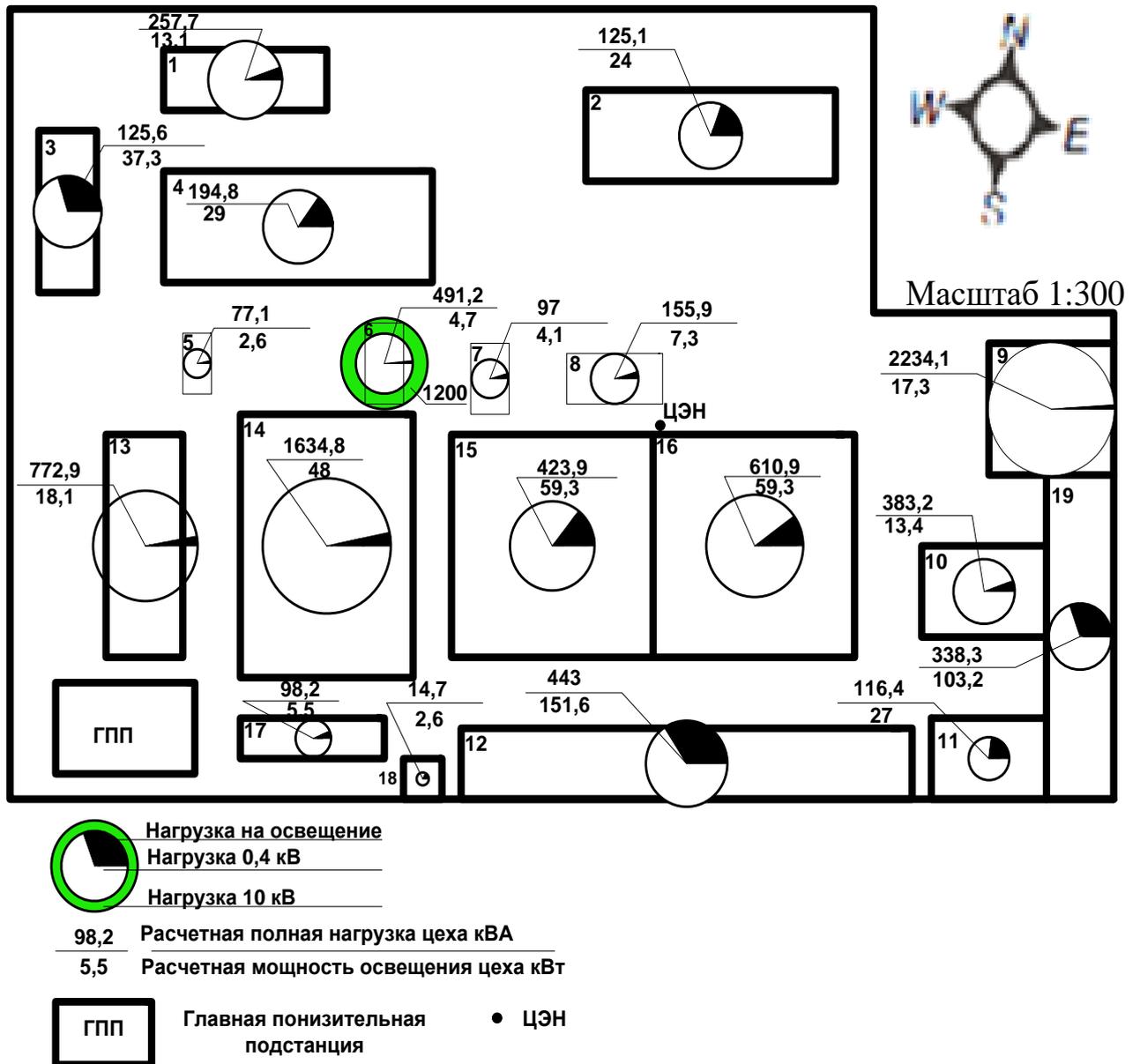
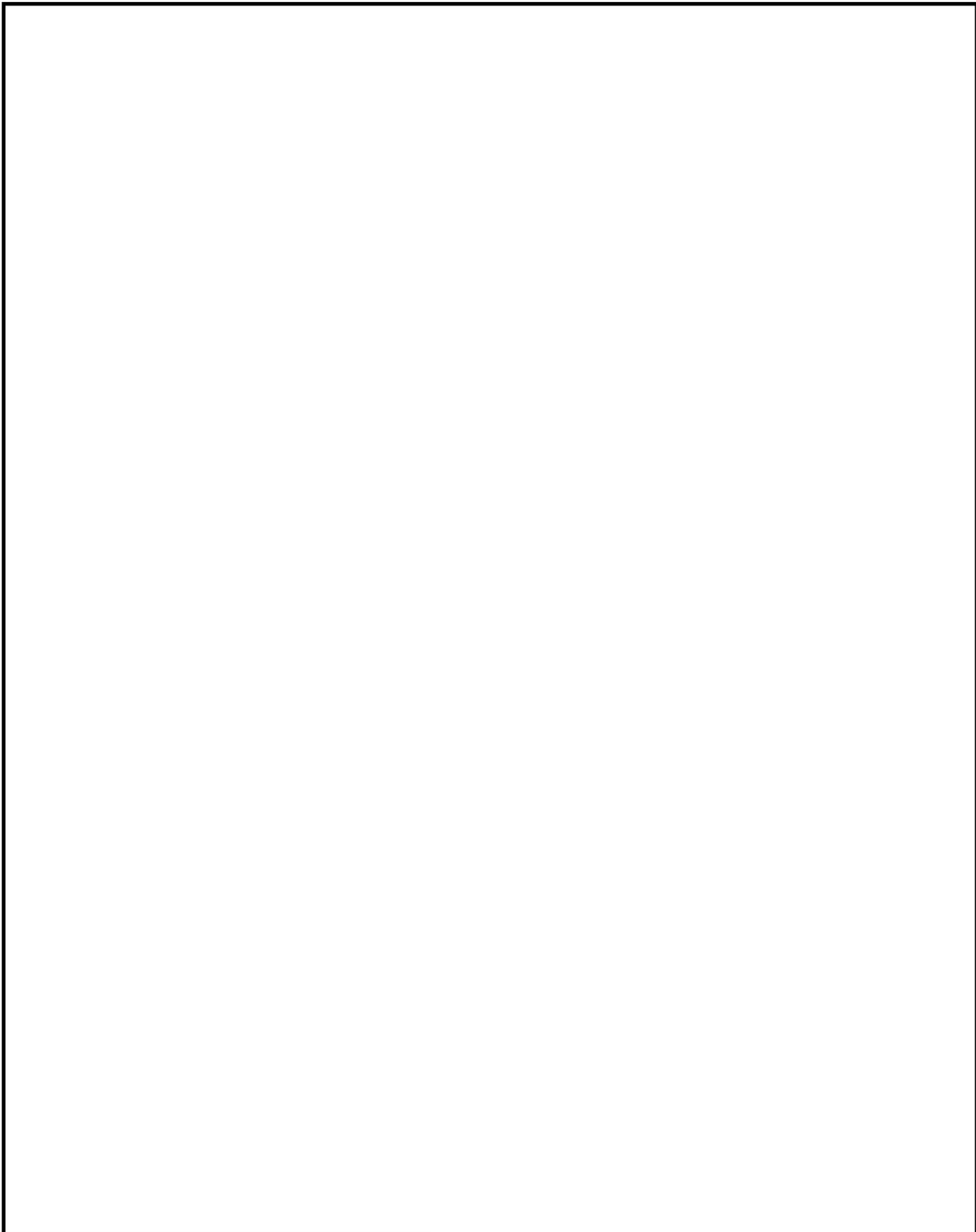


Рисунок 4 - Генплан предприятия с картограммой нагрузок



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Схема внешнего электрообеспечения	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Колбас Н.В.						
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

6 Составление схемы внешнего электроснабжения

Принимаем схему внешнего электроснабжения 4Н 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.

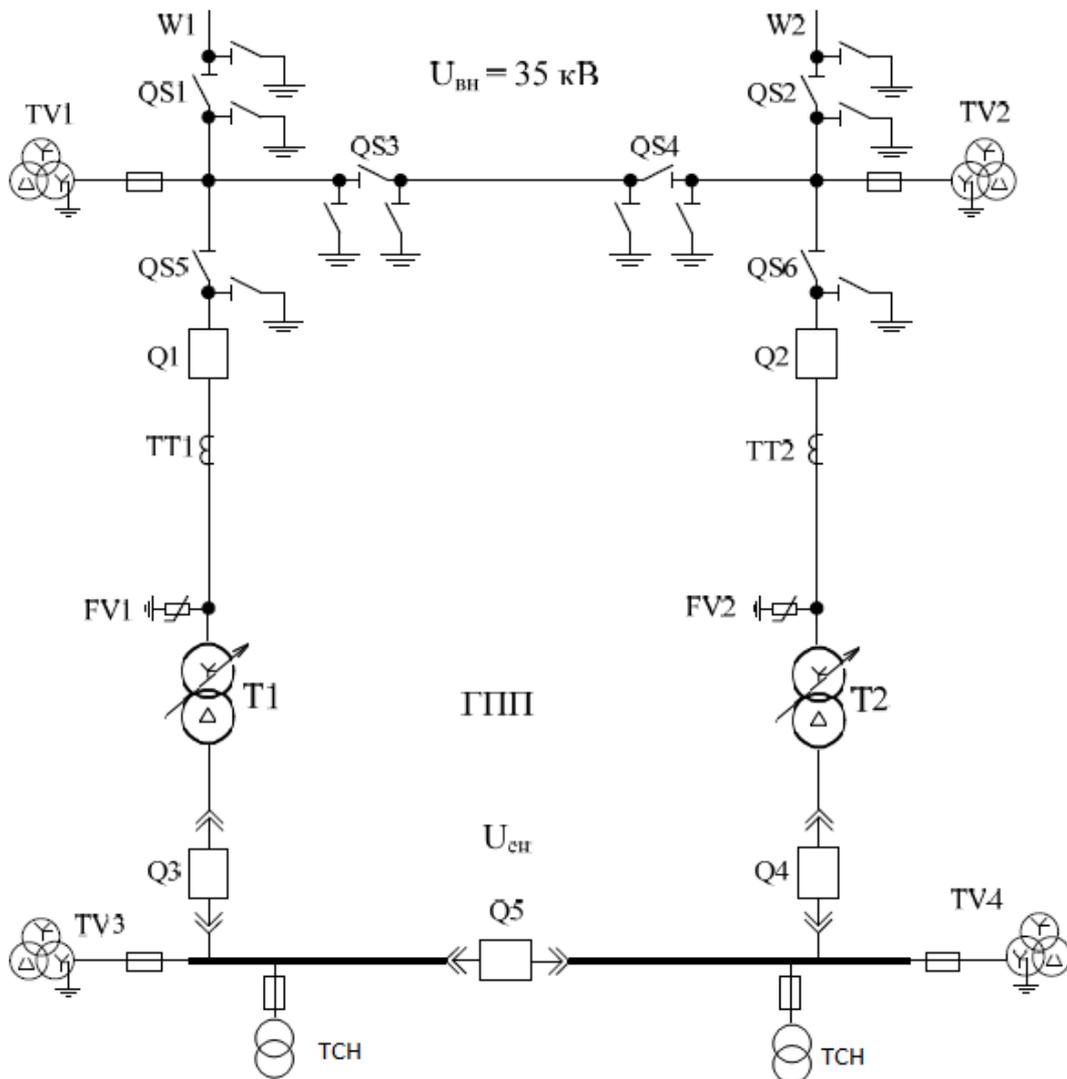


Рисунок 5 – Схема внешнего электроснабжения 4Н.

Для защиты оборудования сетей ГПП от грозовых и коммутационных перенапряжений применим полупроводниковые ограничители напряжения (ОПН) класса 35 кВ (FV1 и FV2).

Выбираю: ОПН-РК-35/40.5-10-760 УХЛ1;

Основные характеристики:

Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, кВ, действующее значение = 40.5 кВ

Номинальный разрядный ток 8/20 мкс, = 10 кА

Пропускная способность = 760А.

6.1 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП

Мощность трансформатора выберем с учетом известного суточного графика нагрузки предприятия, рисунок 6.

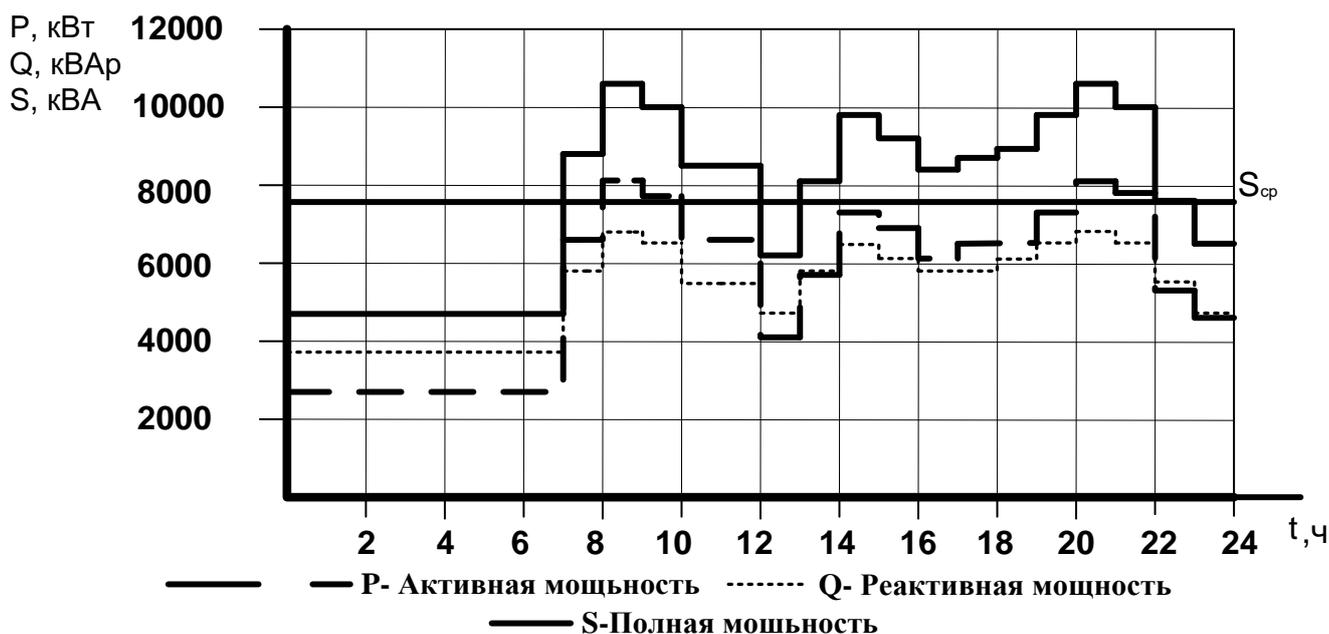


Рисунок 6 - Суточный график нагрузок предприятия

Из суточного графика можно определить

$$S_{\max} = 10596,9 \text{ кВА}$$

Потребляемая за сутки активная и реактивная энергия

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 8120,3 \cdot 16,35 = 132766,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$V = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i = 6808,4 \cdot 18,65 = 126976,7 \text{ кВА} \cdot \text{ч}$$

Средняя за сутки нагрузка предприятия

$$S_{cp} = \frac{\sqrt{W^2 + V^2}}{24} = \frac{\sqrt{132766,9^2 + 126976,7^2}}{24} = 7654,7 \text{ кВА}$$

Суточный график активной нагрузки перестраиваем в годовой график нагрузок по продолжительности, рисунок 7.

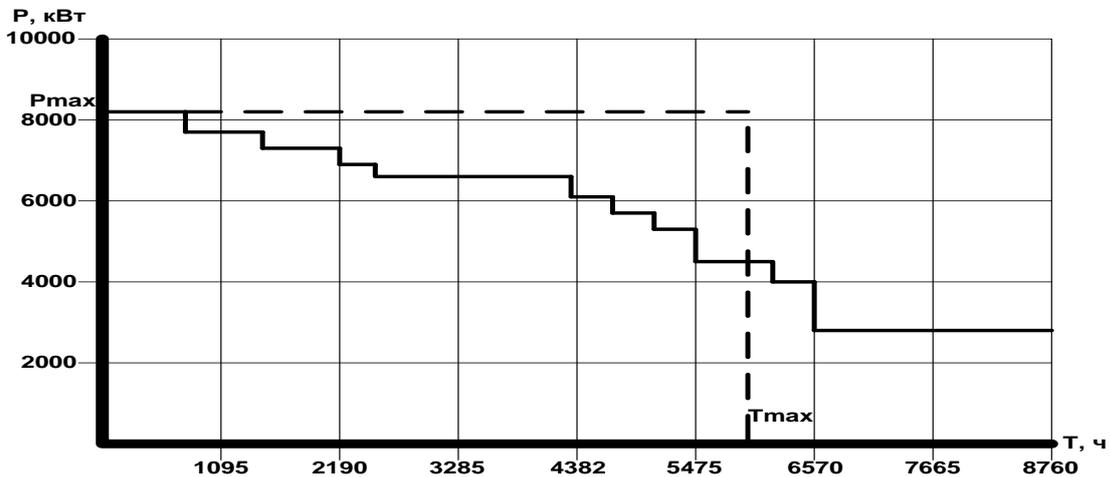


Рисунок 7 - Годовой график нагрузки по продолжительности

Количество потребленной за год электрической энергии

$$W_{год} = 365 \cdot W = 365 \cdot 132766,9 = 48459920 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Число часов использования максимальной нагрузки

$$T_{max} = \frac{W_{год}}{P_{max}} = \frac{48459920}{8120,3} = 5967,75 \text{ ч}$$

Время максимальных потерь

$$\tau_{max} = (0,124 \cdot T_{max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 \cdot 5967,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 4550,9 \text{ ч}$$

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

$$k_{зап.гр} = \frac{S_{cp}}{S_{max}} = \frac{7654,7}{10596,9} = 0,72$$

Продолжительность максимума нагрузки из суточного графика нагрузок предприятия

$$t_{max} = 4 \text{ ч.}$$

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

$$k_{\text{нагр}} = \frac{S_{\text{мак}}}{S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{10596,9}{6300} = 1,69$$

Расчетная мощность трансформаторов

$$S_{\text{тр.расч.}} = \frac{S_{\text{мак}}}{k_{\text{нагр}}} = \frac{10596,9}{1,69} = 6270,3 \text{кВА}$$

Принимаем к установке на ГПП по два трансформатора мощностью

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

1) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{\text{мак}}}{n_{\text{тр.}} \cdot S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{10596,9}{2 \cdot 6300} = 0,84$$

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

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

$$k_{1-2} \cdot S_{\text{мак}} = 0,72 \cdot 10596,9 = 7629,7 \text{кВА}$$

2) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{\text{мак}}}{n_{\text{тр.}} \cdot S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{10596,9}{2 \cdot 10000} = 0,50$$

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

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

$$k_{1-2} \cdot S_{\text{мак}} = 0,72 \cdot 10596,9 = 7629,7 \text{кВА}$$

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

Таблица 8 Параметры трансформаторов [6, стр. 207, табл. 5.12], [6, стр. 209, табл. 5.13], [6, стр. 212, табл. 5.17]

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

6.2 Выбор сечения линии, питающей ГПП

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

Выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока

ВЛЭП 35 кВ, трансформаторы ТМН-6300/35

Расчетный ток на одну цепь

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

Расчетный ток в послеаварийном режиме

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

где $S_{трГПП}$ - номинальная мощность трансформатора, кВА;

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

$n_{ц}$ - количество цепей питающей линии, шт

Экономическое сечение

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

где $I_{эк}=1,0$ - нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки

Из стандартного ряда сечений принимаем сталеалюминевый провод

АС 120/19 с $I_{\text{доп}} = 390 \text{ А}$ [6, стр. 82, табл. 3.15.]

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

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

Проверка выполняется

- Проверка по условию механической прочности: согласно ПУЭ, воздушные линии напряжением 35 кВ и выше, сооружаемые на двухцепных опорах с применением сталеалюминевых проводов, должны иметь сечение не менее 120 мм². Таким образом, проверка выполняется.

