

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пономарева Светлана Викторовна  
Должность: Проректор по УР и НО  
Дата подписания: 02.10.2023 15:44:10  
Уникальный программный ключ:  
bb52f9594



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)**

Авиационно-технологический колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 13.02.11 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
И ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ (по отраслям)**

Ростов-на-Дону  
ДГТУ  
2020 г.

УДК 629.7.02 (075.32)

Составитель: Н.И.Захаренко

Методические указания по выполнению дипломного проекта по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2023. – 32 с.

В методических указаниях представлены основные требования и рекомендации по выполнению и оформлению текстовой и графической частей дипломного проекта по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям).

Методические указания позволяют обучающимся использовать их для самостоятельного выполнения дипломного проекта в полном объеме.

Методические указания предназначены для обучающихся специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

УДК 629.7.02 (075.32)

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Научный редактор директор колледжа, к.т.н., доцент В.А.Зибров

Ответственный за выпуск председатель цикловой комиссии специальности Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям), преподаватель высшей квалификационной категории Н.И.Захаренко

---

В печать \_\_\_\_ · \_\_\_\_ · 20\_\_ г.  
Формат      Объем \_\_\_\_ усл. п.л.  
Тираж \_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_.

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный  
технический университет, 2020

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение  | 5  |
| 1 Общие положения   | 7  |
| 1.1 Требования к профессиональной подготовке специалистов                               | 7  |
| 1.2 Цели и задачи дипломного проектирования   | 8  |
| 2 Тематика, объем и содержание дипломного проекта                                       | 9  |
| 2.1 Тематика дипломного проектирования  | 9  |
| 2.2 Объем и содержание дипломного проекта   | 11 |
| 3 Структура дипломного проекта  | 11 |
| 3.1 Текстовая часть дипломного проекта  | 11 |
| 3.1.1 Титульный лист  | 12 |
| 3.1.2 Бланк задания   | 12 |
| 3.1.3 Аннотация   | 13 |
| 3.1.4 Содержание  | 14 |
| 3.1.5 Введение  | 15 |
| 3.1.6 Общая часть   | 15 |
| 3.2 Расчетно-конструкторская часть  | 15 |
| 3.2.1 Характеристика электроприемников и электропомещений                               | 16 |
| 3.2.2 Определение расчетных экономических нагрузок                                      | 18 |
| 3.2.3 Выбор номинального напряжения   | 26 |
| 3.2.4 Построение графика нагрузок и их анализ   | 27 |
| 3.2.5 Выбор места расположения главной понизительной подстанции                         | 30 |
| 3.2.6 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на ГПП                             | 33 |
| 3.2.7 Выбор схемы заводской сети, размещение подстанций и трасс линий                   | 35 |
| 3.2.8 Выбор количества цеховых трансформаторов с учетом компетенций реактивной мощности | 40 |
| 3.2.9 Выбор количества цеховых трансформаторов  | 40 |
| 3.2.10 Выбор схемы электрического соединения  | 64 |
| 3.2.11 Экономическая часть  | 76 |

3.2.11.1 Технико-экономического сравнения вариантов технологического процесса

3.2.11.2 Расчет показателей деятельности структурного подразделения (цеха)

3.2.12 Безопасность и экологичность

3.3 Графическая часть дипломного проекта

4 Оформление дипломного проекта

5 Защита дипломного проекта

5.1 Подготовка к защите дипломного проекта

5.2 Требования к докладу

5.3 Процедура защиты дипломного проекта

Заключение

6 Перечень используемых информационных источников

Приложение А Титульный лист дипломного проекта

Приложение В Задание на дипломное проектирование

## Введение

Дипломное проектирование является завершающим этапом обучения студента, заканчивающего Авиационно-технологический колледж по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям).

Цели дипломного проектирования:

1. Закрепление, расширение и углубление званий, полученных выпускниками в процессе обучения;
2. Углубленное изучение последних достижений отечественной и зарубежной науки и техники по избранной специальности;
3. Умение самостоятельно ориентироваться и решать производственно-технические задачи в реальных условиях промышленного предприятия.

Методические указания по выполнению дипломного проекта разработаны на основании следующих нормативных документов:

- Федерального закона от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 31.07.2020) "Об образовании в Российской Федерации";
- Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 декабря 2017 г. № 1196, зарегистрированного в Министерстве юстиции от 21.12.2017г. № 49356.
- Приказа Министерства Просвещения РФ от 8 ноября 2021 г. N 800 «Об утверждении порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего профессионального образования»;
- Приказа Министерства просвещения Российской Федерации от 01.09.2022г. № 796 "О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты среднего профессионального образования", зарегистрированного в Министерстве юстиции от 11.10.2022 № 70461
- Приказа ректора ДГТУ от 16.12.2020 № 242 «Правила оформления письменных работ обучающихся для технических направлений подготовки».

Для выполнения дипломного проекта могут быть использованы материалы, соответствующие разделам курсового проекта.

Дипломное проектирование может производиться:

- для реальных объектов находящихся в эксплуатации;
- для объектов, которые проектируются или реконструируются;
- научно-исследовательского характера.

Выполнение дипломного проекта способствует демонстрации уровня подготовки выпускника в плане освоения общих и профессиональных компетенций.

В методических рекомендациях изложены сведения о структуре и оформлении дипломного проекта, приводятся общие требования к техническому оформлению (от титульного листа до приложений) и составных элементов текстовой и графической части (таблиц, иллюстраций, ссылок и т.п.)

Методические указания по выполнению дипломного проекта (ДП) предназначены для обучающихся по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) базовой подготовки среднего профессионального образования.

## **1. Общие положения**

### **1.1 Требования к профессиональной подготовке специалистов**

Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) определена область профессиональной деятельности выпускников: 20 Электроэнергетика, 16 Строительство и ЖКХ, 17 Транспорт, 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности.

Техник готовится к следующим видам деятельности:

1. Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования;
2. Выполнение сервисного обслуживания бытовых машин и приборов;
3. Организация деятельности производственного подразделения;
4. Освоение одной или нескольких профессий рабочих, должностей служащих.

Формируемые компетенции по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Общие компетенции, включающие в себя способность:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

Профессиональные компетенции, соответствующие видам деятельности:

ВД – Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования:

ПК 1.1. Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования;

ПК 1.2. Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования;

ПК 1.3. Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования;

ПК 1.4. Составлять отчетную документацию по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования.

ВД – Выполнение сервисного обслуживания бытовых машин и приборов:

ПК 2.1. Организовывать и выполнять работы по эксплуатации, обслуживанию и ремонту бытовой техники;

ПК 2.2. Осуществлять диагностику и контроль технического состояния бытовой техники;

ПК 2.3. Прогнозировать отказы, определять ресурсы, обнаруживать дефекты электробытовой техники.

ВД – Организация деятельности производственного подразделения:

ПК 3.1. Участвовать в планировании работы персонала производственного подразделения;

ПК 3.2. Организовывать работу коллектива исполнителей;

ПК 3.3. Анализировать результаты деятельности коллектива исполнителей.

## **1.2 Цели и задачи дипломного проектирования**

В современных условиях предъявляются высокие требования к знаниям и умениям выпускника образовательного учреждения среднего профессионального образования, который должен не только знать и выполнять виды деятельности, предусмотренные Федеральным Государственным образовательным стандартом, но и анализировать производственные ситуации и находить правильное решение.

Дипломный проект является самостоятельной работой будущего техника, направленной на решение задач в области совершенствования технологии, организации производства и улучшения технико-экономических показателей работы участка, цеха, предприятия.

Целью дипломного проектирования обучающихся является применение теоретических знаний, полученных в процессе обучения, использование практического опыта работы на предприятиях, при прохождении производственной практики (по профилю специальности), для решения профессиональных задач.

Основными задачами выполнения дипломного проекта по специальности Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования являются:

- самостоятельное определение проблемной ситуации;
- раскрытие содержания и направлений исследований, проводившихся по выбранной тематике;
- систематизация теоретических знаний по исследуемой проблеме за счет поиска новых источников, инновационных подходов и моделей, используемых в практике;
- использование современных прогностических исследований с целью большей обоснованности собственных суждений и предположений;
- анализ собранного теоретического и фактического материала;
- самостоятельная работа с нормативной, учебной, научной, периодической литературой;
- правильное использование и интерпретация заимствованных мыслей и идей, цитирование;
- предложение альтернативных моделей решения проблем, выдвижение гипотез;
- применение современных методик решения практических задач, поставленных в дипломном проекте;
- описание хода и результатов проведенных исследований в виде расчетов, эскизов, графиков, таблиц, диаграмм;
- обоснование практической направленности проектных предложений, разработанных дипломником, направленных на повышение эффективности выбранной деятельности на конкретных примерах;
- обоснование проекта с экономической точки зрения.

## **2. Тематика, содержание и объем дипломного проекта**

### **2.1 Тематика дипломного проекта**

Темы дипломных проектов разрабатываются преподавателями междисциплинарных курсов в рамках профессиональных модулей и рассматриваются на заседании методической цикловой комиссии

профессионального цикла специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям).

Примерная тематика дипломных проектов должна соответствовать содержанию следующих модулей, представленных в таблице 1

Таблица 1 – Примерная тематика дипломных проектов

| Тема дипломного проекта  | Наименование профессиональных модулей, отражаемых в проекте  |
|--|--|
| Расчет и организация работ по техническому обслуживанию и ремонту электропривода общепромышленных машин      | ПМ.01 Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования<br>ПМ.02 Выполнение сервисного обслуживания бытовых машин и приборов<br>ПМ.03 Организация деятельности производственного подразделения<br>ПМ.05 Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих |
| Расчет и организация работ по техническому обслуживанию и ремонту электропривода транспортных машин          |  |
| Расчет и организация работ по техническому обслуживанию и ремонту электропривода поточно-транспортных систем |  |
| Расчет и организация работ по техническому обслуживанию и ремонту электропривода обрабатывающих установок    |  |
| Проектирование и расчет системы освещения производственного помещения  |  |
| Расчет и организация работ по техническому обслуживанию и ремонту электропривода бытовых машин               |  |

Закрепление за выпускниками тем дипломных проектов осуществляется на основании заявления обучающегося о выборе темы и руководителя дипломного проекта, а так же назначение руководителей и консультантов оформляется приказом директора колледжа.

По утвержденным темам руководители дипломных проектов разрабатывают индивидуальные задания для каждого выпускника.

Дипломные проекты по специальности Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) могут производиться:

- для реальных объектов, находящихся в эксплуатации;
- для объектов, которые проектируются или реконструируются;
- научно – исследовательского характера.

Тема дипломного проекта является индивидуальной и не может быть повторена другими обучающимися.

## 2.2 Содержание и объем дипломного проекта

По структуре дипломный проект состоит из теоретической и графической части.

В теоретической части дается теоретическое и расчетное обоснование принятых в проекте решений. В графической части принятые решения должны быть представлены в виде чертежей, схем, графиков, таблиц, презентаций. Структура и содержание теоретической и графической части проекта определяются заданием.

Ориентировочный объем отдельных частей проекта должен быть следующим:

1. Графическая часть — 3-4 листа формата А1.
2. Текстовая часть — 45..60 стр. формата А4.

Текстовая часть дипломного проекта должна быть составлена кратко, но при этом содержать все необходимые расчеты, пояснения и иллюстрации.

Все расчеты должны сопровождаться эскизами, схемами и ссылками на информационные источники, из которых заимствованы расчетные формулы, коэффициенты и другие данные с указанием страниц, таблиц или карт.

Текст должен быть увязан с графической частью работы и иметь ссылки на соответствующие номера листов.

Содержание графической части работы должно дать достаточно полное и ясное представление о технологических решениях. Чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД. Выбор соответствующего формата чертежа должен обеспечивать достаточно полное его заполнение (около 70% поля чертежа).

### **3. Структура дипломного проекта**

#### **3.1 Текстовая часть дипломного проекта**

Структурными элементами дипломного проекта являются:

- титульный лист;
- бланк задания;
- аннотация;
- содержание;
- введение;
- разделы основной части (технологическая часть);
- дополнительный раздел «Экономическая часть»;
- дополнительный раздел «Безопасность и экологичность проекта»;
- заключение;
- перечень использованных информационных ресурсов;
- приложения (при необходимости);

### 3.1.1 Титульный лист

Титульный лист (приложение А) является первой страницей текстовой части дипломного проекта, на котором приводятся следующие сведения:

- наименование министерства, наименование вуза, наименование колледжа;
- наименование вида работы обучающегося;
- наименование темы (размер – 12, прописными буквами, без точки в конце и переноса слов);
- код и наименование направления подготовки (специальности);
- обозначение письменной работы обучающегося;
- шифр группы;
- инициалы, фамилия обучающегося;
- должность, инициалы, фамилия руководителя ДП;
- должность, инициалы, фамилия нормоконтролера ДП;
- город и год.

### 3.1.2 Бланк задания

В задании (приложение Б) руководитель указывает исходные данные для выполнения ДП обучающегося, приводит краткое содержание работы: введения, разделов основной части текстовой части, заключения; приводит перечень графического, расчетного и т.п. материалов.

На титульном листе и бланке задания наименование темы заключают в кавычки и пишут прописными буквами, гарнитурой шрифта Times New Roman, размер - 12, без точки в конце и переносов.

Задание должно быть связано с заводом конкретной отрасли промышленности.

В качестве исходных данных для рассматриваемого дипломного проекта служит:

1. генплан предприятия с наименованием цехов;
2. характеристика потребителей на напряжение 0,4 кВ и выше 1000 В;
3. характеристика источников питания завода.

В дипломном проекте должны быть решены следующие вопросы:

- описание технологии производства заданного промышленного предприятия и определение степени бесперебойности потребителей в цехах;
- определение расчетных нагрузок цехов;
- выбор количества и мощности цеховых трансформаторов;

- расчет компенсации реактивной мощности в сети 0,4 кВ и уточнение мощности цеховых трансформаторов;
- определение расчетных нагрузок в целом по заводу, цеху;
- построение картограммы нагрузок завода;
- определение места расположения ГПП, РП и цеховых трансформаторных подстанций;
- выбор количества и мощности трансформаторов на ГПП;
- выбор схемы электроснабжения завода до шин 0,4 кВ цеховых трансформаторов с технико-экономическим обоснованием;
- расчет компенсации реактивной мощности в целом по заводу, цеху и уточнение мощности трансформаторов на ГПП;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор оборудования на ГПП и РП;
- выбор сечения сетей напряжением выше 1000В и способа их прокладки;
- расчет показателей качества электроэнергии;
- выбор вида релейной защиты для всех элементов схемы электроснабжения и расчет релейной защиты для одного из элементов;
- выбор видов учета и измерения расходов электроэнергии;
- разработка мероприятий по энергосбережению;
- экономический раздел проекта;
- раздел «Безопасность и экологичность»;
- основные показатели проекта;
- список использованной литературы.

### **3.1.3 Аннотация**

Аннотация дипломного проекта оформляется без рамки на листе белой бумаги формата А4 и размещается в текстовой части перед содержанием, номер страницы на аннотации не проставляется.

Аннотация должна отражать тему проекта, ее краткую характеристику работы и цели, полученные результаты и их новизну, сведения об объеме текстового материала (количество страниц), количество рисунков, таблиц, приложений, использованных информационных ресурсов, графического и др. материала.

Аннотация должна быть составлена на русском и английском языке (перевод может быть осуществлен с использованием on-line переводчика).

Объем аннотации на одном языке должен составлять не более 1 страницы печатного текста.

### **3.1.4 Содержание**

В элементе «Содержание», который начинают с нового листа приводят порядковые номера и заголовки всех структурных элементов («Введение», «Заключение», «Перечень использованных информационных ресурсов»).

Для удобства оформления элемента «Содержание» в текстовом редакторе рекомендуется использовать скрытую таблицу, состоящую из двух граф. При использовании таблицы, выравнивание в графе с наименованиями разделов и подразделов производится по левому краю. При этом после заголовка каждого из указанных структурных элементов ставят отточие, а затем приводят номер страницы.

Примерное содержание текстовой части дипломного проекта:

Введение:

Во введении необходимо: изложить актуальность выбранной темы, цель и задачи дипломного проекта, теоретическую и практическую значимость проекта, структуру проекта.

Наименование и краткое содержание разделов:

1 Общая часть

1.1 Характеристика цеха обработки корпусных деталей, электрических нагрузок и его технологического процесса

1.2 Классификация помещений по взрыво – , пожаро – , электробезопасности

2 Расчетно-конструкторская часть

2.1 Выбор схемы электроснабжения

2.2 Расчет электрических нагрузок цеха обработки корпусных деталей

2.3 Выбор числа и мощности питающих трансформаторов

2.4 Расчет и выбор компенсирующего устройства

2.5 Выбор освещения

2.6 Расчет электрического освещения

2.7 Расчет и выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения

2.8 Расчет заземляющего устройства электроустановок

2.9 Принципиальная электрическая схема управления электроприводом сверлильного станка

3 Организация технической эксплуатации электрооборудования

4 Экономическая часть

5 Охрана труда и окружающей среды

Заключение должно содержать краткие выводы, оценку преимуществ предложенных решений.

Перечень графического и иллюстративного материалов:

1. План размещения и электроснабжения электрооборудования участка цеха обработки корпусных деталей (Формат А1)

2. План размещения и электроснабжения осветительных установок участка цеха обработки корпусных деталей (Формат А1)

3. Принципиальная электрическая схема управления электроприводом сверлильного станка (Формат А1)

4. График планово - предупредительного ремонта электрооборудования цеха обработки корпусных деталей (Формат А1)

### **3.1.5 Введение**

Введение отражает основные направления развития энергетики на данный момент времени. От материала общего назначения необходимо перейти к значимости темы дипломного проекта раскрыть актуальность и значение темы, сформировать цель проекта. По объему введение занимает примерно 1 страницу.

