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

Инженерная школа энергетики
Отделение_____Электроэнергетики и электротехники_____
Направление подготовки ___13.03.02. Электроэнергетика и электротехника _____
Профиль _____Электроснабжения промышленных предприятий (ЭПП)_____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы электроснабжения завода железобетонных конструкции

УДК 621.31031.001.6.666.982.013.
Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5А3Д3	Дусанов Фаррух Халимжонович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обухов Сергей Геннадьевич	д.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения/НОЦ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроэнергетики и электротехники	Шестакова Вера Васильевна	к.т.н., доцент		

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

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль Электроснабжение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП 13.03.02

_____ _____Шестакова В.В.
(подпись) (дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	**ФИО**
З-5А3Д3	Дусанов Фаррух Халимжонович

Тема работы:

Проектирование системы электроснабжения мебельной фабрики	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	ИШЭ от 24.04.2018г. №2900/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018

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, энергозатрат; экономический анализ и т. д.).*	Получены по материалам преддипломной практики: 1. Генплан предприятия 2. План цеха 3. Электрические нагрузки завода 4. Типы и мощности электроприемников в цехе

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(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).*	1. Общие сведения о предприятии 2. Расчет электрических нагрузок 3. Определение расчетных нагрузок предприятия в целом 4. Картограмма нагрузок и центра электрических нагрузок 5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 6. Схема внешнего электроснабжения 7. Схема внутризаводской распределительной сети 10кВ 8. Расчет токов кз выше 1000В и выбор коммутационных аппаратов 9. Выбор коммутационных аппаратов 10. Электроснабжение РМЦ 11. Построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок 12. Расчет токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до самого мощного электроприемника цеха (фрезерного станка)
Перечень графического материала	1. Генплан предприятия распределения электроэнергии 2. Картограмма нагрузок 3. Схема электрическая принципиальная ГПП 4. Схема силовой сети ремонтно-механического цеха 5. Электроснабжение ремонтно-механического цеха. Однолинейная схема 6. Эпюра отклонения напряжения

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент ОСГН, к.э.н., Фигурко А.А.
«Социальная ответственность»	Ассистент ОКД ИШНКБ, Ледовская А.М.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.03.2018г.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обухов С.Г.	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5А3Д3	Дусанов Ф.Х		

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль Электроснабжение
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)
Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.02.18	Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.	10
22.02.18	Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок.	15
07.03.18	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.	15
21.03.18	Выбор и проверка внутризаводских линий. Расчет потерь в КТП и внутризаводских линиях. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.	10
28.03.18	Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ.	5
04.04.18	Выбор и проверка высоковольтного оборудования	10
11.04.18	Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП.	10
15.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	15
18.05.18	Социальная ответственность.	10
Итого		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Обухов С.Г.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 101 с., 9 рис., 21 табл., 24 источников.

Ключевые слова: расчетная нагрузка, картограмма нагрузок, выбор трансформаторов, компенсация, электроснабжение цеха, выбор оборудования, проверка оборудования, однолинейная схема, менеджмент, социальная ответственность.

Объектом исследования является арматурный цех завода железобетонных конструкции.

Цель работы: разработка системы электроснабжения промышленного предприятия. Экономическое обоснование принятых решений.

В процессе исследования произведен выбор метода расчета на основе исходных данных, поэтапный расчет электрических нагрузок завода и рассматриваемого цеха, выбор оборудования и его проверка при различных режимах работы.

В результате исследования была спроектирована конкретная модель электроснабжения промышленного предприятия, представлен расчет бюджета затрат и безопасность для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: исследуемый завод состоит из девятнадцати цехов, напряжение питающей линии кВ; рабочие напряжения внутри завода: 10, 0,4 кВ; схема внутризаводской сети – радиальная

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 2
1. Исходные данные для проектирования 6
2.Определения расчетной нагрузки арматурного цеха 10
2 .1 Распределение приёмников по пунктам питания 11
2.2 Определения расчетный нагрузка цеха 12
3. Электроснабжения на территория предприятия 21
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия 21
3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок 26
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 30
3.4 Компенсация реактивной мощности 32
3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения 35
3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП 36
3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП 39
3.8 Схема внутризаводской сети выше 1000 В 40
3.9 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 43
4. Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В 48
4.1 Выбор выключателей и разъединителей 48
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока 50
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения 52
5. Электроснабжения арматурного цеха 54
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих 54
5.2 Построения эпоры отключения напряжения 61
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В 65
5.4 Построения карта селективности действия аппаратов защиты 67
6. Финансовый менеджмент 72
6.1 Определение сметы проекта 79
6.2 Заработная плата исполнителей проекта 81
6.3 Смета затрат на электрооборудование 85
Заключения
Список использованных литературы

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проекта является проектирование системы электроснабжения завода железобетонных конструкций, используя при проектировании реальные данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), детально проработать систему электроснабжения приемников в здании арматурного цеха, сделать выводы.

Завод железобетонных конструкций специализируется на производстве бетона, растворов, железобетонных конструкций и изделий. Железобетон — строительный композиционный материал, состоящий из бетона и арматуры. Технологические процессы по изготовлению железобетонных конструкций:

1. Подготовка арматуры.

Арматура находится внутри железобетонных изделий, и является незаметной, но очень важной составной частью конструкции. Именно арматура укрепляет изделие, придает ему форму и делает его пригодным для использования в различных видах строительства и в других областях. Кроме того, выступающие части арматуры применяются для скрепления железобетонных изделий между собой.

Технологический процесс начинается с приемки, испытания образцов металла (входной контроль). Проволока, катанка из бухт на правильно-отрезных станках разматывается на длинномер. На обрезных станках с помощью пресса арматуру рубят на требуемый размер. На машинах для контактной сварки варятся сетки и каркасы. Пространственные каркасы собираются с помощью электродуговой сварки или вязальной проволоки. На специальных станках загибаются подъемные петли и анкерные выпуска.

Для изготовления изделий, испытывающих значительные нагрузки и деформации, применяется «технология напряженного железобетона». В этом случае на этапе проектирования расчетным путем устанавливается, в

каком направлении изделие будет испытывать наибольшие нагрузки, и при изготовлении производится искусственное сжатие арматуры в противоположном направлении, что позволяет изделию эффективно противостоять деформации.

Арматурное производство в составе завода железобетонных изделий обладает выраженной специфичностью, обусловленной тем, что это производство неотделимо от общей технологии изготовления железобетонных изделий, так как не все операции (предварительное натяжение, антикоррозионная защита, сборка объёмного каркаса) в обязательном порядке выполняются в арматурном цехе.

2. Опалубочные работы.

Опалубка в строительстве служит вспомогательной конструкцией, состоящей из металла, дерева или других материалов, которая служит для придания конструкциям из бетона, железобетона и других строительных смесей определенных параметров, таких как геометрические размеры, форма, структура поверхности, положение в пространстве и др. Опалубочная система состоит из поддерживающих конструкций, формообразующих элементов и крепежа. Опалубку обычно удаляют после затвердевания основного строительного раствора.

Опалубочными работами занимается соответственно опалубочный цех.

3. Армирование.

Армирование — способ увеличения несущей способности конструкции материалом, имеющим повышенные прочностные свойства относительно основного материала изделия.

4. Бетонирование.

5. Уход за твердеющим бетоном.

Завод по изготовлению железобетонных изделий представляет собой механизм, в котором каждому подразделению отведены особые функции.

Основными цехами завода ЖБК являются: асфальтобетонный цех, цех для производства арматурных каркасов, цеха для производства железобетонных изделий и цех для производства известняка. Асфальтобетонный цех производит бетонный раствор с помощью автоматических бетоносмесителей, которые обеспечивают потребности завода, а также производят бетон на продажу. В цехе арматурных каркасов осуществляется сборка каркасов для всех видов выпускаемых изделий. После завершения технологического процесса все изделия попадают в отделы технического контроля (полигоны).

Необходимыми составляющими производственного цикла можно считать склад готовой продукции и заводские лаборатории, в которых производится контроль качества поступающих на завод материалов и контроль качества готовой продукции.

Склады цемента, оборудованные силосными банками для раздельного хранения цемента по маркам и видам. В холодное время года происходит прогрев заполнителей перед подачей в производство.

Необходимым является наличие специального автотранспорта большой грузоподъемности для доставки цемента и арматуры, а также автобетоносмесителей для доставки раствора и бетона потребителям.

На заводе ЖБК большое внимание уделяется технологической схеме изготовления. Используются технологические схемы такие как: конвейерная технология; поточно-агрегатная технология; стендовая технология.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходными данными к проектированию являются:

1. Генеральный план предприятия (рисунок 1.1.);

2. Сведения об электрических нагрузках, характеристика среды производственных помещений, характеристика потребителей электроэнергии
(таблица 1.1.);

3. План рассматриваемого цеха (рисунок 1.2.);

4. Сведения об электрических нагрузках цеха (таблица 1.2.).

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

Наименование объекта	Число смен	Категория ЭП	Среда	Установленная мощность, кВт
1 Администрация завода	2	III	Нормальная	400
2 Арматурный цех	2	II	Нормальная	–
3 Площадка для открытых работ	2	III	Нормальная	450
4 Закрытое помещения для сварщиков	2	III	Пожароопасная	800
5 Механический цех	2	III	Нормальная	300
6 Опалубочный цех	2	II	Нормальная	500
7 Кузница	2	II	Нормальная	1200
8 Асфальтобетонный цех	2	II	Нормальная	2500
9 Битумный склад	1	III	Нормальная	150
10 Котельная	3	II	Нормальная	900
11 Электроцех	2	II	Нормальная	500
12 Полигон №2	2	III	Нормальная	250
13 Полигон №3	2	III	Нормальная	350
14 Компрессорная 0,38 кВ 10,0 кВ СД 1 × 400 кВт	3	II	Нормальная	 400 400
15 Дробильный цех №1	3	II	Пыльная	1100
16 Инструментальный цех	2	III	Нормальная	150
17 Дробильный цех №2	3	II	Пыльная	950
18 Известняковый цех	2	II	Нормальная	600
19 Цех перегородок	2	II	Нормальная	700
20 Контора реализации	1	III	Нормальная	250

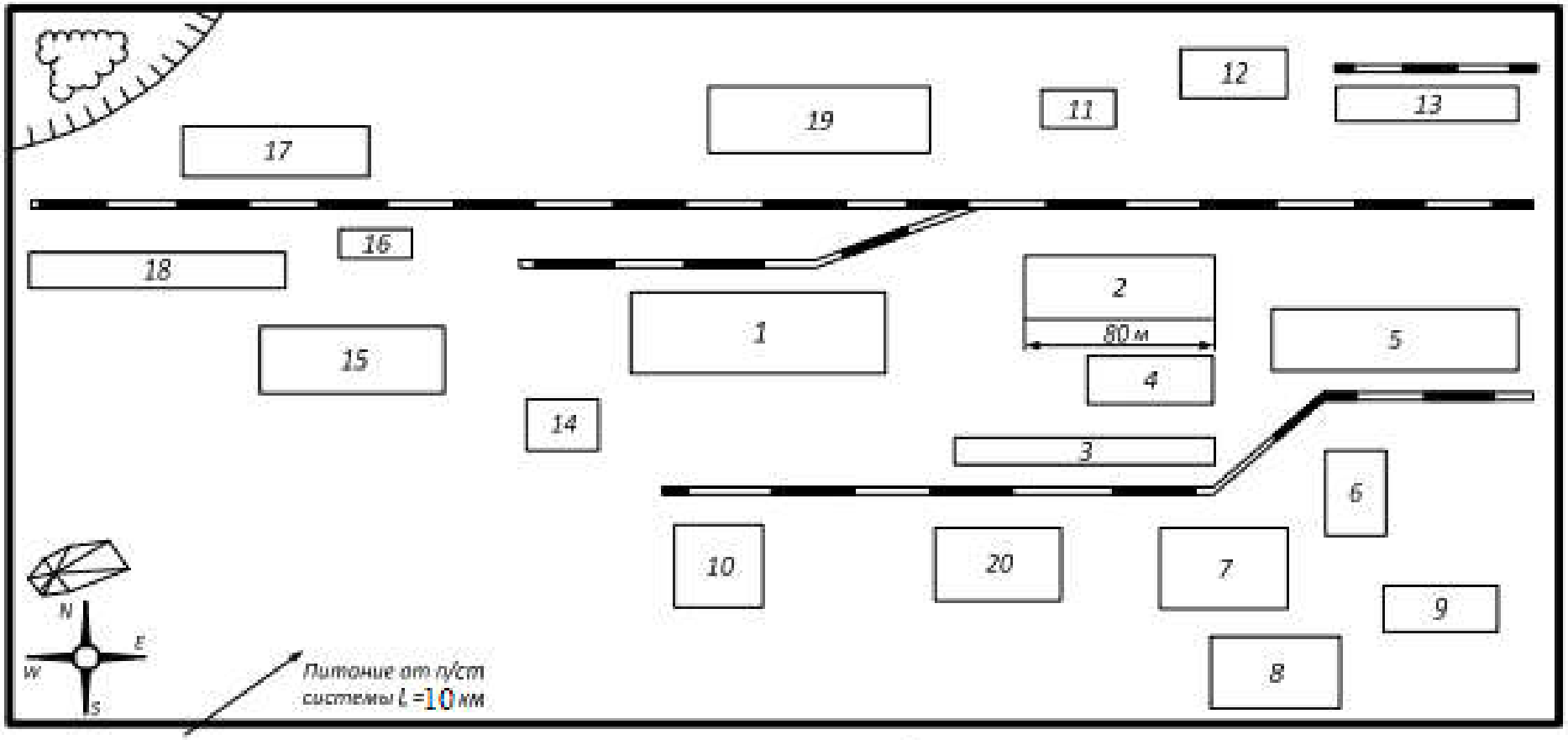


Рисунок 1.1 – Генплан предприятия

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках арматурного цеха

Наименование	$P_{уст}$ кВт	$K_{исп}$	cosф	tgф	η	$K_{пуск}$	$I_{ном}$ А	$I_{пуск}$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
2 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
3 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
4 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
5 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
6 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
7 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
8 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
9 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
10 Универсально-фрезерный станок	6,5	0,16	0,50	1,73	0,89	5	22,2	111,0
11 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
12 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
13 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
14 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
15 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
16 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
17 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
18 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
19 Станок для гибки петель	4,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	14,3	71,7
20 Токарно-винторезный станок	4,6	0,16	0,50	1,73	0,89	5	15,7	78,5
21 Токарно-винторезный станок	4,6	0,16	0,50	1,73	0,89	5	15,7	78,5
22 Токарно-винторезный станок	4,6	0,16	0,50	1,73	0,89	5	15,7	78,5
23 Токарно-винторезный станок	4,6	0,16	0,50	1,73	0,89	5	15,7	78,5
24 Токарно-винторезный станок	4,6	0,16	0,50	1,73	0,89	5	15,7	78,5
25 Токарно-винторезный станок	4,6	0,16	0,50	1,73	0,89	5	15,7	78,5
26 Станок для высадки головок	70,0	0,16	0,50	1,73	0,89	5	239,0	1195,0
27 Станок для высадки головок	70,0	0,16	0,50	1,73	0,89	5	239,0	1195,0
28 Намоточный станок	3,0	0,16	0,50	1,73	0,89	5	10,2	51,2
29 Намоточный станок	3,0	0,16	0,50	1,73	0,89	5	10,2	51,2
30 Намоточный станок	3,0	0,16	0,50	1,73	0,89	5	10,2	51,2
31 Станок гнутья сеток	1,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	4,1	20,5
32 Станок МТМК	350,0	0,60	0,70	1,02	0,90	6	844,1	5064,5
33 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7
34 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7
35 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7
36 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7
37 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7
38 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7
39 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7

Окончание таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7
41 Настольно-сверлильный станок	0,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	2,7	13,7
42 Станок МТМС	200,0	0,60	0,70	1,02	0,90	6	482,3	2894,0
43 Преобразователь сварочный	15,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	46,5	139,5
44 Преобразователь сварочный	15,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	46,5	139,5
45 Трансформатор сварочный, ПВ=40%	50,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	155,0	465,1
46 Трансформатор сварочный, ПВ=40%	50,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	155,0	465,1
47 Преобразователь сварочный	15,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	46,5	139,5
48 Преобразователь сварочный	15,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	46,5	139,5
49 Трансформатор сварочный, ПВ=40%	50,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	155,0	465,1
50 Трансформатор сварочный, ПВ=40%	50,0	0,35	0,50	1,73	0,98	3	155,0	465,1
51 Станок обрезной с дисковой пилой	3,5	0,16	0,50	1,73	0,89	5	11,9	59,7
52 Станок обрезной с дисковой пилой	3,5	0,16	0,50	1,73	0,89	5	11,9	59,7
53 Пресс гидравлический	5,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	13,1	65,7
54 Пресс гидравлический	5,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	13,1	65,7
55 Пресс гидравлический	5,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	13,1	65,7
56 Станок обрезной с дисковой пилой	3,5	0,16	0,50	1,73	0,89	5	11,9	59,7
57 Станок обрезной с дисковой пилой	3,5	0,16	0,50	1,73	0,89	5	11,9	59,7
58 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
59 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
60 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
61 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
62 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
63 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
64 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
65 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
66 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
67 Универсально-фрезерный станок	6,5	0,16	0,50	1,73	0,89	5	22,2	111,0
68 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
69 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
70 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
71 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
72 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
73 Вертикально-сверлильный станок	2,2	0,16	0,50	1,73	0,89	5	7,5	37,6
74 Долбёжный станок	3,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	13,0	64,9
75 Долбёжный станок	3,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	13,0	64,9
76 Долбёжный станок	3,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	13,0	64,9
77 Долбёжный станок	3,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	13,0	64,9
78 Долбёжный станок	3,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	13,0	64,9
79 Долбёжный станок	3,8	0,16	0,50	1,73	0,89	5	13,0	64,9
80 Станок МТМС	200,0	0,60	0,70	1,02	0,90	6	482,3	2894,0
81 Вентилятор	20,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	42,2	295,4
82 Вентилятор	20,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	42,2	295,4