- Проверка по допустимой потере напряжения;

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

Где $U_{\text{доп}} = 5\%$ - допустимое значение потери напряжения;

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

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

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

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

Расчет по второму варианту сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Определение суммарных приведенных затрат на сооружение ЛЭП, питающих ГПП

Уном, кВ	Тр-тор	Ирасч А	Ирасч. п/ав, мм ²	Фэк, мм ²	Марка провода	Идоп, А	1,3·Идоп, А	Лдоп Км	Лфакт км
35	ТМН- 6300/35	103,9	207,8	103,9	АС 120/19	390,0	507,0	38,5	1
	ТМН- 10000/35	165,0	329,9	165,0	АС 150/24	450,0	585,0	29,9	

6.3 Определение суммарных приведенных затрат на сооружение воздушных линий электропередачи

При определении суммарных приведенных затрат рассчитываются капитальные затраты и эксплуатационные расходы

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

Где $K_{\text{ЛЭП}}$ - капитальные затраты на сооружение ЛЭП, руб;

$K_{\text{об}}$ - капитальные затраты на сооружение схемы, руб;

$C_{\text{пот}}$ - стоимость годовых потерь электроэнергии в линии, руб;

$C_{\text{ам}}$ - стоимость амортизационных отчислений, руб;

$C_{\text{обсл}}$ - отчисления на обслуживание ВЛЭП, руб;

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

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

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

$$\gamma = 1,2$$

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

ВЛЭП 35 кВ, трансформатор а ТМН-6300/35

Капитальные затраты на сооружение линии

$$K_{\text{ЛЭП}} = A \cdot L \cdot \gamma = 1999200 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2399040,0 \text{ руб.}$$

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

Капитальные затраты на сооружение схемы

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

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

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии

$$C_{пот} = n_{ц} \cdot \Delta P_{руд} \cdot k_3^2 \cdot L \cdot \tau_{мак} \cdot \Delta C_э = n_{ц} \cdot \Delta P_{руд} \cdot \left(\frac{I_{расч}}{I_{дон}} \right)^2 \cdot L \cdot \tau_{мак} \cdot \Delta C_э =$$

$$= 2 \cdot 140 \cdot \left(\frac{103,9}{390} \right)^2 \cdot 1 \cdot 4550,9 \cdot 0,216 = 19266,7 \text{ руб/год.}$$

где k_3 - коэффициент загрузки линии по току;

$\Delta C_э$ - стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч);

$\Delta P_{руд}$ - удельные потери в линии при номинальной нагрузке [3, стр. 89, табл. П.2.7], кВт/км

Стоимость амортизационных отчислений

$$C_{ам} = E_{ам.лэп} \cdot K_{лэп} + E_{ам.об} \cdot K_{об} = 0,100 \cdot 2399040,0 + 0,067 \cdot 2099160,0 =$$

$$380547,7 \text{ руб/год.}$$

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

Отчисления на обслуживание ВЛЭП

$$C_{обсл} = E_{обсл.лэп} \cdot K_{лэп} + E_{обсл.об} \cdot K_{об} = 0,008 \cdot 2399040,0 + 0,059 \cdot$$

$$2099160,0 = 143042,7 \text{ руб/год.}$$

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

Суммарные приведенные затраты

$$Z_{лэп} = E_{н.лэп} \cdot K_{лэп} + E_{н.об} \cdot K_{об} + C_{пот} + C_{ам} + C_{обсл} = 0,152 \cdot 2399040 +$$

$$0,193 \cdot 2099160 + 19266,7 + 382547,7 + 143042,7 = 1314649,06 \text{ руб/год.}$$

Расчет по другой линии сведем в таблицу 10.

Таблица 10 – Определение суммарных приведенных затрат на сооружение линии, питающей ГПП

Уном, кВ	Тр-тор	Марка провода	k_3	$K_{ЛЭП}$ Руб	$K_{об}$ Руб	$C_{пот}$ руб/год	$C_{ам}$ руб/год	$C_{обсл}$ руб/год	$Z_{ЛЭП}$ руб/год
35	ТМН- 6300/35	АС 120/19	0,266	2399040	2099160	19266,7	382547,7	143042,7	1314649,06
	ТМН- 10000/35	АС 150/24	0,367	2399040	2099160	36869,8	382547,7	143042,7	1332244,16

6.4 Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования

Суммарные приведенные затраты на установку силового оборудования определяются из выражения

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

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

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

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

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

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

Трансформатор ТМН-6300/35

Капитальные затраты на установку трансформаторов

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

Приведенные потери мощности в трансформаторах

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

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

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

Стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах

$$C_{\text{пот}} = n_{\text{тр}} \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{\text{кз}} \cdot \tau_{\text{макс}}) \cdot \Delta C_{\text{Э}} = 2 \cdot (13,2 \cdot 8760 + 0,84^2 \cdot 79,6 \cdot 4550) \cdot 0,216 = 160352,4 \text{ руб/год}$$

Стоимость амортизационных отчислений

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

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

Отчисления на обслуживание трансформаторов

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

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

Суммарные приведенные затраты

$$Z_{\text{тр}} = E_{\text{н.об}} \cdot K_{\text{тр}} + C_{\text{пот}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{обсл}} = 0,193 \cdot 8139600,0 + 160352,4 + 545353,2 + 480236,0 = 2756884,4 \text{ руб/год}$$

Расчет по другим трансформаторам сведен в таблицу 11.

Таблица 11 – Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования

Уном, кВ	Тр-тор	$\Delta P'_{\text{хх}}$, кВт	$\Delta P'_{\text{кз}}$, кВт	β	$K_{\text{тр}}$, руб/год	$C_{\text{пот}}$, руб/год	$C_{\text{ам}}$, руб/год	$C_{\text{обсл}}$, руб/год	$Z_{\text{тр}}$, руб/год
35	ТМН- 6300/35	13,2	79,6	0,84	8139600,0	160352,4	545353,2	480236,0	2756884,4
	ТМН- 10000/35	20,1	117,5	0,50	8568000,0	133804,3	574056,0	505512,0	2866996,3

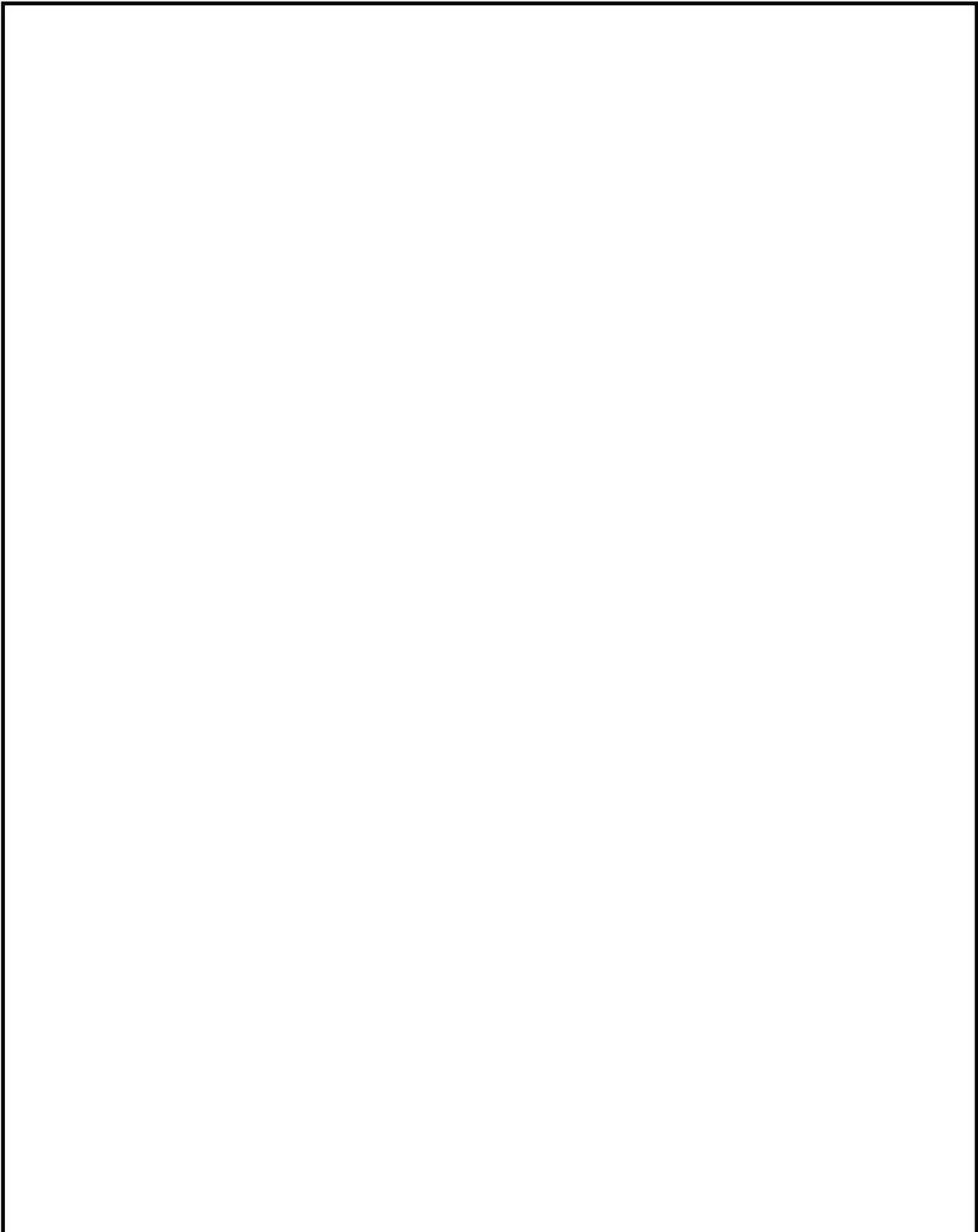
6.5 Технико-экономическое сравнение вариантов

Для удобства сравнения сведем результаты технико-экономических расчетов в таблицу 12.

Таблица 12.

U _{ном} , кВ	Тр-гор	Марка провода	З, руб/год
35	ТМН-6300/35	АС 120/19	4071533,46
	ТМН-10000/35	АС 150/24	4199240,46

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



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Колбас Н.В.			Внутризаводское электроснабжение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

7 Схема внутриводской сети

7.1 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки [2, стр. 82, табл. 5.1]

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{цехов}} = \frac{8602}{31095} = 0.276 \text{кВА/м}^2$$

Где $F_{цехов}$ – площадь всех цехов предприятия, м^2 .

Принимаем трансформатор $S_{ном} = 1600$ кВА

Таблица 13 - Данные выбранного трансформатора

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

Минимально возможное число цеховых трансформаторов

$$n_{mp.0} = \frac{\sum P_p^H}{\beta_{mp} * S_{ном. mp}} = \frac{8120,3}{0,7 * 1600} = 7.25 \text{ шт. принимаем } n_{тр} = 8 \text{ шт.}$$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum P_p^H}{n_{mp}} = \frac{8120,3}{8} = 1015 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторов для установки в цехах предприятия (цех № 2)

$$n_{mp.i} = \frac{\sum P_p^H}{P_1} = \frac{99}{1015} = 0,097 \text{ шт.}$$

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 14.

Таблица 14 – Число трансформаторов в цехах предприятия

№	Наименования цехов	$P_p + P_{p.o}$, кВт	Количество тр-ов n_i , шт.
1	Ремонтно-строительный цех	163,1	0,161
2	Энергосиловой цех	99,0	0,098
3	АБК-3	112,3	0,111
4	Ремонтно-механический цех	195,505	0,172
5	Насосная станция	62,6	0,062
6	Компрессорная	394,7	0,389
7	Транспортный цех	79,1	0,078
8	Котельная	127,3	0,125
9	Литейный цех	2017,3	1,988
10	Инструментальный цех	293,4	0,289
11	АБК-2	102,0	0,100
12	АБК-5	401,6	0,396
13	ТПА	588,1	0,579
14	ТГЦ	1248,0	1,230
15	ЦЕХ-5	359,3	0,354
16	ЦЕХ-2	509,3	0,502
17	Склад готовой продукции	80,5	0,079
18	АБК	12,6	0,012
19	Заводоуправление	303,2	0,299

На основании расчетов и группирований нагрузок на генплане предприятия производим расстановку цеховых трансформаторных подстанций, таблица 15, рисунок 8.

Таблица 15 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

Наименование пункта питания и количество трансформаторов	Потребители энергии (номер по генплану)	Суммарная Потребители энергии мощность, кВт	Место расположения на генплане
ТП 4 1 транс.	1,2,3,4,7	800,2	Цех №4
ТП 14 2 транс.	13,14	2407,8	Цех №14
ТП 15 2 транс.	5,6,8,10,15,16	2142,2	Цех №15
ТП 9 2 транс.	9	2234,1	Цех №9
ТП 12 1 транс.	11,12,17,18,19	1010,8	Цех №12

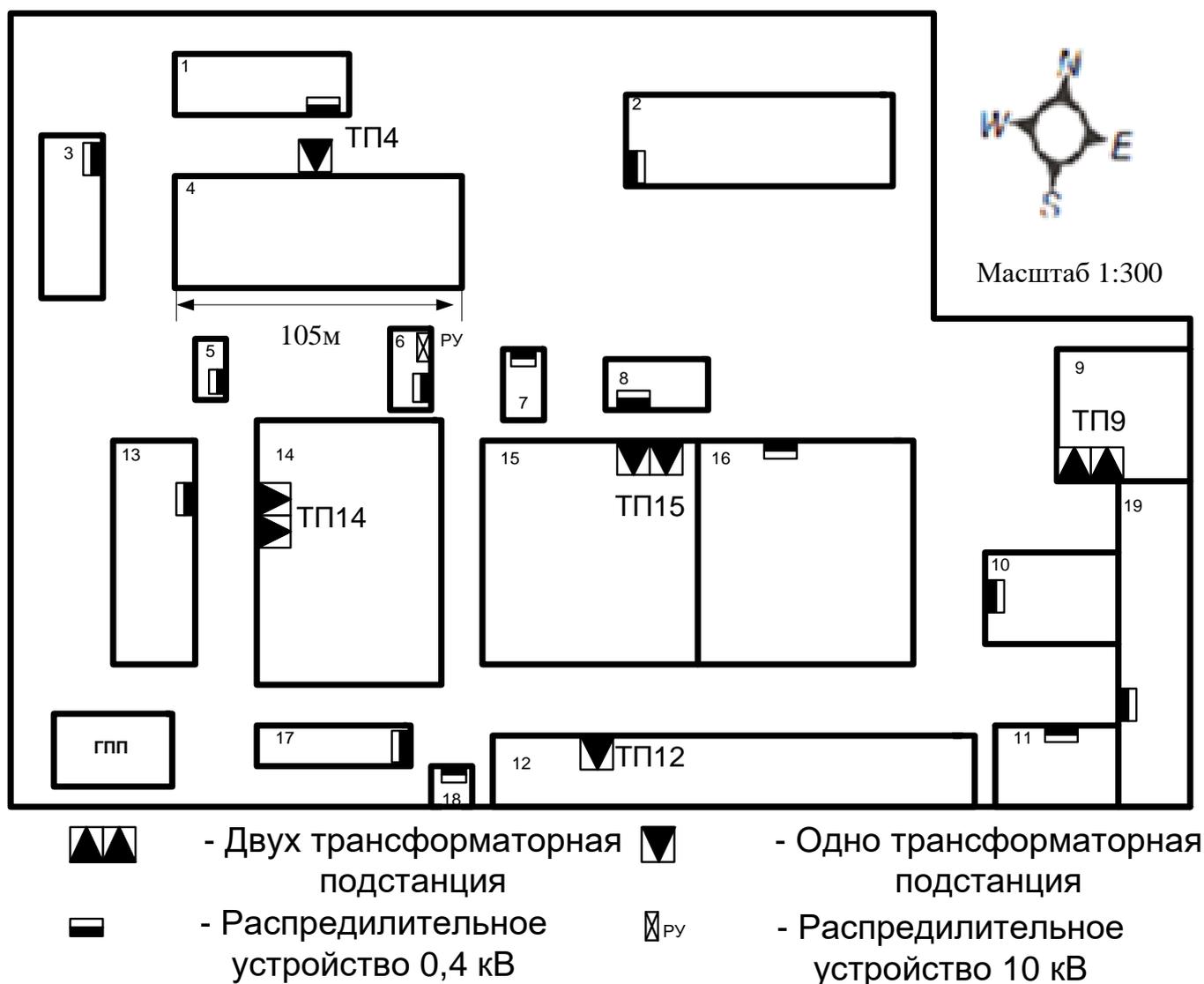


Рисунок 8 - Предварительное размещение трансформаторных подстанций.

7.2 Выбор сечений кабельных линий сети 10 кВ и 0,4 кВ

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.

ГПП – ТП4 (Л-1):

Расчетный ток на одну цепь

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

$$I_p = 1600 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 92,5 \text{ А}$$

где $S_{н.тр}$ - номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

U_n – номинальное напряжение, кВ;

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

$$F_{эк} = I_p / i_{эк}$$

$$F_{эк} = 92,5 / 1,2 = 77 \text{ мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АСБ

$$F = 70 \text{ мм}^2$$

$$I_{доп} = 165 \text{ А [9, табл.7-13]}$$

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

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

где $K_{пр} = 0,9$ - коэффициент прокладки, при прокладке кабельных линий в траншеях;

Проверяем:

$$I'_{доп} \geq I_p$$

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

Выбранное сечение проходит по результатам проверки. Принимаем кабель марки АСБ-(3x70).

ГПП – ТП14 (Л-2):

Расчетный ток на одну цепь

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

$$I_p = 1600 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 92,5 \text{ А}$$

где $S_{н.тр}$ - номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

U_n – номинальное напряжение, кВ;

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{p. п/ав} = n_{тр} \cdot S_{н.тр} / (\sqrt{3} \cdot U_n)$$

$$I_{p. п/ав} = 2 \cdot 1600 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 184,9 \text{ А}$$

где $S_{н.тр}$ - номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

U_n – номинальное напряжение, кВ;

$n_{тр}$ – количество трансформаторов.

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

$$F_{эк} = I_{p. п/ав} / j_{эк}$$

$$F_{эк} = 184,9 / 1,2 = 154 \text{ мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АСБ

$$F = 150 \text{ мм}^2$$

$$I_{доп} = 275 \text{ А [9, табл.7-13]}$$

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

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

где $K_{пр} = 0,9$ - коэффициент прокладки, при прокладке кабельных линий в траншеях;

$$1,3 \cdot I'_{доп} = 1,3 \cdot 247,5 = 321,7 \text{ А}$$

Проверяем:

$$I_{доп} \geq I_{p. п/ав}$$

$$247,5 \text{ А} > 184,9 \text{ А} - \text{выполняется};$$

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

$$321,7 \text{ А} > 184,9 \text{ А} - \text{выполняется}$$

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

ГПП – РУ (Л-6):

Расчетный ток на две цепи для высоковольтного электроприемника второй категории 10 кВ.

$$I_{рас} = \frac{P_{ном}}{n_{лин} \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \alpha} = \frac{1200}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1} = 34,6 \text{ А}$$

где $P_{ном}$ - номинальная мощность двигателя, кВт.

$n_{лин}$ – количество линий.

Расчетный ток в после аварийный режим на одну цепь.

$$I_{рас.п/ав.} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \alpha} = \frac{1200}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1} = 69,3 \text{ А}$$

где $P_{ном}$ - номинальная мощность двигателя, кВт.

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

$$F_{эк} = I_{р. п/ав.} / i_{эк}$$

$$F_{эк} = 69,3 / 1,2 = 57,75 \text{ мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АСБ

$$F = 50 \text{ мм}^2$$

$$I_{доп} = 140 \text{ А} [9, \text{табл.7-13}]$$

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

$$I'_{доп} = K_{пр} \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 140 = 126 \text{ А}$$

где $K_{пр}=0,9$ - коэффициент прокладки, при прокладке кабельных линий в траншеях;

$K_{пр}=1,0$ - коэффициент прокладки, при прокладке кабельных линий в лотках;

Проверка:

$$I'_{доп} > I_{р}$$

$$126 \text{ А} > 57,75 \text{ А} - \text{выполняется;}$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверки. Принимаем кабель марки АСБ-(3х50).

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

Следующие расчеты сведем в табл. 16.