### **3.1.6 Общая часть**

На основе данных темы создается представление о проектируемом объекте,

- о его назначении и характере технологического процесса;
- дается краткая характеристика электроприёмников, обеспечивающих технологический процесс: по режиму работы, роду тока, питающему напряжению;
- дается характеристику окружающей среде отдельных цехов и предприятия в целом.

## **3.2 Расчетно-конструкторская часть**

При проектировании электроснабжения промышленного предприятия необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- определение электрических нагрузок по группам приемников, цехам и предприятию в целом;
- выбор рационального напряжения питающей сети;
- выбор числа, мощности и типа силовых трансформаторов главной понизительной подстанции (ГПП) и цеховых подстанций;
- выбор места расположения ГПП и цеховых ТП;
- компенсация реактивной мощности;
- выбор схемы электроснабжения предприятия;
- выбор сечения сетей до и выше 1000В;
- выбор схемы электрических соединений ГПП или ГРП;
- технико-экономическое сравнение вариантов;

В текстовой части показывается расчет только различающихся нагрузок, а остальные рассчитываются аналогично, результаты расчетов сводятся в таблицы.

### 3.2.1 Характеристика электроприёмников и электропомещений

Электроприемником называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии [ПУЭ].

Электроприемники классифицируются по следующим признакам:

- напряжению (до 1000 В и свыше 1000 В);
- роду тока (переменного тока промышленной частоты, постоянного и переменного тока частотой, отличной от 50 Гц), его частоте (промышленная 50 Гц, повышенная и пониженная);
- единичной мощности;
- надежности электроснабжения;
- режиму работы (продолжительный, кратковременный, повторно-кратковременный);
- технологическому назначению (общепромышленные установки, производственные механизмы, подъемно-транспортное оборудование, преобразовательные установки, электросварочное оборудование, электронагревательные и электролизные установки);
- производственным связям;
- территориальному размещению;

Характеристика помещений согласно ПУЭ 1.15-1.1.13:

- Электропомещения — помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного персонала;
- Сухие помещения — помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60 % (нормальные);
- Влажные помещения — в которых относительная влажность воздуха более 60% , но не превышает 75 %;
- Сырые помещения — в которых относительная влажность воздуха превышает 75%;
- Особо сырые помещения — помещения, в которых относительная влажность близка к 100%;
- Жаркие помещения — в которых под воздействием тепловых излучений температура постоянно или периодически (более 1 суток) превышает + 35 С (помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные);
- Пыльные помещения — по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать

внутри машин, аппаратов. Они делятся на помещения с токопроводящей пылью и на помещения с нетокопроводящей пылью;

– Помещения с химически активной или органической средой — помещения в которых постоянно или в течении длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Категории надежности электроснабжения

От правильного выбора категорий электроприёмников по степени бесперебойного питания для конкретного технологического производства во многом зависит выбор надёжной схемы электроснабжения, обеспечивающей в условиях эксплуатации минимальные затраты.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории (ПУЭ 1.2.17-1.2.20)

Электроприемники 1 категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб народному хозяйству; повреждение основного оборудования, массовый брак продукции. Они должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Перерыв питания при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания. (насосы, вентиляторы, компрессора, воздуходувки, технологическое оборудование предприятий нефтехимической промышленности, некоторые уникальные металлообрабатывающие станки, дуговые печи).

Из приемников первой категории выделяется «особая» группа, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования (насосы, компрессора, вентиляторы для химической промышленности, вакуумные электрические печи для выплавки высококачественных сталей, подъемно-транспортное оборудование).

Для электроснабжения особой группы должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

Электроприемники 2 категории – это электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта. Для них допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Электроприемники 2 категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившегося трансформатора за время не более 1 суток допускается питание электроприемников 2 категории от одного трансформатора.

Допускается питание электроприемников 2 категории по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей. (Электроприемники 2 категории надежности : электропривод технологических механизмов, электролизные установки, электросварочное оборудование, печи сопротивления, индукционные печи, подъемно-транспортное оборудование, электроосветительные установки)

Электроприемники 3 категории – все остальные электроприемники, не подходящие под определение 1 и 2 категорий. Перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента систем электроснабжения, не превышают 1 суток.

При определении категоричности следует помнить, что на всех предприятиях к 1-й категории относят противопожарные насосы и аварийное освещение.

Данные о классификации электроприемников предприятия заносятся в таблицу 2

Таблица 2 – Характеристика потребителей электрической энергии

| № цеха на плане | Наименование              | Категория электроприемника по надежности электроснабжения | Характеристика производственной среды |
|-----------------|---------------------------|---|---------------------------------------|
| 7               | Ремонтно-механический цех | III   | Нормальная                            |

### 3.2.2 Определение расчетных электрических нагрузок

Электрические нагрузки рассчитываются в связи с необходимостью выбора количества и мощности трансформаторов, проверки токоведущих элементов по нагреву и потери напряжения, правильного выбора защитных устройств и компенсирующих установок. Все расчеты сводятся в таблице 3.

Таблица 3 – Определение расчетных нагрузок завода

| № на плане                   | Наименование цеха  | Силовая нагрузка      |                |       |      |                       |                        | Осветительная нагрузка   |  |                           |                |                           |                             | Силовая и осветительная нагрузки         |  |            |      |
|------------------------------|--|-----------------------|----------------|-------|------|-----------------------|------------------------|--------------------------|--|---------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|--|--|------------|------|
|                              |  | P <sub>н</sub><br>кВт | k <sub>с</sub> | cos φ | tgφ  | P <sub>р</sub><br>кВт | Q <sub>р</sub><br>кВАр | F(ахb)<br>м <sup>2</sup> | P <sub>удосв.</sub><br>Вт/м <sup>2</sup> | P <sub>н.осв</sub><br>кВт | K <sub>с</sub> | P <sub>р.осв</sub><br>кВт | Q <sub>р.осв.</sub><br>квар | P <sub>р</sub> +P <sub>р.ос</sub><br>кВт | Q <sub>р</sub> +<br>Q <sub>р.осв</sub> | Sp,<br>кВА |      |
|                              |  |                       |                |       |      |                       |                        |                          |  |                           |                |                           |                             |  | квар                                   |            |      |
| <b>Нагрузка 0,4 кВ</b>       |  |                       |                |       |      |                       |                        |                          |  |                           |                |                           |                             |  |  |            |      |
| 1                            | Сборочный цех  | 5870                  | 0,4            | 0,7   |      | 1,02                  | 2348                   | 2395                     | 22500                                    | 16,0                      | 360            | 0,95                      |                             |  | 342                                    | 2690       |      |
| 2                            | Компрессорная станция  | 6540                  | 0,4            | 0,7   |      | 1,02                  | 2616                   | 2668                     | 28000                                    | 16,0                      | 448            | 0,95                      |                             |  | 426                                    | 3042       |      |
| 3                            | Литейный цех   | 4560                  | 0,4            | 0,7   |      | 1,02                  | 1824                   | 1861                     | 12320                                    | 16,0                      | 197            | 0,95                      |                             |  | 187                                    | 2011       |      |
| 4                            | Освещение территории   | 280                   | 0,8            | 0,9   |      | 0,48                  | 224                    | 108                      | 2464                                     | 19,5                      | 48             | 0,95                      |                             |  | 46                                     | 270        |      |
|                              | <b>Итого по низкой стороне (P<sub>н.нн.</sub>, P<sub>р.нн.</sub>, Q<sub>р.нн.</sub>, P<sub>н.осв.</sub>, P<sub>р.осв.</sub>, Q<sub>р.осв.</sub>)</b> | 12540                 |                |       |      |                       | 5156                   | 5108                     |  |                           |                | 504                       | 108                         | 5592                                     |  | 5216       | 7647 |
| <b>Потребители 6 - 10 кВ</b> |  |                       |                |       |      |                       |                        |                          |  |                           |                |                           |                             |  |  |            |      |
| 2                            | Компрессорная станция, СД-6 кВ   | 1290                  | 0,8            | 0,9   | 0,48 | 1032                  | -495                   |                          |  |                           |                |                           |                             | 1032                                     | -495                                   |            |      |
|                              | <b>Итого по высокой стороне (P<sub>н.вн.</sub>, P<sub>р.вн.</sub>, Q<sub>р.вн.</sub>, S<sub>р.вн.</sub>)</b>   | 1290                  |                |       |      | 1032                  | -495                   |                          |  |                           |                |                           |                             | 1032                                     | -495                                   | 1145       |      |
|                              | <b>Потери в трансформаторах и линиях (ΣΔP, ΣΔQ)</b>  |                       |                |       |      |                       |                        |                          |  |                           |                |                           |                             | 229                                      | 765                                    |            |      |
|                              | <b>Нагрузка предприятия (P<sub>р.г.</sub>, Q<sub>р.г.</sub>, S<sub>р.г.</sub>)</b>   | 13830                 |                |       |      |                       |                        |                          |  |                           |                |                           |                             | 5683                                     | 4563                                   | 7288       |      |

## Расчет нагрузки электроприемников напряжением до 1000 В

Расчетная нагрузка предприятия  $P_p$  (кВт) определяется методом установленной мощности и коэффициента спроса по формуле 1:

$$P_p = K_c \cdot P_n, \quad (1)$$

где:  $K_c$  — средний коэффициент спроса для приемников, учитывающий неодновременность включения, неравномерность загрузки, к.п.д. потребителей.

Значения коэффициента спроса зависят от технологии производства (прил. Б табл. Б1, Б2) и приводятся в отраслевых инструкциях и справочниках.

$P_n$  — суммарная установленная мощность всех приемников цеха, кВт.

Расчетная реактивная нагрузка  $Q_p$  (кВАр) определяется по формуле 2:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

где:  $\operatorname{tg} \varphi$  — коэффициент реактивной мощности для электроприемников данного цеха (прил. Б табл. Б3).

## Расчет нагрузки электрического освещения

В качестве источников электрического света на промышленном предприятии используются газоразрядные лампы и лампы накаливания.

Номинальная мощность осветительных приемников цеха  $P_{н.осв.}$  (кВт) определяется по формуле 3:

$$P_{н.осв.} = P_{уд.осв.} \cdot F \quad (3)$$

где:  $P_{уд.осв.}$  — удельная нагрузка осветительных приемников (ламп) Вт/м<sup>2</sup>;

$F$  — площадь пола цеха, определяемая по генплану, м<sup>2</sup>.

Значения мощности заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Значения удельной мощности электрического освещения

| Объект или цех                   | $P_{уд.осв.}$ , Вт / м <sup>2</sup> | $P_{авар.}$ в % от $P_{общ.}$ |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Механические или механосборочные | 9-11                                | 6                             |
| Термические                      | 8-9                                 | 6                             |
| Кузнечно-прессовые               | 10-12                               | 10                            |
| Деревообрабатывающие             | 13-14                               | 6                             |
| Литейные                         | 10-11                               | 10                            |
| Насосные и компрессорные         | 8-9                                 | 10                            |
| Главные материальные склады      | 7                                   | 5                             |
| Котельные                        | 8-9                                 | 10                            |
| Склады                           | 5-6                                 | 5                             |
| Бытовые помещения                | 12                                  | 10                            |
| Заводоуправления                 | 15                                  | 10                            |
| Территория                       | 0,12                                | 1-2                           |

Расчетные нагрузки осветительных приемников цеха  $P_{p.осв.}$  (кВт) рассчитываются по формуле 4:

$$P_{p.осв.} = P_{н.осв.} \cdot K_c, \quad (4)$$

где:  $P_{н.осв.}$  — установленная мощность приемников освещения, кВт;

$K_c$  — средний коэффициент спроса для осветительных приемников.

Коэффициенты спроса для расчета нагрузок рабочего освещения в питающей сети приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициенты спроса для осветительных нагрузок

| Характеристика потребителей  | Коэффициент спроса |
|--|--------------------|
| Мелкие здания производственного характера                            | 1                  |
| Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений | 0,85               |
| Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов     | 0,95               |
| Проектные и конструкторские организации                              | 0,85               |
| Наружное освещение   | 1                  |
| Предприятия общественного питания                                    | 0,8                |
| Предприятия бытового обслуживания                                    | 0,8                |
| Управления   | 0,7                |
| Складские помещения  | 0,6                |

Лампы накаливания на предприятиях в основном используются в качестве аварийного освещения, которое служит для временного продолжения работы или эвакуации людей из помещения при внезапном отключении рабочего освещения.

Газоразрядные лампы на предприятии используются как основные источники света, обеспечивая нормальную работу производства

Расчетная реактивная нагрузка освещения  $Q_{p.осв.}$  (кВАр) определяется по формуле 5:

$$Q_{p.осв.} = 0,75 P_{p.осв.} \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (5)$$

где:  $\operatorname{tg}\varphi$  — коэффициент реактивной мощности источников света.

Для ламп накаливания:  $\operatorname{tg}\varphi = 0$ ; для газоразрядных ламп  $\operatorname{tg}\varphi = 0,33$ .

Полная расчетная мощность нагрузки низшего напряжения рассчитывается по формуле 6:

$$S_{p.н.н.} = \sqrt{(\sum P_{p.н.н.} + \sum P_{p.осв.})^2 + (\sum Q_{p.н.н.} + \sum Q_{p.осв.})^2} \quad (6)$$

*Пример: Установленная мощность сборочного цеха составляет*

$$P_n = 5870 \text{ кВт, площадь цеха } F = 22500 \text{ м}^2.$$

*В качестве источников света используются газоразрядные лампы.  
Расчётная активная мощность цеха составит:*

$$P_{p.лн} = P_H \cdot k_c = 5870 \cdot 0,4 = 2348 \text{ [кВт]},$$

*где  $K_c$  – средний коэффициент спроса для электроприемников сборочного цеха.*

*Расчётная реактивная мощность цеха:*

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 2348 \cdot 1,02 = 2395 \text{ [кВАр]},$$

*Номинальная активная мощность освещения цеха определяется по формуле:*

$$P_{H.осв.} = \frac{F \cdot P_{уд.осв.}}{1000} = \frac{22500 \cdot 11}{1000} = 248 \text{ [кВт]},$$

*где  $P_{уд.осв.}$  – удельная мощность освещения Вт / м<sup>2</sup> (таблица 4).*

*Расчётная активная мощность освещения цеха:*

$$P_{p.осв.} = k_{c.осв.} \cdot P_{H.осв.} = 0,95 \cdot 248 = 235 \text{ [кВт]},$$

*где  $k_{co}$  – коэффициент спроса приемников освещения (таблица 5).*

$$Q_{p.осв.} = 0,75 P_{p.осв.} \operatorname{tg} \varphi = 0,75 \cdot 235 \cdot 0,33 = 58,1 \text{ квар}$$

*Полная расчётная мощность цеха определяется:*

$$\begin{aligned} S_{p.лн.} &= \sqrt{(P_{p.лн.} + P_{p.осв.})^2 + (Q_{p.лн.} + Q_{p.осв.})^2} = \\ &= \sqrt{(2348 + 235)^2 + (2395 + 58)^2} = 3562 \text{ [кВА]} \end{aligned}$$

*Для ориентировочной оценки мощности силового трансформатора цеха определяем удельная плотность нагрузки цеха по формуле:*

$$P_{уд} = \frac{P_p + P_{PO}}{F} = \frac{2583}{22500} = 0,12 \text{ [кВт/м}^2\text{]}$$

*Данные расчетов сводятся в таблице 3*

## Расчет нагрузки электроприемников напряжением выше 1 кВ

Расчетная нагрузка электроприемников напряжением выше 1 кВ, подключенных к распределительной подстанции напряжением 6 – 10 кВ, принимается равной средней мощности.

Расчетная нагрузка группы силовых приемников цеха определяется из соотношений по формулам 7 и 8.

$$P_{\text{расч.в.н.}} = \sum k_{\text{и}} P_{\text{н.вн.}}, \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$Q_{\text{расч.в.н.}} = \sum k_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном.вн}} \operatorname{tg} \varphi \quad (8)$$

Где:  $k_{\text{и}}$  — коэффициент использования электроприемника напряжением выше 1 кВ;

$P_{\text{ном.вн}}$  — активная установленная (номинальная) мощность электроприемника высшего напряжения, принимается по исходным данным;

$\operatorname{tg} \varphi$  — коэффициент реактивной мощности (прил. Г, табл. Г1).

Для синхронного двигателя СД определяется максимальная реактивная мощность  $Q_{\text{сд}}$ , которую синхронный двигатель может генерировать.

Значения реактивной мощности, которую можно получить от СД, зависят от его загрузки активной мощностью и относительного напряжения на зажимах двигателя и определяются по формуле 9:

$$Q_{\text{сд}} = \frac{k_{\text{з.реакт.}} \cdot P_{\text{ном.сд}} \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\eta_{\text{сд}}} \quad (9)$$

где  $P_{\text{ном.сд}}$  — суммарная установленная мощность группы СД;

$\operatorname{tg} \varphi$  — коэффициент реактивной мощности;

$K_{\text{з.реакт.}}$  — коэффициент наибольшей допустимой нагрузки СД по реактивной мощности;

$\eta_{\text{сд}}$  — коэффициент полезного действия СД.

При расчете суммарной реактивной нагрузки потребителей для СД, работающих с «опережающим» коэффициентом мощности  $\cos \varphi = -0,9$ , значение  $Q_{\text{сд}}$  берется со знаком минус.