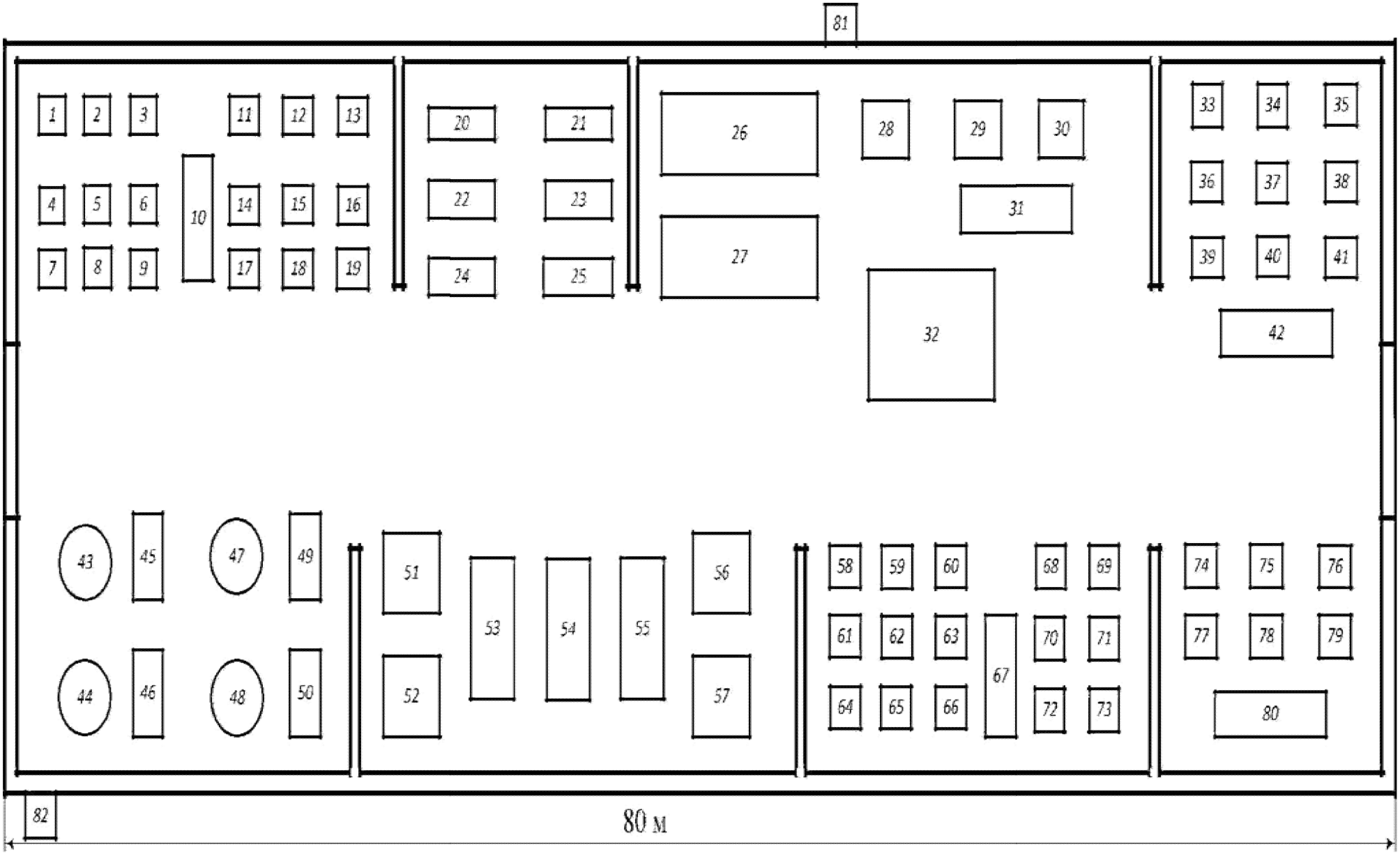


Рисунок 1.2 – Схема расположения электроприемников в здании арматурного цеха

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ АРМАТУРНОГО ЦЕХА

2.1 Распределение приёмников по пунктам питания

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

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

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

В качестве распределительных пунктов принимаем пункты марки ПР11-7123. Данный пункт рассчитан на количество отходящих линий до двенадцати штук.

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

2.2 Определение расчетной нагрузки цеха

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

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

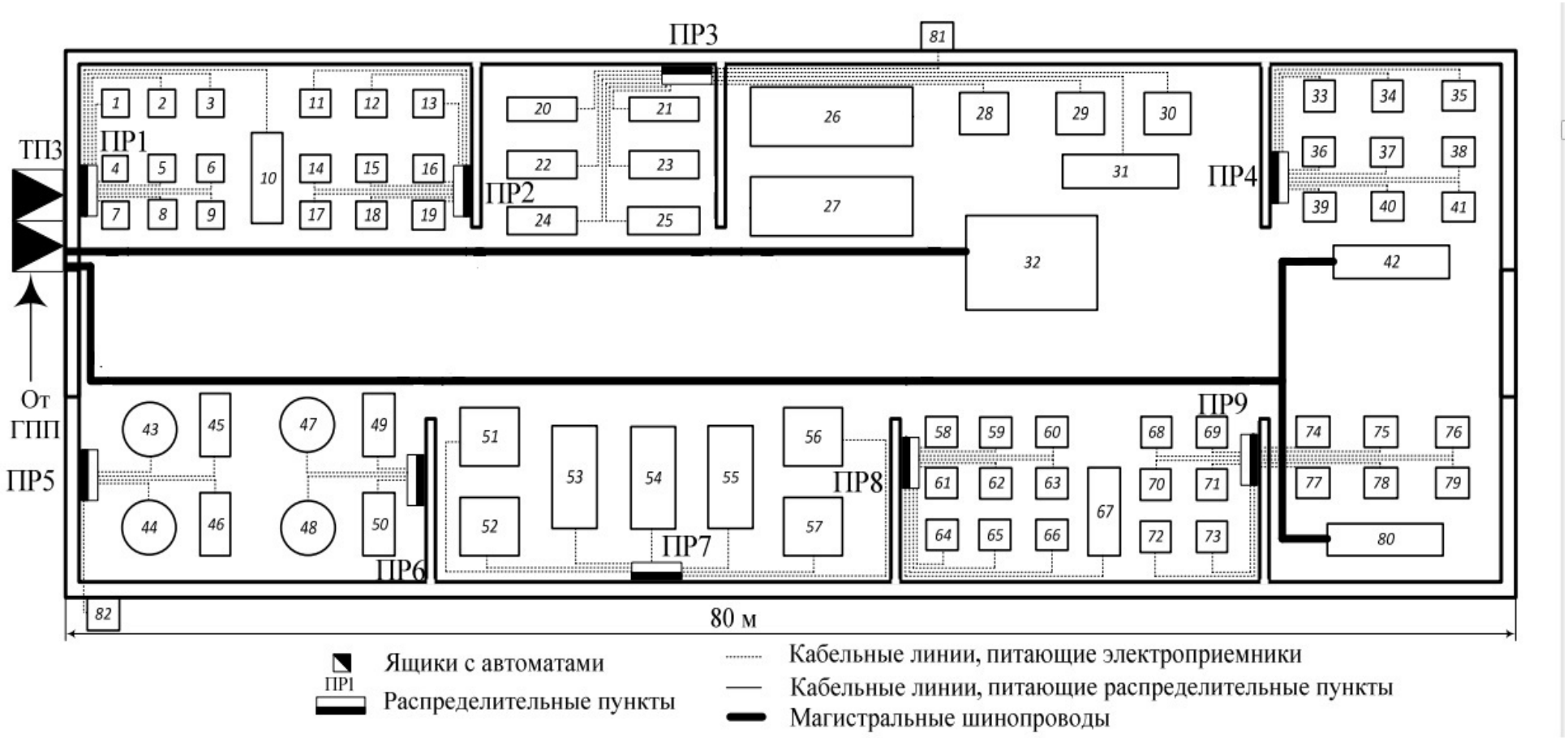
к номинальной установленной мощности.

Трансформатор сварочный,

ПВ=40%

$$P_{\text{ном}} =\cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 50{,}0 \cdot \sqrt{0{,}40} = 31{,}623 \text{ кВт}$$

Рисунок 2.1 – Схема расположения распределительных пунктов в здании арматурного цеха



Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность электроприемников (на примере группы *«А» ПР3*)

$$\sum Pном = \sum_{i=1}^{n} Pном\, i = 37.8 \text{ кВт}$$

Коэффициент использования $К_и$, cosφ, tgφ для каждого электроприемника или группы электроприемников определяется по справочным данным [1, стр. 19, табл. 1.7].

$$Р_{см} = К_и \cdot \sum Рном = 0{,}16 \cdot 37{,}8 = 6 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \tan\varphi = 6 \cdot 1{,}73 = 10{,}5 \text{ кВт}$$

где $Р_{ном}$ – суммарная номинальная активная мощность электроприемников;

$К_и$ – коэффициент использования активной мощности;

tgφ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

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

$$P_{см}^{A} = \sum_{i=1}^{n} Pсм.\, i = 6 \text{ кВт}$$

$$Q_{см}^{А} = \sum_{i=1}^{n} Qсм.\, i = 10{,}5 \text{ кВАр}$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{Pном.\,мах}{Pном.\,мах} = \frac{4{,}2}{1{,}2} = 3{,}8 > 3$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе

$$K_{и.ср} = \frac{P_{см}^{А}}{\sum Pном} = \frac{6}{37{,}8} = 0{,}16$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$\tan\varphi \text{ ср} = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{А}}}{P_{\text{см}}^{\text{А}}} = \frac{10{,}5}{6} = 1{,}73$$

Для электроприемников группы «А» определим эффективное число электроприемников $n_э$

$$n_э = \frac{(\sum \text{Рном})}{\sum P_{\text{ном}}^2} = \frac{37^2}{155{,}4} = 9{,}2 \text{ шт}$$ принимаем $n_э$=9 шт

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

$$K_{\text{М}} = 2{,}15$$

Расчетная активная и реактивная мощности пункта

$$P_{\text{р}}^{\text{А}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}^{\text{А}} = 2{,}15 \cdot 6 = 13 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{р}}^{\text{А}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}^{\text{А}} = 1{,}1 \cdot 10{,}5 = 11{,}5$$

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

$$P_{\text{р}}^{\text{Б}} = \sum_{i=1}^{n} P_{\text{ном}.i}^{\text{Б}} = 20 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{Б}} = \sum_{i=1}^{n} \left(P_{\text{ном}.i}^{\text{Б}} \cdot \tan\varphi\right) = 15 \text{ кВАр}$$

Определяем активную, реактивную и полную расчетные мощности электроприемников пункта .

$$P_р = P_р^{"А"} + P_р^{"Б"} = 13{,}0 + 20{,}0 = 33{,}0 \text{ кВт},$$

$$Q_р = Q_р^{"А"} + Q_р^{"Б"} = 11{,}5 + 15{,}0 = 26{,}5 \text{ кВАр},$$

$$S_р = \sqrt{P_р^2 + Q_р^2} = \sqrt{33{,}0^{\,2} + 26{,}5^{\,2}} = 42{,}3 \text{ кВА}.$$

Определение расчётного тока пункта

$$I_р = \frac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{42{,}3}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = 64{,}3 \quad А,$$

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

Определение пикового тока пункта

Номинальный ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{ном}^{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9} = 42{,}2 \ А$$

где $P_{ном}$ - номинальная активная мощность электроприемника, кВт

η - КПД электроприемника .

Пусковой ток самого мощного электроприемника кВт

$$I_{пуск}^{max} = K_{пуск} \cdot I_{ном}^{max} = 7 \cdot 42{,}2 = 295{,}4 \ А$$

где $K_{пуск}$ - кратность пускового тока

$$I_{пик.п} = I_{пуск}^{max} + \left(I_р - K_{u.max} \cdot I_{ном}^{max}\right) = 295{,}4 + (64{,}3 - 0{,}75 \cdot 42{,}2) = 328{,}1 \ А$$

где $K_{u.max}$ - коэффицент использования самого мощного электроприемника

Номинальная нагрузка осветительной нагрузки и площади цеха

$$P_{н.о} = P_{уд.о} \cdot F_ц = 0{,}016 \cdot 2400 = 38{,}4 \text{ кВт}$$

где $F_ц = 2400$ м^2- площадь цеха

$P_{уд.о}$= 0,016 кВт/м^2 - удельная плотность осветительной нагрузки (1,стр22,таб.11,).

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{р.о} = K_{со} \cdot P_{н.о} = 0{,}95 \cdot 38{,}4 = 36{,}5 \text{ кВт}$$

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \cdot \tan\varphi о = 36{,}5 \cdot 0{,}33 = 12 \text{ кВАр}$$

где $К_{со} = 0{,}95$ -коэффицент спроса для производственных здании, состоящих из отдельных крупных пролетов (1,стр.16, табл.1.7)

$\tan\varphi = 0{,}3$ - для люминесцентных лапм (1.стр.16 табл.1,7)

Определение расчетной нагрузки цеха с учетом освещения

$S_P = \sqrt{\left(P_P + P_{p.o}\right)^2 + \left(Q_p + Q_{p.o}\right)^2} = \sqrt{(1138.1 + 36.5)^2 + (1227.8 + 12)^2} =$ 1707.9 кВА

Определение расчетного тока цеха

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = \frac{1707.9}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = 2594{,}8 \text{ А}$$

Где $U_{ном}$ – номинальное напряжение электроприемников В.

Определение пикового тока цеха

Номинальный ток самого мощного электроприемника цеха

$$I_{\text{ном}}^{max} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot \acute{\eta}} = \frac{350}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}95} = 625 \text{ А}$$

Пиковый ток цеха

$$I_{\text{пик.ц}} = I_{\text{пуск}}^{max} + \left(I_p - K_{u.max} \cdot I_{\text{ном}}^{max}\right) = 6 \cdot 625 = 3750 \text{ А}$$

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

Таблица 2.1-Определение расчетных нагрузок арматурного цеха по пунктам питания

Наименование узлов питания и групп ЭП	Количество ЭП n	Установленная мощность		$m = P_{ном.max}/P_{ном.min}$	Коэффициент использования $K_и$	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число электроприемников $n_э$	Коэффициент максимума $K_м$	Максимальная нагрузка			$I_р$, А	$I_{пик}$, А
		$P_{ном}$, кВт	$\Sigma P_{ном}$, кВт					$P_{см}=K_и \cdot P_{ном}$, кВт	$Q_{см}=P_{см} \cdot tgφ$, кВАр			$P_р=K_м \cdot P_{см}$, кВт	$Q_р=(1 \div 1,1) \cdot Q_{см}$, кВАр	$S_р$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Шкаф распределительный ПР-1																
Электроприемники группы "А" $K_и < 0,6$																
1 Станки разные	10	4,2 ÷ 6,5	44,3		0,16	0,50	1,73	7,1	12,3							
Итого по группе "А"	10	4,2 ÷ 6,5	44,3	<3	0,16	0,50	1,73	7,1	12,3	10	2,09	14,8	13,5	20,0		
Итого по ПР-1	10	4,2 ÷ 6,5	44,3		0,16	0,50	1,73	7,1	12,3			14,8	13,5	20,0	30,4	137,8
Шкаф распределительный ПР-2																
Электроприемники группы "А" $K_и < 0,6$																
1 Станки разные	9	4,2 ÷ 4,2	37,8		0,16	0,50	1,73	6,0	10,5							
Итого по группе "А"	9	4,2 ÷ 4,2	37,8	<3	0,16	0,50	1,73	6,0	10,5	9	2,15	13,0	11,5	17,4		
Итого по ПР-2	9	4,2 ÷ 4,2	37,8		0,16	0,50	1,73	6,0	10,5			13,0	11,5	17,4	26,4	95,8
Шкаф распределительный ПР-3																
Электроприемники группы "А" $K_и < 0,6$																
1 Станки разные	10	1,2 ÷ 4,6	37,8		0,16	0,50	1,73	6,0	10,5							
Итого по группе "А"	10	1,2 ÷ 4,6	37,8	>3	0,16	0,50	1,73	6,0	10,5	9	2,15	13,0	11,5	17,4		

Продолжение таблиц

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Электроприемники группы "Б" $К_и \geq 0,6$																
2 Вентилятор	1	20,0 ÷ 20,0	20,0		0,75	0,80	0,75	15,0	11,3							
Итого по группе "Б"	1	20,0 ÷ 20,0	20,0		0,75	0,80	0,75	15,0	11,3			20,0	15,0	25,0		
Итого по ПР-3	11	1,2 ÷ 20,0	57,8		0,36	0,70	1,03	21,0	21,7			33,0	26,5	42,3	64,3	328,1
Отдельно запитанные электроприемники																
1 Станок для высадки головок	2	70,0	140,0		0,16	0,50	1,73	22,4	38,8			140,0	242,5	280,0	239,0	1195,0
2 Станок МТМК	1	350,0	350,0		0,60	0,70	1,02	210,0	214,2			350,0	357,1	500,0	844,1	5064,5
Шкаф распределительный ПР-4																
Электроприемники группы "А" $К_и < 0,6$																
1 Станки разные	9	0,8 ÷ 0,8	7,2		0,16	0,50	1,73	1,2	2,0							
Итого по группе "А"	9	0,8 ÷ 0,8	7,2	<3	0,16	0,50	1,73	1,2	2,0	9	2,15	2,5	2,2	3,3		
Итого по ПР-4	9	0,8 ÷ 0,8	7,2		0,16	0,50	1,73	1,2	2,0			2,5	2,2	3,3	5,0	18,2
Шкаф распределительный ПР-5																
Электроприемники группы "А" $К_и < 0,6$																
1 Сварочное оборудование	4	15,0 ÷ 31,6	93,2		0,35	0,50	1,73	32,6	56,5							
Итого по группе "А"	4	15,0 ÷ 31,6	93,2	<3	0,35	0,50	1,73	32,6	56,5	4	2,02	66,0	62,2	90,7		
Электроприемники группы "Б" $К_и \geq 0,6$																
2 Вентилятор	1	20,0 ÷ 20,0	20,0		0,75	0,80	0,75	15,0	11,3							
Итого по группе "Б"	1	20,0 ÷ 20,0	20,0		0,75	0,80	0,75	15,0	11,3			20,0	15,0	25,0		
Итого по ПР-5	5	15,0 ÷ 31,6	113,2		0,42	0,58	1,42	47,6	67,8			86,0	77,2	115,5	175,6	586,4
Шкаф распределительный ПР-6																
Электроприемники группы "А" $К_и < 0,6$																
1 Сварочное оборудование	4	15,0 ÷ 31,6	93,2		0,35	0,50	1,73	32,6	56,5							
Итого по группе "А"	4	15,0 ÷ 31,6	93,2	<3	0,35	0,50	1,73	32,6	56,5	4	2,02	66,0	62,2	90,7		
Итого по ПР-6	4	15,0 ÷ 31,6	93,2		0,35	0,50	1,73	32,6	56,5			66,0	62,2	90,7	137,8	548,6

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Шкаф распределительный ПР-6																
Электроприемники группы "А" $К_и < 0,6$																
1 Станки разные	4	3,5 ÷ 3,5	14,0		0,16	0,50	1,73	2,2	3,9							
2 Пресс гидравлический	3	5,0 ÷ 5,0	15,0		0,25	0,65	1,17	3,8	4,4							
Итого по группе "А"	7	3,5 ÷ 5,0	29,0	<3	0,21	0,59	1,38	6,0	8,3	7	2,11	12,6	9,1	15,6		
Итого по ПР-7	7	3,5 ÷ 5,0	29,0		0,21	0,59	1,38	6,0	8,3			12,6	9,1	15,6	23,7	86,0
Шкаф распределительный ПР-7																
Электроприемники группы "А" $К_и < 0,6$																
1 Станки разные	10	2,2 ÷ 6,5	26,3		0,16	0,50	1,73	4,2	7,3							
Итого по группе "А"	10	2,2 ÷ 6,5	26,3	<3	0,16	0,50	1,73	4,2	7,3	10	2,09	8,8	8,0	11,9		
Итого по ПР-8	10	2,2 ÷ 6,5	26,3		0,16	0,50	1,73	4,2	7,3			8,8	8,0	11,9	18,1	127,8
Шкаф распределительный ПР-8																
Электроприемники группы "А" $К_и < 0,6$																
1 Станки разные	12	2,2 ÷ 3,8	36,0		0,16	0,50	1,73	5,8	10,0							
Итого по группе "А"	12	2,2 ÷ 3,8	36,0	<3	0,16	0,50	1,73	5,8	10,0	12	1,99	11,5	10,0	15,2		
Итого по ПР-9	12	2,2 ÷ 3,8	36,0		0,16	0,50	1,73	5,8	10,0			11,5	10,0	15,2	23,1	85,9
Отдельно запитанные электроприемники																
1 Станок МТМС	2	200,0	400,0		0,60	0,70	1,02	240,0	244,8			400,0	408,1	571,4	482,3	2894,0
Итого силовая нагрузка	82	0,8 ÷ 350	1290,6		0,47	0,66	1,15	604,0	694,2			1138,1	1227,8	1683,3		
Электрическое освещение			38,4	$К_{со} = 0,95$		0,95	0,33	36,5	12,0			36,5	12,0			
Итого по цеху	82	0,8 ÷ 350	1329,0		0,48	0,67	1,10	640,4	706,2			1174,6	1239,8	1707,9	2594,8	7152,9

3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯ

3.1 Определения расчетной нагрузки предприятия

Расчет электрических нагрузок предприятия производится по установленной мощности и коэффициенту спроса (3).