Таблица 16 - Выбор сечений кабельных линий сети 10 кВ

№ линии	Назначение линии	Количество линий	Расчетная нагрузка на один кабель		Длина линии ℓ, км	Способ прокладки	Поправочный коэффициент прокладки кабеля	Марка и сечение кабеля, Г,мм ²	Допустимая нагрузка на один кабель		
			I _р , А	I _{авар} , А					I _{доп} , А	В нормальном режиме I' _{доп} , А	В аварийном режиме 1,3·I' _{доп} , А
2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	11	12
Л-1	ГПП-ТП4	1	92,5	---	0,399	Траншея	0,9	АСБ-(3×70)	165	148,5	---
Л-2	ГПП-ТП14	2	92,5	184,9	0,102		0,9	АСБ-2(3×150)	275	247,5	321,7
Л-3	ГПП-ТП15	2	92,5	184,9	0,282		0,9	АСБ-2(3×150)	275	247,5	321,7
Л-4	ГПП-ТП9	2	92,5	184,9	0,480		0,9	АСБ-2(3×150)	275	247,5	321,7
Л-5	ГПП-ТП12	1	92,5	---	0,171		0,9	АСБ-(3×70)	165	148,5	---
Л-6	ГПП – РУ	2	69,3	57,75	0,261		1,0	АСБ-(3×50)	140	126	---

Пример выбора кабельной линии 0,4 кВ. питающие цеха.

$$I_{рас} = \frac{S_{раа.цеха}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{257,7}{1,73 \cdot 0,38} = 391,9 А$$

Намечаем выбор кабеля марки АПВББШнг (4х240) $I_{доп} = 398 А$

Проверка выбранного кабеля по нагреву расчетным током

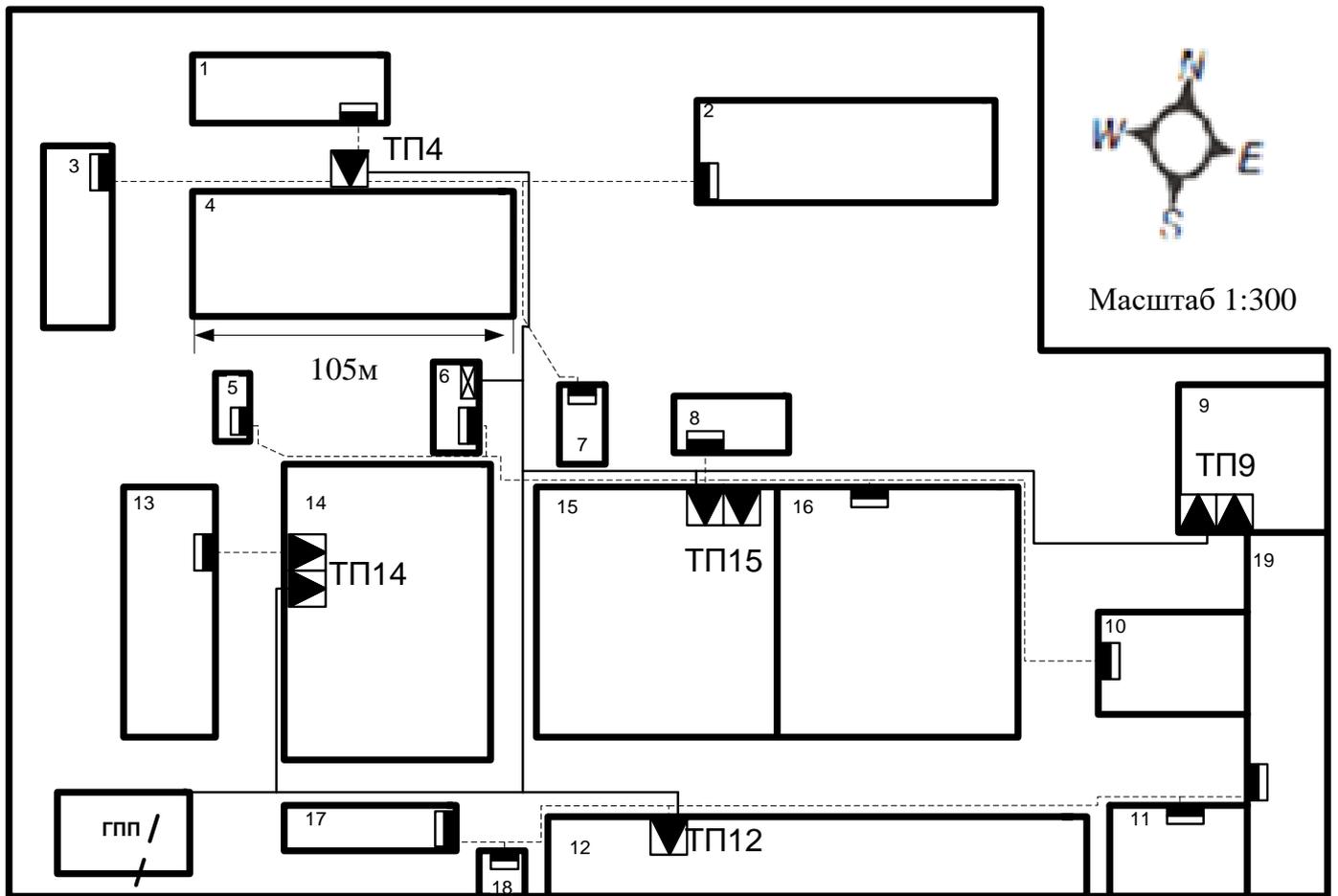
$$I_{доп} = 398 A \geq I_p = 391,9 A$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Результаты расчетов сведены в таблицу 17

Таблица 17 - Выбор сечений кабельных линий сети 0,4 кВ

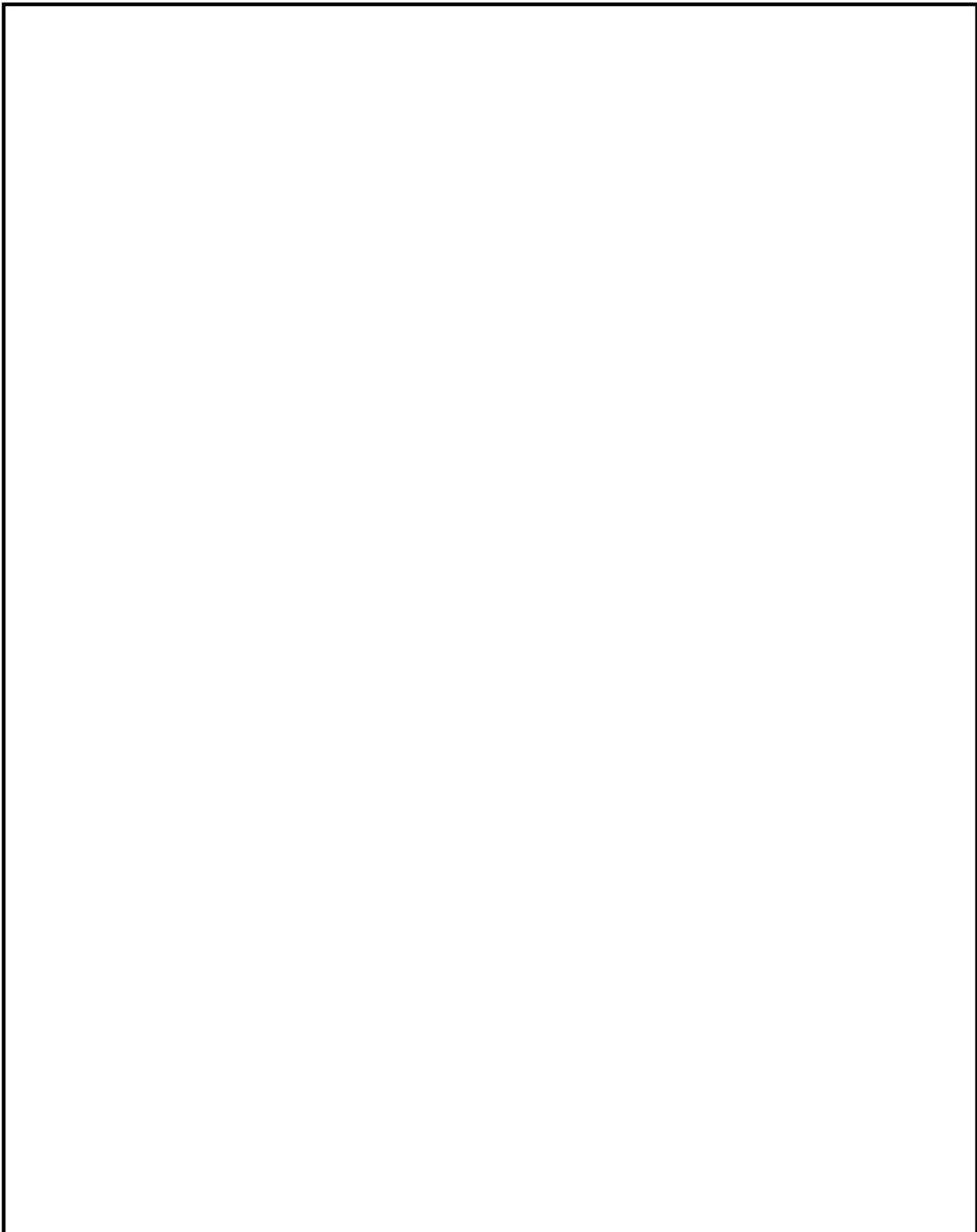
№ Цеха	S _p , кВА	I _{рас} , А	I _{доп} , А	Марка Кабеля
1	257,7	392,0	398	АПВБбШнг (4x240)
2	125,1	190,3	220	АПВБбШнг (4x95)
3	125,6	191,1	220	АПВБбШнг (4x95)
5	77,1	117,3	118	АПВБбШнг 2(4x35)
6	491,2	747,2	398	АПВБбШнг 4(4x240)
7	97,0	147,6	180	АПВБбШнг (4x70)
8	155,9	237,1	255	АПВБбШнг 2(4x120)
10	383,2	582,8	295	АПВБбШнг 4(4x150)
11	116,4	177,1	180	АПВБбШнг (4x70)
13	772,9	1175,7	398	АПВБбШнг 6(4x240)
16	610,9	929,3	338	АПВБбШнг 6(4x185)
17	98,2	149,4	180	АПВБбШнг (4x70)
18	14,7	22,3	54	АПВБбШнг (4x10)
19	338,3	514,6	295	АПВБбШнг 2(4x150)



ЛЭП 35 кВ от ПС
«Южная» 1 км

- | | | | |
|-------|---------------------------------------|-------|--------------------------------------|
| ————— | - Кабельная линия 10 кВ | ----- | - Кабельная линия 0,4 кВ |
| ▲▲ | - Двух трансформаторная подстанция | ▼ | - Одно трансформаторная подстанция |
| ▬ | - Распределительное устройство 0,4 кВ | ⊠ | - Распределительное устройство 10 кВ |

Рисунок 9 - Схема внутриводской распределительной сети



ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В		
Разраб.	Колбас Н.В.						
Руковод.	Климова Г.Н.						
Реценз.							
Косульт.							
Утверд.					Лит.	Лист	Листов
					<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

8 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_{Σ}, x_{Σ} - 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–ТП1. Для расчета токов КЗ составляем расчетную схему.

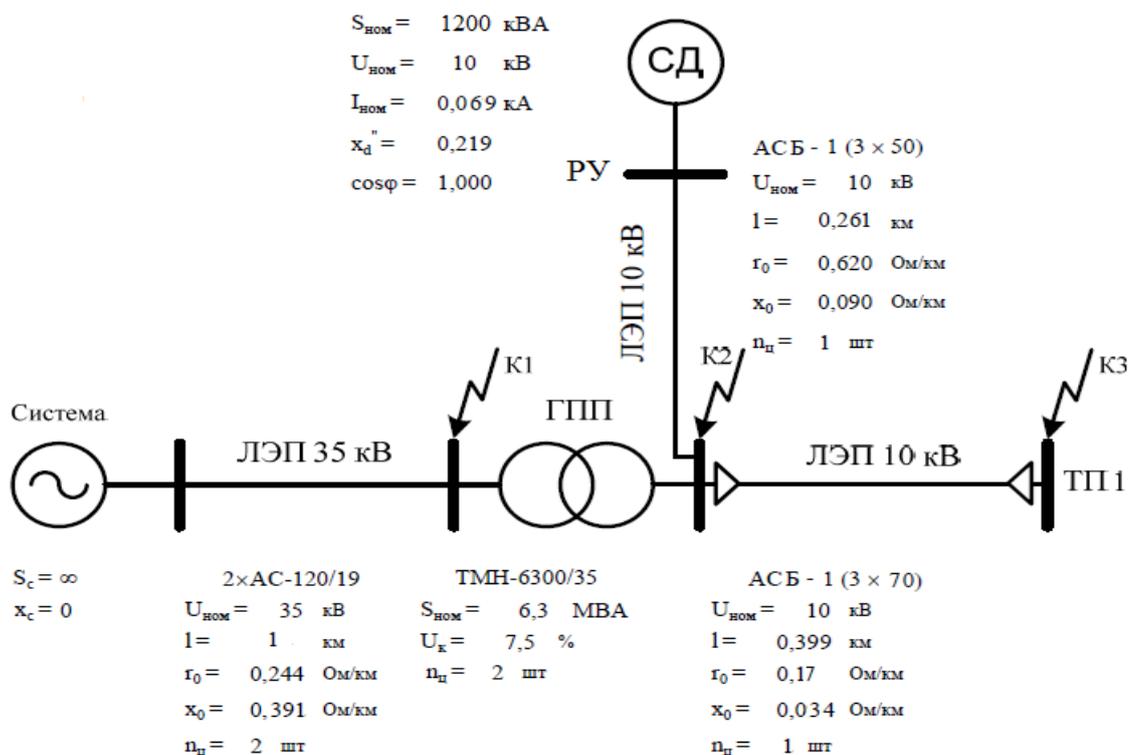


Рисунок 10 - Расчетная схема

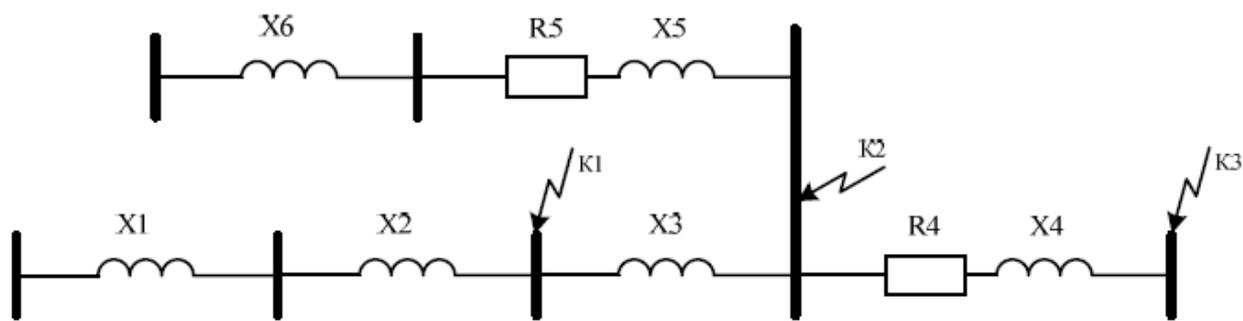


Рисунок 11 - Схема замещения

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

$$S_c = \infty, \quad Z = X_c = X_1 = S_6 / S_c = 0$$

Принимаем за базисные напряжения:

$$U_{6I} = 37 \text{ кВ}; U_{6II} = 10,5 \text{ кВ}.$$

Принимаем базисную мощность: $S_6 = 100 \text{ МВА}$

Находим базисные токи:

$$I_{6I} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6I}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА};$$

$$I_{6II} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6II}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА};$$

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

Определяем сопротивления элементов:

Для воздушной линии:

$$Z_2 = X_{2BL} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_B^2} = 0,391 \cdot 1 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,028 \text{ [o.e.]}$$

где: $X_0 = 0,391 \text{ Ом/км}$ – удельное индуктивное сопротивление провода марки АС-120/19 [9, табл. 7-35]

Для трансформатора марки ТДН-6300/35:

$$Z_3 = X_{3TP} = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{H.TP}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 1,19 \text{ [o.e.]}$$

Для кабельной линии КЛ1 – АСБ-(3х70):

$$X_{4_{кЛ1}} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_B^2} = 0,034 \cdot 0,399 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,012 \text{ [о.е.]}$$

$$R_{4_{кЛ1}} = R_0 \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_B^2} = 0,17 \cdot 0,399 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,061 \text{ [о.е.]}$$

$$Z_{4_{кЛ1}} = \sqrt{R_{4_{кЛ1}}^2 + X_{4_{кЛ1}}^2} = \sqrt{0,061^2 + 0,012^2} = 0,062 \text{ [о.е.]}$$

где: $X_0 = 0,034$ Ом/км – удельное индуктивное сопротивление кабеля марки АСБ-(3х70) [9, табл. 7-24];

$R_0 = 0,17$ Ом/км – удельное активное сопротивление кабеля марки АСБ-(3х70) [9, табл. 7-24].

Для кабельной линии КЛ2 – АСБ-(3х50):

$$X_{5_{кЛ2}} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_B^2} = 0,090 \cdot 0,261 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,021 \text{ [о.е.]}$$

$$R_{5_{кЛ2}} = R_0 \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_B^2} = 0,620 \cdot 0,261 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,146 \text{ [о.е.]}$$

$$Z_{5_{кЛ1}} = \sqrt{R_{5_{кЛ1}}^2 + X_{5_{кЛ1}}^2} = \sqrt{0,146^2 + 0,021^2} = 0,158 \text{ [о.е.]}$$

где: $X_0 = 0,090$ Ом/км – удельное индуктивное сопротивление кабеля марки АСБ-(3х50) [9, табл. 7-24];

$R_0 = 0,620$ Ом/км – удельное активное сопротивление кабеля марки АСБ-(3х50) [9, табл. 7-24].

Синхронный двигатель

сопротивление одного двигателя

$$Z_6 = X_{6_{сд}} = \frac{X''_d \cdot S_6}{P_{ном}} = \frac{0,219 \cdot 100}{1,200} = 18,25 \text{ [о.е.]}$$

Определим, необходимо ли учитывать активное сопротивление линий:

$$X_{\Sigma} = 0,028 + 1,19 + 0,012 + 0,021 + 18,25 = 19,50 \text{ [о.е.]}$$

$$R_{\Sigma} = 0,061 + 0,146 = 0,207 \text{ [о.е.]}$$

$$\frac{X_{\Sigma}}{3} = \frac{19,50}{3} = 6,5 \text{ [о.е.]} \geq R_{\Sigma} = 0,207 \text{ [о.е.]}, \quad \text{следовательно,} \quad \text{активное}$$

сопротивление линий при расчёте можно не учитывать.

Действующее значение тока КЗ в рассматриваемой точке:

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

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

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

Величина ударного тока определяется согласно формуле:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K$$

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

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

$$K_y = 1,8.$$

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

Расчет короткого замыкания для точки К1.

Для точки К1:

Эквивалентное сопротивление цепочки СД относительно точки К1

$$Z_{CD} = Z_6 + Z_5 + Z_3 = 18,25 + 0,158 + 0,062 = 19,028[o.e.]$$

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К1

$$Z_C = Z_1 + Z_2 = 0 + 0,028 = 0,028[o.e.]$$

Результирующее сопротивление в точке К1

$$Z_{\Sigma 1} = \frac{Z_{CD} \cdot Z_C}{Z_{CD} + Z_C} = \frac{19,028 \cdot 0,028}{19,028 + 0,028} = 0,027[o.e.]$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{K1} = \frac{I_B}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{1,56}{0,027} = 57,7 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{yK1} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 57,7 = 145,3 \text{ кА}$$

Для точки К2:

$$Z_{CD} = Z_6 + Z_5 = 18.25 + 0.158 = 18.408[o.e.]$$

$$Z_C = Z_1 + Z_2 + Z_3 = 0 + 0.028 + 1.19 = 1.218[o.e.]$$

$$Z_{\Sigma 2} = \frac{Z_{CD} \cdot Z_C}{Z_{CD} + Z_C} = \frac{18.408 \cdot 1.218}{18.408 + 1.218} = 1.142[o.e.]$$

$$I_{K2} = \frac{I_B}{Z_{\Sigma K2}} = \frac{5,5}{1,142} = 4.8 \text{ кА}$$

$$i_{yK2} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 4.8 = 12.096 \text{ кА}$$

Для точки К3:

$$Z_{CD} = Z_6 + Z_5 + Z_4 = 18.25 + 0.158 + 0.062 = 18.47[o.e.]$$

$$Z_C = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 = 0 + 0.028 + 1.19 + 0.062 + 0.158 = 1.438[o.e.]$$

$$Z_{\Sigma 3} = \frac{Z_{CD} \cdot Z_C}{Z_{CD} + Z_C} = \frac{18.47 \cdot 1.438}{18.47 + 1.438} = 1.334[o.e.]$$

$$I_{K3} = \frac{I_B}{Z_{\Sigma K3}} = \frac{5,5}{1,334} = 4.12 \text{ кА}$$

$$i_{yK2} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 4.12 = 10.38 \text{ кА}$$

Таблица 17 Результаты расчётов токов КЗ

Точка КЗ	Z_{Σ}	I_K , кА	K_y	I_y , кА
К1	0,027	55,7	1,8	140,3
К2	1,142	4,8	1,8	12.096
К3	1,334	4,12	1,8	10.38

Расчитанное 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 ВВЭ-10-20/630;

$t_{pz} = 1,2$ 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:

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

По результатам расчетов токов КЗ проводим проверку выбранного сечения кабеля на участке ГПП – ТП1, выполненной маркой АСБ-(3х70):

Определяем термически стойкое сечение:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{I_k \cdot \sqrt{t_{np}}}{C} = \frac{4,8 \cdot 10^3 \sqrt{1,33}}{85} = 65,1 \text{ мм}^2;$$

$$F_{min} = 65,1 < F_{реал} = 70 \text{ мм}^2.$$

Выбранное сечение по термической стойкости проходит.

Таким образом, сечения кабелей, питающие ТП5, принимаем равным 70 мм².

Участок ГПП – РУ 10 кВ, выполненный маркой АСБ-(3х50):

Определяем термически стойкое сечение:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{I_k \cdot \sqrt{t_{np}}}{C} = \frac{4,12 \cdot 10^3 \sqrt{1,33}}{85} = 55,6 \text{ мм}^2;$$

Таким образом, сечения кабеля, питающих РУ 10 кВ, принимаем равным 70 мм².

ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Колбас Н.В.			Выбор и проверка электрических аппаратов в сети выше 1000 В	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						ТПУ ИнЭО гр.3-5А16		

9 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.

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Проверка выключателя

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

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

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

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

- по току $I_{\text{мак}} \leq I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{мак}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{10596,9}{\sqrt{3} \cdot 35} = 173 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$$

- по отключающей способности $I_{\text{п,т}} \leq I_{\text{отк.ном}}$

$$I_{\text{п,т}} = 6,3 \text{ кА} < I_{\text{отк.ном}} = 40 \text{ кА}$$

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

$$I_{п,0} = 6,3 \text{ кА} < I_{дин} = 40 \text{ кА},$$

$$i_{уд} = 6,3 \text{ кА} < i_{дин} = 100 \text{ кА};$$

- по термической стойкости $В_k \leq I_{2тер} \cdot t_{тер}$

$$В_k = I_{п,0}^2 \cdot (t_{р.з} + t_{откл.в} + T_a) = 6,3^2 \cdot (1,2 + 0,07 + 0,020) = 50,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

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

$$В_k = 50,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-35/1000

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

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

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

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

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

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

Проверка разъединителя

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

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

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

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

- по току $I_{мак} \leq I_{ном}$

$$I_{мак} = 173 \text{ А} < I_{ном} = 1000 \text{ А}$$

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

$$i_{уд} = 14,3 \text{ кА} < i_{пр.с} = 63 \text{ кА}$$

- по термической стойкости $В_k \leq I_{2тер} \cdot t_{тер}$

$$В_k = 50,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

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. Выбор аппаратов производим по справочной литературе [9, табл. 5-1, табл. 5-5].

Вводная и секционная коммутационная аппаратура ЗРУ-10 кВ:

Расчётный ток с учётом перегрузки:

$$I_p = \frac{\beta_{mp} \cdot S_{н.мп}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,4 \cdot 6300}{\sqrt{3} \cdot 10} = 509,8 \text{ А}$$

Дальнейший расчет сведем в таблицу табл. 18.

Таблица 18 Выбор выключателей и разъединителей

Расчётные данные	Паспортные данные	
	Выключатель: ВВУ-35-40/2000	Разъединитель РДЗ-35/1000
$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$
$I_{мак} = 173 \text{ А}$	$I_{ном} = 2000 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{н.т} = 6,3 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 40 \text{ кА}$	-
$I_{н.0} = 6,3 \text{ кА}$	$I_{дин} = 40 \text{ кА}$	-
$i_{уд} = 14,5 \text{ кА}$	$i_{дин} = 40 \text{ кА}$	$I_{пр.с} = 63 \text{ кА}$
$В_k = 50,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Расчётные данные	Выключатель: ВВЭ-10-20/630	Разъединитель
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	Используется выкатная тележка
$I_{р.мак} = 509,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$	
$I_{н.т} = 4,5 \text{ кА}$	$I_{откл.ном} = 20 \text{ кА}$	
$I_{н.0} = 4,5 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$	
$i_{уд} = 20,78 \text{ кА}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$	
$В_k = 26,93 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	

9.1 Выбор трансформаторов тока

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

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.

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам тока на понизительных подстанциях являются амперметры, ваттметры, варметры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов тока представлена в таблице 19 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 19 Данные по измерительным приборам

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

Пример выбора тр. - тока на стороне ВН трансформатора ГПП.

Из таблицы 19 видно, что наиболее загружены фазы А и С. Для них ведем расчет.

Намечаем к установке трансформатор тока типа ТФЗМ35

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

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

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

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

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

ток термической стойкости $I_{\text{тер}} = 10,5 \text{ кА}$;

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

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

класс точности 0,5.

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

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

- проверка трансформатора тока по току $I_{\text{макс}} \leq I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{10596,9}{\sqrt{3} \cdot 35} = 173 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 200 \text{ А}$$

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

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору

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

где $S_{\text{приб}}$ – мощность потребляемая приборами (таблица 19).

I_2 – номинальный ток вторичной обмотки.

Допустимое сопротивление проводников

$$r_{\text{пр.дон}} = Z_{2\text{ном}} + r_{\text{приб}} + r_{\text{к}} = 1,2 + 0,04 + 0,10 = 1,06 \text{ Ом}$$

где $r_{\text{к}}$ – сопротивления контактов (0,05 Ом при двух-трех приборах; 0,1 Ом при большем количестве приборов) [9, стр. 374].

Для присоединения приборов к трансформаторам тока используем кабель с алюминиевыми жилами. Расчетное сечение кабеля

$$q_{\text{расч}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{пр}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,028 \cdot 15}{1,06} = 0,40 \text{ Ом}$$

где $\rho = 0,0283 \text{ Ом/мм}^2$ — удельное сопротивление алюминиевого провода

[9, стр. 374];

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

Принимаем кабель марки АКРВГ сечением $q = 4$ мм² [9, стр. 375].

Тогда сопротивление кабеля

$$r_{np} = \frac{\rho \cdot l_{np}}{q} = \frac{0,028 \cdot 15}{4} = 0,106 \text{ Ом.}$$

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока

$$Z_2 \approx r_2 = r_{np} + r_{np} + r_k = 0,04 + 0,106 + 0,10 = 0,246 \text{ Ом.}$$

- проверка трансформатора тока на электродинамическую стойкость

$$i_{уд} \leq i_{пр.с}, \quad i_{уд} = 14,3 \text{ кА} < i_{дин} = 42 \text{ кА}$$

- проверка трансформатора тока на термическую стойкость $B_k \leq I_{2тер} \cdot t_{тер}$

$$B_k = 50,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 10,5^2 \cdot 3 = 330,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

Трансформатор тока на низкой стороне трансформатора ГПП производится аналогично. Поэтому дальнейшие расчеты сведем в таблицу 20.

Таблица 20 Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

Тип ТТ	Расчетные данные	Каталожные данные
ТА1 ТШЛ 10 Сторона НН трансформатора	$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ
	$I_{мак} = 509,8$ А	$I_{ном} = 572,3$ А
	$r_2 = 0,375$ Ом	$Z_{2ном} = 0,800$ Ом
	$i_{уд} = 11,4$ кА	Не проверяется
	$B_k = 10,4$ кА ² ·с	$B_k = 14700$ кА ² ·с
ТА 2 ТФЗМ35 Сторона ВН трансформатора	$U_{уст} = 35$ кВ	$U_{ном} = 35$ кВ
	$I_{мак} = 173$ А	$I_{ном} = 200$ А
	$r_2 = 0,246$ Ом	$Z_{2ном} = 1200$ Ом
	$i_{уд} = 14,5$ кА	$I_{уд} = 42$ кА
	$B_k = 10,4$ кА ² ·с	$B_k = 14700$ кА ² ·с

9.2 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 $N_{тн} \leq N_{доп}$;
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. 21.

Таблица 21 Данные по измерительным приборам

Место Установки	Наименование прибора	Тип	Sn, ВА	Число катушек	cos φ	Число при- боров	Потребляемая мощность	
							P, Вт	Q, ВАр
Сторона ВН Трансформатора	Вольтметр	Э-335	2,0	1	1	1	2,0	0
	Вольтметр	Н-393	10	1	1	1	10,0	0
	Частотомер	Н-397	7,0	1	1	1	7,0	0
Итого:							19	0
Сторона НН Трансформатора	Вольтметр	Э-335	2,0	1	1	2	4,0	0
	Ваттметр	Д-335	1,5	2		1	3,0	0
	Варметр	Д-335	1,5	2	0,38	1	3,0	0
	Счетчик W	СЭТ-4ТМ	0,02	---	---	9	0,18	0
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	0,02	---	---	9	0,18	0
Итого:							10,4	0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора. Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-10

Параметры трансформатора напряжения

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

номинальная мощность $S_{\text{ном}} = 120 \text{ В}\cdot\text{А}$;

класс точности 0,5.

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

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

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 21.

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

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

б) Выбор трансформаторов напряжения на стороне ВН трансформатора. Намечаем установку трансформатора напряжения типа ЗНОМ-35

Параметры трансформатора напряжения

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

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

класс точности 0,5.

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

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

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 21.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{19^2 + 0^2} = 19 \text{ ВА} < S_{\text{ном}} = 150 \text{ ВА}$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

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

9.3 Расчет сборных шин 10кВ и ТСН

Выбираем шины в цепи трансформатора ТМН 6300/35 со стороны низкого напряжения 10,5 кВ.

Определяем расчетные токи продолжительных режимов:

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном.Т}} = \frac{S_{\text{ном.Т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 346,8 \text{ А}$$

$$I_{\text{мак}} = 1,3 \cdot I_{\text{ном.Т}} = 1,3 \cdot 346,8 = 468,18 \text{ А}$$

Выбираем сечение алюминиевых шин по допустимому току, так как шинный мост, соединяющий трансформатор с КРУ, небольшой длины и находится в пределах подстанции. Принимаем однополосные шины 1(40x4) см²; $I_{\text{доп}} = 480 \text{ А}$

По условию нагрева в продолжительном режиме шины проходят проверку: $I_{\text{мак}} = 468,18 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 480 \text{ А}$

На подстанциях соединение силового трансформатора с РУ 10 кВ. выполняется шинным мостом. Жесткие шины крепятся на штыревых изоляторах, установленных на металлических и железобетонных конструкциях. Достоинство такого соединения – простота, а при небольшой длине надежность и экономичность.

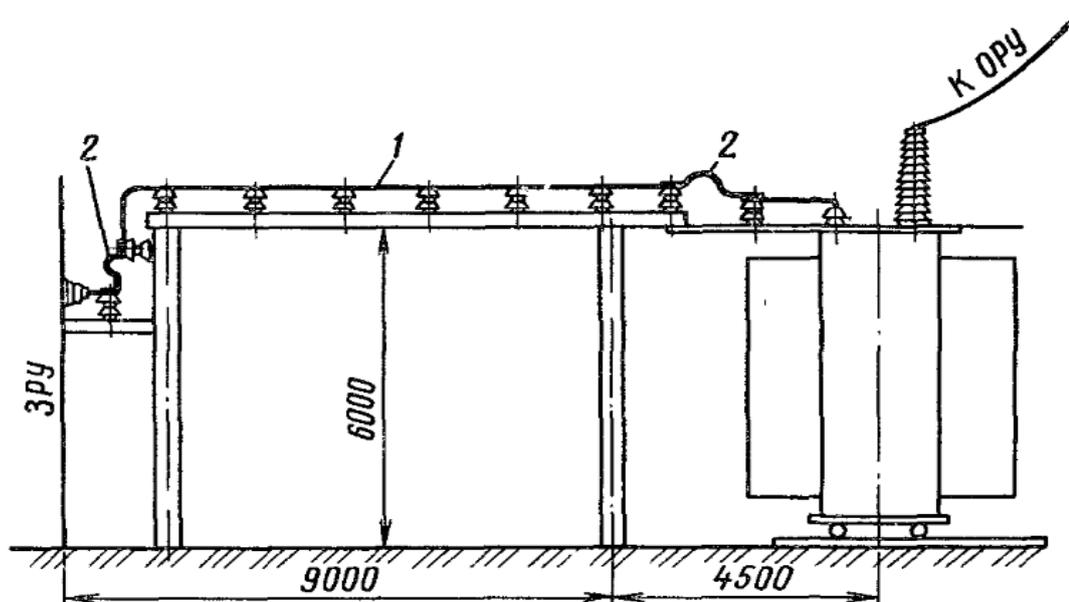


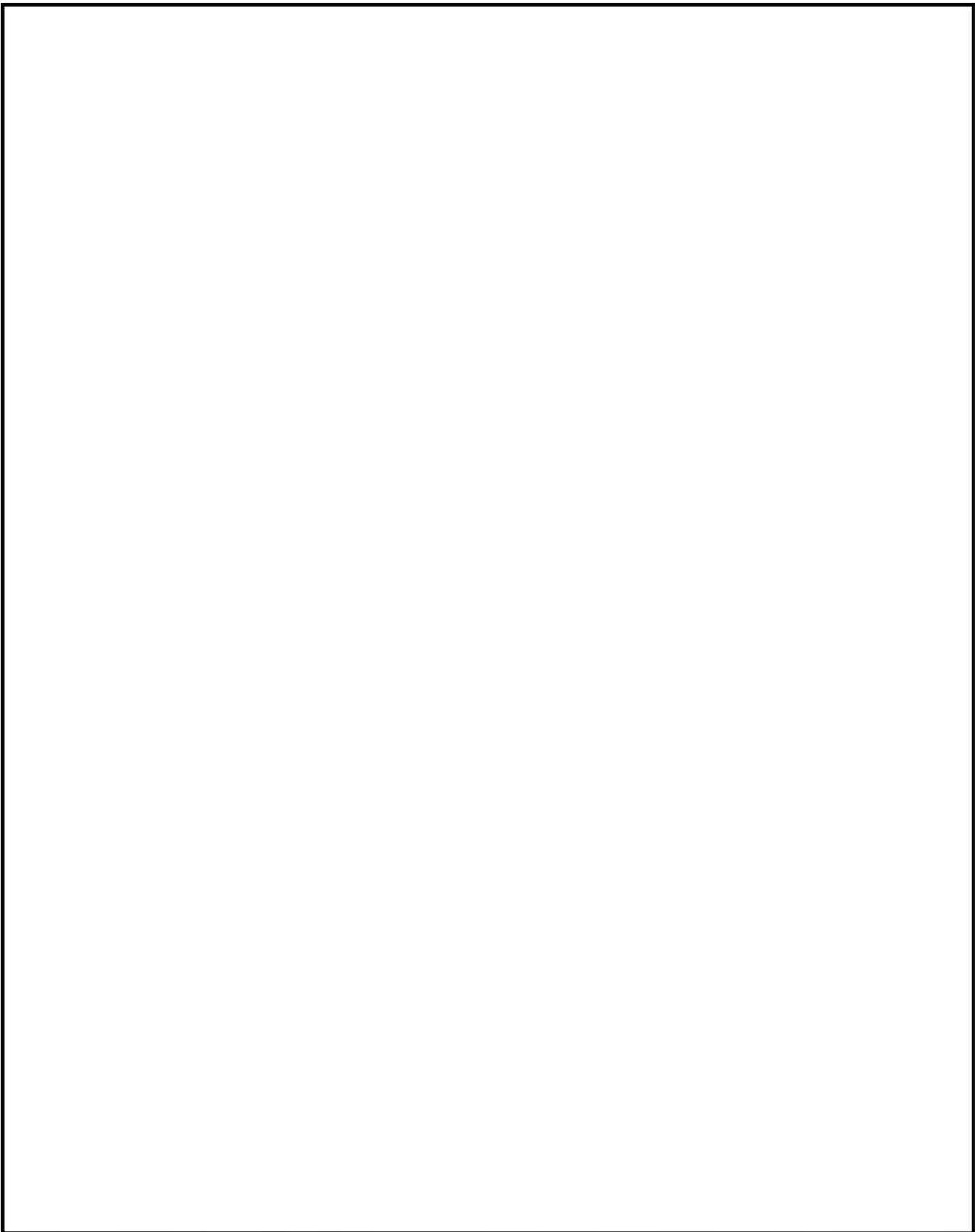
Рисунок 12 – Шинный мост между трансформатором и ЗРУ 10 кВ.

1- Шины. 2 - Компенсаторы.

ТСН-Трансформатор собственных нужд.

Приемниками электроэнергии собственных нужд (СН) подстанций являются: устройства обогрева шкафов распределительных устройств с установленными в них аппаратами и приборами; электрическое освещение и отопление помещений и освещение территории подстанций. Наиболее ответственными приемниками СН являются устройства системы управления, релейной защиты, сигнализации, автоматики и телемеханики. От этих приемников СН зависит работа основного оборудования подстанций, прекращение их питания даже кратковременно приводит к частичному или полному отключению подстанции.

Для ГПП 35 кВ. с трансформаторами ТМН 6300/35 типовым решением питания всех вторичных цепей от трансформатора собственных нужд 10/0,4 мощностью 63кВА.



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Электроснабжение ремонтно- механического цеха	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Колбас Н.В.						
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

10 Электроснабжение ремонтно-механического цеха

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности:

1. Приемники цеха запитываются от распределительного устройства, выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до РП). 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.

10.1 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 РП, укомплектованных автоматическими выключателями.

10.2 Выбор сечений питающей сети и аппаратов защиты

Условия выбора автоматических выключателей:

В качестве аппаратов защиты принимаем автоматические выключатели серии ВА с электромагнитным расцепителем для защиты линии от токов КЗ и тепловым для защиты от перегрузки. Эти автоматы просты в эксплуатации, малогабаритны, достаточно надёжны и имеют достаточно много уставок для обеспечения требуемой селективности.

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

Условия выбора выключателей

1. По нагреву расчетным током нагрузки: $I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{ном.расц}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{дл}}$;
2. По условию перегрузки пусковым током:

$$I_{\text{кз}} \geq 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} - \text{для одного ЭП};$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}} - \text{для группы ЭП};$$

$$I_{\text{кз}} \geq K \cdot I_{\text{ном.расц}} - \text{для группы ЭП (} K = I_{\text{кз}}/I_{\text{ном.расц}} \text{)},$$

$$\text{где } I_{\text{дл}} = I_{\text{ном}} - \text{для одного ЭП};$$

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{р}} - \text{для группы ЭП};$$

$$I_{\text{ном.ав}} - \text{номинальный ток автомата};$$

$I_{\text{ном.расц}}$ – номинальный ток расцепителя;

I_p – расчетный ток группы ЭП;

K – кратность отсечки;

$I_{\text{пик}} = I_{\text{мах.пуск}} + (I_p - I_{\text{мах.ном}} \cdot K_{\text{и}})$ – пиковый ток;

$I_{\text{мах.пуск}}$ – пусковой ток двигателя (или трансформатора) наибольшей мощности в данной группе ЭП;

$I_{\text{мах.ном}}$ – номинальный ток двигателя (или трансформатора) наибольшей мощности в данной группе ЭП;

$I_{\text{кз}}$ – номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ.

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

Кабель АВВГ – это кабель с алюминиевыми жилами с внутренней и внешней изоляцией из поливинилхлоридного пластика (ПВХ), без дополнительного защитного покрова. Кабель данной марки не распространяет горения при одиночной прокладке и предназначен для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях (не рекомендуется для прокладки в траншеях).

Условие выбора проводников [4, стр. 53]:

1. По нагреву расчетным током нагрузки: $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{м}} / k_{\text{прокл}}$;
2. Согласование с аппаратом защиты: $I_{\text{доп}} \geq k_{\text{з}} \cdot I_{\text{з}} / k_{\text{прокл}}$;
3. По допустимой потере напряжения: $\Delta U_{\text{р\%}} = \Delta U_0 \cdot I_{\text{м}} \cdot l$,

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

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

$I_{\text{з}}$ – номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата

ΔU_0 – потеря напряжения в трехфазных сетях 380 В

I_m – расчетный ток линии;

l – длина рассматриваемой линии.

Примеры выбора аппаратов защиты и кабелей.

а) Выбор вводного автоматического выключателя ТП1:

Номинальный ток трансформаторов подстанции

$$I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} * 0,38} = 2433,8 \text{ А}$$

Пиковый ток подстанции

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + I_{\text{ном.тр}} - I_p^{\text{max}} = 658,6 + 2433,8 - 119,2 = 2973,2 \text{ А}$$

Выбираем к установке автомат марки ВА 74-45 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 3000 \text{ А} \quad I_{\text{тепл}} = 3000 \text{ А}$$

Проверка выбранного автомата по нагреву расчетным токам

$$I_{\text{тепл}} = 3000 \text{ А} \geq 1,1 * I_{\text{ном.тр}} = 1,1 * 2433,8 = 2677,18 \text{ А};$$

Проверка выбранного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1,25 * I_{\text{пик.ПС}} = 1,25 * 2973,2 = 3716,5 \text{ А}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 * I_{\text{пик.ПС}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{3716,5}{3000} = 1,2, \text{ принимаем } K=2$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о}} = K * I_{\text{тепл}} = 2 * 3000 = 6000 \text{ А} \geq 1,25 * I_{\text{пик.ПС}} = 3716,5 \text{ А}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП-ПР-1.