*Пример: компрессорная станция 6 кВ имеет установленную мощность синхронных двигателей*

$$P_{\text{н}} = 1290 \text{ кВт}, \operatorname{tg} \varphi = -0,48.$$

Расчетная активная нагрузка группы силовых электроприемников напряжением 6 кВ определяется из соотношений:

$$P_{расч.в.н.} = \sum K_u P_n = 0,8 \times 1290 = 1032 \text{ кВт}$$

$$Q_{расч.в.н.} = P_{расч.в.н.} \times \operatorname{tg} \varphi = 1032 \times (-0,48) = -495 \text{ квар}$$

Расчет электрической нагрузки предприятия

Расчетные полная  $S_{р.п.}$ , активная  $P_{р.п.}$  и реактивная  $Q_{р.п.}$  мощности промышленного предприятия, отнесенные к шинам вторичного напряжения главной понижающей подстанции ГПП, вычисляются по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (как силовым до 1 кВ и выше  $P_{р.н.н.}$ ,  $P_{р.в.н.}$ ,  $Q_{р.н.н.}$ ,  $Q_{р.в.н.}$ , так и осветительным,  $P_{р.осв.}$ ,  $Q_{р.осв.}$  с учетом потерь мощности  $\Delta P$  в трансформаторах цеховых подстанций и цеховых сетях напряжением до 1 кВ и коэффициента одновременности максимумов силовой нагрузки  $k_m$ , определяются по формуле 10 и 11.

$$P_{р.п.} = (\sum P_{р.н.н.} + \sum P_{р.в.н.}) \cdot K_{рм} + \sum P_{р.осв.} + \sum \Delta P, \quad (10)$$

$$Q_{р.п.} = (\sum Q_{р.н.н.} + \sum Q_{р.в.н.} - \sum Q_{дс.}) K_{рм} + \sum Q_{р.осв.} + \sum \Delta Q, \quad (11)$$

Коэффициент одновременности максимумов  $k_m$  для шин ГПП выбирается по таблице 6 в зависимости от величины средневзвешенного коэффициента использования  $K_u$  всей группы электроприемников, подключенных к шинам ГПП.

Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле 12:

$$K_u = \frac{\sum (P_{р.нн} + P_{р.вн})}{\sum (P_{н.нн} + P_{н.вн})} \quad (12)$$

Таблица 6 – Зависимость коэффициента разновременности максимумов от коэффициента использования

| Коэффициенты | Пределы |            |           |
|--------------|---------|------------|-----------|
|              | $K_u$   | $\leq 0,3$ | 0,3 – 0,5 |
| $K_m$        | 0,75    | 0,8        | 0,85      |

Суммарные потери активной и реактивной мощностей в трансформаторах цеховых подстанций и цеховых сетях до 1кВ приближенно принимаются равными соответственно 3 и 10 % полной трансформируемой мощности определяются по формуле 13:

$$\sum \Delta P = 0,03 S_{рн.н.}; \sum \Delta Q = 0,1 S_{рн.н.} \quad (13)$$

где:  $S_{рн.н.}$  полная расчетная нагрузка завода на низкой стороне.

Полная расчетная нагрузка предприятия  $S_{рп}$  (кВА) определяется по формуле

14:

$$S_{р.п.} = \sqrt{P_{р.п.}^2 + Q_{р.п.}^2} \quad (14)$$

*Пример: определить полную расчетную мощность предприятия.*

*Дано:  $P_{р.нн} = 5592$  кВт;  $P_{р.вн.} = 1032$  кВт;  $P_{ном.нн} = 12540$  кВт;*

*$P_{н.вн} = 1290$  кВт.*

*Определяется средневзвешенный коэффициент использования  $K_u$  всей группы электроприемников, подключенных к шинам ГПП.*

$$K_u = \frac{\sum P_p}{\sum P_{ном}} = \frac{5592 + 1032}{12540 + 1290} = 0,48$$

*По таблице 6 определяется коэффициент разновременности максимумов  $K_m = 0,8$*

$$\text{где } S_{рнн} = \sqrt{(\sum P_{р.н.н.} + \sum P_{р.осв.})^2 + (\sum Q_{р.н.н.} + \sum Q_{р.осв.})^2}$$

$$S_{р.н.н.} = \sqrt{5592^2 + 5216^2} = 7647 \text{ кВА}$$

*Определяются потери активной и реактивной мощностей в трансформаторах цеховых подстанций и цеховых сетях до 1кВ:*

$$\Sigma \Delta P = 0,03 S_{рн.н.} = 0,03 \cdot 7647 = 229 \text{ кВт}$$

$$\Sigma \Delta Q = 0,1 S_{рн.н.} = 0,1 \cdot 7647 = 765 \text{ квар}$$

*Расчетная мощность предприятия:*

$$P_{р.п.} = (5156 + 1032) \cdot 0,8 + 504 + 229 = 5683 \text{ кВт}$$

$$Q_{р.п.} = (5108 - 495) \cdot 0,8 + 108 + 765 = 4563 \text{ квар}$$

$$S_{р.п.} = \sqrt{5683^2 + 4563^2} = 7288 \text{ кВА}$$

$$\cos \phi = \frac{P_{р.п.}}{S_{р.п.}} = \frac{5683}{7288} = 0,78$$

$$\text{tg } \phi = \frac{Q_{р.п.}}{P_{р.п.}} = \frac{4563}{5683} = 0,8$$

*Данные расчетов сводятся в таблицу 3*

### 3.2.3 Выбор номинальных напряжений

Систему электроснабжения можно подразделить на систему внешнего электроснабжения) – воздушные и кабельные линии от узловых подстанций энергосистемы до ПГВ, ГПП, ГРП) и систему внутреннего электроснабжения (распределительные линии от ПГВ, ГПП, ЦРП до цеховых трансформаторных подстанций).

Сети внутреннего электроснабжения делятся на внутризаводские, межцеховые и внутрицеховые.

При выборе номинального напряжения внешнего участка сети принимаются во внимание существующее напряжение возможных источников питания энергосистемы, расстояние от этих источников до предприятия и нагрузка предприятия в целом.

От выбора рационального напряжения схемы зависят параметры линии электропередач, выбираемое оборудование подстанции, размеры капитальных вложений, расход цветного металла, потери электроэнергии и эксплуатационные расходы.

Рациональное напряжение можно определить аналитическим путем с помощью эмпирической формулы Илларионова №15:

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{\ell} + \frac{2500}{P}}}, \quad (15)$$

или по формуле № 16:

$$U = 16\sqrt[4]{P \cdot \ell} \quad (16)$$

где: P, передаваемая максимальная мощность МВт,

$\ell$  – расстояние от точки подключения линии до подстанции км.

В питающих и распределительных (межцеховых) сетях небольших и средних предприятий применяются номинальные напряжения 6 и 10 кВ. Следует применять напряжение 10 кВ как более экономичное.

Напряжение 6 кВ используется при преобладании на проектируемом предприятии электроприемников с напряжением 6 кВ. В ряде случаев электроснабжение электроприемников с напряжением 6 кВ осуществляется по питающим линиям напряжением 10 кВ с последующей трансформацией на 6 кВ непосредственно для данных электроприемников.

Напряжение 660 В как внутрицеховое целесообразно на тех предприятиях, где по условиям расположения цехового технологического оборудования или окружающей среды нельзя или затруднительно приблизить цеховые трансформаторные подстанции к питаемым ими электроприемникам ЭП или на предприятиях с большой удельной плотностью электрических нагрузок,

концентрацией мощностей и с большим числом двигателей в диапазоне мощностей 200 – 600 кВт.

В случае применения напряжения 660 В возникает необходимость и в сетях 380 В для питания небольших электродвигателей и светотехнических установок. Наиболее широко применяется напряжение 380/220 В.

### 3.2.4 Построение графиков нагрузок и их анализ

Для определения количества потребления активной и реактивной энергии при проектировании электроустановок и для определения мощности трансформаторов ГПП строят суточные графики нагрузок для зимнего и летнего периода и годовые по продолжительности.

Из справочной литературы [2] рис. 2.13 с. 48 или по прил. А выбирается типовой суточный график электрических нагрузок для заданной промышленности.

Типовые графики построены в относительных единицах и выражают нагрузки в разные часы в процентах от максимальной, принимаемой за 100%.

Для пересчета ординат в именованные единицы (кВт, квар), необходимо определить абсолютную величину максимальной расчетной нагрузки предприятия  $P_{р.п.}$  ( $Q_{р.п.}$ ).

Все произведённые вычисления сводятся в таблице 7 и таблице 8 (отдельно для зимнего и летнего периодов).

Таблица 7 – Построение графика нагрузок для зимнего периода

| Нагрузки           | Часы суток |   |   |   |   |  |    |
|--------------------|------------|---|---|---|---|--|----|
|                    | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |  | 24 |
| $P, \%$            |            |   |   |   |   |  |    |
| $P_t, \text{кВт}$  |            |   |   |   |   |  |    |
| $Q, \%$            |            |   |   |   |   |  |    |
| $Q_t, \text{квар}$ |            |   |   |   |   |  |    |

Таблица 8 – Построение графика нагрузок для летнего периода

| Нагрузки           | Часы суток |   |   |   |   |       |    |
|--------------------|------------|---|---|---|---|-------|----|
|                    | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | ..... | 24 |
| $P, \%$            |            |   |   |   |   |       |    |
| $P_t, \text{кВт}$  |            |   |   |   |   |       |    |
| $Q, \%$            |            |   |   |   |   |       |    |
| $Q_t, \text{квар}$ |            |   |   |   |   |       |    |

По данным  $P_t$  и  $Q_t$  для зимнего и летнего периодов строятся суточные графики активной и реактивной мощностей.

По суточным графикам строятся годовые графики по продолжительности для активной и реактивной мощности в порядке убывания .

При этом полагают, что зимний период длится 213 суток (7 месяцев), а летний – 152 суток (5 месяцев).

Годовой график по продолжительности показывает длительность работы электроустановок в течении года с различными нагрузками. На этом графике по оси абсцисс откладывают продолжительность нагрузки в течении года (от 0 до 8760 часов), а по оси ординат – соответствующие нагрузки (в % и единицах мощности)

Годовой график нагрузки по продолжительности позволяет определить целый ряд величин и коэффициентов, которые используются в дальнейшем для выбора электрооборудования, расчёта электрических сетей и других целей.

Площадь годового графика по продолжительности представляет собой количество электроэнергии, потребленной предприятием в течение года:

$$W = \sum P_{p.n.t} \cdot 213 \cdot 24 + \sum P_{p.n.t} \cdot 153 \cdot 24$$

Средняя годовая активная мощность  $P_{ср.г}$ , равна:

$$P_{ср.г} = \frac{W}{8760},$$

Коэффициент заполнения графика нагрузки  $K_{з.г.}$  характеризует степень неравномерности режима работы электроустановки и определяется по формуле 17:

$$K_{з.г.} = \frac{P_{ср.г}}{P_p}, \quad (17)$$

где:  $P_p$  – расчётная максимальная нагрузка.

Определить годовое число часов использования максимума нагрузки возможно по формуле 18:

$$T_M = K_{з.г.} \times 8760 = W / P_{р.п.мах.} \quad (18)$$

$T_M$  показывает, сколько часов в году установка должна была бы работать с неизменной максимальной нагрузкой, чтобы потребить действительно потреблённое за год количество электроэнергии.

Количество, полученной потребителем электроэнергии можно определить по формуле 19:

$$W = P_{р.п.мах.} \times T_M \quad (19)$$

Коэффициент использования активной установленной мощности  $K_{и.}$  характеризует степень использования установленной мощности и определяется по формуле 20:

$$K_{и.} = P_{ср.} / P_y \quad (20)$$

где:  $P_y = \sum P_{ном.}$

*Пример расчета:*

*Построить зимний, летний и годовые графики активной нагрузок для металлургического завода.*

$$P_{p.n.} = 5683 \text{ кВт}, Q_{p.n.} = 4563 \text{ квар.}$$

*Типовой график взят из прил. А рис. Д.*

*На основании данных типового графика заполняются таблица 9, таблица 10*

Таблица 9 – Построение графика нагрузок для зимнего периода

| Нагрузки      | Часы суток |       |      |         |         |
|---------------|------------|-------|------|---------|---------|
|               | 1 - 8      | 9 -10 | 11   | 12 - 17 | 18 - 24 |
| $P, \%$       | 96%        | 100%  | 96%  | 100%    | 96%     |
| $P_{т, кВт}$  | 5456       | 5683  | 5456 | 5683    | 5456    |
| $Q, \%$       |            |       |      |         |         |
| $Q_{т, квар}$ |            |       |      |         |         |

*График летнего периода отличается от зимнего за счет снижения осветительных и отопительных нагрузок, ремонта оборудования.*

*Примем снижение нагрузок в летний период:*

*С 0 ч до 8ч – 20% ; с 9ч до 17ч – 10%; с 18ч до 20ч – 20%; с 21ч до 24ч -10%.*

*Полученные результаты занесем в таблицу 10.*

Таблица 10 – Построение графика нагрузок для летнего периода

| Нагрузки      | Часы суток |       |      |         |         |         |
|---------------|------------|-------|------|---------|---------|---------|
|               | 1 – 8      | 9 –10 | 11   | 12 – 17 | 18 – 20 | 21 – 24 |
| $P, \%$       | 76%        | 90%   | 86%  | 90%     | 76%     | 86%     |
| $P_{т, кВт}$  | 4319       | 5148  | 4887 | 5148    | 4319    | 4887    |
| $Q, \%$       |            |       |      |         |         |         |
| $Q_{т, квар}$ |            |       |      |         |         |         |

По данным таблицы 9 и 10 строим суточные зимний и летний графики активной нагрузок рисунок 1 и рисунок 2. Выписываем значения активной мощности в порядке убывания для летнего и зимнего графиков нагрузок из таблицы 9 и 10. Эти значения откладываем по оси ординат, а продолжительность данной нагрузки в течении года по оси абсцисс.

$$100\% (5683 \text{ кВт}) - 8\text{ч} \times 213 \text{ дней} = 1704 \text{ ч}$$

$$96\% (5456 \text{ кВт}) - 16\text{ч} \times 213 \text{ дней} = 3408 \text{ ч}$$

$$90\% (5148 \text{ кВт}) - 8\text{ч} \times 152 \text{ дня} = 1216 \text{ ч}$$

$$86\% (4887 \text{ кВт}) - 5\text{ч} \times 152 \text{ дня} = 760 \text{ ч}$$

$$76\% (4319 \text{ кВт}) - 11\text{ч} \times 152 \text{ дня} = 1672 \text{ ч}$$

Пример построения годового графика дан на рисунке 3:

|   |   |   |
|---|---|---|
| Рисунок 1 – суточный зимний график нагрузок | Рисунок 2 – суточный летний график нагрузок | Рисунок 3 – годовой график нагрузок по продолжительности. |
|---|---|---|

Аналогично строятся суточные и годовые графики реактивной мощности.

По годовому графику нагрузок определяем:

1. Потребляемую активную энергию  $W$ ;

2. Среднюю нагрузку  $P_{\text{ср.}}$ ;

3. Коэффициент загрузки графика  $K_{\text{зг.}}$ ;

4. Коэффициент использования  $K_{\text{и.}}$ ;

5. Годовое число часов использования максимума  $T_{\text{м.}}$

$$W = 5683 \times 8 \times 213 + 5456 \times 16 \times 213 + 5148 \times 8 \times 152 + 4887 \times 5 \times 152 + 4319 \times 11 \times 152 = 45473333 \text{ кВт} \times \text{ч}$$

$$P_{\text{ср.}} = 45473333 / 8760 = 5191 \text{ кВт}$$

$$K_{\text{зг.}} = 5191 / 5683 = 0,91$$

$$K_{\text{и.}} = 5191 / 13830 = 0,38$$

$$T_{\text{м.}} = 0,91 \times 8760 = 8000 \text{ ч}$$

### 3.2.5 Выбор места расположения главной понизительной подстанции

#### Картограмма нагрузок

Для наглядного представления о размещении нагрузок на генеральном плане предприятия строят картограмму нагрузок.

Картограмма нагрузок предприятия представляет собой размещенные по генеральному плану предприятия окружности, причем площади, ограниченные этими окружностями, в выбранном масштабе равны расчетным нагрузкам цехов.

С учетом размеров территории генплана выбирается масштаб нагрузок, ориентируясь на наибольшую и наименьшую нагрузку, приняв удобный радиус по формулам 21, 22, 23, 24.

$$m_a = P_{н.м} / \pi R_{н.м}^2 \quad (21)$$

$$m_p = Q_{н.м} / \pi R_{н.м}^2 \quad .. (22)$$

$$m_a = P_{н.б} / \pi R_{н.б}^2 \quad (23)$$

$$m_p = Q_{н.б} / \pi R_{н.б}^2 \quad (24)$$

где,  $m$  – масштаб активных и реактивных нагрузок, кВт/мм<sup>2</sup> или квар/ мм<sup>2</sup> ;

$P_{н.м}, Q_{н.м}$  – наименьшая мощность цеха, кВт (квар);

$R_{н.м}$  – наименьший визуально воспринимаемый радиус картограммы нагрузки, мм.;

$P_{н.б}$  - цех с наибольшей активной нагрузкой;

$$R \leq 1/2 \cdot \ell$$

$\ell$  – расстояние до ближайшего цеха.

Определяются радиусы окружности  $r_{ia}$  активных и  $r_{ip}$  реактивных нагрузок всех цехов, для построения картограммы нагрузок по формуле 25,

$$r_i = \sqrt{\frac{Q_{pi}}{\pi \cdot m}}, \quad (25)$$

где:  $P_{pi}$  – расчётная активная нагрузка  $i$ -того цеха кВт;

$m$  – масштаб для картограммы кВт/мм<sup>2</sup>.

Осветительная нагрузка наносится на окружности в виде сектора, где  $\alpha$  – угол сектора по формуле 26:

$$\alpha = \frac{P_{p.освi}}{P_{pi}} \times 360^\circ \quad (26)$$

Данные расчета заносятся в таблицу 11

Таблица 11 – Данные для построения картограммы нагрузок

| № цеха на плане   | $P_t$ Вт | $P_{p\text{ осв}}$ кВт | $r$ мм | $\alpha$ |
|-------------------|----------|------------------------|--------|----------|
| Потребители 380 В |          |                        |        |          |
| 1                 |          |                        |        |          |
| 2                 |          |                        |        |          |
| Потребители 10 кВ |          |                        |        |          |
| 8                 |          |                        |        |          |

Силовые нагрузки до 1000В изображаются кругами с центром окружности в центре тяжести фигур считаем, что нагрузки распределяются равномерно по площади цеха. Картограмма нагрузок представлена на рис 4.