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

$$P_р = K_с \cdot P_{уст} \qquad Q_р = P_р \cdot \tan\varphi$$

где $P_р$ $Q_р$ – суммарная активная реактивная мощности всех приемников цеха;

$К_с$- коэффициент спроса (1,стр.13,табл.1.6)

$\tan\varphi$ - принимается по соответствующему значению коэффициента мощности

Расчет осветительной нагрузки цехов идентичен расчету осветительной нагрузки рассчитанного цеха.

Расчетная активная мощность групп приемников выше 1000 В определяется по выше приведенным формулам и учитывается отдельно
Результаты расчетов располагаются в таблице 3.1

Пример расчета (администрация завода)

$P_{уст}$=400 кВт $К_с$=0,5 $\cos\varphi = 0{,}85$ $\tan\varphi = 0{,}62$

Расчетные активная и реактивная мощности

$P_р = K_с \cdot P_{уст} = 0{,}5 \cdot 400 = 200$ кВТ

$Q_р = P_р \cdot \tan\varphi = 200 \cdot 0.62 = 123.9$ кВАр

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

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_ц = 0{,}022 \cdot 3851 = 84{,}7$$

где $F_ц$ = 3851 мм^2 – площадь цеха

$P_{уд.о}$= 0,022 кВт/м^2 -удельная плотность осветительной нагрузки (1,стр 22,табл.1.11).

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

$$Р_{р.о} = К_{со} \cdot Р_{ном.о} = 0{,}9 \cdot 84{,}7 = 76{,}2 \text{ кВТ}$$

$$Q_{р.о} = Р_{р.о} \cdot \tan\varphi = 76{,}2 \cdot 0{,}33 = 25{,}1 \text{ кВАр}$$

где $К_{со} = 0{,}9$ - коэффициент спроса (1,стр.16,таб.1.7.)

tgφо = 0,33 – для люминесцентных ламп [1, стр. 16, табл. 1.7]

Таблица 3.1 – Определение расчетных нагрузок по цехам предприятия

Наименование цеха	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка						Суммарная нагрузка		
	$P_{уст}$, кВт	K_c	cosφ	tgφ	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	F, м^2	$P_{уд.о}$, Вт/м^2	$P_{н.о}$, кВт	$K_{с.о}$	$P_{р.о}$, кВт	$Q_{р.о}$, кВАр	$P_р+P_{р.о}$, кВт	$Q_р+Q_{р.о}$, кВАр	$S_р$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Потребители электроэнергии до 1000 В															
1 Администрация завода	400,0	0,50	0,85	0,62	200,0	123,9	3851	22	84,7	0,90	76,2	25,1	276,2	149,0	313,9
2 Арматурный цех	1290,6	–	0,66	1,15	1138,1	1227,8	2400	16	38,4	0,95	36,5	12,0	1174,6	1239,8	1707,9
3 Площадка для открытых работ	450,0	0,50	0,80	0,75	225,0	168,8	1325	16	21,2	0,95	20,1	6,6	245,1	175,4	301,4
4 Закрытое помещения для сварщиков	800,0	0,55	0,50	1,73	440,0	762,1	1136	16	18,2	0,95	17,3	5,7	457,3	767,8	893,6
5 Механический цех	300,0	0,70	0,70	1,02	210,0	214,2	2867	16	45,9	0,95	43,6	14,3	253,6	228,6	341,4
6 Опалубочный цех	500,0	0,70	0,70	1,02	350,0	357,1	972	16	15,6	0,95	14,8	4,9	364,8	361,9	513,9
7 Кузница	1200,0	0,75	0,65	1,17	900,0	1052,2	1930	16	30,9	0,95	29,3	9,6	929,3	1061,9	1411,1
8 Асфальтобетонный цех	2500,0	0,75	0,70	1,02	1875,0	1912,9	1743	16	27,9	0,95	26,5	8,7	1901,5	1921,6	2703,4
9 Битумный склад	150,0	0,40	0,85	0,62	60,0	37,2	999	16	16,0	0,60	9,6	3,2	69,6	40,3	80,4
10 Котельная	900,0	0,85	0,65	1,17	765,0	894,4	1364	16	21,8	0,95	20,7	6,8	785,7	901,2	1195,6
11 Электроцех	500,0	0,65	0,70	1,02	325,0	331,6	526	16	8,4	0,95	8,0	2,6	333,0	334,2	471,8
12 Полигон №2	250,0	0,55	0,80	0,75	137,5	103,1	989	16	15,8	0,60	9,5	3,1	147,0	106,2	181,4
13 Полигон №3	350,0	0,55	0,80	0,75	192,5	144,4	1191	16	19,1	0,60	11,4	3,8	203,9	148,1	252,1
14 Компрессорная	400,0	0,80	0,70	1,02	320,0	326,5	696	16	11,1	0,95	10,6	3,5	330,6	329,9	467,1
15 Дробильный цех №1	1100,0	0,75	0,65	1,17	825,0	964,5	2305	16	36,9	0,95	35,0	11,5	860,0	976,0	1300,9
16 Инструментальный цех	150,0	0,60	0,70	1,02	90,0	91,8	396	16	6,3	0,95	6,0	2,0	96,0	93,8	134,2
17 Дробильный цех №2	950,0	0,75	0,65	1,17	712,5	833,0	1753	16	28,0	0,95	26,6	8,8	739,1	841,8	1120,2
18 Известняковый цех	600,0	0,70	0,70	1,02	420,0	428,5	1724	16	27,6	0,95	26,2	8,6	446,2	437,1	624,6
19 Цех перегородок	700,0	0,70	0,70	1,02	490,0	499,9	2746	16	43,9	0,95	41,7	13,7	531,7	513,6	739,3
20 Контора реализации	250,0	0,50	0,85	0,62	125,0	77,5	1723	22	37,9	0,90	34,1	11,2	159,1	88,7	182,2
Территория предприятия	0	–	–	–	0	0	206459	0,16	33,0	1	33,0	10,9	33,0	10,9	34,8
Итого по 0,38 кВ	13740,6	–	–	–	9800,6	10551,4	$\Sigma F_ц$ = 32636		588,7	–	536,9	176,5	10337,5	10727,8	14898,0
Потребители электроэнергии выше 1000 В															
14 Компрессорная	400,0	0,80	1,00	0,00	320,0	0,0	–	–	–	–	–	–	320,0	0,0	320,0
Итого по 10 кВ	400,0	–	–	–	320,0	0,0	–	–	–	–	–	–	320,0	0,0	320,0

Полная максимальная мощность корпуса

$$S_p = \sqrt{\left(P_p + P_{p.o}\right)^2 + \left(Q_p + Q_{p.o}\right)^2} = \sqrt{(200 + 76.2)^2 + (123.9 + 25.1)^2} =$$

313.9 кВА

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов

$\sum \mathrm{P}_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} = 9800{,}6$ кВт $\qquad \sum \mathrm{P}_{\mathrm{p}}^{\mathrm{в}} = 320$ кВт

$\sum \mathrm{Q}_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} = 10551{,}4$ кВАр $\qquad \sum \mathrm{Q}_{\mathrm{p}}^{\mathrm{в}} = 0$ кВАр

$\sum \mathrm{P}_{\mathrm{p.o}} = 536{,}9$ кВт $\qquad \sum Q_{\mathrm{p.o}} = 176{,}5$ кВАр

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

$$S_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} = \sqrt{\left(\sum \mathrm{P}_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} + \mathrm{P}_{\mathrm{p.o}}\right)^2 + \left(\sum Q_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} + Q_{\mathrm{p.o}}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{(9800.6 + 536.9)^2 + (10551.4 + 176.5)^2 = 14898 \text{ кВА}}$$

Так как трансформаторы цеховых подстанции и высоковольтная сеть еще не выбраны, то потере мощности в них можно определить из выражений (3,стр.32)

$$\Delta \mathrm{P}_{\mathrm{тр}} = 0{,}02 \cdot S_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} = 0{,}02 \cdot 14898 = 298 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\mathrm{тр}} = 0.1 \cdot S_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} = 0.1 \cdot 14898 = 1489.8 \text{ кВАр}$$

$$\Delta \mathrm{P}_{л} = 0{,}03 \cdot S_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} = 0.03 \cdot 14898 = 446.9 \text{ кВт}$$

где $\Delta \mathrm{P}_{\mathrm{тр}}$ – потери активной мощности в цеховых трансформаторов , кВт

$\Delta Q_{\mathrm{тр}}$ - потери реактивной мощности в цеховых трансформаторов ,кВт

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

$$\mathrm{P}_{\sum \mathrm{p}} = \left(\sum \mathrm{P}_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} + \sum \mathrm{P}_{\mathrm{p}}^{\mathrm{в}}\right) \cdot \mathrm{К}_{\mathrm{р.м}} + \mathrm{P}_{\mathrm{р.о}} + \Delta \mathrm{P}_{\mathrm{тр}} + \Delta \mathrm{P}_{л} =$$

$$(9800{,}6 + 320) \cdot 0{,}95 + 536{,}9 + 298 + 446{,}9 = 10896{,}4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\sum \mathrm{p}} = \left(\sum Q_{\mathrm{p}}^{\mathrm{н}} + \sum Q_{\mathrm{p}}^{\mathrm{в}}\right) \cdot \mathrm{К}_{\mathrm{р.м}} + Q_{\mathrm{р.о}} + \Delta Q_{\mathrm{тр}} = (10551{,}4 + 0) \cdot 0{,}95 +$$

$176{,}5 + 1489{,}8 = 11690{,}1$ кВАр

$$S_{\sum \text{р}} = \sqrt{(Q_{\sum \text{р}})^2 + \left(Q_{\sum \text{р}}\right)^2} = \sqrt{10896{,}4^2 + 11690{,}1^2} = 15980{,}9 \text{ кВА}.$$

где $К_{\text{р.м}}$=0,9/0,95 –коэффициент разновременности максимумов нагрузки (3,стр.35)

Приблизительные потери мощности трансформаторах ГПП

$$\Delta \text{P}_{\text{тр.ГПП}} = 0{,}02 \cdot S_{\sum \text{р}} = 0{,}02 \cdot 15980{,}9 = 319{,}6 \text{ кВТ}$$

$$\Delta Q_{\text{тр.ГПП}} = 0{,}1 \cdot S_{\sum \text{р}} = 0{,}1 \cdot 15980{,}9 = 1598{,}1 \text{ кВАр}$$

где $\Delta \text{P}_{\text{тр.ГПП}}$ - потери активной мощности в трансформаторах ГПП, кВт

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

Определяем полную расчетную мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП

$$S_{\text{р}} = \sqrt{(\text{P}_{\sum \text{р}} \Delta \text{P}_{\text{тр.ГПП}})^2 + \left(Q_{\sum \text{р}} + \Delta Q_{\text{тр.ГПП}}\right)^2} =$$

$$\sqrt{(10896{,}4 + 319{,}6)^2 + (11690{,}1 + 1598{,}1)^2} =$$

$$\sqrt{11216^2 + 13288{,}2^2} = 17388{,}9 \text{ кВА}$$

Т.о., произведен расчет нагрузки предприятия без учета компенсации реактивной мощности. Чтобы учесть компенсацию реактивной мощности необходимо определиться с уровнем напряжения питающих линии.

При выборе напряжения питающей линии ГПП используются следущие рекомендации (5,стр.46)

напряжение 35 кВ имеет экономическое преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВА

напряжение 110 кВ целесообразно применять пр потребляемой предприятием мощности 10-120 МВА

при мощностях, превышающих 120-150 МВА , для электроснабжения предприятия возможно применение напряжение 220 кВ

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

$$U_{эк} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{10} + \frac{2500}{11.216}}} = 60{,}5 \text{ кВ}$$

где L=10 км – длина питающей линии

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

С учетом рекомендации принимаем напряжение питающих линии

$U_{ном}$= 110 кВ

Реактивная мощность, передаваемая в сеть предприятия от системы

$$Q_э = \alpha \cdot P_Р = 0{,}24 \cdot 11216 = 2691{,}8 \text{ кВАр}$$

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

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств

$Q_{ку}=Q_р-Q_э$=13288,2-2691,8=10596,3 кВАр

Полная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП с учетом компенсирующих устройств будет определено более точное значение полной расчетной мощности предприятия.

3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Для определения места ГПП, на генплане предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Картограмма нагрузок представляет с собой размещение на генплане предприятия площади, ограниченными кругами, которые в определенном масштабе соответствует расчетным нагрузкам цехов. Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В.

На генплан предприятия поизвольно наносятся оси координат и определяется значения x_i и y_i для каждого цеха.

$S_р$=319,9 кВА, $S_{р.о} = \sqrt{P_{р.о}^2 + Q_{р.о}^2} = \sqrt{76{,}2^2 + 25{,}1^2} = 80{,}3$ кВА

X=137,9 мм y=76 мм

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса

$$r = \sqrt{\frac{S_{\text{р}}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{313{,}9}{3{,}14 \cdot 1{,}250}} = 8{,}9$$

где $S_{p.i}$ – расчетная полная мощность i-того цеха с учетом освещения, кВА

m=1,250 кВА/мм^2 – масштаб для определения площади круга нагрузки в до 1000 В

m=0,250 кВА/мм^2 – масштаб для определения площади круга нагрузки выше 1000 В

$$\alpha = \frac{360° \cdot S_{\text{р}}}{S_{\text{р}}} = \frac{360 \cdot 80{,}3}{313{,}9} = 92{,}1 \text{ град.}$$

Тогда

$$S_p \cdot x = 313{,}9 \cdot 137{,}9 = 43283{,}5 \text{ кВА} \cdot \text{мм}$$

$$S_p \cdot y = 313{,}9 \cdot 76 = 23854{,}6 \text{ кВА} \cdot \text{мм}$$

Результаты центра электрических нагрузок располагаются в таблице 3.2

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot x_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{2142104.8}{10435{,}7} = 205.3 \text{ мм}$$

$$y_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot y_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{502154{,}9}{10435{,}7} = 48{,}1 \text{ мм}$$

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

X_0=147,2 мм y_0= 54,5 мм

Картограмма наргузок приведена на рисунке 3.1.

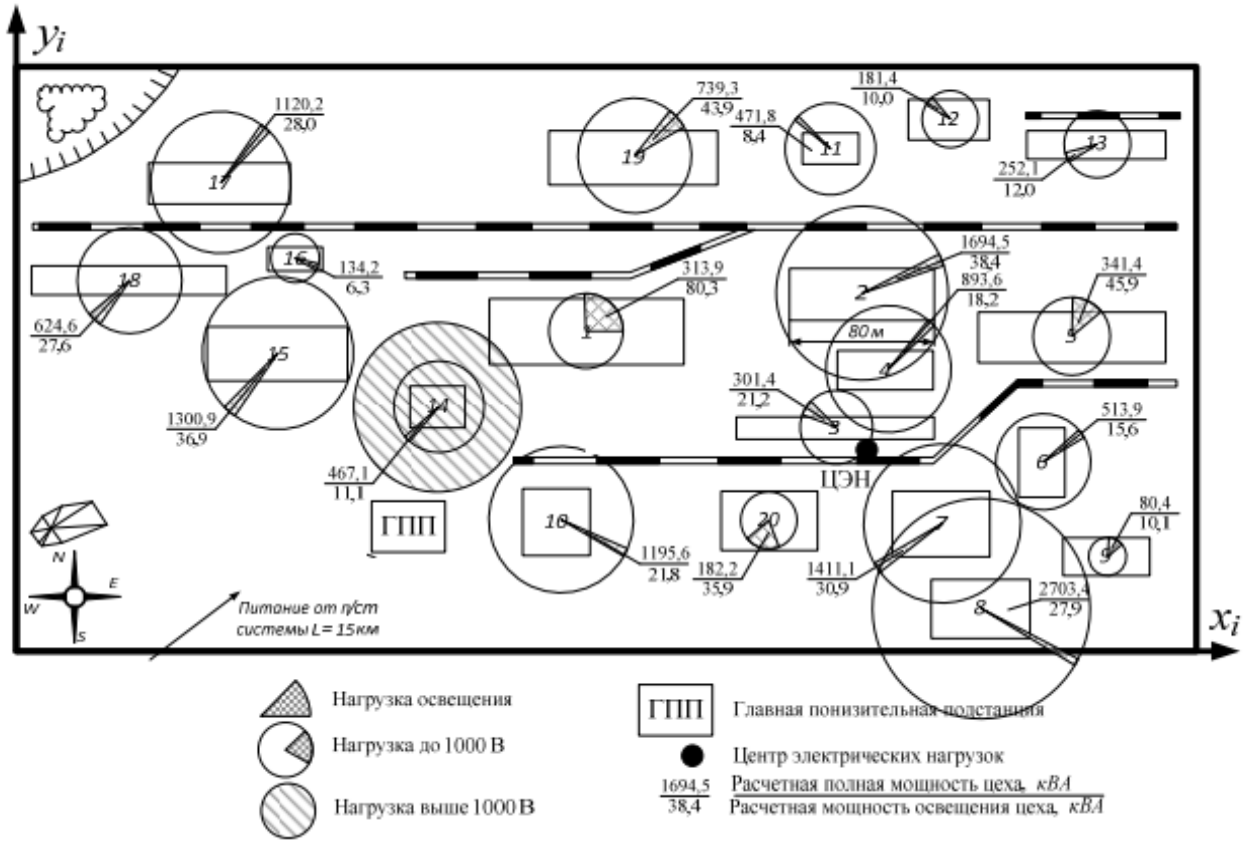


Рисунок 3.1 – Картограмма нагрузок

Таблица 3.2 – Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

Наименование цеха	$S_{p.i}$, кВА	$S_{p.o.i}$, кВт	r, мм	α, град	x_i, мм	y_i, мм	$S_{p.i} \cdot x_i$, кВА·мм	$S_{p.i} \cdot y_i$, кВА·мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители электроэнергии до 1000 В								
1 Администрация завода	313,9	80,3	8,9	92,1	137,9	76,0	43283,5	23854,6
2 Арматурный цех	1707,9	38,4	20,9	8,1	204,4	85,2	349087,5	145510,1
3 Площадка для открытых работ	301,4	21,2	8,8	25,3	197,6	53,5	59558,7	16125,4
4 Закрытое помещения для сварщиков	893,6	18,2	15,1	7,3	209,4	67,1	187126,3	59962,6
5 Механический цех	341,4	45,9	9,3	48,4	254,9	74,9	87019,4	25569,8
6 Опалубочный цех	513,9	15,6	11,4	10,9	247,8	45,3	127334,5	23277,8
7 Кузница	1411,1	30,9	19,0	7,9	223,7	30,5	315663,6	43038,6
8 Асфальтобетонный цех	2703,4	27,9	26,2	3,7	232,9	10,2	629614,0	27574,3
9 Битумный склад	80,4	10,1	4,5	45,2	263,4	22,5	21186,7	1809,8
10 Котельная	1195,6	21,8	17,4	6,6	130,5	31,0	156029,9	37064,6
11 Электроцех	471,8	8,4	11,0	6,4	196,7	120,0	92798,1	56613,0
12 Полигон №2	181,4	10,0	6,8	19,8	225,1	127,0	40826,6	23034,1
13 Полигон №3	252,1	12,0	8,0	17,2	260,9	121,0	65761,5	30498,8
14 Компрессорная	467,1	11,1	10,9	8,6	101,8	58,5	47546,7	27323,0
15 Дробильный цех №1	1300,9	36,9	18,2	10,2	62,8	71,1	81696,3	92493,7
16 Инструментальный цех	134,2	6,3	5,8	17,0	67,2	93,5	9020,2	12550,4
17 Дробильный цех №2	1120,2	28,0	16,9	9,0	49,2	111,5	55115,0	124904,9
18 Известняковый цех	624,6	27,6	12,6	15,9	27,1	88,5	16927,3	55279,1
19 Цех перегородок	739,3	43,9	13,7	21,4	148,9	117,9	110080,4	87162,4
20 Контора реализации	182,2	35,9	6,8	71,0	181,8	31,5	33116,6	5738,0
Потребители электроэнергии выше 1000 В								
14 Компрессорная	320,0	–	20,2	–	101,8	58,5	32576,0	18720,0
Итого	10435,7	–	–	–	–	–	2142104,8	502154,9