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1

$$I_p = 119,5 \text{ А}, \quad I_{\text{пик}} = 658,6 \text{ А}$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА – ВА74-40 с параметрами

$$I_{\text{ном.ав}} = 800 \text{ А} \quad I_{\text{тепл}} = 190 \text{ А}$$

Проверка выбранного автомата по нагреву расчетным токам

$$I_{\text{тепл}} = 190 \text{ A} \geq 1,1 * I_p = 1,1 * 119,5 = 131,5 \text{ A} ;$$

Проверка выбранного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 * 658,6 = 823,25 \text{ A}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 * I_{\text{пуск}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{823,25}{190} = 4,3 , \text{ принимаем } K=4,5$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{з.о}} = K * I_{\text{тепл}} = 4,5 * 190 = 855 \text{ A} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск.ПС}} = 823,25 \text{ A}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ-(4×120) $I_{\text{доп}} = 200 \text{ A}$

Проверка выбранного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ A} \geq I_p = 119,5 \text{ A}$$

Согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ A} \geq \frac{K_z * I_z}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 * 190}{1} = 190 \text{ A}$$

Где: I_z – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

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

k_z – кратность защиты (отношение длительно допустимого тока для

кабеля к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата

при перегрузке или КЗ).

Проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_p = \Delta U_0 * I_p * L = 0.152 * 119,5 * 0.0255 = 0.46\% \leq 5\%$$

Где: L – длина рассматриваемой линии, км.

5% – допустимое значение потерь напряжения.

ΔU_0 – потеря напряжения в трехфазных сетях 380 В.

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Результаты расчетов сведены в таблицу 22

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.

в) Участок ПР1- Вытяжной вентилятор № 26: $P_{ном} = 5,5$ кВт;

$$I_{ном} = 11,7 A \quad I_{пуск} = 58,5 A$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА13-29

$$I_{ном} = 63 A \quad I_{тепл} = 16 A$$

Проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{тепл} = 6,3 A \geq 1,1 * I_{ном} = 6,05 A$$

Проверка намеченного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1,5 * I_{\text{пуск}} = 1,5 \cdot 58,5 = 87,75 A$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,5 * I_{\text{пуск}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{87,75}{16} = 5,4 \quad , \quad \text{принимаем } K=6$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл.}} = 16 \cdot 6 = 96 A \geq 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 87,75 A ;$$

Принятый автоматический выключатель серии ВА13-29 проходит по результатам проверки. Результаты расчетов сведены в таблицу 23.

Таблица 22 – Выбор марки и сечений проводников питающей сети, аппаратов защиты

1	Участок	Автомат						Способ прокладки	Кабель				L	cosφ	ΔU 0	ΔUp				
		$\frac{I_p}{I_{пик}}$	1,1*I _p	1,25*I _{пик}	K	$\frac{I_{тепл}}{I_{э.о}}$	Тип		$K_{пр}$	$\frac{K_э * I_э}{K_{пр}}$	I _{дон}	Марка					Км	-	%	%
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
1	Вводной выключатель ТП 0,4кВ.	$\frac{2433,8}{2973,2}$	2677,1	3716,5	2	$\frac{3000}{6000}$	ВА74-48	В лотках	1	-	-	-	-	-	-	-				
2	ТП-Цех№4	$\frac{608}{1147}$	668,8	1433,75	2	$\frac{760}{1520}$	ВА74-40		1	-	-	-	-	-	-	-				
3	ТП-ПР1	$\frac{119,2}{658,6}$	131,12	823,25	4,5	$\frac{190}{855}$	ВА74-40		1	190	200	АВВГ (4×120)	0,0255	0,54	0,15	0,46				

Окончание таблицы 22

4	ТП-ПР2	$\frac{35,9}{173,9}$	39,49	217,375	6	$\frac{40}{240}$	BA57-35	В лотках	1	40	46	ABBГ (4×10)	0,024	0,6	2,52	2,17
5	ТП-ПР3	$\frac{29}{146,6}$	31,9	183,25	5	$\frac{40}{200}$	BA57-35		1	40	46	ABBГ (4×10)	0,036	0,6	2,52	2,63
6	ТП-ПР4	$\frac{29,8}{266,9}$	32,78	333,625	10	$\frac{40}{400}$	BA57-35		1	40	46	ABBГ (4×10)	0,0527	0,59	2,52	3,95
7	ТП-ПР5	$\frac{48,5}{91,7}$	53,35	114,625	2	$\frac{63}{126}$	BA57-35		1	63	82	ABBГ (4×25)	0,0527	0,6	0,73	1,87

Таблица 23 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

1	Приемник	2	3	4	5	6	7	Автомат				12	13	14	Кабель	
								8	9	10	11				15	16
кВт	А	А	А	А	-	А	А	-	-	А	А					
ПР-1 ПР11-7123																
1	Резьбонарезной станок	39	111	555	122,1	832,5	8,0	125	1000	ВА57-35	1,0	1,0	125	140	АВВГ- 4×70	
2	Станок с дисковой и отрезной пилой	15	42,7	213,5	46,97	320,25	8,0	50	400	ВА57-35	1,0	1,0	50	60	АВВГ- 4×16	
3	Вытяжной вентилятор	5,5	11,7	58,5	12,87	87,75	6,0	16	96	ВА13-29	1,0	1,0	16	27	АВВГ- 4×4	
ПР-2 ПР11-7123																
1	Долбежный станок	7,5	21,3	106,5	23,43	159,75	8,0	25	200	ВА13-29	1,0	1,0	25	27	АВВГ- 4×4	
2	Токарно-фрезерный станок	10	28,4	142	31,24	213	8,0	31,5	252	ВА57-35	1,0	1,0	31,5	35	АВВГ- 4×6	

Окончание таблицы 23

ПР-3 ПР11-7123

1	Токарный станок	8,5	24,2	121	26,62	181,5	6,0	31,5	189	BA57-35	1,0	1,0	31,5	35	АВВГ- 4×6
---	-----------------	-----	------	-----	-------	-------	-----	------	-----	---------	-----	-----	------	----	-----------

ПР-4 ПР11-7123

1	Кран балка	17	48,4	242	53,24	363	6,0	63	378	BA57-35	1,0	1,0	63	75	АВВГ- 4×25
2	Токарный станок	5,5	15,6	78	17,16	117	6,0	20	120	BA13-29	1,0	1,0	20	27	АВВГ- 4×4
3	Вертикально-сверлильный станок	4,5	12,8	64	14,08	96	6,0	20	120	BA13-29	1,0	1,0	20	27	АВВГ- 4×4
4	Точильно-шлифовальный	5,5	15,6	78	17,16	117	6,0	20	120	BA13-29	1,0	1,0	20	27	АВВГ- 4×4

ПР-5 ПР11-7123

1	Точильно-шлифовальный	1	2,8	14	3,08	21	6,0	4	24	BA13-29	1,0	1,0	4	27	АВВГ- 4×4
2	Вытяжной вентилятор	5,5	11,7	58,5	12,87	87,75	6,0	16	96	BA13-29	1,0	1,0	16	27	АВВГ- 4×4
3	Сварочный агрегат ПВ=60%	7,5	16	48	17,6	72	6,0	20	120	BA13-29	1,0	1,0	20	27	АВВГ- 4×4

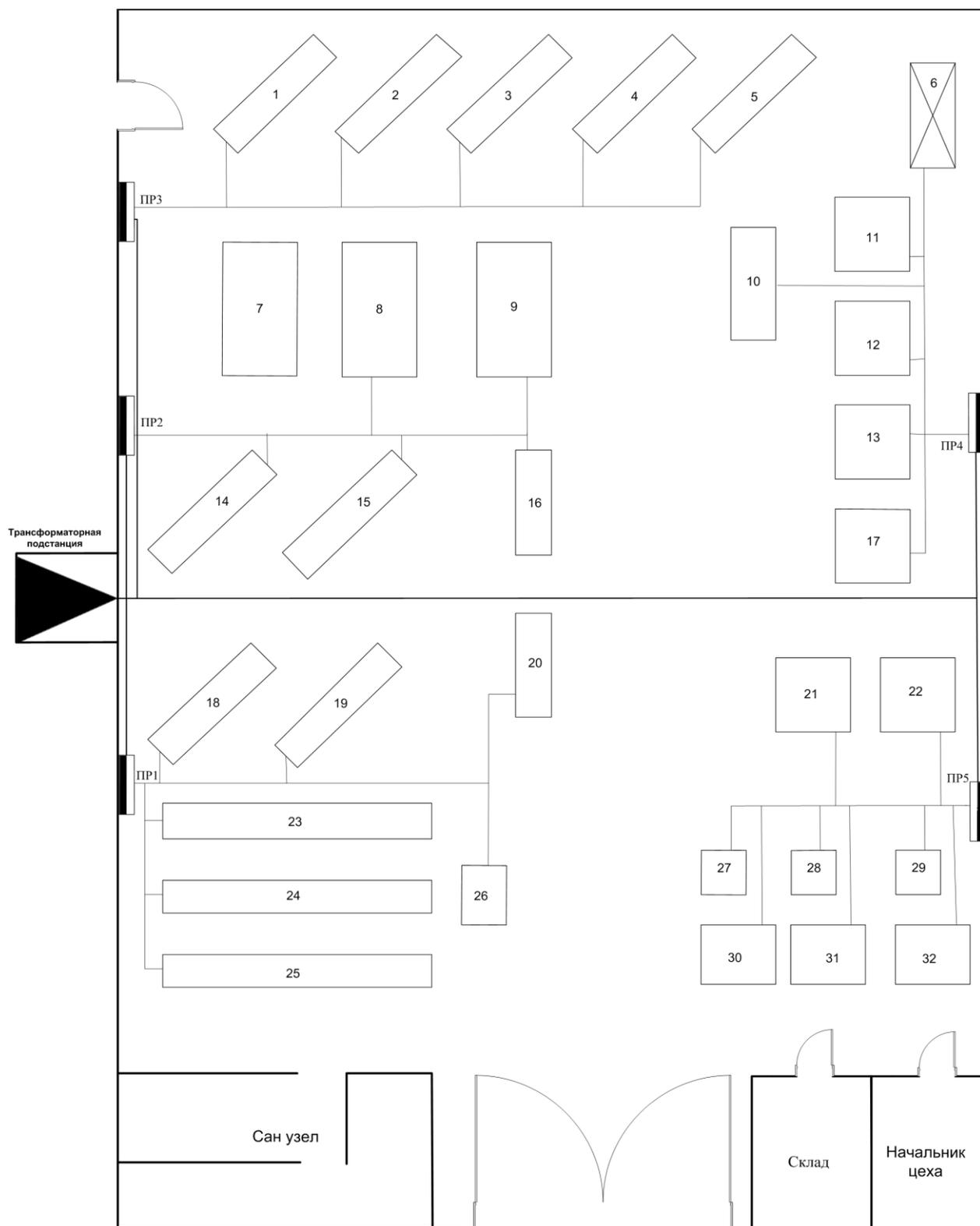
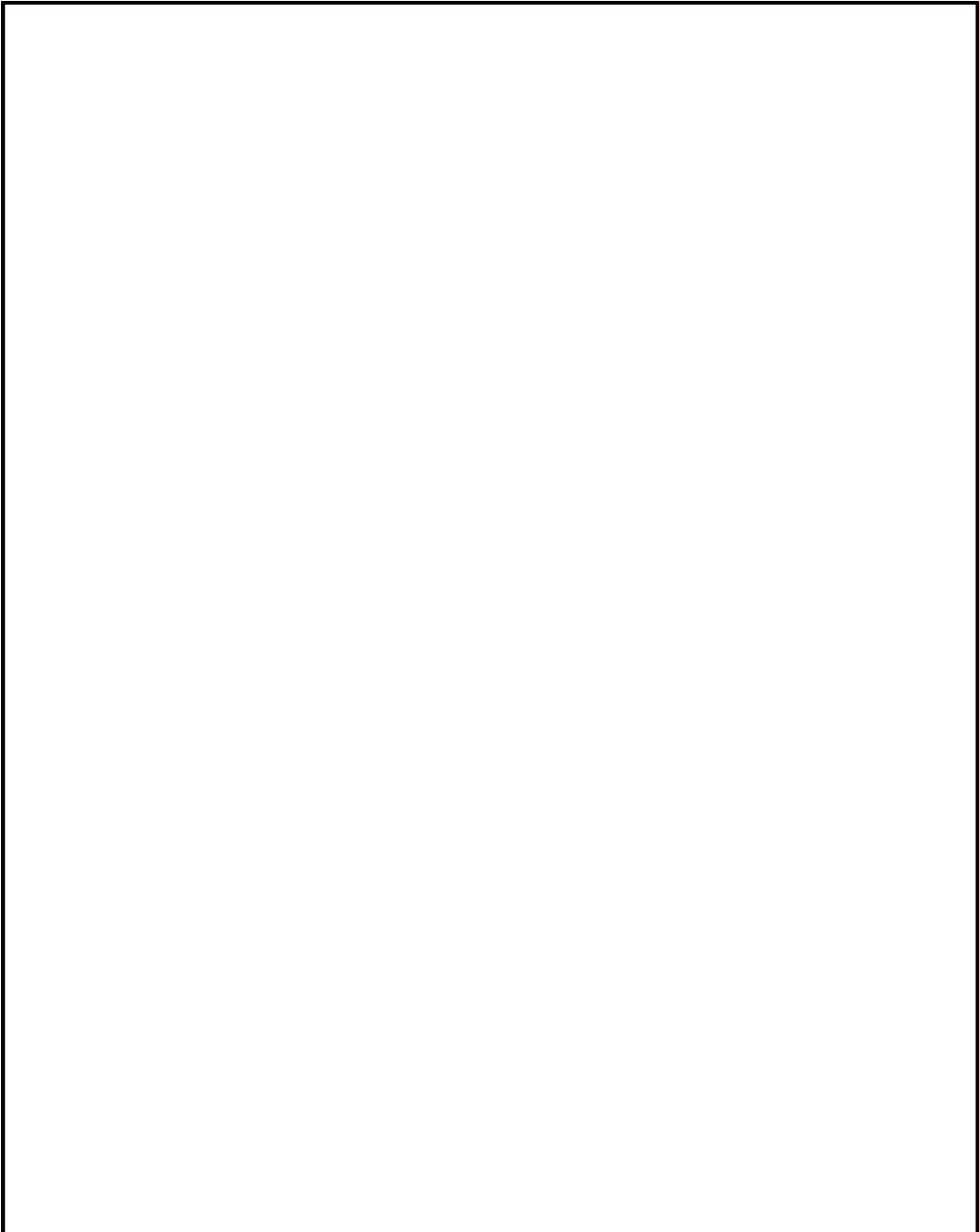


Рисунок 13 – Схема расположения распределительных пунктов и подключений электроприемников в здании Ремонтно-механического цеха завода.



ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

					ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Колбас Н.В.			Расчет токов короткого замыкания в сети 0,38 кВ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						ТПУ ИнЭО гр.3-5А16		

11 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000В, проверка срабатывания защиты от однофазных КЗ

Схема сети ниже 1000 В показана на рисунке 3.3 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_{Σ} , мОм – сопротивление до точки кз; $U_{н} = 400$ В.

Расчет токов кз производим до участка цеховой сети до ЭП № 26.

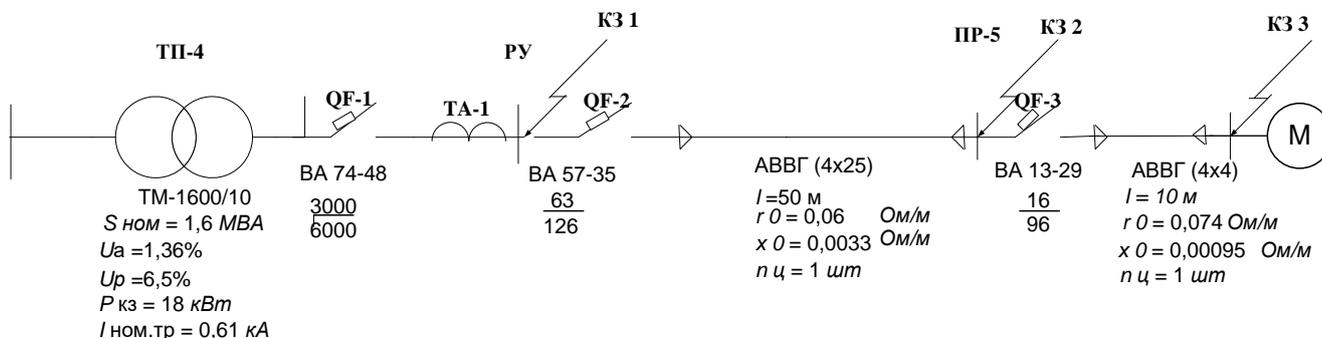


Рисунок 14 - Однолинейная схема сети ниже 1000 В

Определяем полное суммарное сопротивление до точки К1. Сопротивления QF1 и ТА1 не учитываем, т.к. $I_{ном.ап} = 3000$ А.

Активное и индуктивное сопротивления трансформатора:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_k \cdot U^2}{S_{ном.тр}^2} = \frac{18 \cdot 400^2}{1600^2} = 1,125 \text{ мОм};$$

$$X_{mp} = \frac{U_p \%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{ном.тр}} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{400^2}{1600} = 6,5 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{R_{mp}^2 + X_{mp}^2} = \sqrt{1,125^2 + 6,5^2} = 6,59 \text{ мОм};$$

$$R_{mp} / X_{mp} = 1,125 / 6,5 = 0,173, k_{y0} = 1,5;$$

$$I_{\kappa 1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,59} = 35,0 \text{ кА};$$

$$i_{y1} = I_{\kappa 1} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{y01} = 35,0 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,5 = 73,5 \text{ кА}.$$

Линия ТП-1 – ПР-5

Определяем полное суммарное сопротивление до точки К2.

Для АВВГ (4x25)

$$R_2 = R_0 \cdot l/n = 1,2 \cdot 0,05 = 0,06 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_0 \cdot l/n = 0,0662 \cdot 0,05 = 0,00331 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 2} = \sqrt{(R_{mp} + R_2)^2 + (X_{mp} + X_2)^2} = \sqrt{(3 + 0,06)^2 + (13,94 + 0,00331)^2} = 14,2 \text{ мОм};$$

$$R_{\Sigma 2} / X_{\Sigma 2} = 10,1 / 197,1 = 0,06, k_{y0} = 1,8;$$

$$I_{\kappa 2} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,2} = 16,3 \text{ кА};$$

$$i_{y2} = I_{\kappa 2} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{y02} = 16,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 41,076 \text{ кА}.$$

Линия ПР-5 - №26

Определяем полное суммарное сопротивление до точки К3.

Для АВВГ (4x4)

$$X_3 = 0,095 \cdot 0,01 = 0,00095 \text{ мОм};$$

$$R_3 = 7,41 \cdot 0,01 = 0,074 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 3} = \sqrt{(R_{mp} + R_2 + R_3)^2 + (X_{mp} + X_2 + X_3)^2} = \sqrt{(3 + 0,06 + 0,074)^2 + (13,94 + 0,00331 + 0,00095)^2} \\ = 14,3 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma 3} / X_{\Sigma 3} = 13,17 / 194,32 = 0,07, k_{y0} = 1,8;$$

$$I_{\kappa 3} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,3} = 16,1 \text{ кА};$$

$$i_{y3} = I_{\kappa 3} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{y03} = 16,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 40,5 \text{ кА}.$$

ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

					ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Колбас Н. В.			Построение карты селективности действия аппаратов защиты	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						ТПУ ИнЭО гр.3-5А16		

12 Построение карты селективности действия защитных аппаратов

В сетях напряжением до 1 кВ необходимо обеспечить селективность действия защиты.

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

- номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- расчётный и пиковый ток подстанции;
- защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей и предохранителя);
- значения токов КЗ в сети $0,4 \text{ кВ}$.

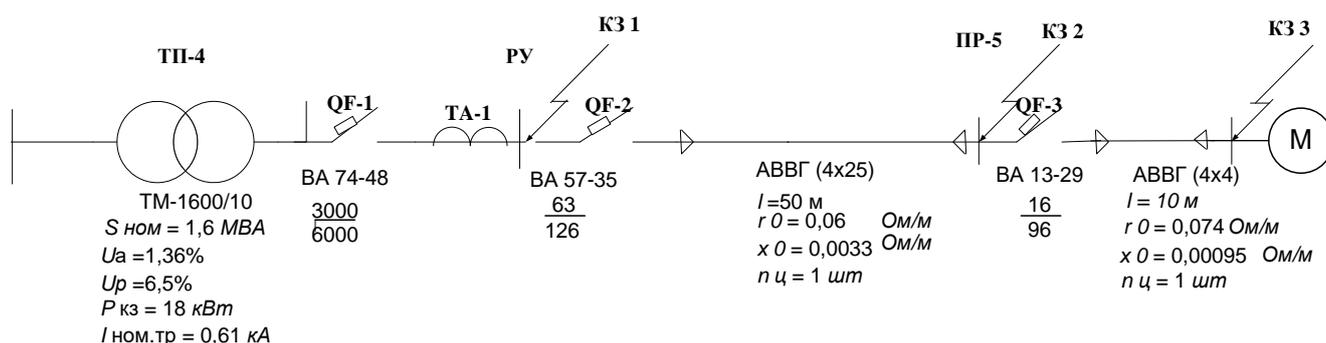


Рисунок 15 - Однолинейная схема сети ниже 1000 В

Данные для построения карты селективности:

Номинальный ток электроприёмника, $I_{эп} \text{ №} 27 = 11,7 \text{ А}$;

Расчётный ток ПР-5, $I_p = 48,5 \text{ А}$;

Ток к.з. в точке 1, $I_{к1} = 35 \text{ кА}$;

Ток к.з. в точке 2, $I_{к2} = 16,3 \text{ кА}$;

Ток к.з. в точке 3, $I_{к3} = 16,1 \text{ кА}$;

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

Защитная характеристика выключателя ВА57-35 ($0,02 \text{ с}$);

Защитная характеристика выключателя ВА13-29 ($0,00 \text{ с}$).