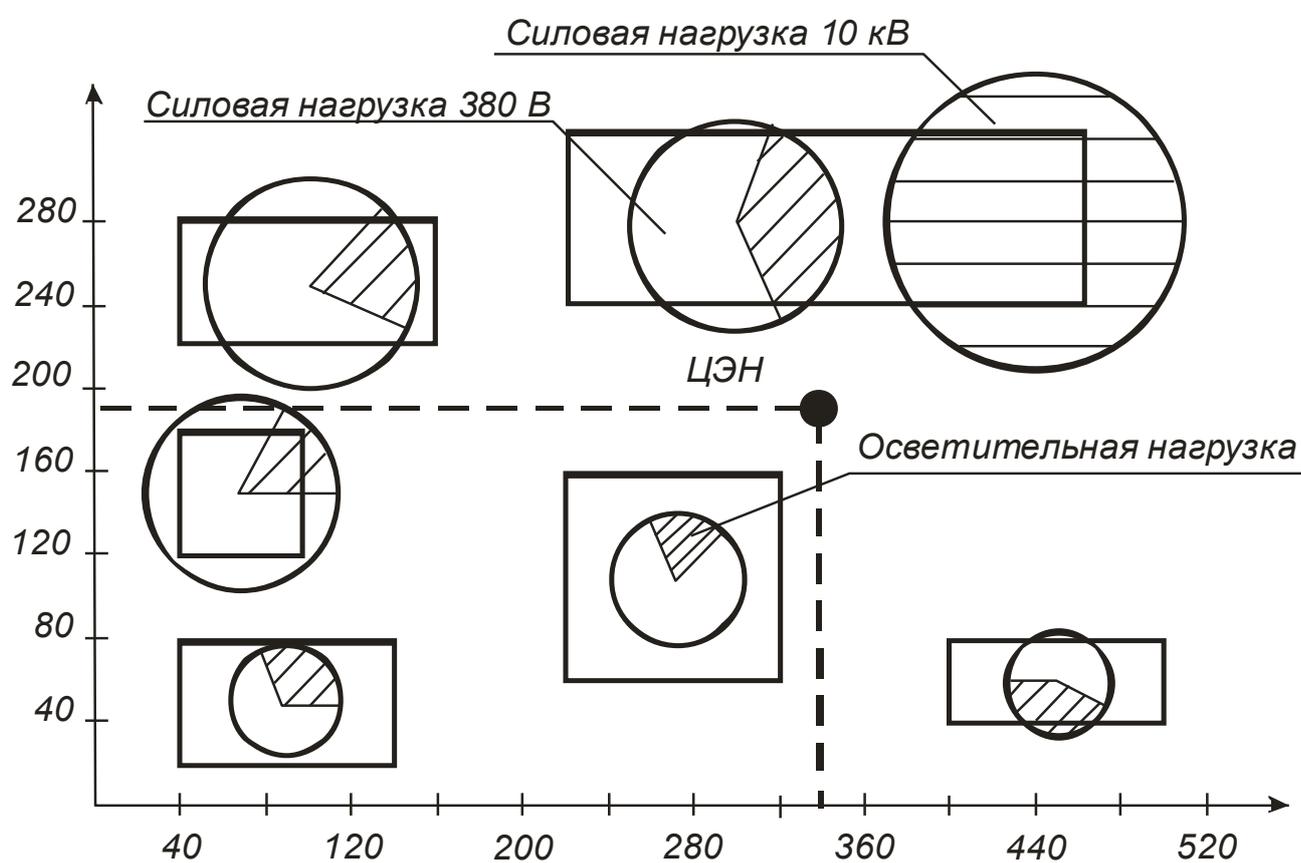


Рисунок 4 – Картограмма нагрузок и ЦЭН.

### Центр электрических нагрузок

Местоположение, тип мощность и другие параметры ГПП в основном обуславливаются величиной и характером электрических нагрузок, размещением на генеральном плане, а также производственными, архитектурно-строительными

требованиями. Важно, чтобы ГПП находилась возможно ближе к центру питаемых от нее нагрузок.

Это сокращает протяженность, следовательно, стоимость и потери в питающих, и распределительных сетях электроснабжения предприятия. Определить местоположения подстанции, значит найти координаты центра электрических нагрузок.

Для выбора места расположения главной понизительной подстанции (ГПП) на генеральном плане завода находится центр электрических нагрузок (ЦЭН).

Сначала на генеральном плане строятся оси координат X и Y и наносятся центры электрических нагрузок каждого цеха (обычно центр электрических нагрузок цеха совмещают с геометрическим центром зданий).

Координаты ЦЭН определяются по формулам 27, 28:

$$x_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot x_i}{\sum P_{pi}} \quad (27)$$

$$y_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot y_i}{\sum P_{pi}} \quad (28)$$

где:  $x_i; y_i$  – координаты ЦЭН  $i$ -того цеха;

$P_{pi}$  – расчётная нагрузка  $i$ -того цеха.

Пример расчета координат ЦЭН представлен в таблице 12. Данные взяты из таблицы 2

Таблица 12 – Расчётные данные для построения центра электрических нагрузок.

| № цеха на ген. плане | $P_{pi}$ , кВт | $X_i$ , см | $Y_i$ , см | $P_{pi} X_i$ | $P_{pi} Y_i$ |
|----------------------|----------------|------------|------------|--------------|--------------|
| Нагрузка 0,4 кВ      |                |            |            |              |              |
| 1                    | 2583           | 10         | 5          | 25830        | 12915        |
| 2                    | 299            | 5          | 10         | 1495         | 2990         |
| 3                    | 2710           | 15         | 12         | 40650        | 32520        |
| Нагрузка выше 1000В  |                |            |            |              |              |
| 2                    | 1032           | 16         | 15         | 16512        | 15480        |
| Итого                | 6624           |            |            | 84487        | 63905        |

$$x_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot x_i}{\sum P_{pi}} = \frac{84487}{6624} = 12,75 \text{ см}$$

$$y_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot y_i}{\sum P_{pi}} = \frac{63905}{6624} = 9,65 \text{ см}$$

Намеченное место уточняется по условиям планировки предприятия, типа подстанции (отдельностоящая, пристроенная, внутренняя, закрытая, комплектная)

и возможности подвода линий от места ввода ЛЭП от энергосистемы к ГПП. Допускается смещение подстанций на некоторое расстояние от геометрического центра питаемых ею нагрузок в сторону ввода от энергосистемы. ЦЭН представлен на рисунке 4.

### 3.2.6 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на ГПП

ГПП выполняется двухтрансформаторной. Мощность трансформаторов выбирается такой, чтобы при выходе из работы одного из них второй воспринял основную нагрузку подстанции с учетом допускаемой перегрузки в послеаварийном режиме и возможного временного отключения потребителей 3 категории. Мощность трансформаторов ГПП можно определять следующими методами:

1. По заданному суточному графику нагрузки за характерные сутки года для нормальных и аварийных режимов, с учётом компенсации реактивной мощности.

Для этого по суточному графику нагрузки потребителя устанавливают продолжительность максимальной нагрузки  $t$  и коэффициент заполнения графика  $K_{зг}$ .

$$K_{зг} = P_{ср} / P_{макс}. \quad (29)$$

По значениям коэффициента загрузки  $K_{зг}$  и продолжительности максимальной нагрузки определяется коэффициент кратности допустимой нагрузки, используя кривые кратности допустимых нагрузок трансформаторов  $K_n$ .

Кривые кратности допустимых нагрузок трансформатора представлены на рисунке 5

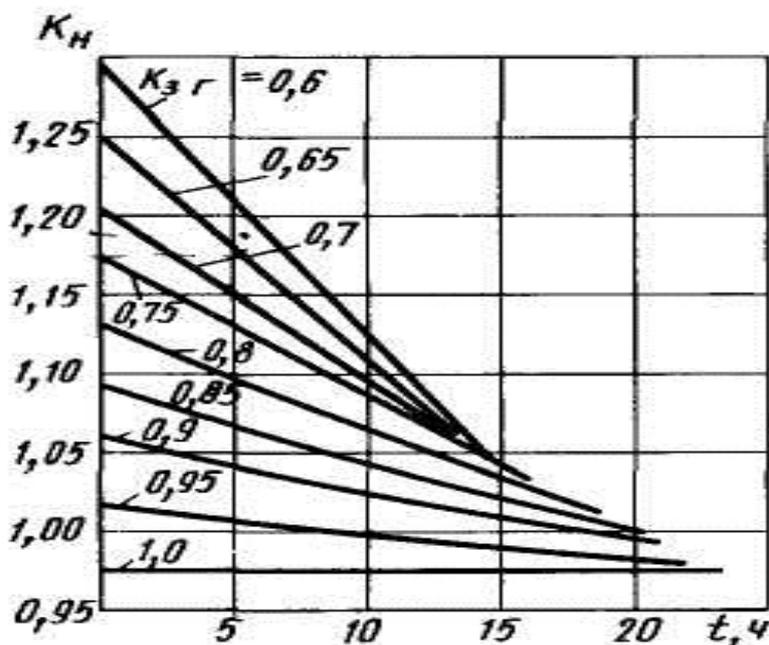


Рисунок 5 – Кривые кратности допустимых нагрузок трансформатора

Номинальная мощность трансформатора определяется по формуле 30:

$$S_{\text{ном.зпп}} = \frac{S_{\text{р.макс}}}{K_n \times N} = \frac{P_{\text{р.п}}}{K_n \times N \times \cos \phi} \quad (30)$$

где  $P_{\text{р.п}}$  – максимальная мощность на шинах подстанции (таблица 3);

$\cos \phi$  – коэффициент мощности по заводу с учётом компенсации реактивной мощности принимаем равным 0,92- 0,95;

$N$  – количество трансформаторов;

$K_n$  – коэффициент кратности допустимых нагрузок трансформатора .

При преобладании нагрузок первой категории по надёжности электроснабжения  $K_3 = 0,65 \div 0,7$ ; при преобладании нагрузок второй категории по надёжности электроснабжения  $K_3 = 0,75 \div 0,8$ ; при преобладании нагрузок третьей категории по надёжности электроснабжения  $K_3 = 0,9 \div 0,95$ ;

Трансформатор выбирается по шкале стандартных мощностей. Рассчитанную установленную (номинальную) мощность трансформатора проверяют в аварийном режиме при отключении одного трансформатора по формуле 31:

$$1.4 \times S_{\text{ном.тр.}} = \frac{S\%_{\text{потр.1и2кат}}}{100} \cdot S_{\text{р.п.}} \quad (31)$$

где  $S\%_{\text{потр.1и2}}$  – процентное содержание потребителей 1 и 2 категории по надёжности электроснабжения.

*Пример:*  $S_{\text{р.макс}} = 25747$  кВА; процентное содержание потребителей 1 и 2 категории по надёжности электроснабжения составляет 70%, продолжительность максимальной нагрузки  $t = 2$ ч, коэффициента загрузки  $K_{32} = 0,7$ .

*По кривым кратности допустимых нагрузок трансформатора рис. определяется коэффициент кратности допустимой нагрузки трансформаторов  $K_n = 1,19$ ,*

$$S_{\text{ном.зпп}} = \frac{S_{\text{р.макс}}}{K_n \times N} = \frac{25747}{1,19 \times 2} = 10818 \text{кВА}$$

*По шкале номинальных мощностей выбираем два трансформатора мощностью 16000 кВА.*

*Рассчитанную номинальную мощность трансформатора проверяют в аварийном режиме при отключении одного трансформатора:*

$$1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}} \geq 1,4 \times S_{\text{ном.тр}} \geq \frac{S\%_{\text{нотр.ишкат}}}{100} \cdot S_{\text{р.макс}} \quad 1,4 \times 16 \geq \frac{70\%}{100\%} \times 25,747$$

Условие выполняется.

2. Мощность трансформаторов ГПП определяется активной нагрузкой предприятия и реактивной мощностью, передаваемой от системы в период максимума нагрузок. Номинальную мощность трансформаторов на ГПП  $S_{\text{ном. трГПП}}$  рекомендуется выбирать из условия допустимой перегрузки в послеаварийных режимах до 60-70%, на время максимума общей суточной продолжительности не более 6 часов в течении 5 суток, т.е. по условию и определяется по формуле 32

$$S_{\text{ном.тр}} \geq \frac{S_{\text{расч.зпп}}}{1,6 \div 1,7} \quad (32)$$

Полную расчётную мощность главной понизительной подстанции завода с учётом компенсацией реактивной мощности  $S_{\text{расч.ГПП}}$  можно определить по формуле 33 :

$$S_{\text{р.ГПП}} = \sqrt{(P_{\text{рп}}^2 + Q_{\text{сист.}}^2)} \quad (33)$$

Реактивная мощность  $Q_{\text{сист.}}$  системы, поступающая от питающей энергосистемы к шинам низшего напряжения ГПП определяется исходя из условий задания на проект и вычисляется по формуле 34:

$$Q_{\text{сист.}} = P_{\text{р.п}} \times \text{tg}\varphi_{\text{сист}} \quad (34)$$

принимая  $\text{tg}\varphi_{\text{сист.}} = 0,35$

В системе электроснабжения предприятия должны устанавливаться компенсирующие устройства с реактивной мощностью, которые необходимо рассчитать по формуле 35

$$Q_{\text{к.у}} = Q_{\text{р.п}} - Q_{\text{сист}} \quad \dots\dots\dots (35)$$

Марку и мощность компенсирующего устройства выбираем по справочной литературе или по прил.В таблица В3.

Окончательный вариант мощности трансформаторов определим на основании технико-экономического сравнения двух вариантов мощности методом интегральных показателей.

Технические параметры, выбранных трансформаторов ГПП заносятся в таблицу 13 и 14

Таблица 13 – Технические параметры силовых трансформаторов.

| Тип трансформатора | $U_{н.н}$ кВ | $U_{к.з.}$ % | $\Delta P_{к.з.}$ кВт | $\Delta P_{х.х}$ кВт | $I_{х.х}$ % | $\Delta Q_{х.х}$ квар. |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|-------------|------------------------|
|                    |              |              |                       |                      |             |                        |
|                    |              |              |                       |                      |             |                        |
|                    |              |              |                       |                      |             |                        |

Таблица 14 – Технические параметры конденсаторных установок

|     |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|
| 111 |  |  |  |  |  |  |  |
|     |  |  |  |  |  |  |  |
|     |  |  |  |  |  |  |  |
|     |  |  |  |  |  |  |  |

### 3.2.7 Выбор схемы внутривозводской сети, размещение подстанций и трасс линий

Выбор схем внутривозводской (межцеховой) сети

Широкое распространение имеют три основные системы распределения электроэнергии: радиальная, магистральная и смешанная. Часто они применяются одновременно, дополняя друг друга.

*Схемы радиального питания.*

Радиальными являются такие схемы, в которых электрическая энергия от центра питания (электростанция предприятия, подстанция или распределительный пункт) передается прямо к цеховой подстанции, без ответвлений на пути для питания других потребителей. Из сказанного видно, что такие схемы должны обладать большим количеством отключающей аппаратуры и иметь значительное число питающих линий.

Исходя из этого основного положения, характеризующего схемы радиального питания, можно сделать вывод, что применять эти схемы следует применять только для питания достаточно мощных потребителей выше 1 кВ или для питания нагрузок, расположенных в различных направлениях от центра питания.

Радиальные схемы могут быть одно или двухступенчатыми. Одноступенчатые применяются главным образом на предприятиях средней мощности ( $P = 5 \div 75$  МВт) для питания крупных сосредоточенных нагрузок: насосные, компрессорные, преобразовательные агрегаты, электропечи и т.д. непосредственно от ГПП. Для питания небольших цеховых подстанций и электроприемников высшего напряжения обычно применяются двухступенчатые схемы с промежуточными распределительными подстанциями.

Питание ТП и РП при наличии нагрузок 1 категории предусматривается не менее чем двумя радиальными линиями. Питание двухтрансформаторных ТП следует осуществлять от разных секций ГПП. На стороне вторичного напряжения таких ТП предусматривается автоматический ввод (АВР с помощью секционного

автомата). На рисунке 6 расположена двухступенчатая радиальная схема электроснабжения.

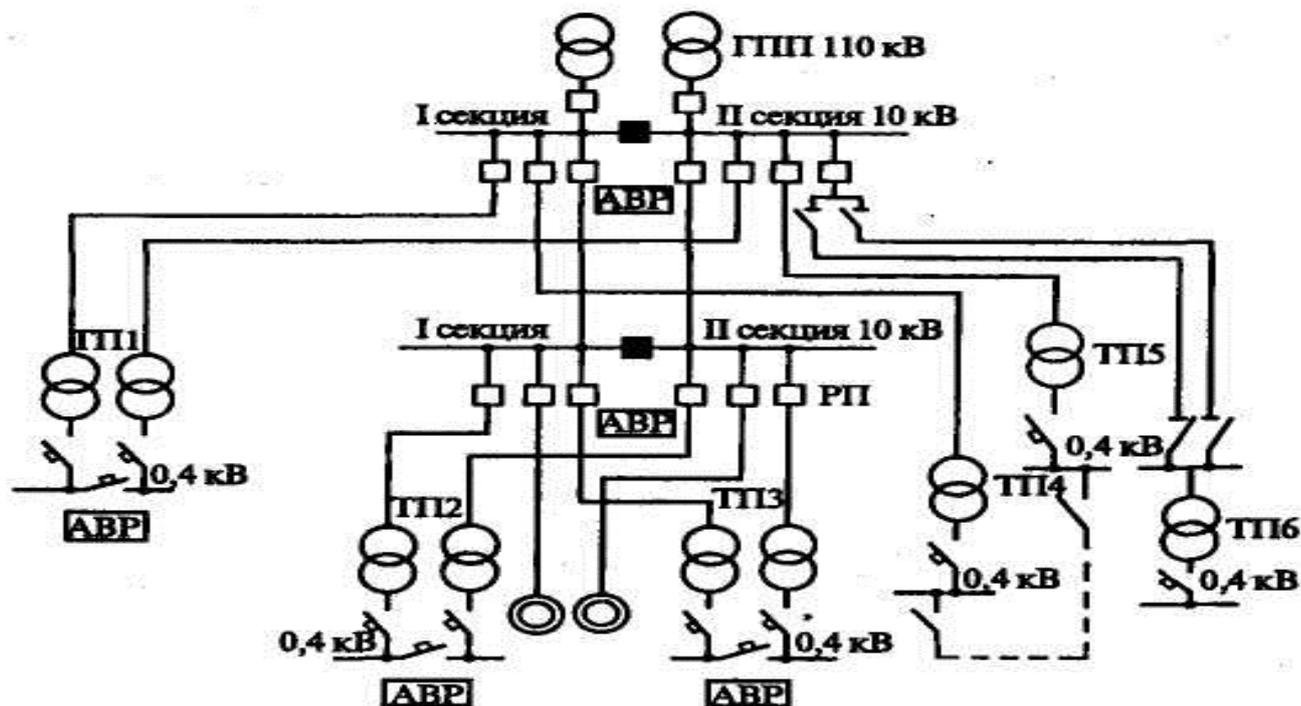


Рисунок 6 – Двухступенчатая радиальная схема электроснабжения

#### Схемы магистрального питания.

Магистральные схемы целесообразны при распределенных нагрузках, при близком к линейному расположению подстанций на территории предприятия, благоприятствующем возможно более прямому прохождению магистралей от ГПП до ТП или РП без обратных потоков энергии и длинных обходов.