3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов

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

$$\sigma = \frac{S_p^н}{F_ц} = \frac{14898}{32636} = 0{,}456\ кВА/м^2$$

Таблица 3.3 – Данные по трансформаторам (1, стр. 157, табл. 7.3)

Тип	$S_{ном}$, МВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	$P_{хх}$, кВт	$Q_{хх}$, кВАр	$P_{кз}$, кВт	$Q_{кз}$, кВАр	$U_к$, %	$I_{хх}$, %
ТМ-1600/10	1,60	10,0	0,4	3,30	20,8	18,0	88,0	5,5	1,30

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$n_{тр0} = \frac{\sum(P_р^н + P_{р.о})}{\beta_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{10337{,}5}{0{,}7 \cdot 1600} = 9{,}23$$ принимаем $n_{тр} = 10$ шт

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum(P_р^н + P_{р.о})}{n_{тр}} = \frac{10337{,}5}{10} = 1033{,}8\ кВт$$

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

$$т_{тр1} = \frac{\sum(P_р^н + P_{р.о})}{P_1} = \frac{276{,}2}{1033{,}8} = 0{,}267\ кВт$$

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

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.4

Таблица 3.4

Наименования цехов	$P_р+P_{р.о}$, кВт	Количество тр-ов n_i, шт
1	2	3
1 Администрация завода	276,2	0,267
2 Арматурный цех	1174,6	1,136
3 Площадка для открытых работ	245,1	0,237
4 Закрытое помещения для сварщиков	457,3	0,442
5 Механический цех	253,6	0,245
6 Опалубочный цех	364,8	0,353
7 Кузница	929,3	0,899
8 Асфальтобетонный цех	1901,5	1,839
9 Битумный склад	69,6	0,067
10 Котельная	785,7	0,760
11 Электроцех	333,0	0,322
12 Полигон №2	147,0	0,142
13 Полигон №3	203,9	0,197
14 Компрессорная	330,6	0,320
15 Дробильный цех №1	860,0	0,832
16 Инструментальный цех	96,0	0,093
17 Дробильный цех №2	739,1	0,715
18 Известняковый цех	446,2	0,432
19 Цех перегородок	531,7	0,514
20 Контора реализации	159,1	0,154

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

Таблица 3.5 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

Наименование пункта питания и количество	Потребители энергии (номер по генплану)	Суммарная мощност	Место расположения на генплане
ТП1 2 трансф.	15 - 18	2141,4	Цех №16
ТП2 2 трансф.	1, 10, 14, 19	1924,3	Цех №1
ТП3 2 трансф.	2, 5, 11, 12, 13	2112,1	Цех №2
ТП4 2 трансф.	3, 4, 6, 7, 20	2155,6	Цех №7
ТП5 2 трансф.	8, 9	1971,1	Цех №8

3.4 Компенсация реактивной мощности

При выборе средств компенсации реактивной мощности решающее значение имеет количество установленных трансформаторов, наличие синхронных и асинхронных двигателей и нагрузки со стороны напряжения выше 1000 В.

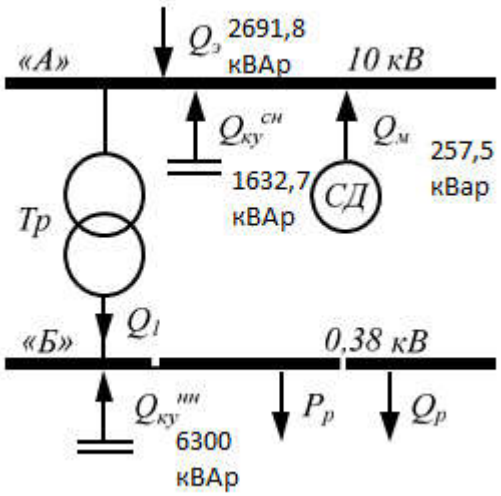


Рисунок 3.1- Схема распределения реактивной мощности

На данном преприятии имеется синхронная высоковольтная нагрузка.

Принимаем к рассмотрению двигатели типа СТД с параметрами (5, стр.172, табл. П7.3.)

- номинальная напряжения двигателя $U_{ном}$ = 10 кВ

- Номинальня активная мощность $P_{сд}$ = 400 кВт

- номинальная реактивная мощность $Q_{сд}$ = 200 кВАр

-число двигателей $n_{сд}$=1

Коэффициен загрузки синхронных двигателей по активной мощности

$$\beta_{сд} = \frac{P_{синх}}{P_{СД} \cdot n_{сд}} = \frac{400}{400 \cdot 1} = 1$$

где $P_{синх}$- синхронная нагрузка на стороне ВН, кВТ

Напряжение на зажимах синхронного двигателя

$$U_{сд} = \frac{U_{ном}^{сн}}{U_{ном}} = \frac{10}{10} = 1$$

Наибольшая допустимая перегрузка двигателя по реактивной мощности (5,стр.173, П7.5)

$$\alpha_м = 1{,}23$$

Суммарная располагается реактивная мощность двигателей

$$Q_{\text{м}} = \frac{n_{\text{сд}} \cdot \alpha_{\text{м}} \cdot Q_{\text{сд}}}{\acute{\eta}} = \frac{1 \cdot 1{,}23 \cdot 200 \cdot 100}{95{,}53} = 257{,}5 \text{ кВАр}$$

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

$$Q_1 = \sqrt{\left(N_{\text{тр}} \cdot \beta \cdot S_{\text{ном.тр}}\right)^2 - \left(\text{P}_{\text{р}}^{\text{н}} + \text{P}_{\text{р.о}}\right)^2} =$$

$$\sqrt{(10 \cdot 0.7 \cdot 1600)^2 - 10337.5^2} = 4309.9 \text{ кВАр.}$$

Баланс реактивной мощности в узле “А”

$Q_A=Q_э+Q_м-Q_1=2691,8+257,5-4309,9=-1360,5$ кВАр

Мощность конденсаторных установок на напряжение выше 1000 В

$$Q_{\text{ку.расч}}^{\text{сн}} = Q_{\text{э}} - Q_{\text{м}} - Q_1 = 4309{,}9 - 257{,}5 - 2691{,}8 = 1360{,}5 \text{ кВАр}$$

Намечаем установку комплектных конденсаторных установок типа УК-10,5 – 900У1 с параметрами (5,стр.167,табл.П6.2)

- номинальное напряжения $U_{\text{ном.ку}}$= 10,5 кВ

- номинальная мощность $Q_{\text{ном.ку}}$= 900 кВАр

Полная мощность , генерируемая одной комплектной кондесаторной установкой

$$Q_{\text{ку}} = \left(\frac{U_{\text{ном}}^{\text{сн}}}{U_{\text{ном.ку}}}\right) Q_{\text{ном.ку}} = \left(\frac{10}{10{,}5}\right) 900 = 816{,}3 \text{ кВАр}$$

Необходимое количества комплектных конденсаторных установок для установки на стороне СН

$$n_{\text{ку.расч}} = \frac{Q_{\text{ку.расч}}^{\text{сн}}}{Q_{\text{ку}}} = \frac{1360{,}5}{816{,}3} = 1{,}7 \text{ шт}$$ принимаем $n_{\text{ку}} = 2$ шт

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конденсаторными установками

$$Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} = Q_{\text{ку}} \cdot n_{\text{ку}} = 816{,}3 \cdot 2 = 1632{,}7 \text{ кВАр}$$

Баланс реактивной мощности в узле “Б”

$$Q_б=Q_1-Q_{р.н}=4309,9-10727,8=-6417,9 \text{ кВАр}$$

Мощност конденсатоных установок на напряжение 0,4 кВ

$$Q_{\text{ку.расч}}^{\text{нн}} = Q_{\text{р.н}} - Q_1 = 10727{,}8 - 4309{,}9 = 6417{,}9 \text{ кВАр}$$

Намечаем установку комплектных конденсаторных установок типа УКБ-0,38 – 450У3 с параметрами (5,стр.167,табл.П6.2)

- номинальное напряжения $U_{\text{ном.ку}}$= 0,38 кВ

- номинальная мощность $Q_{\text{ном.ку}}$= 450 кВАр

Полная реактивная мощность, генерируемая одной комплектной конденсаторной установкой

$$Q_{\text{ку}} = \left(\frac{U_{\text{ном}}^{\text{нн}}}{U_{\text{ном.ку}}}\right) Q_{\text{ном.ку}} = \left(\frac{0{,}38}{0{,}38}\right) 450 = 450 \text{ кВар}$$

Необходимое количества комплектных конденсаторных установок для установки на стороне НН

$$n_{\text{ку.расч}} = \frac{Q_{\text{ку.расч}}^{\text{сн}}}{Q_{\text{ку}}} = \frac{6417{,}9}{450} = 14{,}3 \text{ шт}$$ принимаем $n_{\text{ку}}$ = 14 шт

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конденсаторными установками

$$Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} = Q_{\text{ку}} \cdot n_{\text{ку}} = 450 \cdot 14 = 6300 \text{ кВАр}$$

Мощность, генерируемая синхронными двигателями

$$Q = Q_{\text{м}} = 257{,}5 \text{ кВар}$$

Суммарная генерируемая мощность компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} + Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} + Q = 1632{,}7 + 6300 + 257{,}5 = 8190{,}2 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{р.ГПП}} = \sqrt{{P_{\text{Р}}}^2 + \left(Q_{\text{р}} - Q_{\text{ку}}\right)^2} = \sqrt{11216^2 + (13288{,}2 - 8190{,}2)^2}$$
$$= \sqrt{11216^2 + 5098^2} = 12320{,}3$$

3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения

Принимаем схему внешнего электроснабжения в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой.При нарушении в трансформаторе, сработает защита и подаст сигнал на отключение выключателя в цепях трансформатора на низкой и высокой стороне. Секционный выключатель низкой стороне 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 перемычке. Причем сначала включается перемычка, а затем отключаются цепи трансформатора. Схема представлена на рисунке 3.4.

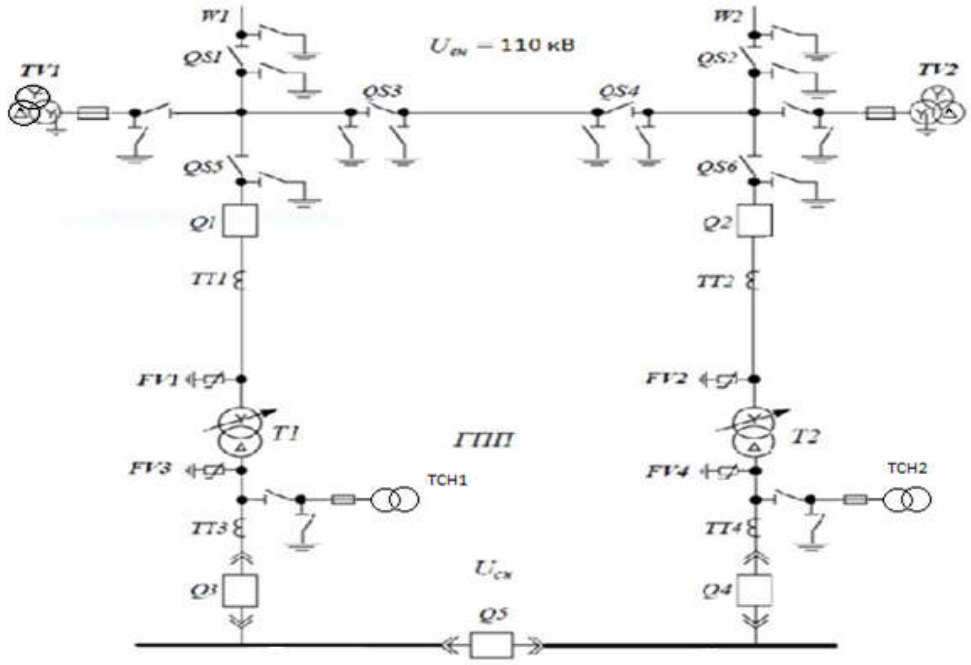
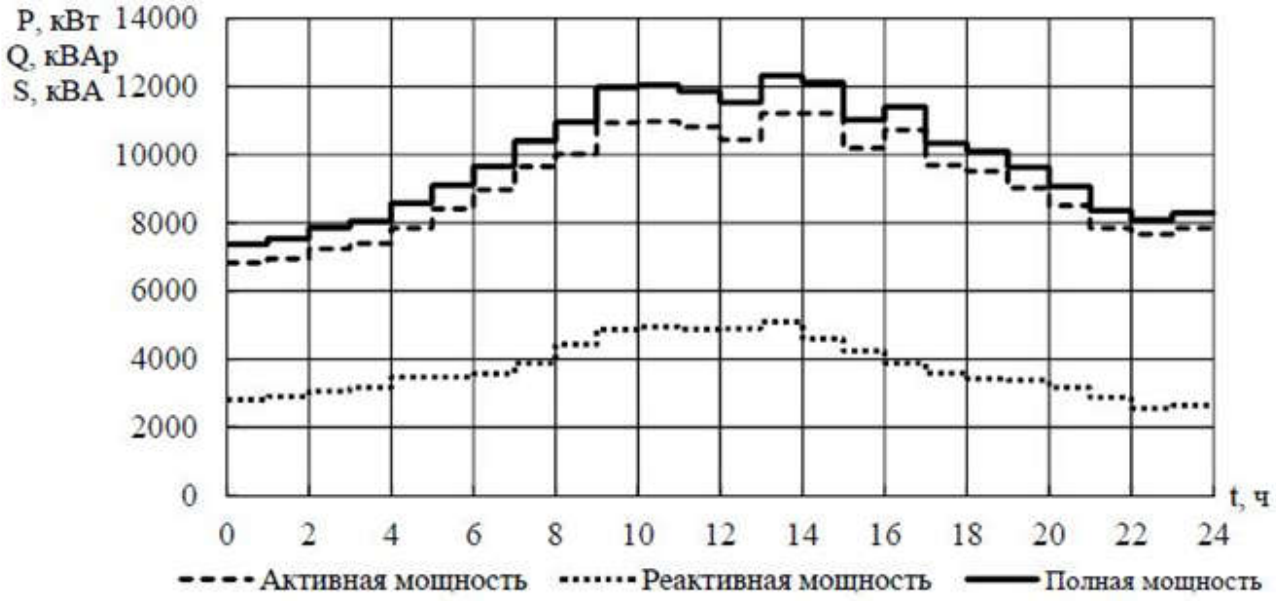


Рисунок 3.4 – Схема внешнего электроснабжения

3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП

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



Из суточного графика можно определить

S_{max}=12320.3

Потребляемая за сутки активная и реактивная энергия

$$W = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot t_i = 219912{,}7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$V = \sum_{i=1}^{n} Q_i \cdot t_i = 89765{,}6 \text{ кВАр} \cdot \text{ч}$$

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

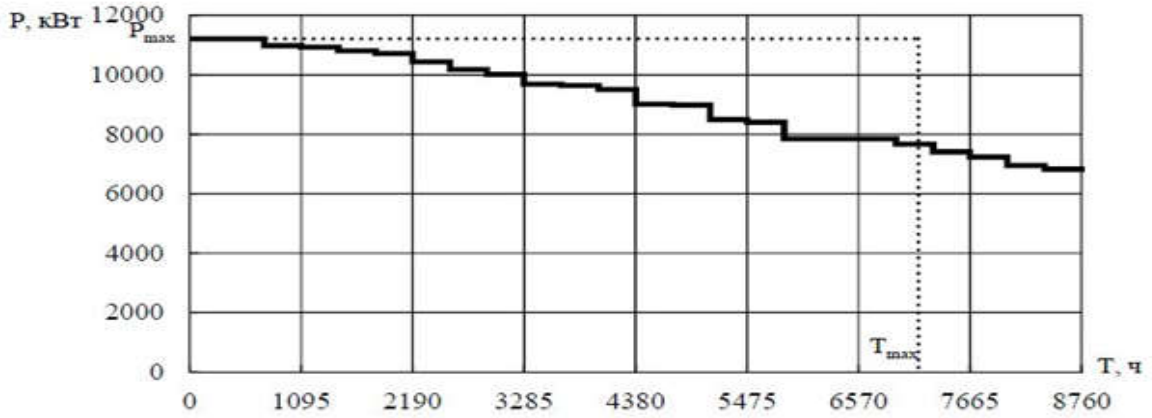


Рисунок 3.6 – Годовой график нагрузки по продолжительности

Количество потребленной за год электрической энергии

$W_{год}$ = 80268152,8 кВт ч.

Число часов использования максимальной нагрузки

$$T_{max} = \frac{W_{\text{год}}}{P_{max}} = \frac{80268152{,}8}{11216} = 7156{,}6 \text{ ч}$$

Время максимальных потерь

$\tau_{max}=(0.124+T_{max}\cdot 10^{-4})^2\cdot 8760 = (0.124 + 7156.6 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 6176$ 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

$$к_{зап.гр} = \frac{S_{ср}}{S_{max}} = \frac{9897}{12320{,}3} = 0{,}8$$

Продолжительность максимума нагрузки из суточного графика нагрузок предприятия

$$t_{max} = 5 \text{ ч}$$

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

$$к_{нагр} = \frac{S_{max}}{S_{ном}} = 1{,}08$$

Расчетная мощность трансформаторов

$$S_{тр.расч} = \frac{S_{max}}{S_{нагр}} = \frac{12320{,}3}{1{,}08} = 11407{,}7 \text{ кВА}$$

Принимаем к установке на ГПП по два трансформатора мощностью

$$S_{ном.тр}=10000 \text{ кВА}$$

Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{max}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{12320{,}3}{2 \cdot 10000} = 0{,}62$$

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

$$1{,}4 \cdot S_{ном.тр} = 1{,}4 \cdot 10000 = 14000 \ >$$
$$k_{1-2} \cdot S_{max} = 0.78 \cdot 12320{,}3 = 9619{,}3 \text{ кВА.}$$

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

режимах.