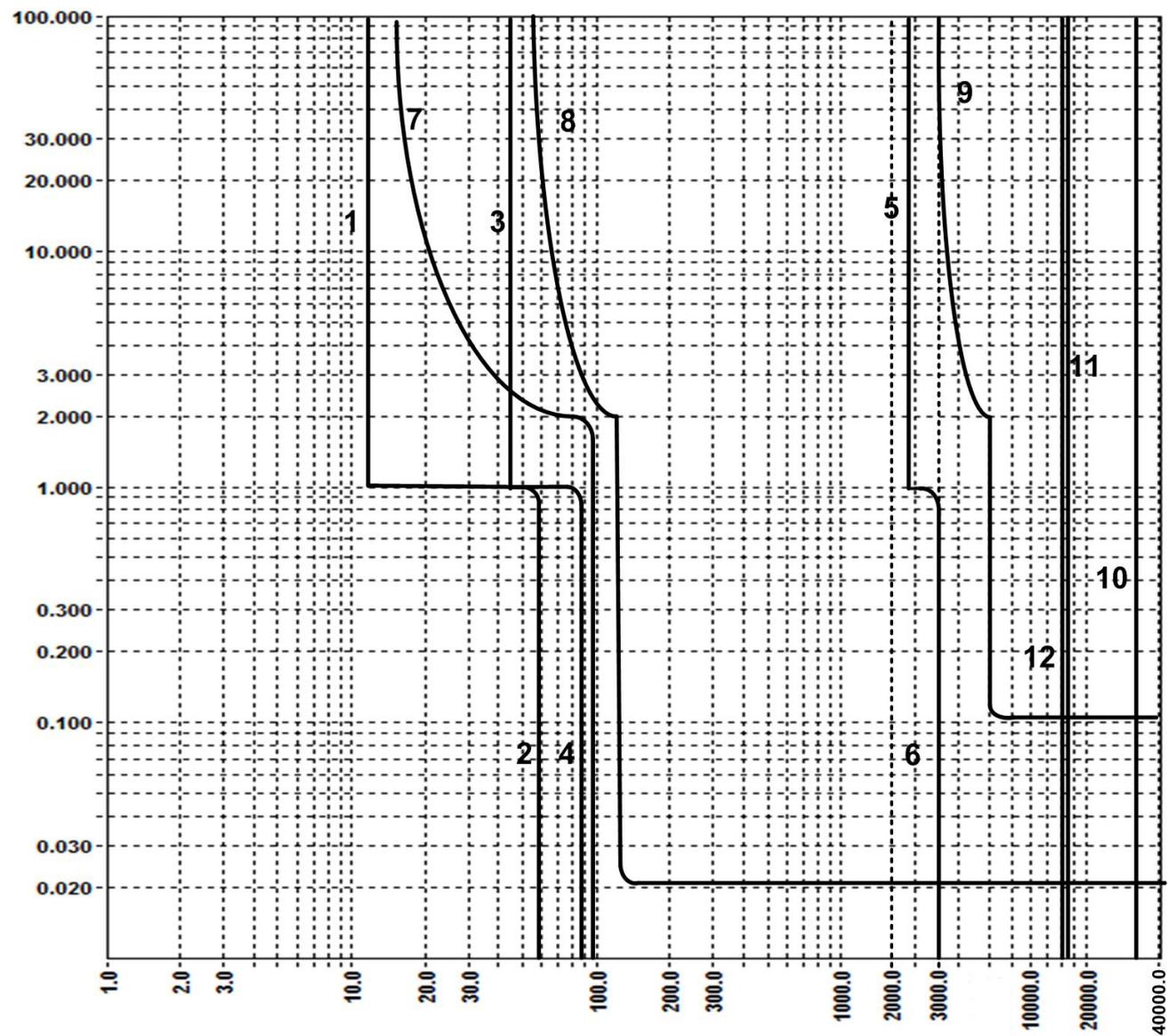


Рисунок 16 - Карта селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4 кВ

Карта селективности действия защитных аппаратов:

- 1-номинальный ток ЭП №27;
- 2-пусковой ток ЭП №27;
- 3-расчётный ток ПР-5;
- 4-пиковый ток ПР-5;
- 5-расчетный ток ТП;
- 6-пиковый ток ТП;
- 7- защитная характеристика ВА13-29;
- 8-защитная характеристика ВА57-35;
- 9-защитная характеристика ВА74-48;
- 10-ток к.з. в точке К1;
- 11-ток к.з. в точке К2;
- 12-ток к.з. в точке К3;

Из рисунка видно, что защитные аппараты выбраны правильно и обеспечат селективное (избирательное) отключение поврежденного участка электрической распределительной цеховой сети.

ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Колбас Н.В.			Расчет и построение эпюры отклонений напряжения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

13 Построение эпюры отклонений напряжения

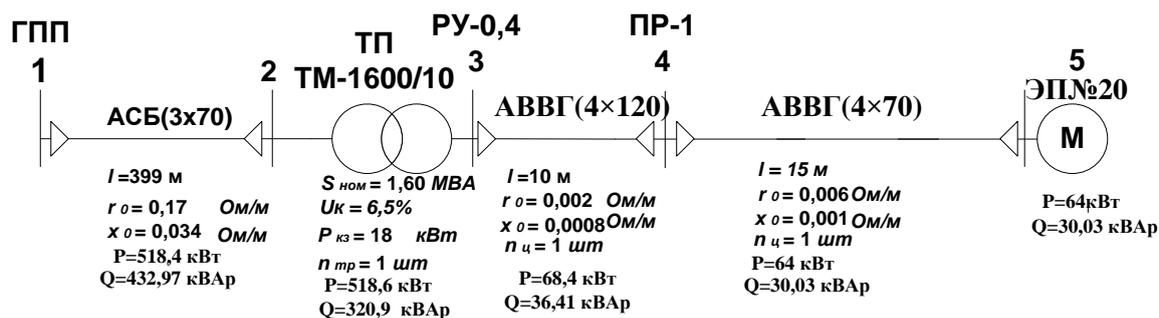


Рисунок 17 - Однолинейная схема сети ниже 1000 В

По ГОСТ Р 54149-2010 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 6-10 кВ подстанции, к которой присоединены распределительные сети, напряжение должно поддерживаться не ниже 105% номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

Расчет цеховой сети по условиям допустимых потерь напряжения и построение эпюры отклонения напряжения выполняется для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного ЭП для режимов максимальных и минимальных нагрузок, а также для послеаварийного режима, если на подстанции установлены более одного трансформатора. В этом случае в качестве аварийного режима рассматривается выход из строя одного трансформатора в цеховой подстанции, в связи с чем отключается одна из цепей, питающая данную подстанцию.

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:

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

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

где β - коэффициент загрузки трансформатора;

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

$$U_a \% = \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_{\text{ном.тр}}} \right) \cdot 100\%; \quad U_p \% = \sqrt{U_k^2 \% - U_a^2 \%};$$

потери напряжения в линиях электропередач:

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

отклонение напряжения:

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

Максимальный режим:

Участок 1-2

$$S_{mn} = \sqrt{P_{mn}^2 + Q_{mn}^2} = \sqrt{531,8^2 + 386,6^2} = 657,4 \text{ кВА}.$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta P_{mp} = 0,02 * S_{mn} = 0,02 * 657,4 = 13,2 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{mp} = 0,1 * S_{mn} = 0,1 * 657,4 = 65,7 \text{ кВт}$$

Суммарные расчетные активная реактивная мощность линии 6-10 кВ

$$P_{12} = P_m \cdot K_{p.m} + \Delta P_{mp} = 531,8 \cdot 0,95 + 13,2 = 518,4 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{12} = Q_{mn} \cdot K_{p.m} + \Delta Q_{mp} = 386,6 \cdot 0,95 + 65,7 = 432,97 \text{ (кВАр)}$$

$$S_{12} = \sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2} = \sqrt{518,4^2 + 432,97^2} = 675,4 \text{ (кВА)}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \frac{518,4 \cdot 0,17 + 432,97 \cdot 0,034}{10 \cdot 10,5^2} = 0,09\%$$

где $R_{012} = 0,17$ Ом и $X_{012} = 0,034$ Ом – активное и индуктивное сопротивления ВЛ на участке 1-2.

$$\Delta U_{12} = 0,09 \cdot \frac{10500}{100} = 9,45 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_2 = 10500 - 9,45 = 10490,55 \text{ В}$$

Участок 2-3

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

Определим мощности для участка 2-3:

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$P_{23} = P_M - \Delta P_{mp} = 531,8 - 13,2 = 518,6 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{23} = Q_M - \Delta Q_{mp} = 386,6 - 65,7 = 320,9 \text{ (кВАр)}$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{518,6^2 + 320,9^2} = 609,9 \text{ (кВА)}$$

$$U_a \% = \frac{18 \cdot 100\%}{1600} = 1,12\%$$

$$U_p = \sqrt{18^2 - 1,12^2} = 18\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{518,6^2 + 320,9^2}}{1600} = 0,38$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{518,6}{609,9} = 0,85; \sin \varphi_2 = \frac{320,9}{609,9} = 0,52$$

$$\Delta U_T = 0,38 \cdot (1,12 \cdot 0,85 + 18 \cdot 0,52) + \frac{0,38^2}{100} \cdot (1,12 \cdot 0,52 - 18 \cdot 0,85) = 3,9\%$$

$$\Delta U_{23} = U_2 - \Delta U_T \cdot \frac{U_n}{100} = 10490,55 - 3,9 \cdot \frac{10500}{100} = 10081,05 \text{ В}$$

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10081,05}{10500} = 384,04B$$

Участок 3-4

Мощность участка 3-4 определяется активной и реактивной мощностью ПР-1:

$$P_{34} = 68,4(\text{кВт}) \quad Q_{34} = 36,41(\text{кВАр})$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{68,4 \cdot 0,002 + 36,41 \cdot 0,0008}{10 \cdot 0,384^2} = 0,11\%$$

где $R_{034} = 0,002$ Ом и $X_{034} = 0,0008$ Ом – активное и индуктивное сопротивления кабеля на участке 3 – 4.

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 384,04 - 0,11 \cdot \frac{384,04}{100} = 383,6B$$

Участок 4 – 5

Мощность участка 4-5 определяется активной и реактивной мощностью ЭП №20:

$$P_{45} = 64(\text{кВт}) \quad Q_{45} = 30,03(\text{кВАр})$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_{45} = 0,006(\text{Ом}) \quad X_{45} = 0,001(\text{Ом})$$

$$\Delta U_{45} = \frac{64 \cdot 0,006 + 30,03 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,3836^2} = 0,28\%$$

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 383,6 - 0,28 \cdot \frac{383,6}{100} = 382,5B$$

Минимальный режим:

Участок 1-2

$$P_{\min} = P_{\max 12} \cdot 0,4 = 518,4 \cdot 0,4 = 207,36 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min} = Q_{\max 12} \cdot 0,6 = 432,97 \cdot 0,6 = 259,7 \text{ кВАр}$$

$$S_{12} = \sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2} = \sqrt{207,36^2 + 259,7^2} = 332,3 \text{ кВА.}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \frac{207,36 \cdot 0,17 + 259,7 \cdot 0,034}{10 \cdot 10,5^2} = 0,039\%$$

где $R_{012} = 0,17$ Ом и $X_{012} = 0,034$ Ом – активное и индуктивное сопротивления ВЛ на участке 1-2.

$$\Delta U_{12} = 0,039 \cdot \frac{10500}{100} = 4,095 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_2 = 10500 - 4,095 = 10495,9 \text{ В}$$

Участок 2-3

Определим минимальную активную и реактивную мощности цеха:

$$P_{\min} = P_{23} \cdot 0,4 = 76,44 \text{ кВт} \quad Q_{\min} = Q_{23} \cdot 0,6 = 48,8 \text{ кВАр}$$

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

Определим мощности для участка 2-3:

$$P_{23} = 207,44 \text{ (кВт)} \quad Q_{23} = 192,54 \text{ (кВАр)}$$

$$U_a \% = \frac{18 \cdot 100\%}{1600} = 1,12$$

$$U_p = \sqrt{18^2 - 1,12^2} = 18\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{207,44^2 + 192,54^2}}{1600} = 0,17$$

$$S_n = \sqrt{207,44^2 + 192,54^2} = 283 \text{ (кВА)}$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{207,44}{283} = 0,73; \sin\varphi_2 = \frac{192,54}{283} = 0,68$$

$$\Delta U_{23} = 0,17 \cdot (1,12 \cdot 0,73 + 18 \cdot 0,68) + \frac{0,17^2}{100} \cdot (1,12 \cdot 0,68 - 18 \cdot 0,73) = 1,86\%$$

$$\Delta U_{23} = U_2 - \Delta U_T \cdot \frac{U_H}{100} = 10495,9 - 1,86 \cdot \frac{10500}{100} = 10300,6B$$

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10300,6}{10500} = 392,4B$$

Участок 3 – 4

Мощность участка 3-4 определяется активной и реактивной мощностью ПР-1:

$$P_{34} = 68,4(\text{кВт}) \quad Q_{34} = 36,41(\text{кВАр})$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{68,4 \cdot 0,002 + 36,41 \cdot 0,0008}{10 \cdot 0,3924^2} = 0,1\%$$

Где $R_{023} = 0,002$ Ом и $X_{034} = 0,0008$ Ом – активное и индуктивное сопротивления кабеля на участке 2 – 3.

$$U_3 = U_1 - \Delta U_{23} = 392,4 - 0,1 \cdot \frac{392,4}{100} = 392,0B$$

Участок 4 – 5

Мощность участка 4-5 определяется активной и реактивной мощностью ЭП №20:

$$P_{45} = 64(\text{кВт}) \quad Q_{45} = 30,03(\text{кВАр})$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_{45} = 0,006(\text{Ом}) \quad X_{45} = 0,001(\text{Ом})$$

$$\Delta U_{45} = \frac{64 \cdot 0,006 + 30,03 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,392^2} = 0,26\%$$

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 392 - 0,26 \cdot \frac{392}{100} = 390,9 \text{ В}$$

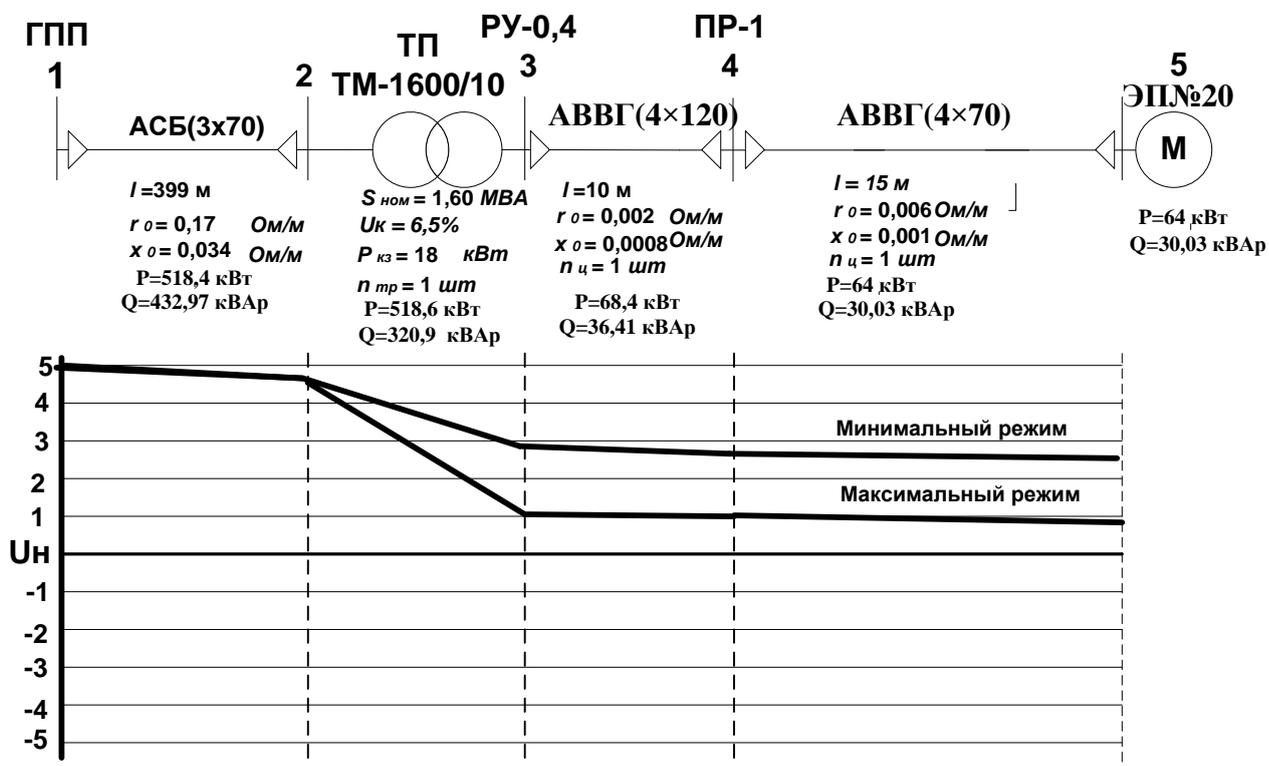
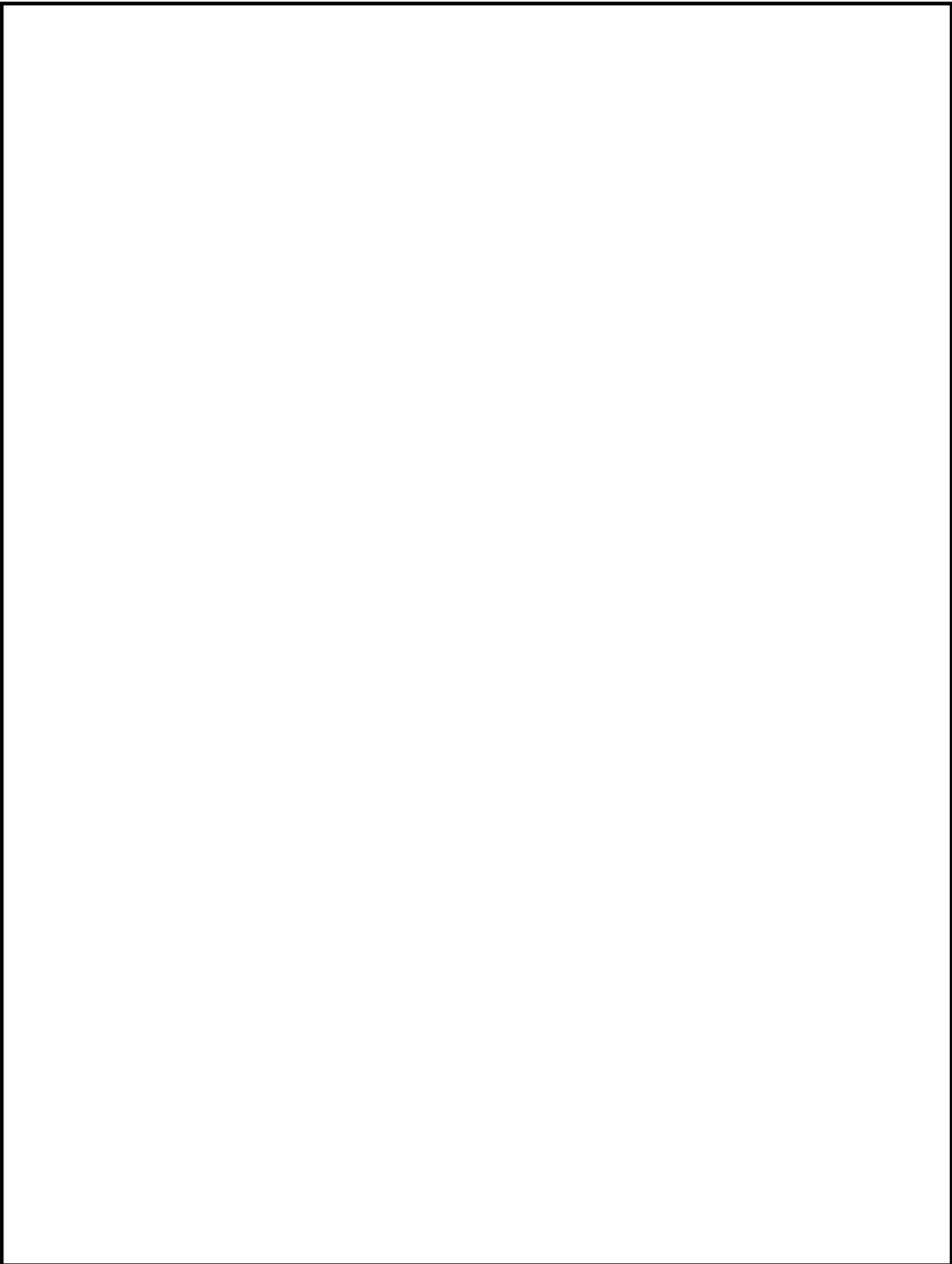


Рисунок 18 - Эпюры отклонений напряжения



					<i>ДП-ФЮРА. 3710000.031.ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Выполнил</i>	<i>Колбас Н.В.</i>				Финансовый менеджмент	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод</i>	<i>Климова Г.Н</i>							
	<i>Коршунова Л.А.</i>							
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А16	Колбас Николай Владимирович

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	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. - выбор альтернативного варианта.