Для повышения надежности электроснабжения близко расположенные ТП целесообразно питать от разных магистралей.

Число трансформаторов, питаемых от одной магистрали, можно ориентировочно принять в пределах 4-5 при мощности до 630 кВА, трех при мощности трансформаторов 1000-1600 кВА и двух при 2500 кВА.

Если ТП располагаются вблизи РП, то целесообразно их присоединение к данному РП. При магистральном питании цеховых ТП на вводе к трансформатору устанавливаются аппараты в следующем порядке по направлению тока :

Предохранитель и выключатель нагрузки ( при  $S_{ном} \geq 630$  кВА )

Разъединитель и предохранитель (при  $S_{ном} \leq 400$  кВА ) На рисунке 7, 8, 9 размещены схемы различного вида.

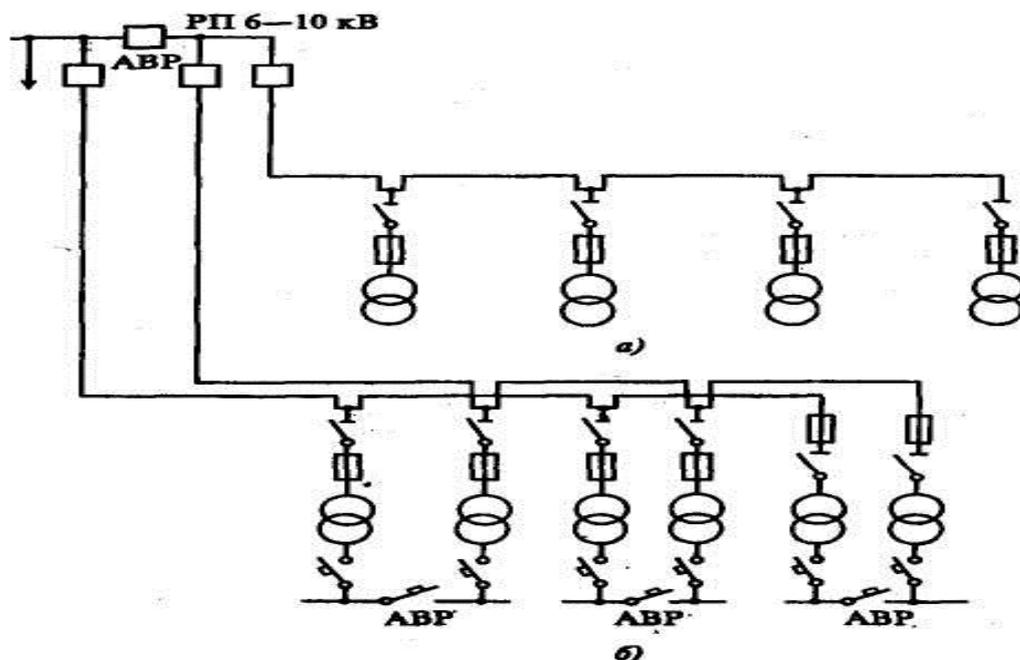


Рисунок 7 – Магистральные схемы с односторонним питанием:  
 а – одиночные; б – двойные с резервированием на низком напряжении

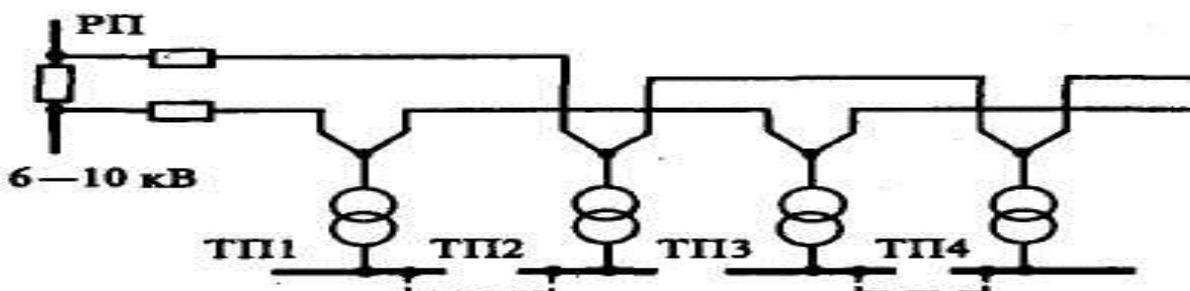


Рисунок 8 – Одиночные магистрали с частичным резервированием по связям вторичного напряжения

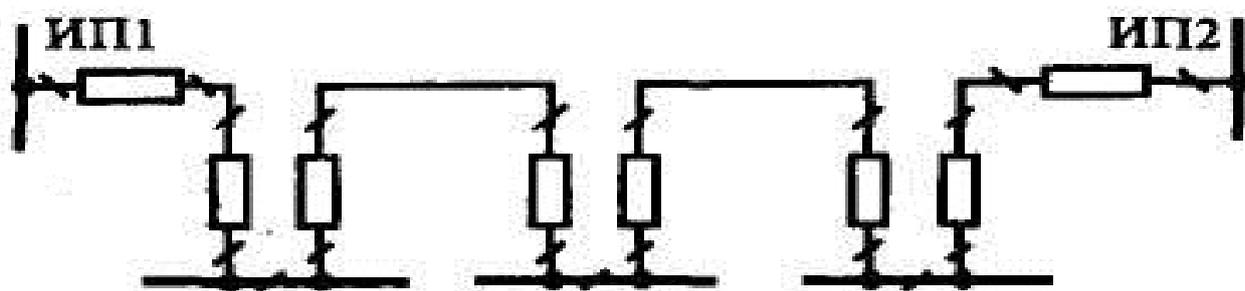


Рисунок 9 – Магистральные схемы с двусторонним питанием

*Схемы смешанного питания.*

В практике проектирования и эксплуатации промышленных предприятий редко встречаются схемы, построенные только по радиальному или только

магистральному принципу питания. Обычно крупные и ответственные потребители или приемники питаются по радиальной схеме. Средние и мелкие потребители группируются, их питание проектируется по магистральному принципу. Такой тип схем называется смешанным. Такое решение позволяет создать схему внутреннего электроснабжения с наилучшими технико-экономическими показателями.

*Размещение цеховых трансформаторных и распределительных подстанций на генеральном плане предприятия*

Размещение на генеральном плане ТП и РП обусловлено величиной и характером электрических нагрузок, их расположением, а также производственными, архитектурно-строительными и эксплуатационными требованиями. Должны учитываться конфигурация производственных зданий, расположение технологического оборудования, условия окружающей среды, условия охлаждения трансформатора, требования пожарной и электрической безопасности и типы используемого оборудования.

ТП следует размещать как можно ближе к центру электрических нагрузок потребителей. Для этого должны применяться встроенные в здания цеха или пристроенные к нему ТП, питающие отдельные цеха или их части. ТП размещаются вне цеха только при невозможности размещения внутри его или при расположении части нагрузок вне цеха.

Выбранная подстанция должна занимать минимум полезной площади цеха, удовлетворять требованиям пожарной и электрической безопасности и не создавать помех производственным процессам.

Встроенные и пристроенные подстанции располагаются вдоль одной из длинных сторон цеха или в шахматном порядке вдоль двух его сторон при небольшой ширине цеха.

Допускается минимальное расстояние 10 м между соседними камерами разных внутрицеховых подстанций, а также между КТП. Данная информация размещена в таблице 15

Таблица 15 – Минимальные габариты размещения КТП в дину

| Виды трансформаторов | Мощность трансформаторов | Расстояние (длина) | Расстояние (ширина) |
|----------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|
| Однотрансформаторные | до 1000кВА               | 7-8м               | 4,3 м               |
| Однотрансформаторные | до 1600-2500 кВА         | 8-9м               | 4,3 м               |
| Двухтрансформаторные | до 1000 кВА              | 12-13м             | 4,3 м               |
| Двухтрансформаторные | до 1600 кВА              | 16,5м              | 4,3 м               |

Внутрицеховые подстанции могут размещаться только в зданиях со степенью огнестойкости I и II и с производствами, отнесенными к категориям Г и Д согласно противопожарным нормам.

Следует учитывать, что при установке в одном помещении нескольких трансформаторов, их предельная суммарная мощность не должна превышать 6500 кВА, а число КТП не более трех.

В сетях напряжением 10 кВ с трансформацией на напряжение до 1 кВ при наличии складского резерва преимущественно рекомендуется использование однострансформаторных подстанций при преобладании нагрузок III и II категории и при нагрузках I категории, если их величина составляет не более 15-20% нагрузки подстанции и возможно резервирование по вторичному напряжению.

Двухтрансформаторные ТП с установкой секционного выключателя с АВР на напряжение до 1 кВ рекомендуется применять при преобладании нагрузок I категории.

Отдельно стоящие ТП применяются, например, при питании от одной подстанции нескольких цехов, невозможности размещения подстанции внутри цехов или у их наружных стен по соображениям производственного и архитектурного характера при наличии в цехах пожароопасных или взрывоопасных производств.

Распределительные подстанции также рекомендуется пристраивать или встраивать в производственные здания и совмещать с ближайшими ТП во всех случаях, когда это не вызывает значительного смещения последних от центра их нагрузок.

Конденсаторные батареи могут размещаться в распределительном пункте до 1 кВ и выше.

#### *Выбор трасс линий межцеховой сети*

На предприятиях небольшой и средней мощностей применяется прокладка кабельных линий 6 -10 кВ.

Трасса кабельных линий выбирается наикратчайшая, они прокладываются параллельно фундаментам зданий, пересечения кабелей друг с другом и коммуникациями должны быть сведены к минимуму.

Способ и конструктивное выполнение прокладки выбираются в зависимости от количества кабелей, условий трассы, наличия или отсутствия взрывоопасных газов тяжелее воздуха, степени загрязнения почвы, требований эксплуатации, экономических факторов и т.д. прокладка кабельных линий для потребителей I категории предусматривается по отдельным трассам.

Наиболее простой является прокладка кабелей в траншее. Не следует прокладывать в одной траншее более шести кабелей 10 кВ.

При большем числе кабелей предусматривается две рядом расположенные траншеи с расстоянием 1.2 м, если позволяют условия прокладки трассы.

При больших потоках кабелей для прокладки целесообразно применять эстакады, галереи, а также стены зданий, в которых отсутствуют взрыво – и пожароопасные производства.

### **3.2.8 Выбор количества цеховых трансформаторов с учётом компенсации реактивной мощности**

#### ***Выбор мощности цеховых ТП***

Наивыгоднейшая мощность трансформатора зависит от многих факторов: величины и характера графика электрической нагрузки; длительности нарастания нагрузки по годам; числа часов работы объекта электроснабжения; стоимости энергии и др. Указанные факторы сочетаются различным образом и изменяются во времени.

Выбор единичной мощности трансформаторов цеховых подстанций (ТП) может производиться по удельной плотности нагрузки ( $\text{kVA}/\text{m}^2$ ). При удельной плотности более 0,2 – 0,3  $\text{kVA}/\text{m}^2$  и суммарной нагрузке более 3000 – 4000 кВт –А целесообразно применять цеховые трансформаторы мощностью соответственно 1600 – 2500 кВт-А. При удельной плотности и суммарной нагрузке ниже указанных значений наиболее экономичны трансформаторы мощностью 400 – 1000 кВтА.

Таким образом, для подразделений предприятия с разными удельными плотностями нагрузки могут быть приняты разные номинальные мощности трансформаторов.

Однако число типоразмеров трансформаторов, применяемых на данном предприятии, следует ограничивать до двух – трех, так как большое их разнообразие создает неудобства в эксплуатации и дополнительные затруднения в отношении резервирования и взаимозаменяемости. Поэтому следует выделять подразделения с большой плотностью нагрузок (более 0,3  $\text{kVA}/\text{m}^2$ ) и для них выбирать трансформаторы большей мощности, чем для остальной части предприятия.

Для цеховых подстанций с первичным напряжением 10 кВ могут быть применены масляные, сухие трансформаторы или трансформаторы, заполненные негорючей жидкостью. Для внутренней установки преимущественно применяют масляные трансформаторы.

На одотрансформаторных подстанциях при наличии взаимного резервирования с помощью переемычек на вторичном напряжении мощность трансформаторов выбирается, исходя из величины коэффициента загрузки. Коэффициенты загрузки силовых трансформаторов целесообразно принимать следующими, данная информация размещена в таблице 16.

Таблица 16 – Коэффициенты загрузки силовых трансформаторов

| Нагрузки<br>Категория надежности   | Значения           |
|--|--------------------|
| при преобладании нагрузок I категории надежности   | $k_3 = 0,65 — 0,7$ |
| при преобладании нагрузок II категории надежности  | $k_3 = 0,7 — 0,8$  |
| при преобладании нагрузок II категории надежности и наличии централизованного (складского) резерва трансформаторов, а также при нагрузках III категории надежности | $k_3 = 0,9 — 0,95$ |

Таким образом, прежде чем определить число цеховых трансформаторов, необходимо выбрать тип, единичную мощность  $S_{T-НОМ}$  и коэффициент загрузки трансформатора  $k_3$ .

### **Выбор числа цеховых трансформаторов**

После выбора единичной мощности, коэффициента загрузки и типа цеховых трансформаторов их число в целом по предприятию зависит от степени компенсации реактивной мощности в сетях напряжением до 1 кВ и допустимых перегрузок в нормальных и возможных послеаварийных режимах.

Число трансформаторов при практически полной компенсации реактивной мощности в сети напряжением до 1 кВ ( $N_{\min}$ ) и при отсутствии компенсации в сети напряжением до 1 кВ ( $N_{\max}$ ) определяется следующим образом, по формуле 36:

$$\left. \begin{aligned} N_{\min} &= \frac{P_p}{k_3 \cdot S_{T-НОМ}} \\ N_{\max} &= \frac{S_p}{k_3 \cdot S_{T-НОМ}} \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

где  $P_p$ ,  $S_p$  — активная и полная расчетные мощности потребителей на напряжение до 1 кВ (определяется с учетом осветительной нагрузки).

Полученные величины ( $N_{\min}$ ), ( $N_{\max}$ ) необходимо округлить до ближайшего большего целого числа.

Далее необходимо провести сравнение вариантов числа трансформаторов и размещения мощности компенсирующих устройств для выбранного типоразмера трансформатора.

Выбранное число трансформаторов ( $N_{\min}$ ), определяет наибольшую реактивную мощность, которая может быть передана со стороны 10 кВ в сеть низшего напряжения при заданном  $k_3$  без увеличения числа трансформаторов; для трансформаторов масляных и заполненных негорючей жидкостью реактивная мощность определяется по формуле 37:

$$Q_m = \sqrt{(1,1 \cdot k_3 \cdot S_{T-НОМ} \cdot N_{\min})^2 - P_p^2} \quad (37)$$

при условии  $Q_p \geq Q_T$ ; коэффициент 1,1 учитывает тот факт, что цеховые трансформаторы имеют, как правило, загрузку, не превышающую 0,9, поэтому для масляных трансформаторов может быть допущена в течение одной смены систематическая перегрузка величиной 10 %; для сухих трансформаторов по формуле 38

$$Q_m = \sqrt{(1,05 \cdot k_3 \cdot S_{m.ном} \cdot N_{min})^2 - P_p^2} \quad (38)$$

Коэффициент 1,05 учитывает тот факт, что перегрузочная способность сухих трансформаторов, согласно правилам эксплуатации электроустановок потребителей, примерно вдвое ниже, чем масляных трансформаторов.

Мощность компенсирующих устройств в сети напряжением до 1 кВ определяют по условию баланса реактивной мощности на шинах низшего напряжения цеховых трансформаторных подстанций.

Если в качестве компенсирующих устройств (КУ) напряжением до 1 кВ приняты батареи конденсаторов, то их расчетная мощность определяется из уравнения баланса реактивных мощностей по формуле 39

$$Q_{БКР} = Q_p - Q_m \quad (39)$$

Далее принимается стандартная мощность компенсирующих устройств  $Q_{КУн}$

Число трансформаторов при принятой единичной мощности выбирают с учетом их взаимного резервирования и при разной степени компенсации реактивной мощности в сети низкого напряжения таким образом, чтобы при выходе из работы одного соседние трансформаторы восприняли бы на себя всю нагрузку отказавшего с учетом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме и возможного временного частичного отключения потребителей третьей категории.