3.7 Выбор сечения линии, питающей линии ГПП

Выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока. ВЛЭП 110 кВ, трансформаторы ТДН-10000/110

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{тр}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 10000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 52{,}5 \text{ А}$$

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 10000}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 105 \text{ А}$$

Экономическое сечение

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{52{,}5}{1} = 52{,}5 \text{ мм}^2$$

где $j_{\text{эк}} = 1$ – нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки (15,табл. 1.3.36), А/мм^2

Из стандартного сечения можно выбрать 50 мм^2 но по условиям на корону принимаем сталеалюминевый провод

АС 70 мм^2 $I_{\text{доп}} = 265$ А (6,стр.82, табл.3.15)

$I_{\text{расч.п/ав}} < 1{,}3 \cdot 256 = 345$ А

Проверка по условию механической прочности: согласно ПУЭ, воздушные линии напряжением 110 кВ и выше, сооружаемые на двухцепных опорах с применением сталеалюминевых проводов, должны иметь сечение не менее 70 мм2. Таким образом, проверка выполняется.

- Проверка по допустимой потере напряжения

$$L_{\text{доп}} < L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{I}{I} = 2{,}19 \cdot 5 \frac{265}{52{,}5} = 55 \text{ км} > L_{\text{факт}} = 10 \text{ км}$$

где $\Delta U_{\text{доп}} = 5$ % - допустимое значение потери напряжение

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

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

$L_{\Delta U 1\%} = 2{,}19$ – длина линии при полной загрузке , на которой потеря напряжени равна 1 % (3,стр. 89, табл. П.2.7)

3.8 Схема внутризаводской сети выше 1000 В

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполняется трёхжильными кабелями марки АПвВнг с прокладкой по траншеям. Питание высоковольтных двигателей осуществляем кабельными линиями той же марки, с прокладкой по траншеям.

Упрощенная схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена на рисунке 3.7.

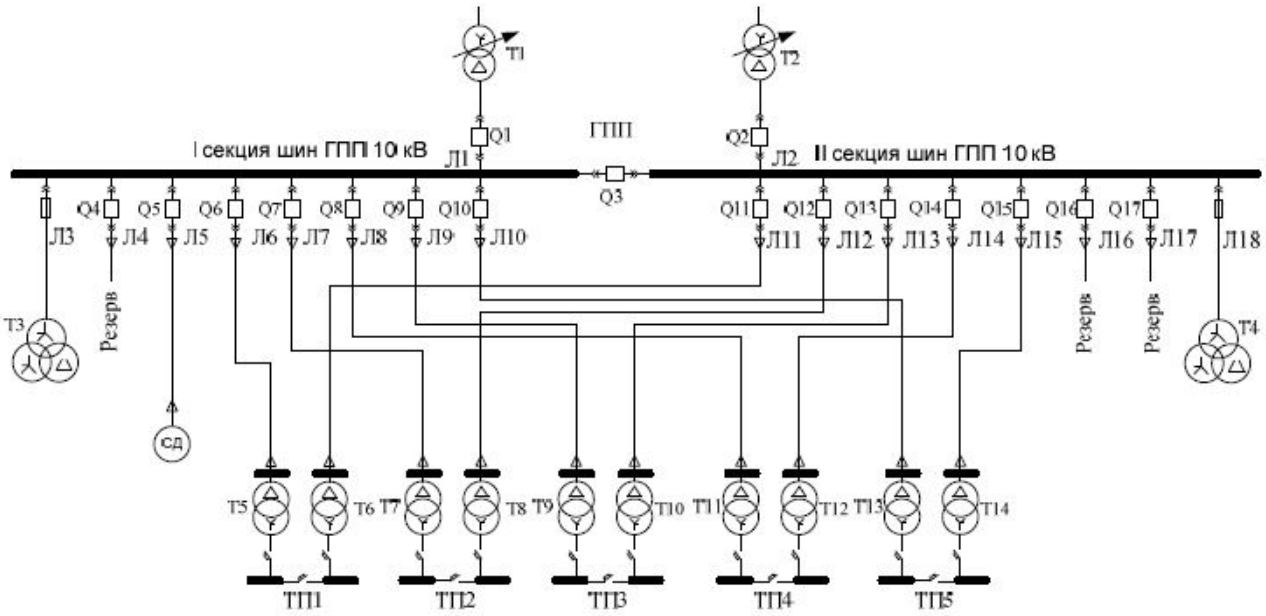


Рисунок 3.7 – Упрощенная схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников

ГПП – ТП2

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1600}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 92{,}4 \text{ А}$$

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

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

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

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

$$F_{эк} = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{92,4}{1,2} = 77 \text{ мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АПвВнг

F = 70 мм^2 с $I_{доп}$ = 170 А (1,стр 66-68, табл. 3.6-3.9).

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

$$I_{доп} = К_{пр} \cdot I_{доп} = 1 \cdot 170 = 170 \text{ А} > I_{расч} = 92,4 \text{ А}$$

где $К_{пр}$= 1 – коэффициент прокладке при прокладке кабельных линии по эстакадам

$$1,3 \cdot I_{доп} = 1,3 \cdot 170 = 221 \text{ А} > I_{расч.\frac{п}{ав}} = 184,8 \text{ А}$$

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

ГПП-СД 400 кВт

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{расч} = \frac{P_{ном}}{\cos\varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \eta} = \frac{400}{0,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,95} = 27 \text{ А}$$

где $P_{ном}$ – номинальное мощность двигателя, кВт.

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

$$F_{эк} = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{27}{1,2} = 22,5 \text{ мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки АПвВнг

F = 25 мм^2 с $I_{доп}$ = 75 А (1,стр 66-68, табл. 3.6-3.9).

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

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 3.7

Таблица 3.7 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

Участок	Мощность участка, кВА	$n_ц$ шт	$U_{ном}$, кВ	L,	Расчетная нагрузка		$F_{эк}$, мм^2	Способ прокладки	$K_{пр}$	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
					$I_{расч}$, А	$I_{расч.ав}$, А					$I'_{доп}$, А	$1,3 \cdot I'_{доп}$, А
ГПП – ТП1	3200,0	2	10	0,2	92,4	184,8	77,	В траншее	1,0	АПвВнг - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
ГПП – ТП2	3200,0	2	10	0,0	92,4	184,8	77,		1,0	АПвВнг - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
ГПП – ТП3	3200,0	2	10	0,2	92,4	184,8	77,		1,0	АПвВнг - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
ГПП– ТП4	3200,0	2	10	0,1	92,4	184,8	77,		1,0	АПвВнг - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
ГПП – ТП5	3200,0	2	10	0,2	92,4	184,8	77,		1,0	АПвВнг - 2 (3 × 95)	170,0	221,0
ГПП – СД	475,7	1	10	0,1	27,5	–	22,		1,0	АПвВнг - 1 (3 × 25)	75,0	–

Определение потерь мощности в ЦТП и линиях электропередачи.

Коэффициент загрузки трансформаторов цеховых подстанций

$$\beta_{\text{тр.расч}} = \frac{\sum S_{\text{р}}}{S_{\text{тр}} \cdot n_{\text{тр}}} = \frac{14898}{1600 \cdot 10} = 0.93$$

Потери мощности в трансформаторах цеховых подстанции

$$\Delta \text{P}_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot (\Delta \text{P}_{\text{хх}} \cdot \beta^2 \cdot \Delta \text{P}_{\text{кз}}) = 10 \cdot (0{,}03 + 0{,}93^2 \cdot 0{,}018) = 0{,}189 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot (\Delta Q_{\text{хх}} \cdot \beta^2 \cdot \Delta Q_{\text{кз}}) = \ 10 \cdot (0{,}021 + 0{,}93^2 \cdot 0{,}088) = 0{,}971 \text{ МВАр}$$

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{\Delta \text{P}_{\text{тр}}^2 + Q_{\text{тр}}^2} = \sqrt{0{,}189^2 + 0{,}971^2} = 0{,}989$$

Определение сопротивлений участков сведем в таблицу 3.8 вместе со справочными данными линий.

Рисунок 3.8 – Схема распределения электроэнергии по территории предприятия

Участок	$U_{ном}$, кВ	Марка провода	L,м	$n_ц$, шт	r_0 Ом/м	x_0 Ом/м	R Ом	X Ом	$S_{уч}$, МВА
ГПП – ТП1	10	АПвВнг - 1 (3 × 95)	239,9	2	0,326	0,083	39,1	10,0	3,180
ГПП – ТП2	10	АПвВнг - 1 (3 × 95)	98,0	2	0,326	0,083	16,0	4,1	2,716
ГПП – ТП3	10	АПвВнг - 1 (3 × 95)	202,9	2	0,326	0,083	33,1	8,4	2,954
ГПП– ТП4	10	АПвВнг - 1 (3 × 95)	186,0	2	0,326	0,083	30,3	7,7	3,302
ГПП – ТП5	10	АПвВнг - 1 (3 × 95)	294,3	2	0,326	0,083	48,0	12,2	2,784
ГПП – СД	10	АПвВнг - 1 (3 × 25)	117,8	1	1,240	0,091	146,1	10,7	0,320

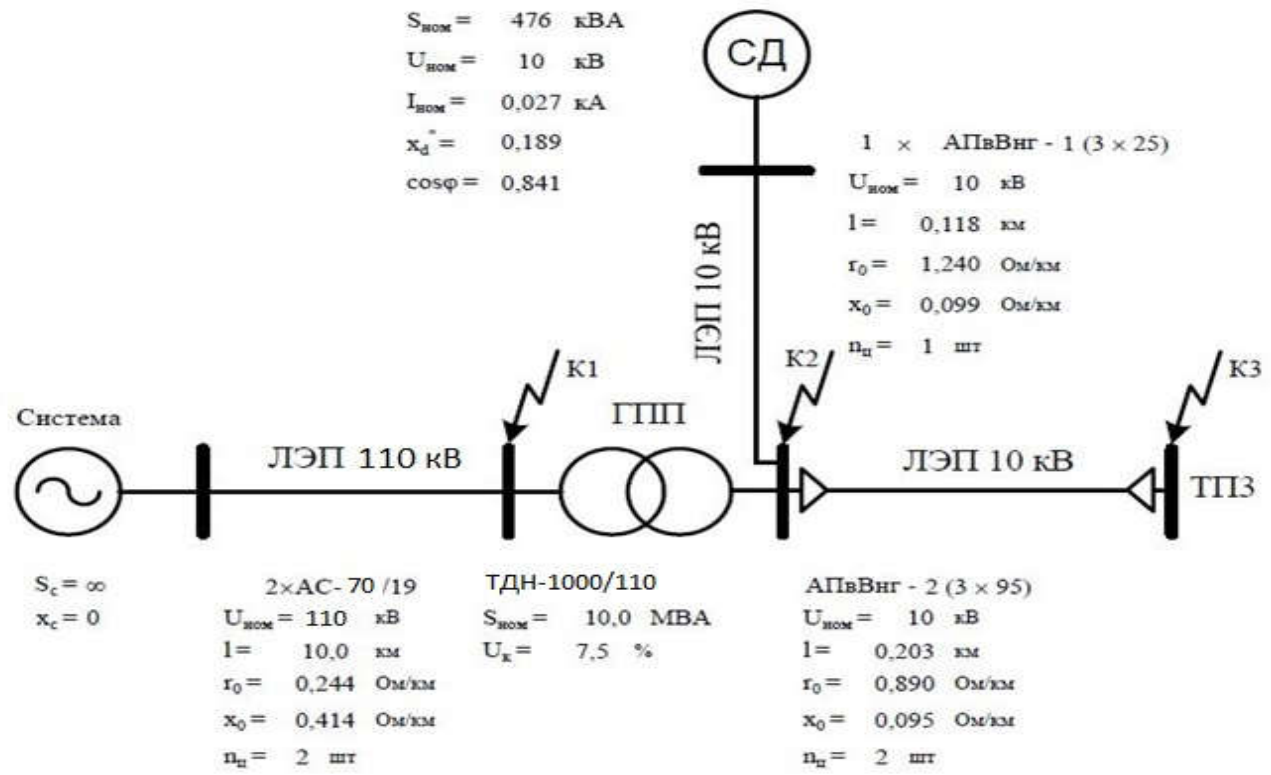
3.9 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

В электрических установках могут возникать различные виды КЗ, сопровождающихся резким увеличением тока. Поэтому электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам КЗ и выбираться с учетом величин этих токов.

Напряжение на шинах ВН ГПП при расчете можно считать постоянным, так как предприятие получает питание от энергосистемы неограниченной мощности, это означает, что периодическая составляющая тока КЗ практически не изменяется во времени и остается постоянной от начала КЗ до его окончания.

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

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения рисунок 3.9 и на её основе схему замещения рисунок 3.10. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток КЗ. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ.



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

Рисунок 3.9 – Расчетная схема рассматриваемого участка.

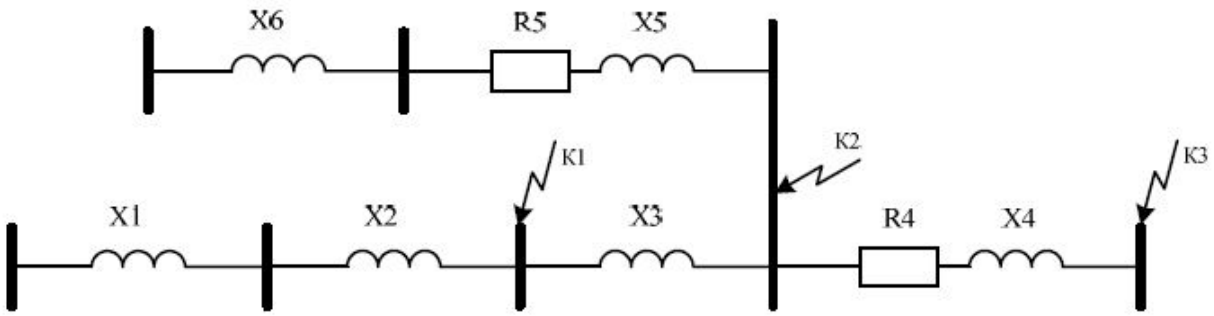


Рисунок 3.10 – Схема замещения рассматриваемого участка

Принимаем за базисные величины

$S_б$ = 100 МВА, $U_{б1}$ =115 кВ $Uб_2$=10,5 кВ

$$I_{б1} = \frac{S_б}{\sqrt{3}\cdot U_{б1}} = \frac{100}{\sqrt{3}\cdot 115} = 0.5 \text{ кА},$$

$$I_{б2} = \frac{S_б}{\sqrt{3}\cdot U_{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3}\cdot 10{,}5} = 5{,}5 \text{ кА},$$

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

Сопротивление элементов

Система

$S_{с} = \infty$, $Z_1 = X_c = X_1 = \frac{S_б}{S_c} = 0$

Воздушная линия

$$Z_2 = X_1 = x_0 \cdot l \cdot = \frac{S_б}{n_ц \cdot U_{б1}^2} = 0{,}414 \cdot 10 \cdot \frac{100}{1 \cdot 110^2} = 0{,}03$$

Трансформаторы

$$Z_3 = X_3 = \frac{U_{к\%}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{ном.тр}} = \frac{7{,}5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 0{,}75$$

Кабельная линия, питающая ПС

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot = \frac{S_б}{n_ц \cdot U_{б2}^2} = 0{,}89 \cdot 0{,}203 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10{,}5^2} = 0{,}164 ,$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot = \frac{S_б}{n_ц \cdot U_{б1}^2} = 0{,}095 \cdot 0{,}203 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10{,}5^2} = 0{,}017\,,$$

$$Z_4 = \sqrt{R_4^2 + X_4^2} = \sqrt{0{,}164^2 + 0{,}017^2} = 0{,}165\,.$$

Кабельные линии питающая СД

$$R_5^{\cdot} = r_0 \cdot l \cdot = \frac{S_б}{n_ц \cdot U_{б2}^2} = 1{,}240 \cdot 0{,}118 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10{,}5^2} = 0{,}133$$

$$X_5^{\cdot} = x_0 \cdot l \cdot = \frac{S_б}{n_ц \cdot U_{б2}^2} = 0{,}099 \cdot 0{,}118 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10{,}5^2} = 0{,}011$$

с учетом того, что на предприятие несколько двигателей

$$R_5 = \frac{R_5^{\cdot}}{n_{сд}} = \frac{0{,}133}{1} = 0{,}133$$

$$X_5 = \frac{X_5^{\cdot}}{n_{сд}} = \frac{0{,}011}{1} = 0{,}011$$

$$Z_5 = \sqrt{R_5^2 + X_5^2} = \sqrt{0{,}133^2 + 0{,}011^2} = 0{,}133\,.$$

Синхронный двигатель

сопротивление одного двигателя

$$X_6^{\cdot} = \frac{X_d^{\cdot\cdot} \cdot S_б}{S_{ном}} = \frac{0{,}189 \cdot 100}{0.476} = 39{,}729$$

$$X_6^{\cdot} = \frac{X_6^{\cdot}}{n_{сд}} = \frac{39{,}729}{1} = 39{,}729$$

с учетом того, что на предприятие несколько двигателей

$$Z_6 = X_6 = \frac{x_6^{\cdot}}{n_{сд}} = \frac{39{,}73}{1} = 39{,}729$$

Расчет короткого замыкания для точки К1

Эквивалентное сопротивление цепочки СД относительно точки К 1

$Z_с = X_6 + X_5 + X_3 = 39{,}729 + 0{,}133 + 0{,}75 = 40{,}612.$

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К 1

$$Z_с = X_1 + X_2 = 0 + 0{,}302 = 0{,}302.$$

Результирующее сопротивление в точке К1

$$Z_{\sum 1} = \frac{Z_{сд} \cdot Z_c}{Z_{сд} + Z_c} = \frac{40{,}612 \cdot 0{,}302}{40{,}612 + 0{,}302} = 0{,}3 \text{ Ом}$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{к1} = \frac{I_{б1}}{Z_{\sum 1}} = \frac{1{,}560}{0{,}3} = 5{,}198 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1{,}608 \cdot 5{,}198 = 11{,}8 \text{ кА},$$

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

Расчеты токов КЗ для других точек сведем в таблицу 3.9

Точка КЗ	$U_б$, кВ	$I_б$, кА	Z_Σ	$k_{уд}$	T_a, сек	$I_к$, кА	$i_{уд}$, кА
К1	110,0	1,560	0,300	1,608	0,02	5,198	11,8
К2	10,5	5,499	1,025	1,869	0,01	5,363	14,2
К3	10,5	5,499	1,190	1,869	0,01	4,620	12,2

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

Время отключения короткого замыкания (9, стр. 206-211)

$t_{пр}$= 0,1 - 0,3 сек

Тепловой импульс тока короткого замыкания

$$B_к = I_к^2 \cdot t_{пр} = 5362{,}7^2 \cdot 0{,}3 = 8627510{,}2 \text{ А}^2 \cdot \text{сек}$$

где $I_к$ – ток короткого замыкания на низкой стороне трансформатора ГПП.