Перечень графического материала:

1. <i>График разработки и внедрения ИР</i>
--

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А16	Колбас Николай Владимирович		

14 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

14.1 Общие сведения

Целью данной работы является составление сметы на проектирование модернизации схемы электроснабжения Открытое Акционерное Общество «Томский Электромеханический завод».

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

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

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

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

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

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

Различают две стадии проектирования:

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

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

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 14.1).

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	5		
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	5		
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер	1		
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Техничко-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	6		
6	Выбор трансформаторов ГПП. Техничко-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель	3		
		Инженер	9		
7	Расчет внутривзаводской сети предприятия	Инженер	12		
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	3		
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	4		
14	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	3		
15	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	5		
		Инженер	24		
16	Чертежные работы	Руководитель	5		
		Инженер	24		
Итого по каждой должности		Руководитель	19	1790,5	34109
		Инженер	112	1236,8	138528
Итого					172638

Затраты на разработку проекта

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

- где 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

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (\text{ЗП}_0 \cdot K_1 + D) \cdot K_2 = (22000,0 + 3000,0) \cdot 1,3 \cdot 1,16 = 37700 \text{ руб.},$$

где ЗП_0 – месячный оклад;

D – доплата за интенсивность труда;

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск;

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

Зарплата научного руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{37700}{21} \cdot 19,0 = 34109 \text{ руб.},$$

где n – количество отработанных дней по факту. б)

Месячная зарплата инженера

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = \text{ЗП}_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = (16500,0 + 2000,0) \cdot 1,3 \cdot 1,08 = 25974 \text{ руб.}$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{25974}{21} \cdot 112,0 = 138528 \text{ руб.}$$

Расчет зарплаты сотрудников сведем в таблицу 15.2. в)

Итого ФЗП сотрудников

$$\text{ФЗП} = 34109 + 138528 = 172638 \text{руб.}$$

Расчет ФЗП приведен в таблице 14.2.

Таблица 14.2 – Расчет ФЗП.

Должность	ЗП _о , руб	Д, руб	K ₁	K ₂	I _{зп} ^{мес} , руб
Руководитель	22000,0	3000,0	1,16	1,3	37700,0
Инженер	16500,0	2000,0	1,08	1,3	25974,0
Итого	38500,0	–	–	–	63674,0

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,	I _м , руб
Флеш память	1	500,0	500,0
Упаковка бумаги А4 500 листов	1	330,0	330,0
Канцтовары	–	850,0	850,0
Тонер-картридж для HP Photosmart C4260 (4000с.)	1	2500,0	2500,0
Итого I _{мат} , руб	–	–	4180,0

3) Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах.

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.КТ}}}{T_{\text{кал}}} * C_{\text{КТ}} * \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{116}{365} * 20000 * \frac{1}{5} = 1902 \text{руб}$$

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

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

C_{КТ} – первоначальная стоимость оборудования, руб;

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

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 14.4.

Таблица 14.4 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб	Кол-во, шт.	T_z , дней	$I_{ам}$, руб	$T_{сл}$, лет
Компьютер инженера	20000,0	1	112	1227,4	5
Компьютер руководителя	20000,0	1	19	208,2	5
Принтер	5000,0	1	112	306,8	5
Компьютерный стол инженера	7500,0	1	112	230,1	10
Компьютерный стол руководителя	10000,0	1	19	52,1	10
Стул инженера	2500,0	1	112	76,7	10
Стул руководителя	5000,0	1	19	26,0	10
Итого $I_{ам}$, руб	-	-	-	2127,4	-

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

$$I_{со} = 0,3 \cdot 172638 = 51791,25 \text{ руб.}$$

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

$$I_{пр} = 0,1 (\text{ФЗП} + I_{м} + I_{ам} + I_{со} = \\ = 0,1 \cdot (172638 + 4180,0 + 2127,4 + 51791,25) = 23073,6 \text{руб.}$$

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

$$I_{накл} = 2,0 \cdot \text{ФЗП} = 2,0 \cdot 172638 = 345275,0 \text{ руб.}$$

7) Затраты на разработку проекта (себестоимость)

$$K = \text{ФЗП} + I_{мат} + I_{ам} + I_{со} + I_{пр} + I_{накл} = \\ = 172638 + 4180,0 + 2127,4 + 51791,25 + 23073,6 + 345275,0 = 599084,8 \text{ руб}$$

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

$$П = 0,2 \cdot 599084,8 = 119816,9 \text{ руб}$$

9) Стоимость проекта

$$K_{пр} = K + П = 599084,8 + 119816,9 = 718901,8 \text{ руб.}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 14.5.

Таблица 14.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб.
1	ФЗП	172638,0
2	Материалы $I_{\text{мат}}$	4180
3	Амортизация основных фондов $I_{\text{ам}}$	2127,4
4	Социальные отчисления $I_{\text{со}}$	51791,25
5	Прочие расходы $I_{\text{пр}}$	23073,6
6	Накладные расходы $I_{\text{н}}$	345275,0
7	Себестоимость проета К	599084,8
8	Прибыль П	119816,9
Цена проекта $K_{\text{пр}}$, руб		718901,8

14.3 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 напряжение 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 × 120	АВВГ 4 × 150
10	Выбор аппарата защиты электроприемника	ВА13-29	ВА57-35
11	Выбор кабеля питания Электроприемника	Кабель АВВГ 4 × 6	Кабель ВВГ 4 × 4
↓ Вариант решения			

14.4 Смета затрат на электрооборудование

Таблица 14.7 – Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Единицы измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТМН-6300/35	шт.	2	2700,00	560,23	5400	1120,46
	ТМ-1600/10	шт.	8	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.	2	43,70	8,74	218,5	43,7
	Автомат ВА57 – 35	шт.	16	2,90	0,58	2,9	0,58
	Автомат ВА47-29	шт.	20	5,40	1,08	248,4	49,68
7	Кабель АСБ -3 × 150	км.	0,864	632,41	123,5	449,01	87,69
	Кабель АСБ -3 × 70	км.	0,57	434,7	96,78	139,1	30,97
	Кабель АСБ -3 × 50	км.	0,26	234,7	66,78	106,1	20,62
	Кабель АВВГ 4 × 120	км.	0,025	437,74	47,95	21,89	2,4
	Кабель АВВГ 4 × 70	км.	0,05	363,2	39,87	18,16	1,99
	Кабель АВВГ 4 × 25	км.	0,03	80,51	7,65	36,66	4,1
	Кабель АВВГ 4 × 16	км.	0,5	67,51	6,85	33,76	3,43
	Кабель АВВГ 4 × 10	км.	0,113	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
	Провод АС 120/19	км.	6	108,39	214,5	650,34	1287,0
Итого по цеху, тыс. руб						15663,35	4019,2

Полная стоимость затрат на разработку проекта, оборудование и монтаж, тыс.руб. :

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{монт}} = 718,901 + 15663,35 + 4019,2 = 20401,451 \text{ тыс.руб.}$$

ДП-ФЮРА. 3710000.031.ПЗ

Изм	Лист.	№ докум.	Подпись	Дат				
Выполнил		Колбас Н.В.			Социальная Ответственность	Лит	Лист	Листов
Руковод		Климова Г.Н.						
		Бородин Ю.В.						
					ТПУ ИнЭО гр.3-5А16			

Форма задания для раздела «Социальная ответственность»
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A16	Колбас Николай Владимирович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> – <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i> 	<p>Модернизация схемы электроснабжения ОАО «ТЭМЗ»</p> <p><i>Вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Влажность воздуха; - Температура воздуха; - Скорость движения воздуха; - Освещенность рабочего места; - Шум; - Электромагнитные излучения; - Тепловое излучение - Вибрация <p><i>Опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Механические травмы; - Возможность поражения электрическим током; - Взрыв; - Пожар
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i> 	<p>Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, ПУЭ Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок”. Согласно Инструкции по применению и испытанию средств защиты в электроустановках СО 153-34.03.603-2003 электрозащитные средства подразделяются на защитные средства для работы с электроустановками до и выше 1000 В.</p>
<p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>механические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>термические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</i> – <i>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i> 	<p>Наиболее частыми в сетях напряжением выше 1000 В являются поражения, вызванные:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Случайным прикосновением или приближением на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением. 2. Появлением напряжения на металлических конструктивных частях электрического оборудования (корпусах, кожухах и т.п.) в результате повреждения изоляции и других причин. 3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.
<p><i>3. Экологическая безопасность:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>защита селитебной зоны</i> 	<p>Атмосфере – при работе компьютера выделяется озон (не значительно), а также энергетические отходы</p>

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>(вредное излучение). Гидросфере – выброс сточных вод. Литосфере – твердые отходы (бумага, пластмасса и т.д.).</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> - результат стихийных бедствий; - воздействие внешних природных факторов, приводящие к старению материалов; - технико-производственные дефекты сооружений; - нарушение правил эксплуатации сооружений и технологических процессов; - нарушение правил техники безопасности при ведении работ и во время технологических процессов.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Правовой основой обеспечения государственной безопасности является целый ряд законов: федеральные законы «О безопасности» (в ред. Указа Президента РФ от 24 декабря 1993 г. № 2288); «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ); «Об обороне» (в ред. Федерального закона от 30 декабря 1999 г. № 223-ФЗ); «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ);</p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>Расчет освещения на рабочем месте (ОПУ)</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А16	Колбас Н. В.		

15. Социальная ответственность.

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. В нашей стране государство направляет средства на проведение мероприятий по охране здоровья трудящихся и в частности на обеспечение техники безопасности и производственной санитарии.

В данном разделе будет рассмотрена система мероприятий по обеспечению безопасных и безвредных условий труда на Сибирском механическом заводе, а также поведение объекта в чрезвычайной ситуации. Работа электротехнического персонала заключается в ремонте электроустановок, кабельных линий, изменении схемы подстанций. Оборудование на предприятии имеет различную мощность (от 10 до 1700кВт), напряжением 0,4кВ. Технологический процесс заключается в производстве кабеля. Условия выполнения технологического процесса сопровождаются множеством опасных и вредных факторов, которые будут рассмотрены в следующем пункте.

15.1 Анализ опасных и вредных факторов

На предприятии рабочие сталкиваются с воздействием физически опасных и вредных производственных факторов.

Вредные факторы:

- Влажность воздуха;
- Температура воздуха;
- Скорость движения воздуха;
- Освещенность рабочего места;
- Шум;
- Электромагнитные излучения;
- Тепловое излучение
- Вибрация

Опасные факторы:

- Механические травмы;
- Возможность поражения электрическим током;
- Взрыв;
- Пожар

15.2 Техника безопасности

Механические травмы

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00.

При монтаже различных конструкций РУ, силовых трансформаторов и электрических машин работа обычно связана с перемещением по рабочей площадке тяжелых единиц электрооборудования, а также с подъемом тяжестей на высоту и выполнением ряда слесарных работ, при которых возможны ранения и ушибы. При перемещении и подъеме на конструкции разъединителей, отделителей и короткозамыкателей их необходимо устанавливать в положение «включено» для исключения возможности травмирования рабочих ножевыми контактами рубящего типа. Для защиты от вращающихся частей электрических машин и приводов, присоединенных к ним вентиляторов необходимо создавать ограждающие устройства. Конструктивные решения оградительных устройств многообразны. Оградительные устройства делятся на стационарные, подвижные и переносные. Ограждение может быть полным лишь тогда, когда локализуется опасная зона вместе с машиной, или частичным, когда изолируется только опасная зона машины. Вид ограждения выбирается в зависимости от условий эксплуатации электроустановки. При работе на высоте используют такие меры защит как настил, специальные защитные приспособления.

Возможность поражения электрическим током

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 промышленного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, Правила устройства электроустановок ПУЭ и Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М – 016 – 2001; РД 153 – 34.0 – 03.150 – 00.

При ремонте электродвигателя с отсоединением от его зажимов питающего кабеля его концы необходимо заземлить и замкнуть накоротко переносным заземлением. Работы по ремонту пусковых устройств разрешаются только при полном снятии напряжения с токоведущих частей электроустановки. Перед опробованием двигателя после монтажа необходимо проверить наличие заземления его металлического корпуса, предупредить и удалить работающих с приводимого в действие механизма и поставить все защитные ограждения.

В процессе ремонта кабелей при необходимости устройства вставки или перерезки соединительной муфты необходимо поврежденный кабель разрезать. Перед резкой кабеля или вскрытием муфты ремонтируемого кабеля руководитель работ (5 группа допуска) должен установить по чертежу, что открытый или подлежащий ремонту кабель именно тот, который отключен и заземлен на подстанции. Для гарантии безопасности необходимо сделать прокол оболочки и жил кабеля специальным приспособлением, укрепленным на изолирующей штанге. Лицо, выполняющее прокол, должно быть в диэлектрических перчатках, в предохранительных очках и стоять на изолирующем основании.

Класс помещений по электроопасности, где проводятся работы – особо опасные помещения (цеха), характеризуются наличием химически активной среды, т.е. в течение длительного времени содержатся агрессивные пары,

газы, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования, а также токопроводящей пыли, токопроводящих полов (железобетонных). К особо опасным помещениям относятся и ЗРУ 6 кВ. Токарно-слесарные мастерские относятся к помещением с повышенной опасностью т.к. это пыльные помещения с токопроводящей пылью.

Для электробезопасности работающего требуется применять специальные защитные средства.

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок согласно ГОСТ12.2.003-91«Производственное оборудование, общие требования безопасности» относятся:

- электрическая изоляция токоведущих частей;
- ограждение;
- зануление;
- применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

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

Изолирующие средства способны длительное время выдерживать рабочее напряжение.

В электроустановках до 1000 В – диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолируемыми рукоятками и указатели напряжения. В электроустановках напряжением выше 1000 В – изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, а также указатели напряжения свыше 1000 В.

Ограждающие средства защиты предназначены для временного ограждения токоведущих частей, для предупреждения ошибочных операций, для временного заземления отключенных токоведущих частей с целью устранения опасности поражения работающих током при случайном появлении напряжения.

Предохранительные средства защиты предназначены для индивидуальной защиты работающего от световых, тепловых и механических воздействий. К ним относятся: защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и т. д.

Применяемые средства защиты и спецодежда должны соответствовать требованиям стандартов и техническим условиям на их изготовление:

- куртка и брюки х/б на утепленной прокладке;
- костюм х/б;
- сапоги кирзовые;
- валенки;
- рукавицы брезентовые;
- рукавицы х/б теплые;
- очки защитные;
- пояс предохранительный деж.;
- сапоги резиновые;
- перчатки диэлектрические деж.;
- галоши диэлектрические деж.;
- п/плащ прорезиненный деж.;

Спецодежда должна быть исправной, чистой, сухой, застегнутой на все пуговицы. Ботинки хорошо зашнурованы и завязаны. Запрещается работа в электроустановках без защитной каски, с засученными рукавами, брюками, в неисправных не зашнурованных ботинках. Не допускается зашнуровка ботинок проволокой. Запрещается при выполнении любых работ на электрооборудовании иметь на руке часы с металлическим браслетом, металлические украшения на руках и шее.

Статическое электричество

Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены ГОСТ 12.1.045 – 84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

Основные параметры :

- напряженность электростатического поля E , кВ/м.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля устанавливается равным 60 кВ/м в течение одного часа пребывания персоналом в электрическом поле. Источником статического заряда служат токоведущие части электрических машин.

Защита от электростатического электричества осуществляется:

- устранением уже образовавшихся зарядов (защитное заземление);
- использованием нейтрализаторов статического электричества;
- увлажнением воздуха;
- средствами индивидуальной защиты: обувь на кожаной подошве или подошве из электропроводной резины.

15.3 Расчет защитного заземления

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 380/220В 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.

Из всего сказанного выше следует, что целью устройства защитных заземлений является:

- 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.

Согласно ПУЭ 1-7-32 в электроустановках без компенсации емкостных токов сопротивление заземляющего устройства при протекании расчетного тока замыкания на землю в любое время года должно быть при одновременном использовании для электроустановок напряжением до 1000В не более $R < 125 / J$ (Ом), где J - ток замыкания на землю для установок свыше 1000В.

В тоже время сопротивление для электроустановок напряжением до 1000В с глухим заземлением нейтрали трансформаторов должно быть не более 4 (Ом) ПУЭ 1-7-38.

Для защиты ТП применимо контурное заземление.

Для выравнивания потенциала внутри контура прокладывают горизонтальные полосы. Чтобы уменьшить шаговое напряжение за пределами контура, вдоль проходов в грунт закладывают специальные шины. Протяженность кабельных линий со стороны 10 кВ $L = 50$ км, воздушных линий $L = 7$ км; грунт-суглинок; $R_{уд} = 100$ Ом*м.

Измерения проводились при средней влажности грунта $\gamma_2 = 1,5$.

В качестве вертикальных заземлителей принимаем стальные стержни диаметром 16 мм и длиной 2,5 м. В качестве соединительной полосы стальная шина сечением 40 х 4 мм.

Расчетный ток замыкания на землю со стороны 10 кВ (фазный):

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (35 \cdot L_K + L_B)}{350} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot (35 \cdot 50 + 70)}{350} = 90 \text{ А.}$$

Так как к заземляющему устройству присоединяется оборудование до 1000 В, то сопротивление заземления должно быть равно или не ниже

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} = \frac{125}{54} = 1,3 \text{ Ом, но не выше норм электроустановки до 1000 В (4-10 Ом).}$$

Сопротивление заземляющего устройства принимаем $R_3 = 4 \text{ Ом}$, как наименьшую.

Рассчитываем удельное сопротивление грунта:

$$\rho_{расч} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Сопротивление естественного заземления: $R_E = 6 \text{ Ом}$, это сопротивление оболочки кабеля.

Сопротивление искусственного заземлителя должно быть:

$$R_{II} = \frac{R_E \cdot R_3}{R_E - R_3} = \frac{6 \cdot 4}{6 - 4} = 12 \text{ Ом.}$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя:

$$R_{в} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + L}{5 \cdot H - L} \right) = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 2,5}{5 \cdot 2 - 2,5} \right) = 56$$

Ом.

6. Длина соединительной полосы равна периметру прямоугольника $10 \times 5 \text{ м}$, т.е. 30 м .

Вертикальные стержни размещаются через каждые $2,5 \text{ м}$, всего 12 стержней .

Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_{г} = \frac{\rho_{II}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot H} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{2 \cdot 30^2}{0,04 \cdot 0,8} = 11,6 \text{ Ом}$$

Имея в виду, что принятый заземлитель контурный и что $n=12$, а отношение

$$\frac{a}{\ell_г} = \frac{2,5}{2,5} = 1, \text{ где } a - \text{ расстояние между стержнями, } \ell_г - \text{ длина стержней}$$

коэффициенты использования электродов заземлителя: вертикального

$$\eta_{в} = 0,53, \text{ горизонтального } \eta_г = 0,31$$

7. Требуемое сопротивление растеканию вертикальных стержней:

$$R_3 = \frac{R_г \cdot R_в}{R_г \cdot \eta_г + R_в \cdot \eta_в \cdot n} = \frac{56 \cdot 11,6}{56 \cdot 0,31 + 11,6 \cdot 0,53 \cdot 12} = 3,9 \text{ Ом.}$$

Это сопротивление несколько меньше, чем требуемое $R_{и} = 4 \text{ Ом}$, что повышает условия безопасности, поэтому окончательно принимаем число

вертикальных стержней равным 12, длину 2,5 м, расстояние между ними 2,5 м:

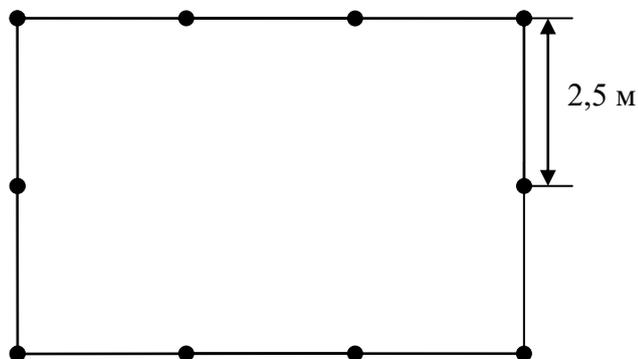


Рисунок 16.1 Расположение заземляющих электродов

Проверка: $\frac{R_u \cdot R_3}{R_u + R_3} \leq 4 \text{ Ом}$ $\frac{4 \cdot 3,9}{4 + 3,9} = 1,97 \leq 4 \text{ Ом.}$

Окончательно принимаем к установке 12 вертикальных электродов расположенных по контуру ТП.