Чтобы выбрать наиболее рациональный вариант электроснабжения, обычно сравнивают не менее двух вариантов числа и мощности трансформаторов по их технико – экономическим показателям. Окончательный выбор варианта производится по результатам технико – экономического расчета.

При окончательном выборе числа цеховых трансформаторов в целом по предприятию принимают во внимание следующие требования:

- ✓ необходимость обеспечения надежности электроснабжения;
- ✓ длина кабельных линий напряжением до 1 кВ не должна превышать 200 м;
- ✓ учет взаимного расположения трансформаторов и питающих линий напряжением 6 — 10 кВ на генплане предприятия.

Обычно в качестве одного из возможных вариантов числа цеховых трансформаторов принимают вариант с минимальным числом трансформаторов или вариант с минимальным числом трансформаторов плюс один-два трансформатора.

### **Особенности выбора трансформаторов для питания сварочных нагрузок**

Режим работы сварочного оборудования отличается тем, что имеют место ударные толчки нагрузки. Это, в свою очередь, приводит к возникновению колебаний напряжения в сети. Для создания нормальных условий работы потребителей электроэнергии, чувствительных к колебаниям напряжения, рекомендуется раздельное их питание от сварочных нагрузок.

При расчетной эффективной мощности сварочных машин, не превышающей 15 % номинальной мощности цехового трансформатора, питание их целесообразно осуществлять от цехового трансформатора совместно с общей силовой нагрузкой цеха, но по отдельным линиям, подключенным непосредственно к шинам КТП.

При значительной суммарной нагрузке сварочных установок цеха или участка для их питания следует предусматривать установку отдельных трансформаторов.

Выбор мощности стандартных трансформаторов, питающих различные типы сварочного оборудования осуществляется по условию (формула 40):

$$S_{т.ном} \geq \frac{S_{р.св}}{0,2 - 0,6} \quad (40)$$

где  $S_{р.св}$  — расчетная мощность сварочных машин, кВА.

*Пример расчета:*

На заводе электроприёмники по бесперебойности электроснабжения относятся к потребителям 1, 2 и 3 категории, поэтому цеховые трансформаторные подстанции выполняются: с двумя рабочими трансформаторами для потребителей 1 и 2 категории, с одним рабочим трансформатором для потребителей 3 категории.

Предусматривается раздельная работа трансформаторов для уменьшения токов короткого замыкания.

#### **Сборочный цех №1**

$P_p = 2690$  кВт;  $Q_p = 2395$  квар.

Удельная плотность нагрузки сборочного цеха  $P_{уд} = 0,12$  кВт/м<sup>2</sup>, поэтому принимаем трансформатор номинальной мощности от 250 до 1000

*Вариант №1*

принимаем номинальную мощность трансформатора 630 кВА.

Определяется количество трансформаторов:

$$N_{\min} = \frac{P_p}{K_3 \cdot S_{HT}} = \frac{2690}{0,75 \cdot 630} = 5,7, \text{ принимаем } N_{\min} = 6 \text{ шт}$$

$$N_{\max} = \frac{S_p}{K_3 \cdot S_{HT}} = \frac{3602}{0,75 \cdot 630} = 7,6, \text{ принимаем } N_{\max} = 8 \text{ шт}$$

Определяется наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана со стороны высшего напряжения на сторону низшего напряжения:

$$Q_{BH} = \sqrt{(1,1 \cdot N_m \cdot K_3 \cdot S_{HT})^2 - P_p^2} = \sqrt{(1,1 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 630)^2 - 2690^2} = 1578 [\text{кВАр}]$$

Определяется мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{КУР} = Q_p - Q_{BH} = 2395 - 1578 = 817 [\text{кВАр}]$$

Принимаем компенсирующее устройство типа УКБН – 0,38 – 200 – 50У3 с четырьмя ступенями регулирования – 4 шт.

$$Q_{КУ} = 4 \cdot 200 = 800 [\text{кВАр}]$$

Определяем полную расчётную мощность с учётом установки компенсирующего устройства:

$$S'_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{КУН})^2} = \sqrt{2690^2 + (2395 - 800)^2} = 3127 [\text{кВА}]$$

Определяется реальный коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S'_p}{N_T \cdot S_{HT}} = \frac{3127}{6 \cdot 630} = 0,83$$

Определяется коэффициент загрузки в послеаварийном режиме:

$$K_{3AB} = \frac{S'_p}{(N_T - 1) S_{HT}} \leq 1,4$$

$$K_{3AB} = \frac{S'_p}{(N_T - 1) \cdot S_{HT}} = \frac{3127}{(6 - 1) \cdot 630} = 0,99 \leq 1,4$$

В послеаварийном режиме трансформаторы способны пропустить мощность с учетом допустимой перегрузки:

$$S_{HTAB} = 1,4 \cdot (N_T - 1) \cdot S_{HT} = 1,4 \cdot (6 - 1) \cdot 630 = 4410 \geq S'_p = 2985 \text{ [кВА]}$$

Для наиболее выгодного в техническом и экономическом отношении выбора трансформаторов цеховых ТП рассматриваются еще два варианта мощностей трансформаторов ближайших по мощности к первому, по стандартной шкале мощностей трансформаторов цеховых ТП: 400 кВА и 1000 кВА.

*Вариант №2*

Принимаем номинальную мощность трансформатора 1000 кВА.

Определяется количество трансформаторов:

$$N_{\min} = \frac{P_P}{K_3 \cdot S_{HT}} = \frac{2690}{0,75 \cdot 1000} = 3,6 \text{ принимаем } N_{\min} = 4 \text{ шт}$$

$$N_{\max} = \frac{S_P}{K_3 \cdot S_{HT}} = \frac{3602}{0,75 \cdot 1000} = 4,8 \text{ принимаем } N_{\max} = 5 \text{ шт}$$

Определяется наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана со стороны высшего напряжения на сторону низшего напряжения:

$$Q_{BH} = \sqrt{(1,1 \cdot N_T \cdot K_3 \cdot S_{HT})^2 - P_P^2} = \sqrt{(1,1 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 1000)^2 - 2690^2} \\ = 1911 \text{ [кВАр]}$$

Определяется мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{КВР} = Q_P - Q_{BH} = 2395 - 1911 = 484 \text{ [кВАр]}$$

Принимаем компенсирующее устройство типа УКБН – 0,38 – 200 – 50У3 с четырьмя ступенями регулирования – 3 шт.

$$Q_{КУ} = 2 \cdot 200 + 2 \cdot 50 = 500 \text{ [кВАр]}$$

Определяется полная расчётная мощность с учётом установки компенсирующего устройства:

$$S'_p = \sqrt{P_P^2 + (Q_P - Q_{КВН})^2} = \sqrt{2690^2 + (2395 - 500)^2} = 3290 \text{ [кВА]}$$

Определяется реальный коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S'_p}{N_T \cdot S_{HT}} = \frac{3290}{4 \cdot 1000} = 0,82$$

Определяется коэффициент загрузки в послеаварийном режиме:

$$K_{3AB} = \frac{S'_P}{(N_T - 1) \cdot S_{HT}} \leq 1,4$$
$$K_{3AB} = \frac{S'_P}{(N_T - 1) \cdot S_{HT}} = \frac{3290}{3 \cdot 1000} = 1,1 \geq 1,4$$

В послеаварийном режиме трансформаторы способны пропустить мощность с учетом допустимой перегрузки:

$$S_{HTAB} = 1,4 \cdot (N_T - 1) \cdot S_{HT} = 1,4 \cdot (4 - 1) \cdot 1000 = 4200 \leq S'_P = 3153 \text{ [кВА]}$$

*Вариант №3*

Принимаем номинальную мощность трансформатора 400 кВА.

Определяется количество трансформаторов:

$$N_{\min} = \frac{P_P}{K_3 \cdot S_{HT}} = \frac{2690}{0,75 \cdot 400} = 8,9 \text{ принимаем } N_{\min} = 9 \text{ шт}$$

$$N_{\max} = \frac{S_P}{K_3 \cdot S_{HT}} = \frac{3602}{0,75 \cdot 400} = 12,0 \text{ принимаем } N_{\max} = 12 \text{ шт}$$

Определяется наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана со стороны высшего напряжения на сторону низшего напряжения:

$$Q_{BH} = \sqrt{(1,1 \cdot N_T \cdot K_3 \cdot S_{HT})^2 - P_P^2} = \sqrt{(1,1 \cdot 9 \cdot 0,75 \cdot 400)^2 - 2690^2}$$
$$= 1259 \text{ [кВАр]}$$

Определяется мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{KVP} = Q_P - Q_{BH} = 2395 - 1259 = 1136 \text{ [кВАр]}$$

Принимаем компенсирующее устройство типа УКБН – 0,38 – 200 – 50У3 с четырьмя ступенями регулирования – 6 шт.

$$Q_{КУ} = 5 \cdot 200 + 3 \cdot 50 = 1150 \text{ [кВАр]}$$

Определяется полная расчётная мощность с учётом установки компенсирующего устройства:

$$S'_P = \sqrt{P_P^2 + (Q_P - Q_{КВН})^2} = \sqrt{2690^2 + (2395 - 1150)^2} = 2964 \text{ [кВА]}$$

Определяется реальный коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S'_P}{N_T \cdot S_{HT}} = \frac{2964}{9 \cdot 400} = 0,82$$

Определяется коэффициент загрузки в послеаварийном режиме:

$$K_{3AB} = \frac{S'_P}{(N_T - 1) \cdot S_{HT}} \leq 1,4$$
$$K_{3AB} = \frac{S'_P}{(N_T - 1) \cdot S_{HT}} = \frac{2964}{(9 - 1) \cdot 400} = 0,93 \leq 1,4$$

В послеаварийном режиме трансформаторы способны пропустить мощность с учетом допустимой перегрузки:

$$S_{HTAB} = 1,4 \cdot (N_T - 1) \cdot S_{HT} = 1,4 \cdot (9 - 1) \cdot 400 = 4480 \geq S'_P = 2701 \text{ [кВА]}$$

Для остальных цехов расчет производится аналогично и сводится в таблицы 17,18 соответственно:

| Таблица 17 – Расчет числа и мощности трансформаторов и компенсирующих устройств. Вариант №1 |                   |           |               |            |           |             |      |                     |                        |          |                         |                           |                           |      |                   |      |
|---|-------------------|-----------|---------------|------------|-----------|-------------|------|---------------------|------------------------|----------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|------|-------------------|------|
| № на плане  | Наименование цеха | Категория | Pp<br>кВ<br>т | Qp<br>квар | Sp<br>кВА | Sn.т<br>кВА | кз   | N <sub>min</sub> шт | N <sub>max</sub><br>шт | Nт<br>шт | Q <sub>ВН</sub><br>кВАр | Q <sub>КУ.Р</sub><br>кВАр | Q <sub>КУ.Н</sub><br>кВАр | кз   | K <sub>з.ав</sub> | S'p  |
| Нагрузка 380 В  |                   |           |               |            |           |             |      |                     |                        |          |                         |                           |                           |      |                   |      |
| 1   | Сборочный цех №1  | 2         | 26<br>90      | 2395       | 3602      | 630         | 0,75 | 5,7                 | 7,6                    | 6        | 1578                    | 817                       | 800                       | 0,83 | 0,99              | 3127 |
| 8   | Компрессорная     | 1         | 30<br>1       | 134        | 330       | 400         | 0,65 | 1,1                 | 1,2                    | 2        | 486                     | -352                      | 0                         | 0,65 | 0,82              | 330  |
| 14  | Литейный цех      | 1         |               |            |           |             |      |                     |                        |          |                         |                           |                           |      |                   |      |
| Нагрузка 6 кВ   |                   |           |               |            |           |             |      |                     |                        |          |                         |                           |                           |      |                   |      |
| 8   | Компрессорная     | 1         | 10<br>32      | 495        | 1146      | 1600        | 0,65 | 1,0                 | 1,1                    | 2        | 2042                    | -1547                     | 0                         | 0,36 | 0,72              | 1146 |

| Таблица 18 – Расчет числа и мощности трансформаторов и компенсирующих устройств. Вариант №2 |                   |           |           |            |           |             |      |                        |                        |          |                             |                           |                           |      |                   |      |
|---|-------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-------------|------|------------------------|------------------------|----------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|------|-------------------|------|
| № на плане  | Наименование цеха | Категория | Pp<br>кВт | Qp<br>квар | Sp<br>кВА | Sn.т<br>кВА | Кз   | N <sub>min</sub><br>шт | N <sub>max</sub><br>шт | Nт<br>шт | Q <sub>ВН</sub><br>кВА<br>р | Q <sub>КУ.Р</sub><br>кВАр | Q <sub>КУ.Н</sub><br>кВАр | кз   | K <sub>з.ав</sub> | S'p  |
| Нагрузка 380 В  |                   |           |           |            |           |             |      |                        |                        |          |                             |                           |                           |      |                   |      |
| 1   | Сборочный цех №1  | 2         | 2690      | 2395       | 3602      | 1000        | 0,75 | 3,6                    | 4,8                    | 4        | 1911                        | 484                       | 500                       | 0,82 | 1,1               | 3290 |
| 8   | Компрессорная     | 1         | 301       | 134        | 330       | 630         | 0,65 | 0,7                    | 0,8                    | 2        | 849                         | -715                      | 0                         | 0,26 | 0,52              | 330  |
| 14  | Литейный цех      | 1         |           |            |           |             |      |                        |                        |          |                             |                           |                           |      |                   |      |
| Нагрузка 6 кВ   |                   |           |           |            |           |             |      |                        |                        |          |                             |                           |                           |      |                   |      |
| 8   | Компрессорная     | 1         | 1032      | 495        | 1146      | 1000        | 0,65 | 1,6                    | 1,8                    | 2        | 1763                        | -1268                     | 0                         | 0,57 | 1,15              | 1146 |

### 3.2.10 Выбор схемы электрических соединений главной понизительной подстанции

Главная схема электрических соединений подстанции является тем основным элементом, который определяет все свойства, особенности и техническую характеристику подстанции в целом. При выборе главной схемы неотъемлемой частью ее построения являются обоснование и выбор параметров оборудования и аппаратуры и рациональная их расстановка в схеме, а также принципиальное решение вопросов защиты, степени автоматизации и эксплуатационного обслуживания подстанции.

Описать откуда получает питание электроэнергией завод.

Классифицировать подстанцию по её месте в энергосистеме (тупиковая, проходная и т.д.)

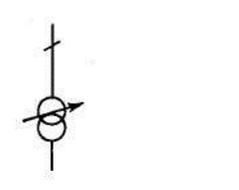
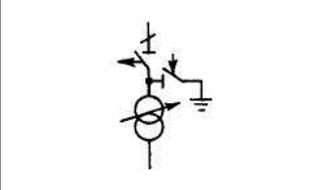
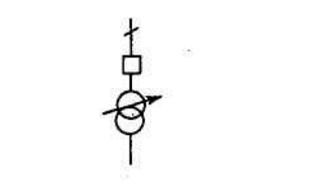
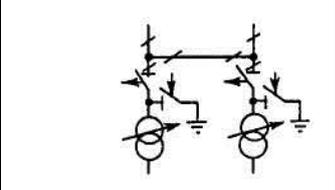
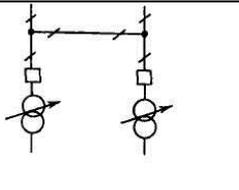
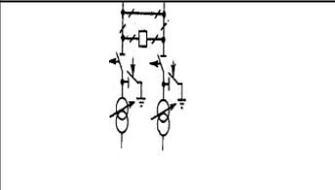
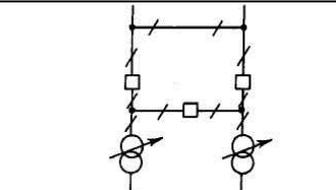
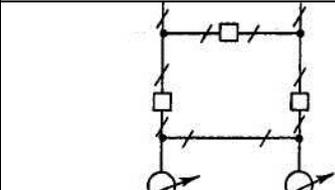
Выбрать схему главной понизительной подстанции со стороны высшего напряжения, указать критерии выбора и описать её работу в различных режимах.

Указать достоинства и недостатки схемы.

Основными требованиями, которыми должна удовлетворять главная схема электрических соединений подстанции являются:

1. Надежность электроснабжения
2. Экономичность
3. Сохранение устойчивости электропередачи.

Схема электрических соединений ГПП представлена на рисунке 10.