Термически стойкое сечение равно

$$F_{min} = \frac{I_к \cdot \sqrt{t_{пр}}}{C} = \frac{\sqrt{B_к}}{C} = \frac{\sqrt{8627510{,}2}}{85} = 36{,}6 \text{ мм}^2 < F_{реал} = 70 \text{ мм}^2$$

где C = 85 А·с$^{1/2}$/мм^2 (длина линии до 10 кВ с алюминиевыми жилами) - коэффициент зависящий от допустимой температуры при коротком замыкании и материала проводника (3, стр. 42)

$F_{\text{реал}} = 70$ мм^2 – сечение линии, питающей подстанцию

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

4.ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

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

4.1 Выбор выключателей и разъединителей

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

Намечаем к установке выключатель типа ВВУ-110-40/2000 Параметры выключателя [9, стр. 630, табл. П4.4]

номинальное напряжение $U_{ном} = 110$

номинальный ток $I_{ном} = 2000$ А

номинальный ток отключение $I_{отк.ном} = 40$ кА

ток электродинамической стойкости $I_{дин} = 40$ кА

ток электродинамической стойкости $i_{дин} = 100$ кА

ток термической $I_{тер} = 40$ кА

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

полное время отключение выключателя $t_{отк.в} = 0{,}07$ с.

Проверка выключателя

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

$$U_{уст} = 110 \text{ кВ} \qquad U_{ном} = 110 \text{ кВ}$$

- по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 52{,}54 \text{ А} < 2000 \text{ А}$$

- по отключающей способности $I_{n,t} \leq I_{отк.ном} = 40$ кА

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

$$I_{n,0} = 5{,}2 \text{ кА} < I_{дин} = 40 \text{ кА}$$

$$I_{уд} = 11{,}8 \text{ кА} < I_{дин} = 100 \text{ кА}$$

- по термической стойкости

$$B_к = I_{п,0}^2 \cdot \left(t_{р.з} + t_{отк.в} + T_а\right) = 5{,}2^2 \cdot (1{,}2 + 0{,}07 + 0{,}02) = 34{,}9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

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

$$\text{В}_\text{к} = 34{,}9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-110/1000

Параметры разъединителя (9, стр. 630, табл. П4.4)

номинальное напряжение $U_{ном} = 110$ кВ

номинальный ток $I_{ном} = 1000$ А

амплитуда предельного тока $i_{пр.с} = 63$ кА

ток термической $I_{тер} = 25$ кА

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

Проверка разъединителя

- номинальное напряжение $U_{ном} = 110$ кВ

- по току $I_{max} = \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 52{,}54 \text{ А} < 1000 \text{ А}$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

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

Дальнейший расчет сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Выбор выключателей и разъединителей

Расчетные данные	Выключатель ВВУ-110-40/2000	Разъединитель РДЗ-110/1000
$U_{уст} =$ 110 кВ	$U_{ном} =$ 110 кВ	$U_{ном} =$ 110 кВ
$I_{max} =$ 52,54	$I_{ном} =$ 2000 А	$I_{ном} =$ 1000 А
$I_{n,t} =$ 5,2 кА	$I_{отк.ном} =$ 40 кА	—
$I_{n,0} =$ 5,2 кА	$I_{дин} =$ 40 кА	—
$i_{уд} =$ 11,8 кА	$i_{дин} =$ 100 кА	$i_{пр.с} =$ 63 кА
$B_к =$ 34,9 кА^2·с	$I_{тер} \cdot t_{тер} =$4800 кА^2·с	$t_{тер} =$ 2500 кА^2·с
Расчетные данные	Выключатель ВЭ-10-20/1250	Разъединитель

$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ	Используется выкатная тележка
I_{max} 711,3 А	$I_{ном}$ 1250 А	
$I_{n,t}$ 5,4 кА	$I_{отк.ном}$ 20 кА	
$I_{n,O}$ 5,4 кА	$I_{дин}$ 20 кА	
$i_{уд}$ 14,2 кА	$i_{дин}$ 51 кА	
$B_к$ 16,1 кА^2·с	$I^2 \cdot t$= кА^2·с	

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

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

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

Таблица 4.2 – Нагрузка трансформаторов тока

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

Пример выбора трансформатора тока на стороне ВН трансформатора ГПП.

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

Намечаем к установке трансформатора тока типа ТФЗМ-110Б

Параметры трансформатора тока (8,стр.295,табл. 5-9)

номинальное напряжение $U_{ном}$ = 110 кВ

номинальный ток $I_{ном}$ = 300 А

вторичный номинальный ток трансформатора тока I_2 = 5 А

по электродинамической стойкости $i_{дин} = 61$ кА

ток термической стойкости $I_{тер} = 15$ кА

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

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

класс точности 0,5

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

$$U_{уст}=110 \text{ кВ} \qquad U_{ном} = 110 \text{ кВ}$$

- проверка трансформатора по току $I_{max} = \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 52,54 \text{ А} < 300 \text{ А}$$

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

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору току

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

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

Допустимое сопротивление проводников

$r_{пр.доп}=Z_{2ном} - r_{приб} - r_к = 1,2-0,04-0,1= 1,06$ Ом,

где $r_к$ – сопротивления контактов (0,05 Ом при двух – трех приборах ,0,1 Ом при большем количестве приборов)(9, стр.374)

$$q_{расч} = \frac{\rho \cdot l_{пр}}{r_{пр}} = \frac{0,028 \cdot 10}{1,06} = 0,27 \text{ мм}^2 ,$$

где $\rho = 0,0283$ Ом/мм^2 – удельное сопротивления алюминиевого провода (9, стр.375).

где $l_{пр} = 10$ м – длина провода (9,стр,375).

Принимаем кабель марки АКРВГ сечение $q = 4$ мм^2 (9,стр,375).

$$r_{пр} = \frac{\rho \cdot l_{пр}}{q} = \frac{0,028 \cdot 10}{4} = 0,071 \text{ Ом}.$$

$$Z_2 = r = r_{приб} + r_{пр} + r_k = 0,04 + 0,071 + 0,1 = 0,211 \text{ Ом} < Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$$

Проверка трансформатора тока на электродинамическую стойкость $i_{уд} < i_{пр.с}$

$$i_{уд} = 11{,}8 \text{ кА} < i_{дин} = 61 \text{ кА}$$

Проверка трансформатора тока на термическую стойкост

$$B_к = 34{,}9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 15^2 \cdot 3 = 675 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

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

Таблица 4.3 – Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

Тип ТТ	Расчетные данные	Каталожные данные
ТА1 ТШЛ 10 Сторона НН трансформатора	$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ
	I_{max} = 711,3 А	$I_{ном}$ = 2000 А
	$B_к$ = 16,1 кА^{2}с	$B_к$ = 14700 кА^{2}с
	$i_{уд}$ = 14,2 кА	не проверяется
	r_2 = 0,375 Ом	$Z_{2ном}$ = 0,800 Ом
ТА2 ТФЗМ110 Б Сторона ВН трансформатора	$U_{уст}$ = 110 кВ	$U_{ном}$ =110 кВ
	I_{max} = 64,75 А	$I_{ном}$ = 300 А
	$B_к$ = 34,9 кА^{2}с	$B_к$ = 675,0 кА^{2}с
	$i_{уд}$ = 11,8 кА	$i_{дин}$ = 61 кА
	r_2 = 0,211 Ом	$Z_{2ном}$ = 1,200 Ом

4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения.

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения веского напряжения до стандартного значения 100 вольт, а так же для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам напряжения на понизительных подстанциях являются вольтметры, ваттметры, варметры, частотомеры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов напряжения представлена в таблице 4.4 (9, стр. 635, табл. П.4.7).

Таблица 4.4 – Нагрузка трансформаторов напряжения

Место установки	Прибор	Тип	$S_{обм}$, В·А	$n_{обм}$	cosф	sinф	$n_{приб}$	Потр. мощн.	
								Р, Вт	Q, ВАр
Сторона ВН трансформатора	Вольтметр	Э — 335	2,0	1	1	0	1	2,0	0,0
	Вольтметр	Н — 393	10,0	1	1	0	1	10,0	0,0
	Частотомер	Н — 397	7,0	1	1	0	1	7,0	0,0

того:								19,0	0,0
Сторона НН трансформатора	Вольтметр	Э — 335	2,0	1	1	0	2	4,0	0,0
	Ваттметр	Д — 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Варметр	Д — 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Счетчик W	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	8	0,16	0,0
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	8	0,16	0,0
Итого:								10,3	0,0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-10

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном}$ = 10 кВ

номинальное мощность Sном = 120 В· А

класс точности 0,5.

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

$U_{уст}$= 10 кВ $U_{ном}$ = 10 кВ

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

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

Трансформатора напряжения проходит по результатам проверок

б) Выбор трансформаторов напряжения на стороне ВН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа ЗНОМ-110

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном}$ = 110 кВ

номинальное мощность Sном = 150 В· А

класс точности 0,5.

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

$U_{уст}$= 110 кВ $U_{ном}$ = 110 кВ

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

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

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

Трансформатора напряжения проходит по результатам проверок

5.ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ АРМАТУРНОГО ЦЕХА

Электроснабжение в арматурного цеха выполняется от двух трансформаторной подстанции ТП3.Трансформаторы ТМ-1600/10 отличающейся высокой надежностью и недорогой ценой

Схема электроснабжение радиальная выбран кабель марки АВВГ проложенный до ПР по стене от ПР до электроприемника в лотках по полу что служит защитой от механических повреждений. Пунктам Распределения выбран ПР-1173 высоким качеством возможностью отходящих линии до 12.

В цехе имеется отдельно запитанные электроприемники как машина многоэлектродная для сварки строительной сетки мощностью 350 кВт а также два устройства специального назначение с асинхронным двигателем короткозамкнутым ротором и станок для высадки головок.

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

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

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

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

Примеры выбора аппаратуры и кабелей.

а) Выбор отходящего выключателя ТП3

Расчетная мощность нагрузки подстанции

$$S_{\text{р.ПС}} = 2954{,}5 \text{ кВА}$$

Номинальный ток трансформатора в подстанции

$$I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = 2430{,}9 \text{ А}$$

Ток после аварийного режима трансформаторов подстанции

$$I_{\text{п/ав.тр}} = 1{,}4 \cdot I_{\text{ном.тр}} = 1{,}4 \cdot 2430{,}9 = 3403{,}3 \text{ А}$$

Пиковый ток подстанции

$$I_{\text{пик.ПС}} = I_{\text{пик}}^{max.\text{ПР}} + I_{\text{р.ПС}} + I_{\text{р}}^{max\text{ПР}} = 3750 + 3403{,}3 - 625 = 6528 \text{ А}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74-48 с параметрами

$I_{ном.ав} = 5500$ А $I_{тепл} = 4000$ А (3,стр.87,табл. П.2.3).

- проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 5500 > 1{,}1 \cdot I_{р.ПС} = 1{,}1 \cdot 3403{,}3 = 3743{,}74 \text{ А}$$

- проверка намеченного автомата по нагреву послеаварийным током

$$I_{пер} = 2 \cdot I_{тепл} = 2 \cdot 5500 = 11000 \text{ А} > I_{п/ав.тр} = 3403{,}3\ A$$

- проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1{,}25 \cdot I_{пик.ПС} = 1{,}25 \cdot 6528 = 8160 \text{ А}$$

- коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$К = \frac{1{,}25 \cdot I_{пик.ПС}}{I_{тепл}} = \frac{8160}{5500} = 1{,}4 \text{ принимаем } К = 2$$

- номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = К \cdot I_{тепл} = 3 \cdot 5500 = 16500 > 1{,}25 \cdot I_{пик.ПС} = 8160 \text{ А}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ПР1

$I_{р} = 30{,}4$ А, $I_{пик} = 137{,}8$ А,

Намечеам установке автомат марки ВА57- 35 с параметрами

$I_{ном.ав} = 250$ А, $I_{тепл} = 50$ А (3,стр.87,табл. П.2.3).

- проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 50 > 1{,}1 \cdot I_{р} = 1{,}1 \cdot 30{,}4 = 33{,}5 \text{ А}$$

- проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1{,}25 \cdot I_{пик} = 1{,}25 \cdot 137{,}8 = 172{,}3 \text{ А}$$

- коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$К = \frac{1{,}25 \cdot I_{пик}}{I_{тепл}} = \frac{172{,}3}{50} = 3{,}4 \text{ принимаем } К = 8$$

- номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = К \cdot I_{тепл} = 8 \cdot 50 = 400 > 1{,}25 \cdot I_{пик} = 172{,}3$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ – 1(4х16) $I_{доп} = 60$ А (1,стр.66-68, табл. 3.6-3.9).

Проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{доп} = 60\ А > I_р = 33,5\ А$$

- согласование с действием аппарата защиты

$$I_{доп} = 60\ А > \frac{К_з \cdot I_з}{К_{прокл}} = \frac{1 \cdot 50}{1} = 50\ А$$

где $I_з$ – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А

$К_{прокл}$ – поправочный коэффициент на условие прокладке (для нормальных условий принимается равным 1)

$К_з$ – 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

$$\Delta U_{р\%} = \Delta U_0 \cdot I_р \cdot l = 0,48 \cdot 30,4 \cdot 0,006 = 0,08\% < 5\%,$$

где 1 – длина рассматриваемой линии, км

1200% - допустимое значение потерь напряжения.

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

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

в) Участок ПР1 – Станок для гибки петель

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{ном} = 14,3\ А, \qquad I_{пуск} = 71,7\ А$$

Намечаем к установке автомат марки ВА13-29 с параметрами

$$I_{ном.ав} = 63\ А, \qquad I_{тепл} = 16\ А$$ (3,стр.87,табл. П.2.3).

- проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{тепл} = 16 > 1,1 \cdot I_{ном} = 1,1 \cdot 14,3 = 15,8\ А$$

- проверка намеченного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1,5 \cdot I_{пуск} = 1,5 \cdot 71,7 = 107,5\ А$$

- коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$К = \frac{1,5 \cdot I_{пуск}}{I_{тепл}} = \frac{107,5}{16} = 6,7 \quad \text{принимаем } К = 12$$

- номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о} = К \cdot I_{тепл} = 12 \cdot 16 = 192 > 1{,}5 \cdot I_{пуск} = 107{,}5 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ – (4х4) $I_{доп} = 27$ А (1,стр.66-68, табл. 3.6-3.9).

-проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{доп} = 27 \text{ А} > I_{ном} = 15{,}8 \text{ А}$$

- согласование с действием аппарата защиты

$$I_{доп} = 27 \text{ А} > \frac{К_з \cdot I_з}{К_{прокл}} = \frac{1 \cdot 16}{1} = 16 \text{ А}$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

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

Участок	$\frac{I}{I_р}$	$1{,}1 \cdot I_р$	$1{,}25 \cdot I_{пик}$	Автомат			Способ прокладки	$К_з$	$К_{пр}$	$\frac{К_з \cdot I_з}{К_{пр}}$	Кабель		L	cosф	ΔU_0	$\Delta U_р$
				К	$\frac{I_{тепл}}{I_{э.о}}$	Тип					$I_{доп}$	Марка				
	А	А	А	–	А	–	–	–	–	А	А	–	км	–	%	%
Отходящий выключатель ТП	$\frac{4488{,}8}{9046{,}9}$	4937,7	11308,6	3,0	$\frac{5500}{16500{,}0}$	ВА74 – 48	На лотках, в коробах	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТП - ПР1	$\frac{30{,}4}{137{,}8}$	33,5	172,3	8,0	$\frac{50}{400{,}0}$	ВА57 – 35		1	1	50	60	АВВГ –4х6	0,006	0,50	0,480	0,08
ТП - ПР2	$\frac{26{,}4}{95{,}8}$	29,0	119,7	8,0	$\frac{32}{252}$	ВА57 – 35		1	1	32	32	АВВГ –4х16	0,003	0,50	1,220	0,10
ТП - ПР3	$\frac{64{,}3}{328{,}1}$	70,7	410,1	8,0	$\frac{100}{800}$	ВА57 – 35		1	1	100	110	АВВГ –4х6	0,010	0,70	0,227	0,15
ТП - ПР4	$\frac{5{,}0}{18{,}2}$	5,5	22,8	4,0	$\frac{16}{64}$	ВА57 – 35		1	1	16	27	АВВГ –4х50	0,003	0,50	1,820	0,03
ТП - ПР5	$\frac{175{,}6}{586{,}4}$	193,1	733,0	5,0	$\frac{250}{1250}$	ВА57 – 35		1	1	250	270	АВВГ –4х4	0,006	0,58	0,075	0,08
ТП- ПР6	$\frac{137{,}8}{548{,}6}$	151,5	685,8	6	$\frac{250}{1500}$	ВА57 – 35		1	1	250	270	АВВГ – 4х185	0,005	0,50	0,692	0,52
ТП - ПР7	$\frac{23{,}7}{86{,}0}$	26,0	107,5	8	$\frac{32}{252}$	ВА57 – 35		1	1	32	32	АВВГ –4х6	0,023	0,59	1,460	0,78
ТП - ПР8	$\frac{18{,}1}{127{,}8}$	19,9	159,8	8	$\frac{50}{400}$	ВА57 – 35		1	1	50	60	АВВГ –4х16	0,005	0,50	0,480	0,04
ТП- ПР9	$\frac{23{,}1}{85{,}9}$	25,4	107,4	8	$\frac{32}{252}$	ВА57 – 35		1	1	32	32	АВВГ –4х6	0,004	0,50	1,220	0,12

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

Приемник	$P_{ном}$	$I_{ном}$	$I_{пуск}$	1,1 $I_{ном}$	1,5 $I_{пуск}$	Автомат				$К_{пр}$	$К_з$	$К_з \cdot I_з / К_{пр}$	Кабель	
						К	$I_{теп}$	$I_{о.э.}$	Тип				$I_{доп}$	Марка
	кВ	А	А	А	А	–	А	А		–	–	А	А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 1 ПР11-7123														
Станок для гибки петель	4,2	14	71	15,8	107,5	1	16	192	ВА13 − 29	1	1	16,0	27	АВВГ - (4 × 4)
Универсально-фрезерный станок	6,5	22	111	24,4	166,4	2	25	300	ВА13 − 29	1	1	25,0	27	АВВГ - (4 × 4)
ПР – 2 ПР11-7123														
Станок для гибки петель	4,2	14	71,7	15,8	107,5	1	16	192	ВА13 − 29	1	1	16,0	27	АВВГ - (4 × 4)
ПР – 3 ПР11-7123														
Токарно-винторезный станок	4,6	15,	78,5	17,3	117,8	6	20	120	ВА13 − 29	1	1	20,0	27	АВВГ - (4 × 4)
Намоточный станок	3,0	10,2	51,2	11,3	76,8	1	12,5	150	ВА13 − 29	1	1	12,5	27	АВВГ - (4 × 4)
Станок гнутья сеток	1,2	4,1	20,5	4,5	30,7	12	5	60	ВА13 − 29	1	1	5,0	27	АВВГ - (4 × 4)
Вентилятор	20	42,2	295,4	46,4	443,1	12	50	600	ВА13 − 29	1	1	50,0	60	АВВГ - (4 × 16)
ПР – 4 ПР11-7123														
Настольно-сверлильный станок	0,8	2,7	13,7	3,0	20,5	12	3,2	37,8	ВА13 − 29	1	1	3,2	27	АВВГ - (4 × 4)
ПР – 5 ПР11-7123														
Преобразователь сварочный	15	46,5	139,5	51,2	209,3	4	63	252	ВА57 − 35	1	1	63,0	75	АВВГ - (4 × 25)
Трансформатор сварочный, ПВ=40%	50	155,0	465,1	170,5	697,7	4	200	800	ВА57 − 35	1	1	200,0	235	АВВГ - (4 × 150)
Вентилятор	0,0	42,2	295,4	46,4	443,1	8	50	400	ВА57 − 35	1	1	50,0	60	АВВГ - (4 × 16)
ПР – 6 ПР11-7123														
Преобразователь сварочный	15,0	46,5	139,5	51,2	209,3	4	63	252	ВА57 − 35	1	1	63	75	АВВГ - (4 × 25)
Трансформатор сварочный, ПВ=40%	50	155	465,1	170,5	697,7	4	200	800	ВА57 − 35	1	1	200	235	АВВГ - (4 × 150)