15.3 Производственная санитария

Опасные и вредные производственные факторы, неблагоприятно действующие на человеческий организм в производственных условиях, в соответствии с ГОСТ 12.0.003 - 82 подразделяются на группы: физическая, химическая, биологическая, психофизиологическая.

Для борьбы с вредными производственными факторами и профилактическими заболеваниями должны приниматься следующие меры: Совершенствование технологии производства автоматизация и комплексная механизация производственных процессов, исключение тяжелых ручных работ.

Повышение технического уровня санитарно – гигиенических средств за счет устройства рациональной вентиляции в производственных помещениях, отопления и освещения.

Оборудование раздевалок, сушилок для увлажненной одежды, душевых и т. д. Обеспечение работающих спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты.

Содержание территории предприятия, путей передвижения, производственных помещений и рабочих мест в чистоте и порядке.

Утомление - ослабление физического и психологического состояния человека, развивающиеся в результате его деятельности и ведущих к временному снижению его эффективности. Утомление ослабляет сопротивляемость организма к вредным воздействиям, мешает сосредоточиться и может явиться причиной несчастного случая. Предотвращает утомление внедрение рационального режима труда и отдыха четко установленный распорядок работы, отдыха, питания и сна. Такой распорядок призван обеспечить здоровье работающих, и поддержание работоспособности на оптимальном уровне.

При разработке внутренних режимов труда и отдыха следует учитывать закономерные колебания работоспособности человека в течение смены.

В первые дни недели происходит рост работоспособности человека в течение смены в связи с вхождением работающего в трудовой процесс, наиболее высокого уровня работоспособность достигает обычно на третий-четвёртый день, а затем начинает постепенно снижаться. Для поддержания высокого уровня работоспособности в течение всей недели необходимо более сложные и трудоёмкие работы производить в течение третьего-четвертого дней недели.

15.4 Микроклимат

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда 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».

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

температура воздуха $t_{\text{оС}}$;

относительная влажность $\phi, \%$;

скорость движения воздуха $v, \text{м/с}$;

предельно допустимая концентрация веществ ПДК;

интенсивность теплового излучения $I, \text{Вт/м}^2$.

Таблица 15.1 Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С0		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Оптимальные значения	Допустимые значения	Оптимальные значения	Допустимые значения	Оптимальные значения	Допустимые значения
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодный	Іб	21-23	23,1-24,0	60-40	15-75	0,1	0,1
Теплый	Іб	22-24	24,1-28,0	60-40	15-75	0,1	0,1

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 100 Вт/м² при облучении не более 25% поверхности тела.

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

Чрезвычайно опасные (ПДК < 0,1 мг/ м³)

Высокоопасные (ПДК < 0,1-1 мг/ м³)

Умеренно опасные (ПДК<1-10 мг/ м3)

Малоопасные (ПДК>10 мг/ м3)

На рассматриваемом предприятии присутствуют такие вредные вещества как углекислый газ, хлористый углеводород, сернистые соединения, металлическая пыль, а также пары растворителей (бензол, толуол).

Мероприятия по созданию условий для нормальной терморегуляции организма:

- механизация и автоматизация технологических процессов;

защита от источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов;

- устройство систем вентиляции;
- кондиционирование воздуха и отопление.

Для холодного периода года используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично т.к. воздух загрязнен вредными парами и пылью. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

Мероприятия по борьбе с загрязненностью воздуха вредными газами, парами и аэрозолями:

- удаление из производства или ограничение использования вредных веществ;
- рационализация технологического процесса, устраняющая образование газов, паров и аэрозолей;
- максимальная герметизация оборудования;
- механизация и автоматизация производственных процессов;
- увлажнение обрабатываемых материалов;
- устройство различных систем вентиляции от мест выделения газов, паров или аэрозолей;
- снабжение рабочих средствами индивидуальной защиты.

15.5 Производственная вентиляция

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СНиП 2.04.05-91.

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

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается на входе тепловыми завесами, а охлаждается с помощью приточно-вытяжной вентиляции. Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

15.6 Производственное освещение

Нормирование освещенности производится в соответствии со СП 52.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Освещение в производственных условиях определяется следующими основными параметрами:

- световой поток Φ , лм;
- сила света I , кд;
- освещенность E , лк;
- яркость L , кд/м².

Основные требования к рабочему освещению:

- освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительных работ;
- необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства;
- на рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени;
- в поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная бликоность - повышенная яркость светящихся поверхностей;

- величина освещенности должна быть постоянной во времени.

Наряду с естественным освещением используется и искусственное, создаваемое электрическими или люминесцентными лампами, мощностью не менее 150 Вт.

Предусматриваются аварийное освещение с наименьшей освещенностью рабочих мест при аварийном режиме 2 лк, эвакуационное освещение освещенностью при эвакуации людей из помещений не менее 0,5 лк на уровне пола основных проходов и лестниц, а на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

Аварийное освещение на производственных объектах должно быть рассчитано на напряжение электрического тока 12 В.

Нормы общей минимальной освещенности в люкс (ЛК) производственных объектов:

- резервуары	15
- лебёдка	15
- подъемная мачта	2
- шкафы контрольно-измерительных приборов в помещениях и на наружных установках	50
- механические мастерские	50

15.7 Виброакустические вредные факторы

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

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f , Гц;
- амплитуда колебаний d , мм.

Вибрацию можно наблюдать при работе любого оборудования, во время прохождения транспорта, при КЗ большие токи вызывают динамическую нагрузку.

Таблица 15.2 Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Защита от вибраций должна начинаться, прежде всего, с их ликвидации.

Коллективные методы защиты:

- улучшение работы механизмов;
- применение амортизаторов (резиновых, пружинных, пневматических)4
- использование виброгасящего основания под соответствующее оборудование.

Средства индивидуальной защиты: специальные рукавицы, перчатки, виброзащитные прокладки и обувь.

Источниками шума являются трансформаторы, электрические машины, работающее электрооборудование, вентиляторы.

Нормируемые параметры шума на рабочем месте определены ГОСТ 12.1.003 – 83 и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Шум определяется следующими основными параметрами:

- уровень звукового давления А, дБ;
- интенсивность звука I, Вт/м²;
- уровень звука L, дБА.

Шум, создаваемый трансформаторами и электрическими машинами часто возникает из-за неплотного стягивания пакетов стального сердечника. В этом случае целесообразно устранение причины его появления.

Таблица 15.3 Допустимые уровни звукового давления, уровни звука на рабочих местах.

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	

Мероприятия по борьбе с шумом:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения: повышение качества балансировки вращающихся деталей, улучшение смазки трущихся поверхностей;
- звукопоглощение и звукоизоляция;
- установка глушителей шума;
- рациональное размещение оборудования;
- применение специальных средств индивидуальной защиты: противошумные наушники, шлемы, вкладыши.

15.8 Защита от электромагнитных полей

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в

нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 “ Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах ” и СанПиН 2.2.4.723 –98.

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики. В настоящее время в качестве предельно допустимого значения электромагнитного поля промышленной частоты напряженностью рекомендовано:

Основные параметры ЭМП:

- частота f , Гц;
- напряженность электрического поля E , В/м;
- напряженность магнитного поля H , А/м;
- плотность потока энергии I , Вт/м².

Предельно допустимые напряженности электрического и магнитного полей на рабочих местах соответственно равны 500 В/м и 50 А/м. Предельно допустимое значение плотности потока энергии не должно превышать 10 Вт/м².

В электроустановках всех напряжений должна быть установлена защита рабочих от воздействия электромагнитного поля, напряженность которого превышает допустимое значение, т.е. необходимо ограничить время пребывания следующим образом:

- 5 ÷ 10 кВ/м – не более 2х часов;
- 10 ÷ 15 кВ/м – 90 мин;
- 15 ÷ 20 кВ/м – 10 мин;
- 20 ÷ 25 кВ/м – 5 мин;
- 25 кВ/м и более – без защиты не допускается.

При напряженности электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м необходимо применять следующие средства защиты:

- экранирование или удаление рабочего места от источника ЭМП;

- применение средств индивидуальной защиты (специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, защитные очки, специальные каски и шлемы);
- рациональное размещение оборудования, излучающего электромагнитную энергию.

15.9 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.” Методика определения категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности должна использоваться в проектно-сметной и эксплуатационной документации на здания, помещения и наружные установки.

Категории помещений и зданий предприятий и учреждений определяются на стадии проектирования зданий и сооружений в соответствии с настоящими нормами и ведомственными нормами технологического проектирования, утвержденными в установленном порядке. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 — В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д.

ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Классификация производств по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
1	2
В4	Твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна),

Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов.

Горючей является изоляция обмоток электрических машин, трансформаторов, различных электромагнитов (контакты реле, контрольно-измерительные приборы), а так же электронагревательные приборы.

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

Большую опасность возникновения пожара представляют маслonaполненные аппараты: трансформаторы, кабели с бумажной изоляцией пропитанные маслоканифолевым составом.

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальника цеха.

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства.

Наибольшую пожарную опасность представляют маслonaполненные аппараты-трансформаторы, баковые выключатели высокого напряжения, а так же кабели с бумажной изоляцией и электрические печи.

Средства пожаротушения:

Для тушения пожара широко применяются различные химические средства, выбрасываемые в очаг пожара с помощью огнетушителей. В настоящее время наибольшее применение имеют ручные жидкопенные огнетушители типа ОП-1 и губкопенные типов ОП-3 и ОП-5б. Для этих огнетушителей применяется заряд, состоящий из кислотной и щелочной части. Например: углекислотные огнетушители типов ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8 и другие,

предназначенные для тушения возгорания различных материалов и электроустановок. Огнетушитель типа ОУБ-7 (углекислотно-бром-этиловый), он позволят тушить установки до 1000 В под напряжением. Согласно ПУЭ при сдаче в эксплуатацию в КТПН должны быть обеспечены противопожарными средствами и инвентарём.

Поэтому устанавливается в помещении РУ-0,4 кВ пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00):

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 - 2шт
- пенный огнетушитель – 1 шт
- ящик с песком 3м3 - 1шт
- асбест 2 х 1,5м – 1шт
- ведро - 2 шт
- лопата - 2шт
- багор

Осмотры и работы в кабельных сооружениях (колодцы, туннели, коллекторы) представляют особую опасность для электротехнического персонала в связи с тем, что в них возможно появление вредных и взрывоопасных газов.

Перед началом осмотра или работы внутри кабельных сооружений необходимо убедиться в отсутствии вредных горючих газов. Эта проверка должна выполняться при помощи специального контрольного прибора, но не при помощи открытого огня. Для вытеснения из кабельного колодца, не имеющего приточной вентиляции, вредного газа применяется нагнетание чистого воздуха вентилятором или компрессором, установленным снаружи, рукав от которого опускается вниз, не достигая дна колодца 0,25 м. У открытого кабельного колодца должно быть ограждение или установлен предупредительный знак.

15.10 Экологическая безопасность.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения), ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) и ГОСТ 17.1.1.02-86 (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 рассеивается в атмосферу.

Достаточная высота дымовых труб обеспечивает рассеивание выбросов на больших площадях, тем самым концентрации вредных газов в воздухе становятся незначительными.

Источниками сточных вод являются цеховые и хозяйственно-бытовые сбросы. Для предотвращения загрязнения гидросферы сточными водами применяются очистные сооружения и замкнутая система водоснабжения.

Твердые отходы на предприятии сначала складировются, а затем вывозятся на полигон либо сдают в пункты приема цветного металла. Для поддержания экологического равновесия в природе, на заводе проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия близ прилегающих районов

15.11 Защита в чрезвычайных ситуациях

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия - явления природы, возникающие, как правило, внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, иногда гибели людей и уничтожению материальных ценностей.

На предприятии предусмотрен защитные меры от таких ЧС как:

- взрыв, пожар
- удар молнии

инфекционная болезнь людей (эпидемии гриппа и др.)

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

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

От прямых ударов молнии установлена молниезащита. Молниеприемниками служат неизолированные стержневые молниеотводы. В качестве токоотводов используют наружные вертикальные стальные конструкции (пожарные лестницы). По каждому этажу проложены стальные пояса из полосовой стали, к которым присоединяются токоотводы, все металлические конструкции и оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

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

Ликвидация последствий стихийных бедствий организуется, как правило, под руководством специально создаваемых чрезвычайных комиссий. Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на всех объектах формируются службы ГО. Они предназначены как для проведения спасательных работ в военное время, так и для ликвидации последствий стихийных бедствий и крупных аварий.

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

Важным условием быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на территории предприятия должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике.

ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Колбас Н.В.			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы было изучение существующей схемы электроснабжения предприятия ОАО «Томский электромеханический завод» для дальнейшей ее модернизации. При модернизации была полностью изменена внешняя и внутренняя схема электроснабжения завода, внешняя питающая сеть 6 кВ модернизировали на сеть 35 кВ и установили ГПП на территории завода для качества и надежности электроснабжения для всех электроприёмников завода в целом и для ремонтно-механического цеха ОАО "ТЭМЗ". В начале для определили расчетные нагрузки цеха «методом упорядоченных диаграмм», используя метод коэффициентов спроса и коэффициентов максимума и определения расчетных нагрузок завода в целом, определяют, по расчетной активной и реактивной нагрузки цехов (до и свыше 1000 В) с учетом расчетных нагрузок освещения цехов и территории завода, потери мощности в цеховых ТП и ГПП и потери в высоковольтной линии.

По расчетным нагрузкам цехов завода была построена картограмма нагрузок и выявлен центр электрических нагрузок завода. ГПП установили со смещением от центра электрических нагрузок в сторону питающей подстанции ПС «Южная». На ГПП установили два трансформатора маркой ТМН-6300/35. Марка трансформаторов ГПП и напряжение питающих ЛЭП выбрали с основания технико-экономического обоснования. Для высоковольтной стороны 35 кВ принята схема 4Н. На стороне 10 кВ принята одинарная секционированная система шин, с устройством АВР, оборудование установили в закрытом помещении ЗРУ, и электроснабжения предприятия осуществляется по двум воздушным линиям 35 кВ маркой проводов АС 120/19.

Также было определено количество и мощности цеховых трансформаторов. Номинальной мощностью цеховых трансформаторов была определена 1600 кВА, минимальное число трансформаторов цеховых равняется восьми. Для количества и мощности цеховых трансформаторов был произведен расчет и выбор компенсирующих устройств.

В сети свыше 1000 В по территории завода проложены трёхжильные кабельные линии маркой АСБ.

Следующий шаг был осуществление электроснабжения цеха. Цеховое оборудование запитано от распределительных пунктов четырёхжильными кабельными линиями маркой АВВГ, проложенных в лотках. Защита оборудования и кабелей осуществлено автоматическими выключателями маркой ВА.

На карте селективности, построенной по результатам выбора аппаратов защиты видно, что селективность обеспечивается. А в эпюре отклонений напряжения, построили максимальный и минимальны режим, показали, что в обоих режимах работы у оборудование напряжение находится в допустимом пределе и выбранное сечение пригодно для эксплуатации.

Для экономической части проекта были произведены расчеты смет на затраты и приобретение, на монтаж и техническое обслуживание электрооборудования, а так же на разработку проекта.

Произвели анализы для опасных и вредных факторов на заводе ОАО «ТЭМЗ», и для техники безопасности предприятия, произведена санитария и охрана по пожарной безопасности.

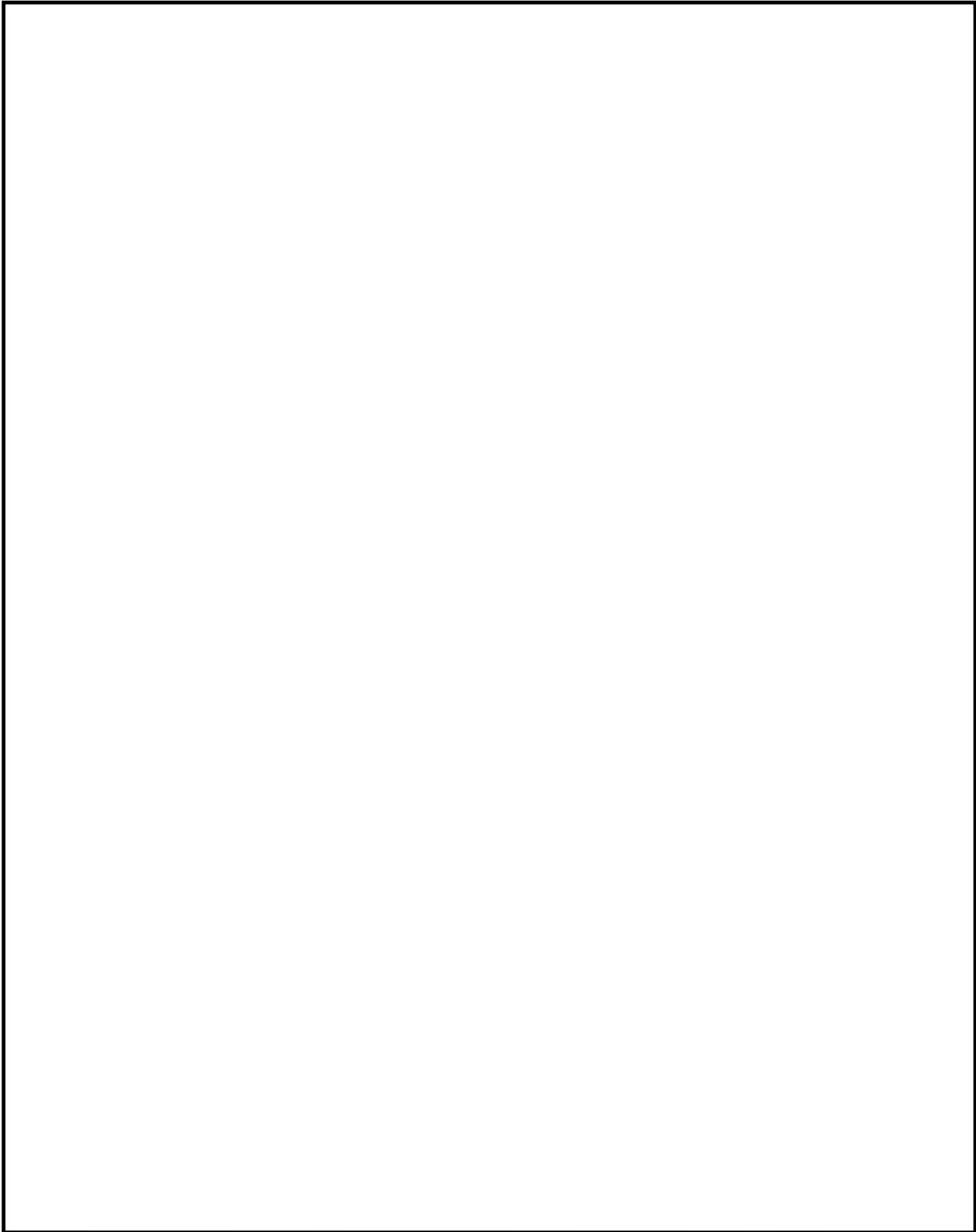
После модернизации предприятия ОАО «ТЭМЗ» можно сделать следующие выводы:

Качество электроэнергии увеличилось, надежность элетроснабжения выросла, в данной модели электроснабжение цеха и всего завода в целом надёжна и пригодна в эксплуатацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 406 с. (Электроустановки промышленных предприятий / Под ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общей ред. А.А. Федорова. Т.1: Электроснабжение. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.
3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общей ред. А.А. Федорова. Т.2: Электрооборудование. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 486 с.
4. Григорьев В.В., Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 142 с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций / Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
6. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры / Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 536 с.
7. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики Российской Федерации. – 6-ое изд. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. – 607 с.
8. Соколов Б.А., Соколова Н.Б. Монтаж электрических установок. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.
9. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – М.: Энергоиздат, 1981. – 408 с.
10. Аппараты расщепителей низкого напряжения: Справочник / ч.1. Вып. 1 и 2. Автоматические выключатели до и свыше 630 А. – М.: Патент, 1992. – 308 с.
11. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

12. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1970. – 581 с.
13. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах. – М.: Мир, 2003. – 283 с.
14. Мельников М.А. Внутризаводское электроснабжение: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 180 с.
15. Грейсх М.В., Лазарев С.С. Расчеты по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1977. – 312 с.
16. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 143 с.
17. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
18. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.031.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Приложения	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Колбас Н.В.						
Руковод.		Климова Г.Н.						
Реценз.								
Косульт.								
Утверд.								
						<i>ТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		