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| а) Блок с разъединителем  | б) Блок с отделителем   | в) Блок с выключателем   | г) Два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой со стороны линий            |
|  |  |  |  |
| д)  | е)  | ж)   | з)  |

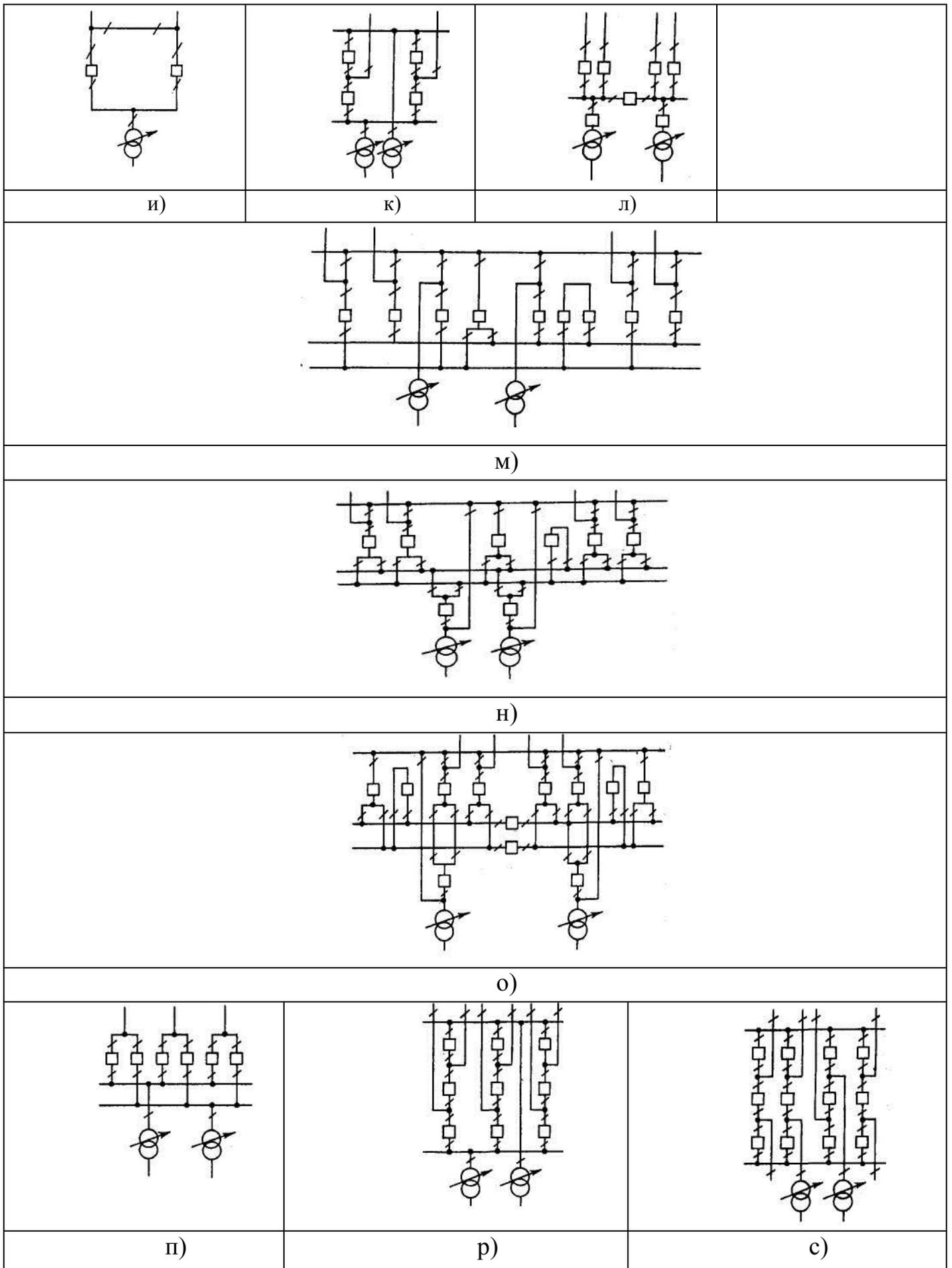


Рисунок 10 – Типовые схемы ПС на повышенных напряжениях (из таблицы 18)

Таблица 18 – Типовые схемы ПС на повышенных напряжениях

| №п/п | Номер<br>типовой<br>схемы | Наименование схемы  | Вариант<br>схемы на<br>рис. 40.23 | Применение схем в сетях<br>напряжением, кВ |    |    |    |    |    |
|------|---------------------------|---|-----------------------------------|--|----|----|----|----|----|
|      |                           |   |                                   | 5  | 10 | 20 | 30 | 00 | 50 |
| 1    | 1                         | Блок (линия — трансформатор) с разъединителем   | <i>a</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 2    | 3                         | Блок (линия — трансформатор) с отделителем  | <i>б</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 3    | 3Н                        | Блок (линия — трансформатор) с выключателем   | <i>в</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 4    | 4                         | Два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой со стороны линий                         | <i>г</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 5    | 4Н                        | Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий                        | <i>д</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 6    | 5                         | Мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов                        | <i>е</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 7    | 5Н                        | Мостик с выключателем в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий                     | <i>ж</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 8    | 5АН                       | Мостик с выключателем в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов | <i>з</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 9    | 6                         | Заход—выход   | <i>и</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 10   | 7                         | Четырехугольник   | <i>к</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 11   | 9                         | Одна секционированная система шин   | <i>л</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 12   | 12                        | Одна секционированная система шин с обходной  | <i>м</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 13   | 13                        | Две несекционированные системы шин с обходной   | <i>и</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 14   | 14                        | Две секционированные системы шин с обходной   | <i>о</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 15   | 15                        | Трансформаторы—шины с присоединением линий через два  | <i>п</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 16   | 16                        | Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий   | <i>р</i>                          |  |    |    |    |    |    |
| 17   | 17                        | Полуторная схема  | <i>с</i>                          |  |    |    |    |    |    |

Схемы распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше без сборных шин.

Применяются следующие схемы распределительных устройств:

- блочные;
- мостиковые;
- заход—выход;
- четырехугольника.

Блочные схемы. Блочной схемой называется схема «блок линии трансформатор» без сборных шин и связей с выключателями между двумя блоками на двухтрансформаторных подстанциях (между двумя блоками может устанавливаться неавтоматическая перемычка из разъединителей). Блочные схемы применяются на стороне ВН тупиковых подстанций напряжением до 500 кВ включительно, ответвительных и проходных подстанций, присоединяемых к одной или к двум линиям, до 220 кВ включительно.

Схемы «блок линия—трансформатор» могут выполняться:

- без коммутационных аппаратов (схема глухого присоединения) или только с разъединителем;
- с отделителем;
- с выключателем.

Схема «блок линия — трансформатор без коммутационных аппаратов» применяется при напряжениях 35 – 330 кВ и питании подстанции по радиальной схеме. Для питания трансформаторов следует использовать кабельные линии высокого напряжения, что позволяет исключить воздействие окружающей среды на изоляцию вводов даже при открытой установке трансформаторов, рисунок 11:

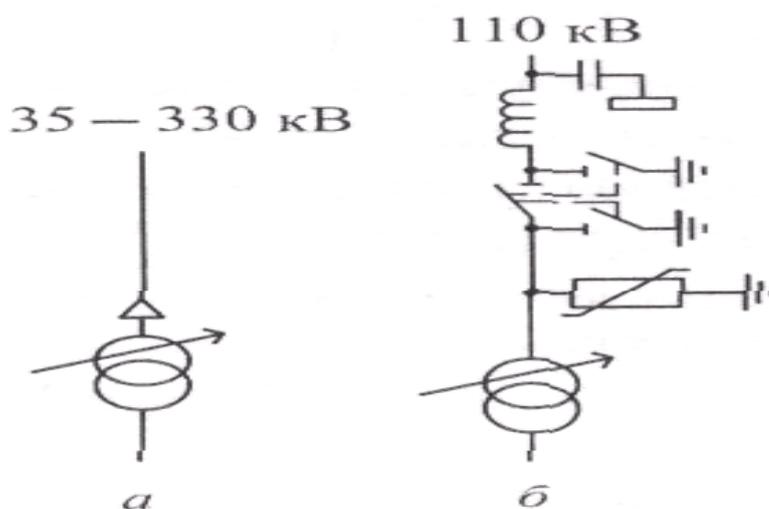


Рисунок 11 – Схема «блок питания – трансформатор» *а* — без коммутационных аппаратов с кабельным вводом (схема глухого присоединения); *Б* — с разъединителем.

Для защиты трансформатора напряжением 330 кВ любой мощности, а также трансформатора напряжением 110, 220 кВ мощностью более 25 МВА предусматривается передача отключающего сигнала на головной выключатель, который обеспечивает отключение питающей линии в случае повреждения трансформатора.

Выбор способа передачи сигнала зависит от длины питающей линии, мощности трансформатора, требований по надежности отключения. При мощности трансформатора 25 МВА и менее, а также при кабельном вводе в трансформатор передача отключающего сигнала может не предусматриваться.

Схема «блок линия – трансформатор с разъединителем» применяется в тех же случаях, что и предыдущая (рисунок 11, б).

На схемах, приведенных на рисунке 11, для упрощения показан один блок, в случае двухтрансформаторных подстанций число таких блоков удваивается. Перемычка между блоками не предусматривается. Это рекомендуется использовать в условиях интенсивного загрязнения и при ограниченной площади застройки.

Схему «блок линия — трансформатор с отделителем» допустимо применять на напряжении 110 кВ и трансформаторах мощностью до 25 МВА при необходимости автоматического отключения поврежденного трансформатора от линии, питающей несколько подстанций (рисунок 12, а). Отделители на стороне ВУ подстанций могут применяться как с короткозамыкателями, так и с передачей отключающего сигнала на выключатель головного участка магистрали.

На двухтрансформаторных подстанциях используется схема «два блока линия – трансформатор» с отделителем и неавтоматической перемычкой со стороны линий (рисунок 12, б). В нормальном режиме работы один из разъединителей в перемычке должен быть разомкнут.

Запрещается применять схему с отделителем в случае :

- распределительных устройств, расположенных в районах холодного климата по ГОСТ 15150—69, а также в районах, где часто наблюдается гололед;
- сейсмичности более 6 баллов по шкале MSK-614;
- воздействия отделителя и короткозамыкателя, которое приводит к выпадению из синхронизма синхронных двигателей или нарушению технологического процесса;
- использования подстанции на транспорте и в нефти – и газодобывающей промышленности;
- применения трансформаторов, присоединенных к линиям, имеющим ОАПВ.

В соответствии с «Рекомендациями по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35 – 750 кВ, при проектировании применять схему с отделителем и коротко замыкателем не

рекомендуется, а при реконструкции и техническом перевооружении подстанций предусматривать замену этих аппаратов на выключатели.

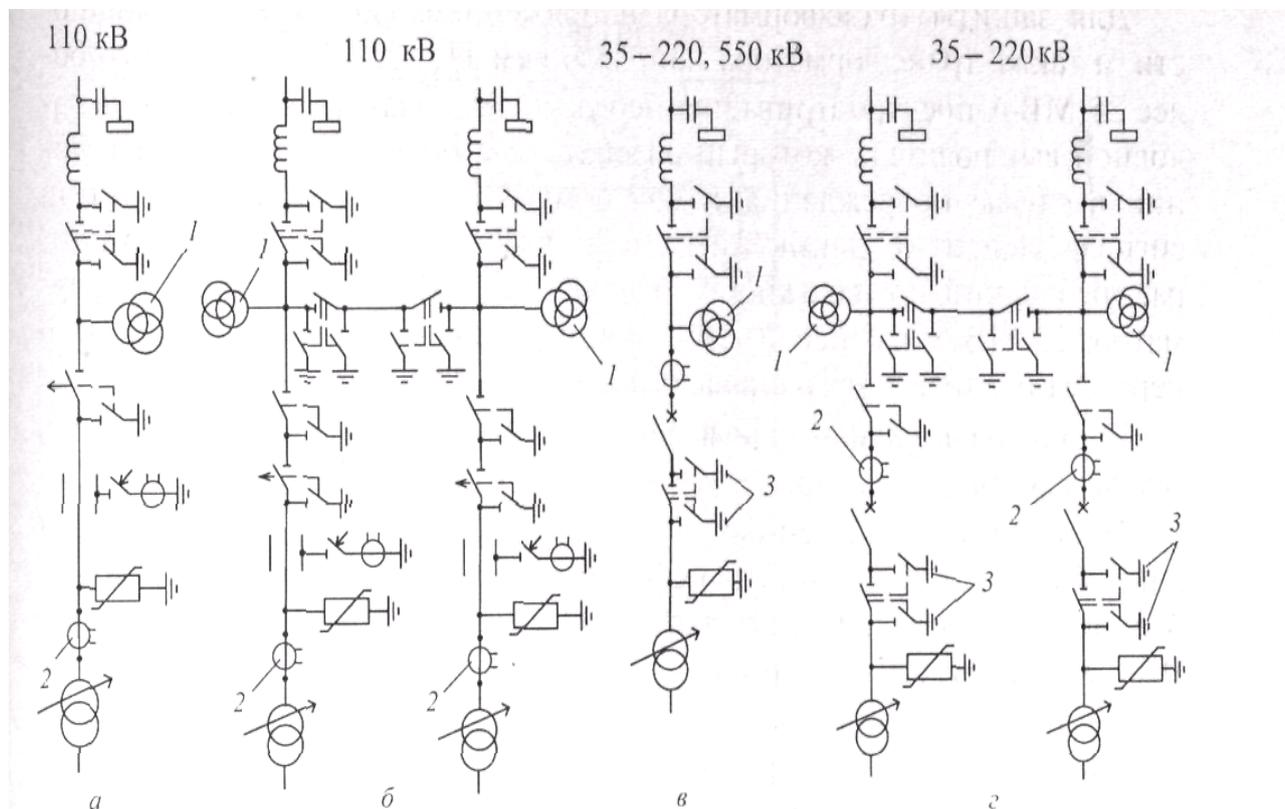


Рисунок 12 – Схема «блок линия—трансформатор»: а — с отделителем; б — два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой со стороны линии; в — с выключателем; г — два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линии; 1,2 — трансформаторы тока и напряжения, установка которых должна быть обоснована; 3 — разъединители, которые устанавливаются при напряжениях 110, 220 кВ и наличии собственного питания.

Схема «блок линия — трансформатор с выключателем» применяется на подстанциях напряжением 35—220 и 500 кВ в тех случаях, когда нельзя использовать более простые и дешевые схемы первичной коммутации подстанций (рисунок 12, в). На двухтрансформаторных подстанциях напряжением 35—220 кВ применяется схема «блок линия—трансформатор» с выключателем и неавтоматической перемычкой со стороны линии (рисунок 12, г). Блочные схемы просты, экономичны, но при повреждениях в линии или в трансформаторе автоматически отключаются линия и трансформатор.

В схеме «мостик» линии или трансформаторы на двух — , трехтрансформаторных подстанциях соединяются между собой с помощью выключателя. Данная схема применяется на стороне ВЛ 35—220 кВ подстанций при

необходимости секционирования выключателем линий или трансформаторов мощностью до 63 МВ – А включительно. На напряжениях 110 и 220 кВ схема мостика применяется, как правило, с ремонтной перемычкой, которая при соответствующем обосновании может не предусматриваться. Ремонтная перемычка позволяет выполнять ревизию любого выключателя со стороны линий или трансформаторов при сохранении в работе линий и трансформаторов. Перемычка обычно не предусматривается при электрификации сельских сетей напряжением 35 кВ.

Схема «мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов» применяется в тех же случаях, что и блочные схемы с отделителями (рисунок 13).

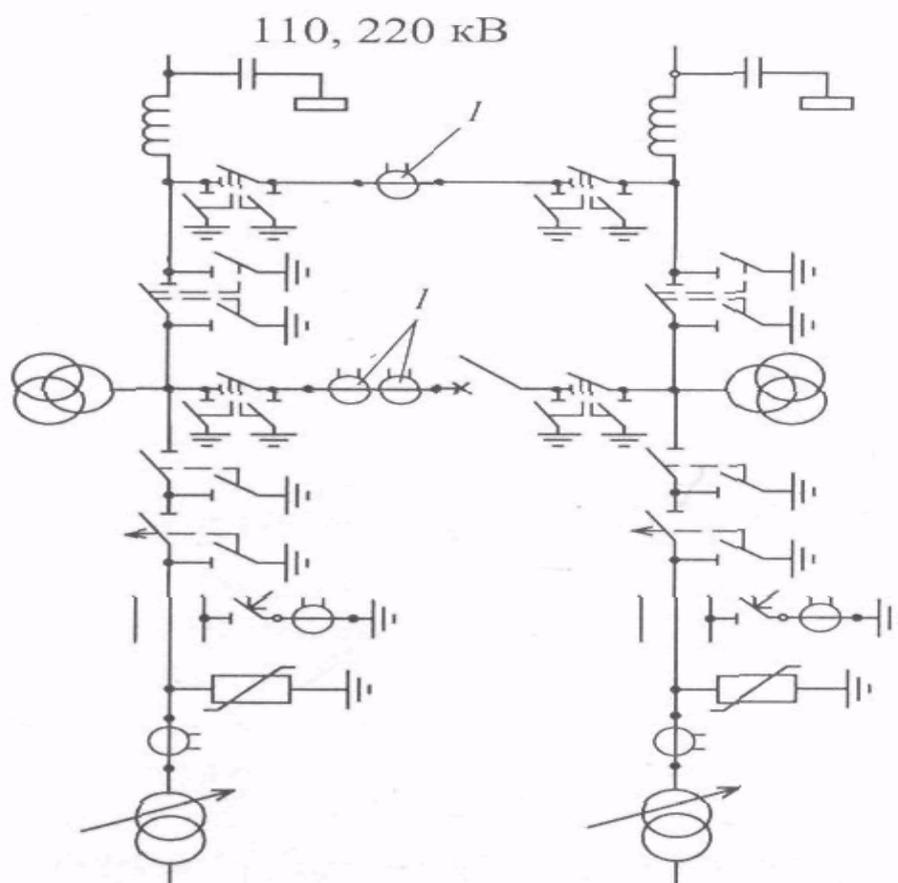


Рисунок 13. Схема «мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов»

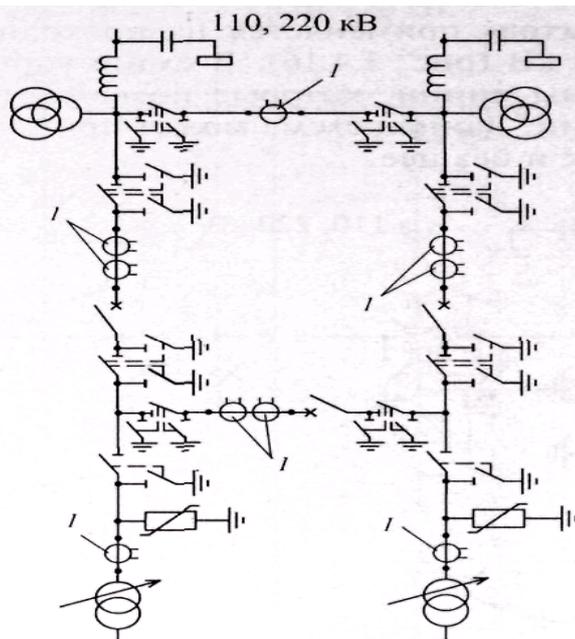
1 — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 5 по (26))

Схема «мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий» может применяться на тупиковых, ответвительных и проходных подстанциях напряжением 35—220 кВ (рисунок 14). На тупиковых и

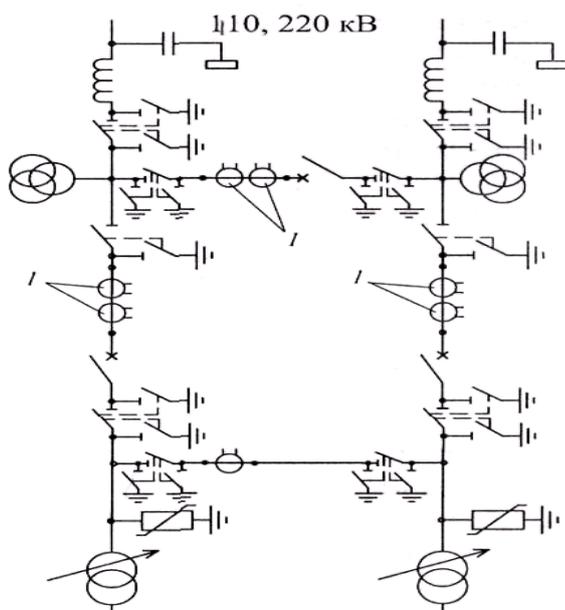
ответвительных подстанциях ремонтная перемычка и перемычка с выключателем нормально разомкнуты. При аварии на одной из линий автоматически отключается выключатель со стороны поврежденной линии и включается выключатель в перемычке, оба трансформатора остаются работающими. В случае аварии на одном из трансформаторов отключение выключателя приводит к отключению трансформатора и питающей линии. Отключение линии при повреждении трансформатора является недостатком данной схемы.