Таблица 5.2 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 7 ПР11-7123														
Станок обрезной с дисковой	3,5	11,9	59,7	13,1	89,6	6	16,0	96,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	16,0	27	АВВГ - (4 × 4)
Пресс гидравлический	5,0	13,1	65,7	14,4	98,5	12	16,0	192,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	16,0	27	АВВГ - (4 × 4)
ПР – 8 ПР11-7123														
Вертикально-сверлильный	2,2	7,5	37,6	8,3	56,3	6	10,0	60,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	10,0	27	АВВГ - (4 × 4)
Универсально-фрезерный	6,5	22,2	111,0	24,4	166,4	12	25,0	300,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	25,0	27	АВВГ - (4 × 4)
ПР – 9 ПР11-7123														
Вертикально-сверлильный	2,2	7,5	37,6	8,3	56,3	6	10,0	60,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	10,0	27	АВВГ - (4 × 4)
Долбёжный станок	3,8	13,0	64,9	14,3	97,3	12	16,0	192,0	ВА13 – 29	1,0	1,0	16,0	27	АВВГ - (4 × 4)
Отдельно запитанные электроприемники														
Станок для высадки головок	70,0	239,0	1195,	258,1	1792,5	8	260,0	2080	ВА74 – 40	1,0	1,0	260,0	270	АВВГ (4 × 185)
Станок МТМК	350,0	844,1	5064,	928,5	7596,7	8	1000	8000	ВА83 – 41	1,0	1,0	1000,0	1600	АВВГ(4х240)
Станок МТМС	200,0	482,3	2894	530,6	4341,0	8	625,0	5000,	ВА74 – 40	1,0	1,0	625,0	1600	АВВГ(4х240)

Окончание таблицы 5.2

5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

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

Рассмотрим цепочку ГПП − ТП3 – ПР6 – ЭП №50.

Расчетные данные приемника №50

$P_{ном}$ =50 кВт, $Q_{ном}$ = 86,6 кВАр, $S_{ном}$ = 100 кВА.

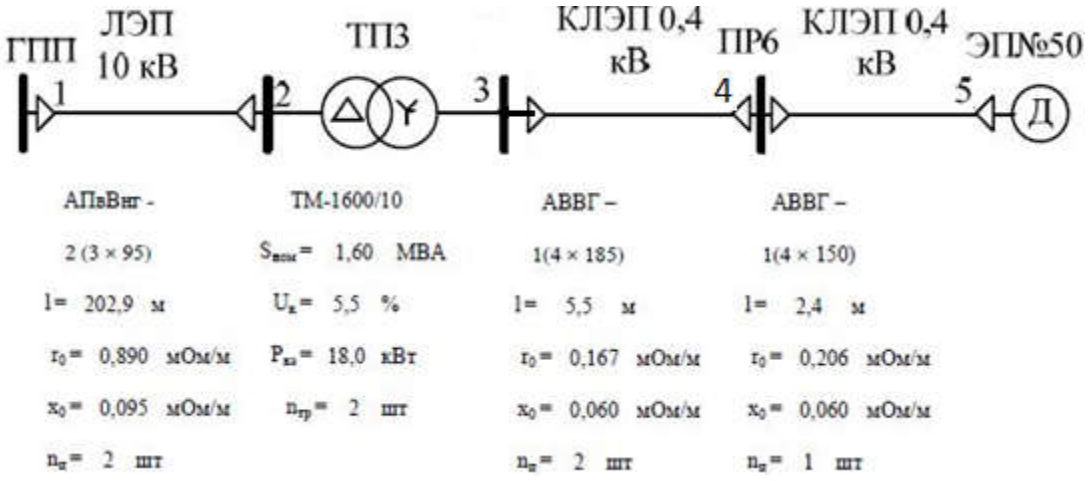


Рисунок 5.1 − Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_ц} = \frac{0{,}89 \cdot 202{,}9}{2} \cdot 10^{-3} = 0{,}09 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_ц} = \frac{0{,}95 \cdot 202{,}9}{2} \cdot 10^{-3} = 0{,}01 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{ц.ТП} = 2112{,}1 \text{ кВт},$$

$$Q_{12} = \sum Q_{ц.ТП} = 2057 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{2112{,}1 \cdot 0{,}9 + 2057 \cdot 0{,}01}{10 \cdot 10{,}5^2} = 0{,}191 \ \%$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0{,}191 \cdot \frac{10500}{100} = 20{,}1 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 20{,}1 = 10479{,}9 \text{ В.}$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

$$U_{\text{а}} = \frac{\Delta \text{P}_{\text{кз}} \cdot 100\%}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{18 \cdot 100}{1600} = 1{,}125$$

$$U_{\text{р}} = U_{\text{к}}^2 + U_{\text{а}}^2 = \sqrt{5{,}5^2 + 1{,}125^2} = 5.384.$$

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta = \frac{\text{P}_{12}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{2112{,}1}{2 \cdot 1600} = 0{,}660.$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta \text{P}_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot (\Delta \text{P}_{\text{хх}} + \beta^2 \cdot \Delta \text{P}_{\text{кз}}) = 2 \cdot (3{,}3 + 0{,}66^2 \cdot 18) = 22{,}3 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot (\Delta Q_{\text{хх}} + \beta^2 \cdot \Delta Q_{\text{кз}}) = 2 \cdot (3{,}3 + 0{,}66^2 \cdot 88) = 118.3 \text{ кВАр.}$$

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

$$\text{P}_{23} = \text{P}_{12} - \Delta \text{P}_{\text{тр}} = 2112{,}1 - 22{,}3 = 2089{,}8 \text{ кВт,}$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{\text{тр}} = 2057 - 118{,}3 = 1938{,}7 \text{ кВАр,}$$

$$S_{23} = \text{P}_{23}^2 + Q_{23}^2 = \sqrt{2089{,}8^2 + 1938{,}7^2} = 2850{,}6 \text{ кВА.}$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos\varphi = \frac{\text{P}_{23}}{S_{23}} = \frac{2089{,}8}{2850.6} = 0{,}733,$$

$$\sin\varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{1938{,}7}{2850{,}6} = 0{,}680\,.$$

Потеря напряжение на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 2{,}954 \cdot \frac{10479{,}9}{100} = 309{,}6 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 10489{,}9 - 309{,}6 = 10170{,}4 \text{ В.}$$

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

$$\mathrm{U}_3^{\text{нн}} = \mathrm{U}_3 = 400 \cdot \frac{10170{,}4}{10500} = 387{,}4 \text{ В}.$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}167 \cdot 5{,}5}{2} \cdot 10^{-3} = 0{,}0005 \text{ Ом},$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}06 \cdot 5{,}5}{2} \cdot 10^{-3} = 0{,}0002 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$\mathrm{P}_{34} = \mathrm{P}_{\text{ПР}} = 66 \text{ кВт},$$
$$Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 62{,}2 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{23\%} = \frac{\mathrm{P}_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{66 \cdot 0{,}0005 + 62{,}2 \cdot 0{,}0002}{10 \cdot 0{,}386^2} = 0{,}27 \ \%$$

Потеря напряжение на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 0{,}468 \cdot \frac{387{,}4}{100} = 1.81 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 387{,}4 - 0{,}1 = 387{,}3 \text{ В}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}206 \cdot 2{,}4}{1} \cdot 10^{-3} = 0 \text{ Ом},$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}06 \cdot 2{,}4}{1} \cdot 10^{-3} = 0 \text{ Ом}.$$

Активная, реактивная и мощности протекающие по участку 4-5

$$\mathrm{P}_{45} = \mathrm{P}_{\text{ПР}} = 50 \text{ кВт},$$
$$Q_{45} = Q_{\text{ПР}} = 86{,}6 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45\%} = \frac{\mathrm{P}_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_5^2} = \frac{50 \cdot 0 + 62{,}2 \cdot 0}{10 \cdot 0{,}386^2} = 0{,}25 \ \%$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 387{,}3 - 0{,}1 = 387{,}2 \text{ В}.$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

Участок	1−2	2−3	3-4	4-5
P_i, кВт	2112,1	2089,8	66,0	50,0
Q_i, кВАр	2057,0	1938,7	62,2	86,6
S_i, кВА	2948,2	2850,6	90,7	100,0
R_i, Ом	0,090	—	0,0005	0,0005
X_i, Ом	0,010	—	0,0002	0,0001
cosφ	—	0,733	—	—
sinφ	—	0,680	—	—
$\beta_т$	—	0,660	—	—
U_a, %	—	1,125	—	—
U_p, %	—	5,384	—	—
ΔU_i, %	0,191	2,954	0,027	0,025
ΔU_i, В	20,1	309,6	0,10	0,10
Минимальный режим нагрузки				
P_i, кВт	1284,1	1271,8	40,1	50,0
Q_i, кВАр	1030,5	960,6	31,2	86,6
S_i, кВА	1646,5	1593,8	50,8	100,0
R_i, Ом	0,090	—	0,0005	0,0005
X_i, Ом	0,010	—	0,0002	0,0001
cosφ	—	0,798	—	—
sinφ	—	0,603	—	—
$\beta_т$	—	0,401	—	—
U_a, %	—	1,125	—	—
U_p, %	—	5,384	—	—
ΔU_i, %	0,114	1,659	0,015	0,024
ΔU_i, В	12,0	174,0	0,06	0,09
После аварийным режим нагрузки				
P_i, кВт	2112,1	2077,4	66,0	50,0
Q_i, кВАр	2057,0	1882,8	62,2	86,6
S_i, кВА	2948,2	2803,7	90,7	100,0
R_i, Ом	0,181	—	0,0005	0,0005
X_i, Ом	0,019	—	0,0002	0,0001
cosφ	—	0,741	—	—
sinφ	—	0,672	—	—
$\beta_т$	—	1,320	—	—
U_a, %	—	1,125	—	—

U_p, %	–	5,384	–	–
ΔU_i, %	0,382	5,845	0,029	0,027
ΔU_i, В	40,1	611,4	0,11	0,10

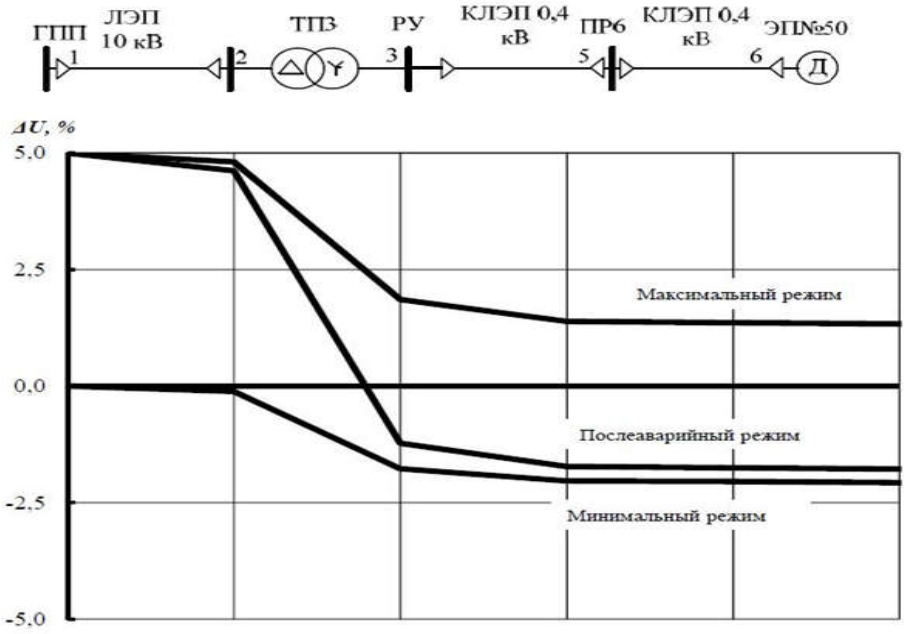


Рисунок 5.2 − Эпюры отклонений напряжения

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

5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В

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

− напряжение на шинах ЦТП считается неизменным при КЗ в сет

− при расчете токов КЗ учитываем активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети;

− расчет ведем в именованных единицах;

− напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети. Расчет токов КЗ ведем для участка ГПП − ТП3 – ПР6 – ЭП

Рисунок 5.3 − Расчетная схема

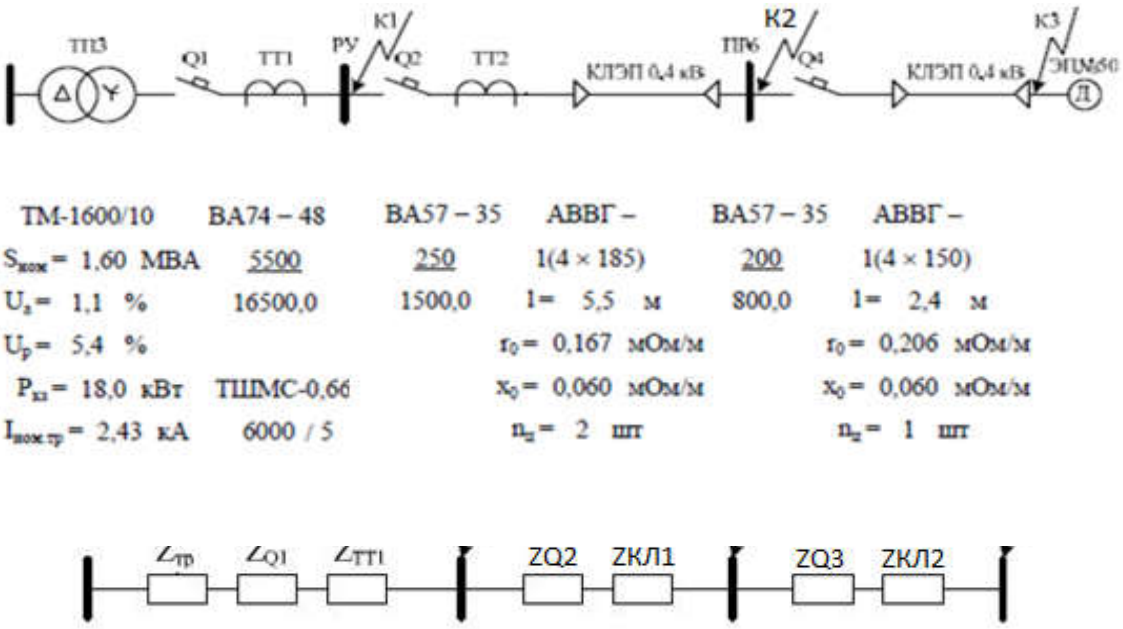


Рисунок 5.4 - Схема замещения

Сопротивление элементов

Трансформаторы

$$R_{тр} = \frac{U_а}{100} \cdot \frac{U^2_{ном}}{S_{ном.тр}} = \frac{1{,}125}{100} \cdot \frac{400^2}{1600} = 1{,}1 \text{ мОм.}$$

$$X_{тр} = \frac{U_а}{100} \cdot \frac{U^2_{ном}}{S_{ном.тр}} = \frac{5{,}384}{100} \cdot \frac{400^2}{1600} = 5{,}4 \text{ мОм.}$$

$$Z_{тр} = \sqrt{R^2_{тр} + X^2_{тр}} = \sqrt{1{,}1^2 + 5{,}4^2} = 5{,}5 \text{ мОм.}$$

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

Автоматы Q2, Q3

$$Z_{Q2} = \sqrt{R^2_{Q2} + X^2_{Q2}} = \sqrt{0{,}15^2 + 0{,}1^2} = 0{,}2 \text{ мОм,}$$

$$Z_{Q3} = \sqrt{R^2_{Q3} + X^2_{Q3}} = \sqrt{0{,}36^2 + 0{,}25^2} = 0{,}6 \text{ мОм.}$$

Кабельная линия КЛ1

$$R_{кл1} = \frac{r_0 \cdot l}{n_ц} = \frac{0{,}167 \cdot 5{,}5}{2} = 0{,}5 \text{ мОм,}$$

$$X_{\text{кл1}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}06 \cdot 5{,}5}{2} = 0{,}2 \text{ мОм},$$

$$\text{Z}_{\text{кл1}} = \sqrt{\text{R}_{\text{кл1}}^2 + \text{X}_{\text{кл1}}^2} = \sqrt{0{,}5^2 + 0{,}2^2} = 0{,}7 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{\text{кл2}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}206 \cdot 2{,}4}{1} = 0{,}5 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кл2}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}06 \cdot 2{,}4}{1} = 0{,}1 \text{ мОм},$$

Полное сопротивление в точки К1

$$\text{Z}_{\text{к}} = \text{Z}_{\text{тр}} = 5{,}5 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$\text{I}_{\text{к1}} = \frac{\text{U}_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \text{Z}_{\text{к1}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 5{,}5} = 42 \text{ кА}.$$

Постоянная времени

$$\text{T}_{\text{a1}} = \frac{\text{X}_{\text{рез1}}}{\omega \cdot \text{R}_{\text{рез1}}} = \frac{5{,}4}{314 \cdot 1{,}1} = 0{,}0152 \text{ с}$$

Ударный коэффициент

$$i_{\text{удК1}} = \sqrt{2} \cdot \text{к}_{\text{уд1}} \cdot I_{\text{к1}} = \sqrt{2} \cdot 1{,}519 \cdot 42 = 90{,}2 \text{ кА}$$

Таблица 5.4 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	Z_Σ, мОм	$k_{уд}$	T_a, сек	$I_к$, кА	$i_{уд}$, кА
К1	5,5	1,519	0,0152	42,0	90,2
К2	6,8	1,273	0,0077	32,7	59,0
К3	7,5	1,197	0,0062	28,8	48,7

5.3 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

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

– номинальный и пусковой токи электроприёмника;

– расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;

– расчётный и пиковый ток вводного распределительного устройства (при его наличии);

– расчётный и пиковый ток подстанции;

– характеристики защитных аппаратов;

– значения токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ.

Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности сведены в таблицу 5.5.

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

Узел нагрузки	ТП3	ПР6	Тр-тор №50
Расчетный ток $I_м$, А	3403,3	137,8	–
Пиковый ток $I_{пик}$, А	8425,4	548,6	–
Номинальный ток $I_{ном}$, А	–	–	155,0
Пусковой ток $I_{пуск}$, А	–	–	465,1
Ток КЗ $I_к$, А	41989,1	32749,2	28786,5
Тип аппарата	ВА74 − 48	ВА57 − 35	ВА57 − 35
Условия срабатывания по току − при перегрузке $I_{ном.расц}$, А − при КЗ $I_{кз}$, А	 5500 16500,0	 250 1500,0	 200,0 800,0
Условия срабатывания по времени,	0,2	0,02	0

Карта селективности представлена на рисунок - 5.5.

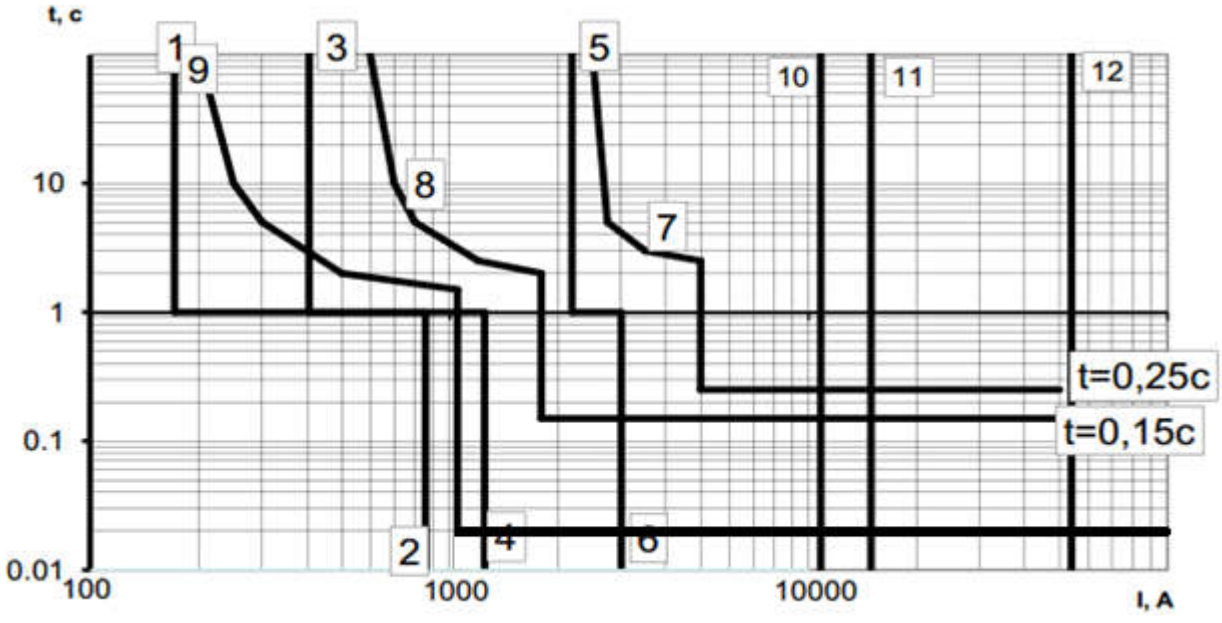


Рисунок 5.5 − Карта селективности действия аппаратов защиты
1 – номинальный ток электроприемника; 2 – пусковой ток электроприемника; 3 – расчетный ток ПР; 4 – пиковый ток ПР; 5 – расчетный ток ТП; 6 – пиковый ток ТП; 7 – автомат электроприемника; 8 – автомат ПР; 9 – автомат ВРУ; 10 – автомат ТП; 11 – КЗ в точке К3; 12 – КЗ в точке К2; 13 – КЗ в точке К1.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-5А3ДЗ	Дусанов Фаррух Халимжонович

Школа	Инженерная школа энергетики	**Отделение**	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	*- стоимость материалов и оборудования;* *- квалификация исполнителей;* *- трудоемкость работы.*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	*- нормы амортизации;* *- размер минимальной оплаты труда.*
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	*- отчисления в социальные фонды.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)*	*-Техника-экономическое обоснование , оценка научно-технического уровня.*
2. *Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР*	*- планирование выполнения проекта* *- построение графика выполнения проекта*
3. *Составление бюджета инженерного проекта (ИП)*	*- расчет бюджета на проектирование;* *- расчет капитальных вложений в основные средства.*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	
1. *График разработки и внедрения ИР*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Фигурко Аркадий Альбертович	к.э.н.,доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5А3ДЗ	Дусанов Фаррух Халимжонович		

1. Технико-экономический расчет электрического хозяйства Завода железобетонных конструкции.

Целью данного дипломного проекта является расчет электроснабжения завода железобетонных конструкций.

В настоящем разделе мы попробуем произвести расчет капитальных вложений в электрооборудование для электроснабжения завода.

Капитальные вложения состоят из самого электрооборудования, строительно-монтажных и пусконаладочных работ. Стоимость строительства определяется сметой.

Смета является основным экономическим документом, который характеризует пределы допустимых затрат на сооружение и запуск в работу объекта. Обычно в сметах определяются денежные, материальные и трудовые затраты, которые необходимы для завершения всего объема работ. В смете отражается окончательная и предельная стоимость реализации объекта.

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 экономического обоснования проекта.

На основе вышеизложенного заказчик заключает договор с проектной организацией на проектирование электроснабжения предприятия. Заказчик выдает проектной организации задание, которое содержит:

- Генеральный план предприятия;
- Расположение источника питания;
- Сведения об электрических нагрузках;
- План размещения электро-приемников в цехах и на участках предприятия;
- Площадь корпусов и всей территории предприятия.

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.

1.1 Смета затрат на проектирование

Исходные данные для сметно-финансового отчета были взяты на основе укрупненных показателей стоимости элементов электроснабжения, кроме того, была использована справочная литература по электроснабжению промышленных предприятий. Расчет произведен в ценах 2011 года.

Участие в проектировании Угольного завода принимают участие четыре инженерно-технических работника:

- руководитель проектной организации;
- ведущий инженер проектировщик;
- три инженера проектировщика.

Норма оплаты труда вышеперечисленных работников приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

Данные окладов работников проектной организации

Должность	Тарифный разряд	Тарифный коэффициент	Должностной оклад
1	2	3	4
Руководитель проектной организации	14	6,51	19075
Ведущий инженер проектировщик	12	5,1	11160
Инженер проектировщик	10	3,99	9127

В период проектирования всеми работниками проектной организации работа ведется согласно своим должностным инструкциям и обязанностей. Работа распределяется руководителем проектной организации между работниками.

Распределение работ при проектировании электроснабжения Угольного завода представлено в таблице 1.1.2.

Таблица 1.1.2.

Распределение обязанностей работников проектной организации при выполнении проекта

№ п/п	Наименование вида работ	Ответственный исполнитель	Сроки производства работ
1	ТЭО. Распределение работ	Руководитель ПО	3 дня
2	Определение электрических нагрузок напряжением до и выше 1000В.	Руководитель ПО	16 дней
3	Составление пояснительной записки	Руководитель ПО	7 дней
4	Выбор оптимального напряжения и схемы внешнего электроснабжения	Ведущий инженер ПО	3 дня
5	Выбор внутризаводской схемы электроснабжения	Ведущий инженер ПО	4 дня
6	Расчет токов короткого замыкания в эл. установках до и выше 1000В	Ведущий инженер ПО	11 дней
7	Расчет релейной защиты. Составление карты селективности	Ведущий инженер ПО	16 дней
8	Выбор основного оборудования	1-й инженер проектировщик	4 дня
9	Измерение и учет электроэнергии	1-й инженер проектировщик	11 дней
10	Расчет освещения	1-й инженер проектировщик	16 дней
11	Заключение к проекту	2-й инженер проектировщик	5 дней
12	Чертежные работы	2-й инженер проектировщик	7 дней
13	Выбор оборудования ОРУ – 110кВ	2-й инженер проектировщик	4 дня
14	Расчет отклонений напряжения и зануления	3-й инженер проектировщик	16 дней
15	Сметно-финансовый расчет системы электроснабжения	3-й инженер проектировщик	21 дней
16	Чертежные работы	3-й инженер проектировщик	6 дней

На основе таблицы 9.1.4 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ 2в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 9.4 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

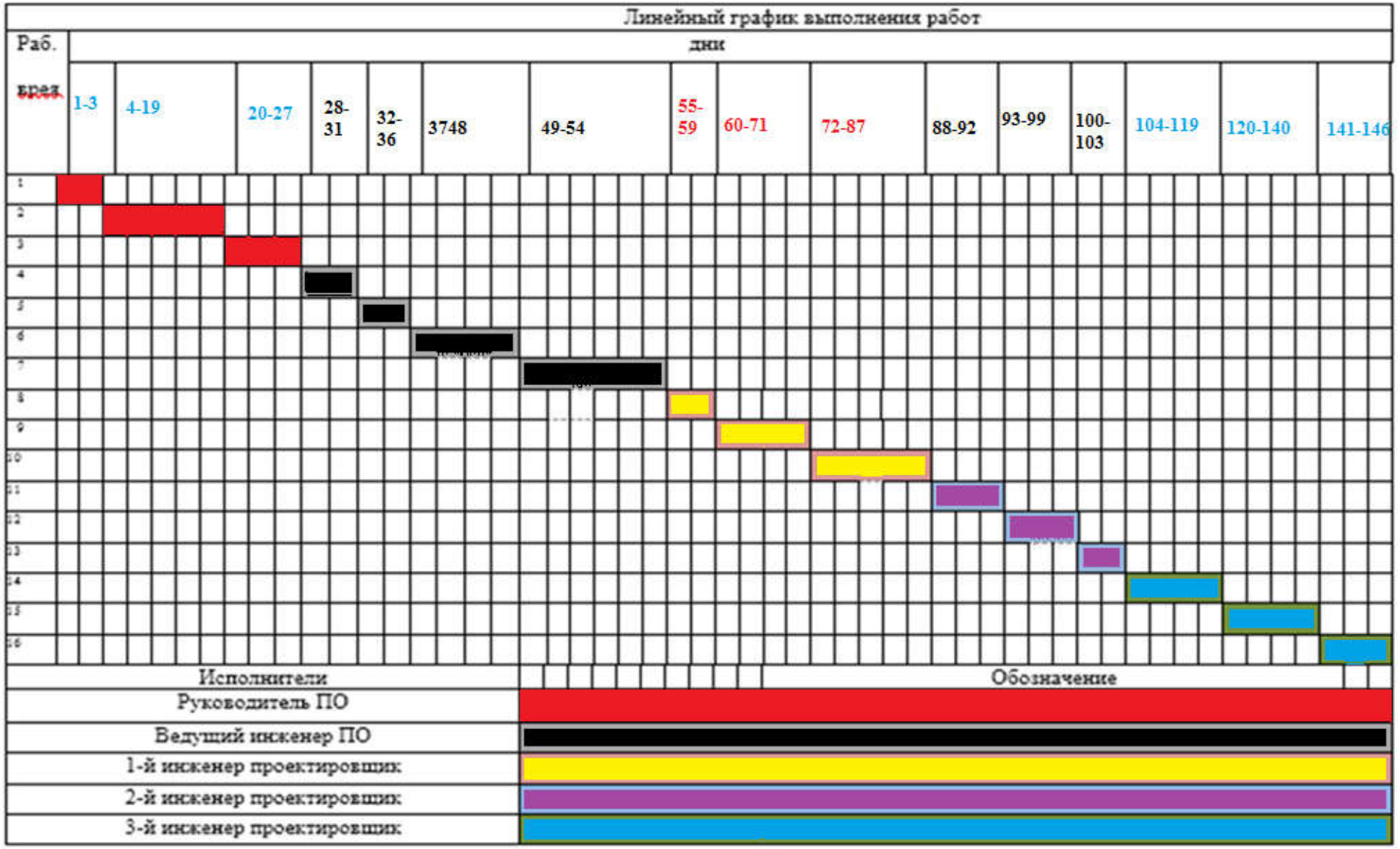


Таблица 1.1.4 -Линейный график выполнения работ

1.2 Заработная плата исполнителей проекта

Рассчитаем фонд заработной платы за отработанное время проектирования с учетом районного коэффициента и коэффициента за качество проектирования:

Руководитель: (количество 1 человек)

$$ЗП_{Р} = \frac{18075}{21} \cdot 23 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 28308,89 руб.$$

Ведущий инженер: (количество 1 человек)

$$ЗП_{ВИ} = \frac{11160}{21} \cdot 30 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 22798,28 руб.$$

Инженер проектировщик: (количество 3 человека)

$$ЗП_{ИП} = \frac{9127}{21} \cdot 81 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 50341,92 руб.$$

Где:

21 – количество рабочих дней в месяце;

138 – время проектирования (дни);

1,3 – районный коэффициент;

1,1 – коэффициент за качество проектирования.

Итого по расчетам имеем:

Зарплата основных исполнителей – 101449,09 руб.

Зарплата работников оформления 11,1% от п.1 – 111593,999 руб.

Зарплата технического руководства 18% от п.1 – 20086,919руб.

Итого: заработная плата – 233130,00

Материальные затраты 10% от п.4 – 2331,3 руб.

Прочие затраты 20% от п.4 – 4662,6 руб.

Накладные расходы 16% от п.4 – 37300.8 руб.

Отчисления на социальные нужды 30,2 от п.4 – 70405,26 руб.

Итого: стоимость проекта – 114699,16 руб.

1.3 Смета затрат на электрооборудование

Расчет капитальных затрат на приобретение и монтаж энергетического оборудования, заложенного в проекте.

Капитальные вложения на электроснабжение – это в первую очередь стоимость основного силового оборудования (трансформаторы, выключатели, кабельные линии), стоимость строительных и монтажных работ, а также накладные расходы.

Расчеты по разделу произведены на основе укрупненных показателей стоимости элементов энергоснабжения, кроме того, была использована справочная литература по электроснабжению промышленных предприятий и сайты в сети интернет.

Расчет капитальных затрат представим в виде таблицы – 1.3.

Таблица 1.3.

Расчет капитальных затрат

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во штук	Сметная стоимость единицы		Общая стоимость	
			Оборуд.	Монтаж	Оборуд.	Монтаж
ОРУ -110кВ.						
1	**Выключатель ВВУ-110-40/2000**	2	1212	339,36	2424	678,72
2	**Разъединитель РДЗ-110/1000**	6	92,5	25,9	555	155,4
4	**Трансформатор ТДН-10000/110**	2	3788,6	1060,8	7577,2	2121,6
5	**Трансформатор тока ТФЗМ-110Б**	6	34,6	9,7	207,6	58,2
6	**Тр-тор напряжения ЗНОМ-110**	6	44,8	12,5	268,8	75
ЗРУ – 10кВ.						
8	**Тр-тор напряжения НТМИ-10**	2	198,7	55,63	794,8	222,52
	Тр-тор тока ТФЗМ-110Б	2				
9	**Разъединитель**	2				

	РДЗ-110/1000					
9	**Выключатель ВВУ-110-40/2000**	2	321,6	90,1	3859,2	1081,2
РУ – 10 кв						
12	**Выключатель Выключатель ВЭ-10-20/1250**	33	287,3	80,44	9480,9	2654,52
Трансформаторные подстанции						
13	Трансформатор ТМ-1600	5	184,6	51,688	2953,6	827,01
14	Выключатель ВА74-48	2	107,13	29,99	214,26	59,98
15	Выключатель ВА57-35	9	75,35	21,098	150,7	42,196

Стоимость монтажных работ энергетического оборудования составляет 28% от стоимости самого оборудования.

Стоимость неучтенного оборудования составляет 20% от стоимости учтенного основного оборудования:

$$К_{Н.Об} = 0,2 \cdot 42649,16 = 8529,83 тыс.руб.$$

Стоимость монтажных работ неучтенного оборудования:

$$К_{М.Н.Об} = 0,2 \cdot 11941,764 = 2388,35 тыс.руб.$$

Транспортно-заготовительные расходы при доставке оборудования составляют 8% от непосредственной стоимости всего учтенного и неучтенного оборудования:

$$К_{тр.р} = 0,8 \cdot (К_{об} + К_{н.об}) = 0,8 \cdot (42649,16 + 8529,83) = 4094,32 тыс.руб.$$

Общая стоимость оборудования:

$$\sum К_{об} = К_{об} + К_{м.об} + К_{т.р} =$$
$$= 42649,16 + 8529,83 + 4094,32 = 55273,31 тыс.руб.$$

Общая стоимость строительно- монтажных работ и пусконаладочных работ:

$$\sum К_{м} = К_{м.об} + К_{м.н.об} = 11941,764 + 2388,35 = 14330,114 тыс.руб.$$

Итого капитальные затраты:

$$К_{м.об} = \sum К_{об} + \sum К_{м} = 55273,31 + 14330,114 = 69603,424 тыс.руб.$$

Полные капитальные затраты на монтаж электрооборудования Цинкового завода составляют:

$$К = К_{м.об} + К_{пр} = 69603,424 + 904,512 = 70507,936 тыс.руб.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы было осуществление электроснабжения всех электроприёмников арматурного цеха завода железобетонных конструкций и всего предприятия в целом. Первым этапом для достижения цели было определение расчетной электрической нагрузки цеха «методом упорядоченных диаграмм», то есть методом коэффициента спроса и коэффициента максимума и определение расчетной нагрузки предприятия в целом, определяемая, по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

По расчетным нагрузкам цехов была построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия. Со смещением от центра электрических нагрузок в сторону ЛЭП, питающей предприятие, была установлена главная понизительная подстанция предприятия. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора марки ТДН 110/110. На стороне 110 кВ принята схема в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. На стороне 10 кВ принята одинарная секционированнаясистема шин, с устройством АВР, оборудование установлено в закрытом помещении. Электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП 110 кВ.

Далее было определено число и мощность цеховых трансформаторов. Номинальная мощность цеховых трансформаторов принята равной 1600 кВА, минимальное расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно десяти. С учетом выбранного числа цеховых трансформаторов был произведен расчет и выбор компенсирующих устройств.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполнена трёхжильными кабелями с алюминиевыми жилами марки АПвВнг, с прокладкой по траншеям.

Следующим этапом было осуществление электроснабжения цеха. Электроприемники цеха запитываются от распределительных шкафов четырехжильными кабелями с алюминиевыми жилами марки АВВГ, с прокладкой по лоткам. Защита электроприемников и кабельных линий осуществляется автоматическими выключателями марки ВА.

Карта селективности, построенная по результатам выбора аппаратов защиты показала, что селективность обеспечивается. А эпюра отклонения напряжения, построенная для максимального, минимального и послеаварийного режимов, показала, что во всех режимах работы у электроприёмников поддерживается напряжение в допустимых пределах и выбранные сечения пригодны для эксплуатации.

По проводимым в процессе расчётов проверкам, по карте селективности и по эпюрам отклонения напряжения можно сделать вывод, что данная модель электроснабжения цеха и всего предприятия в целом надёжна и пригодна к эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
2. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра, Томск, ТПУ, 2001.
4. Барченко Т.Н., Закиров Р.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту, Томск, ТПИ, 1988.
5. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев − Томск: Изд- во Томского политехнического университета, 2009.
6. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
7. Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособ. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978.
8. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.