На проходных подстанциях перемычка с выключателем нормально замкнута, через нее осуществляется транзит мощности.

Схема «мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов» (рисунок 15) применяется в тех же случаях, что и схема, приведенная на рисунке 14. Особенность данной схемы состоит в том, что при аварии в линии автоматически отключается поврежденная линия и трансформатор. При аварии на трансформаторе после автоматических переключений в работе остаются две линии и два источника питания. Учитывая, что аварийное отключение трансформаторов происходит сравнительно редко, более предпочтительна схема, приведенная на рисунке 14.



**Рис. 3.4.14.** Схема «мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий»: / — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 5Н по [26])



**Рис. 3.4.15.** Схема «мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов»: / — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (для напряжения 35 кВ ремонтная перемычка, как правило, не предусматривается) (индекс схемы — 5АН по [26])

Рисунок 14 –

Схема «заход—выход» применяется на проходных подстанциях напряжением 110—220 кВ (рисунок 16). В схеме устанавливается два выключателя со стороны линии, которые позволяют отключать поврежденный участок линии. Данная схема может применяться как с ремонтной перемычкой, так и без нее.

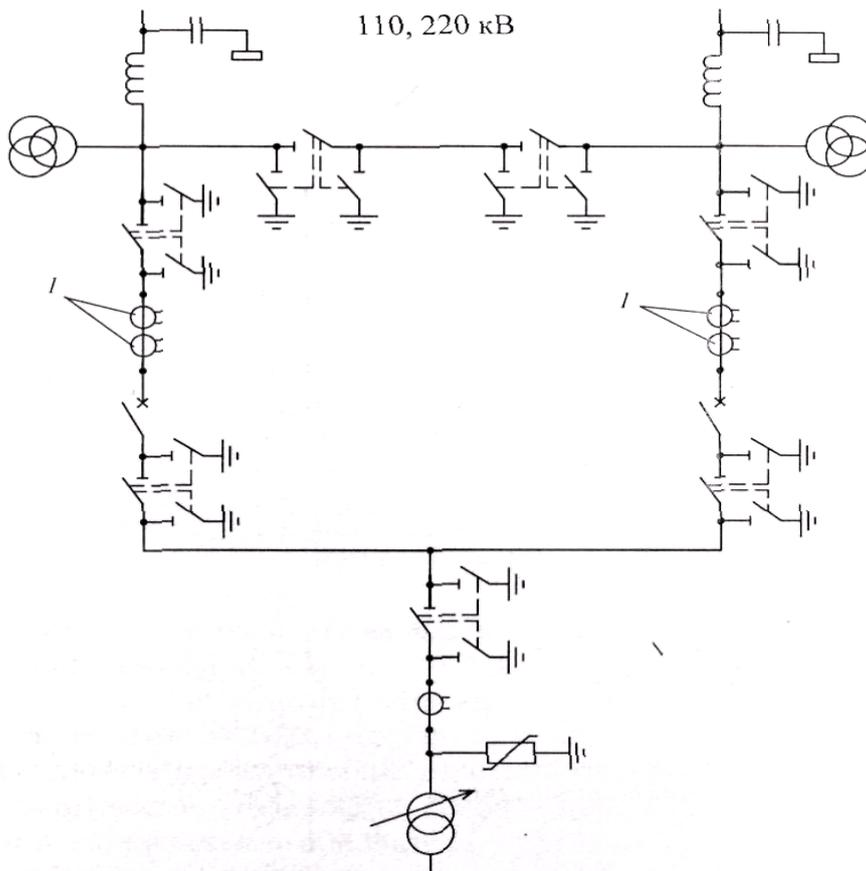


Рисунок 16 – Схема «заход — выход»: 1 — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 6 по (26))

Схема четырехугольника применяется в РУ 110 — 750 кВ при четырех присоединениях (две линии и два трансформатора) и необходимости секционирования транзитной линии при мощности трансформаторов от 125 МВА и более при напряжениях 110 — 220 кВ и любой мощности при напряжениях 330 кВ и выше (рисунок 17).

В схеме со стороны линии установлены через развилку два выключателя, подключаемых к разным трансформаторам. Данная схема обладает более высокой надежностью по сравнению со схемой «мостика», так как авария в линии или в трансформаторе приводит к отключению только поврежденного элемента. Недостаток схемы — при отключении одной из линий трансформаторы получают питание по одной линии от одного источника питания.

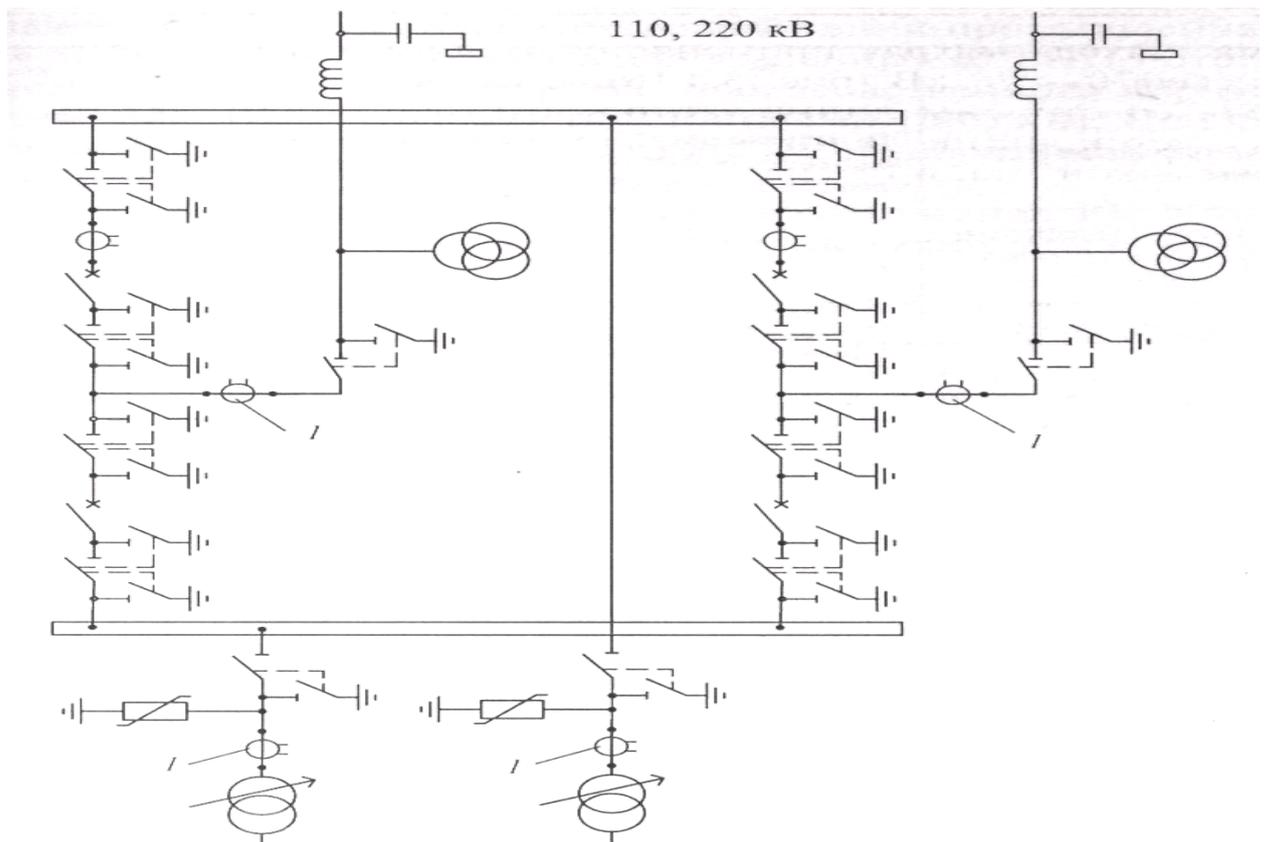


Рисунок 17 – Схема четырехугольника: / — трансформаторы токи, установки которых должна быть обоснована (индекс схемы — 7 по (26))

Рекомендации по применению схем приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Рекомендации по применению схем распределительных устройств без сборных шин напряжением 35 кВ и выше трансформаторных подстанций

| Схема   | Область применения   | Индекс схемы (по [26]) |
|---|--|------------------------|
| <b>Блочные схемы</b>                                  |  |                        |
| Блок линия—трансформатор без коммутационных аппаратов | При напряжениях 35—330 кВ и радиальной схеме питания подстанции в условиях сильного промышленного загрязнения окружающей среды | 1                      |
| Блок линия—трансформатор с разъединителем             | При напряжениях 35—330 кВ и радиальной схеме питания подстанции  | 1                      |

На рисунке 18 изображена схема подстанций на низшем напряжении

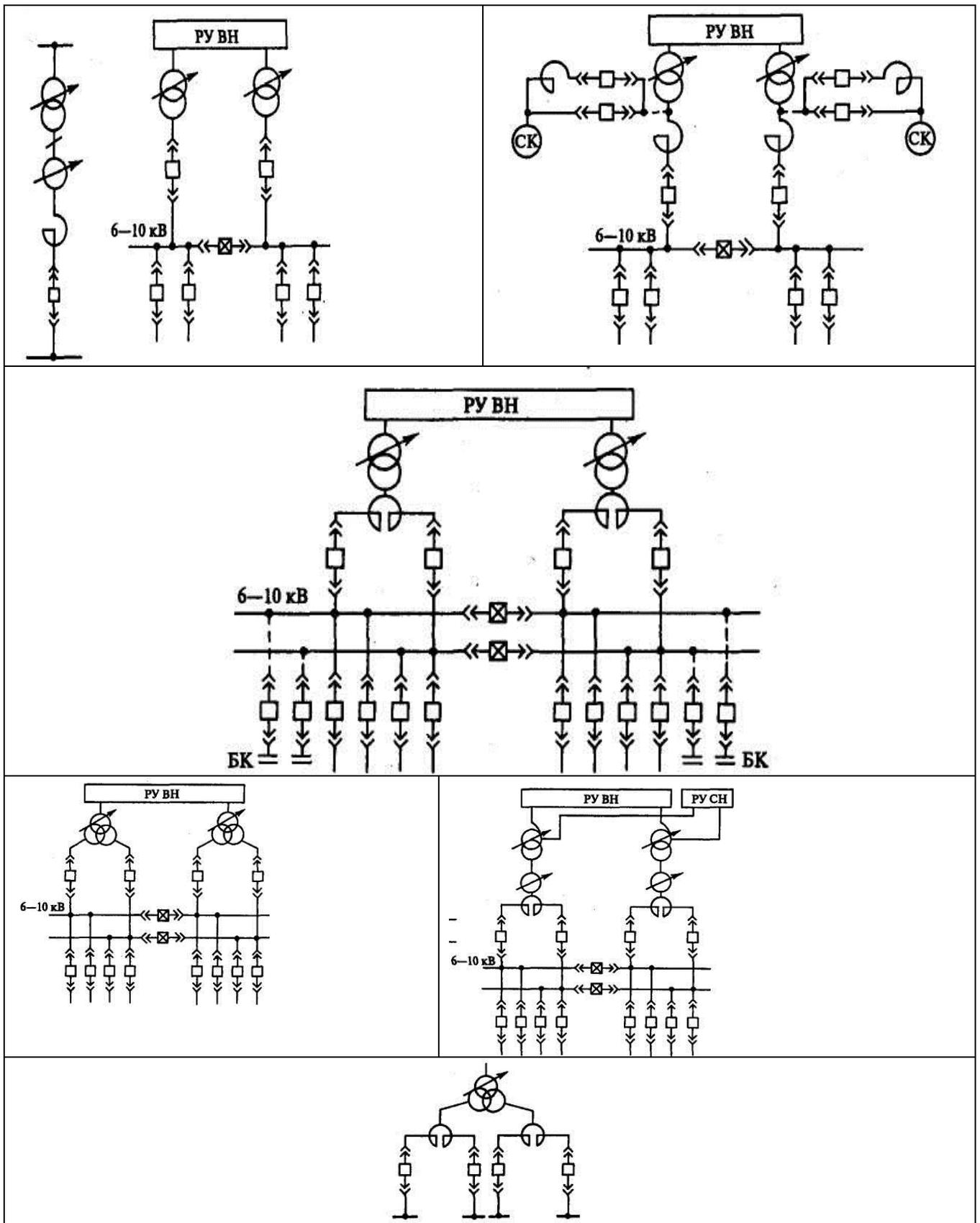


Рисунок 18 – Схема подстанций на низшем напряжении

### 3.2.11 Экономическая часть

#### 3.2.11.1 Техничко-экономическое сравнение вариантов технологического процесса.

Для выполнения экономического расчета принимаем следующие значения:  
(значения задаются преподавателям в индивидуальном задании)

$P_H = 0,12$  – нормативный коэффициент окупаемости;

$\alpha_{AM} = 0,063$  – отчисления на амортизацию;

$\alpha_{PEM} = 0,01$  – отчисления на текущий ремонт;

$K_{TP}$  – стоимость трансформаторов или КТП;

$K_{KY}$  – стоимость компенсирующих устройств;

$C_{ПОТ. TP}$  – стоимость потерь в трансформаторах;

$C_{ПОТ. KY}$  – стоимость потерь в компенсирующих устройствах.

Для технико-экономического расчёта принимается:

$K_{ИНФ} = 35$  – коэффициент инфляции;

$T_T = 8000$  час. – годовое число часов работы трансформаторов;

$T_m = 5500$  час. – годовое число использования максимума нагрузки;

$\tau = 3500$  час – время максимальных потерь

$C_0 = 1,3$  руб/кВт ч. – стоимость потерь электроэнергии.

Технические данные цеховых трансформаторов представлена в таблице 19

Таблица 19 – Технические данные цеховых трансформаторов

| Тип трансформатора | $S_n$<br>кВА | Напряжени<br>е<br>обмоток,<br>кВ |     | $\Delta P_{xx}$<br>кВт | $\Delta P_{kz}$<br>кВт | $I_{xx}$ | $U_{kz}$ | Стоимость<br>тыс руб |
|--------------------|--------------|----------------------------------|-----|------------------------|------------------------|----------|----------|----------------------|
|                    |              | Н                                | Н   |                        |                        |          |          |                      |
| ТМ – 160/10        | 160          | 10                               | 0,4 | 0,54                   | 2,27                   | 2,4      | 4,5      | 0,74                 |
| ТМ – 250/10        | 250          | 10                               | 0,4 | 1,05                   | 3,7                    | 2,3      | 4,5      | 1,0                  |
| ТМ – 400/10        | 400          | 10                               | 0,4 | 1,08                   | 5,5                    | 2,1      | 4,5      | 1,41                 |
| ТМ – 630/10        | 630          | 10                               | 0,4 | 1,68                   | 7,6                    | 2,0      | 5,5      | 2,035                |
| ТМ – 1000/10       | 1000         | 10                               | 0,4 | 2,1                    | 12,2                   | 1,4      | 5,5      | 2,965                |
| ТМ – 1000/10       | 1000         | 10                               | 6,3 | 2,1                    | 12,2                   | 1,4      | 5,5      | 2,965                |
| ТМ – 1600/10       | 1600         | 10                               | 6,3 | 3,3                    | 18,0                   | 1,3      | 5,5      | 4,15                 |

Таблица 4-5 Технические данные конденсаторных установок

| Тип<br>компенсирующ<br>его устройства | $Q_{КУН}$<br>кВАр | Количество<br>ступеней | Уд. потери<br>кВт/кВАр | Стоимость<br>тыс руб |
|---------------------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| УКБН –<br>0,38 – 200 –<br>50УЗ        | 200               | 4                      | 0,0045                 | 1,785                |

|                        |     |   |       |      |
|------------------------|-----|---|-------|------|
| УКМ – 10,5<br>– 400 УЗ | 400 | 1 | 0,003 | 1,64 |
|------------------------|-----|---|-------|------|

Таблица 4-5 Технические данные конденсаторных установок

| Тип компенсирующего устройства | Q <sub>КУН</sub><br>кВАр | Количество ступеней | Уд.потери<br>кВт/кВАр | Стоимость<br>тыс.руб. |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| УКБН – 0,38 –<br>200 – 50УЗ    | 200                      | 4                   | 0,0045                | 1,785                 |
| УКМ – 10,5 – 400<br>УЗ         | 400                      | 1                   | 0,003                 | 1,64                  |

### Вариант 1

Определяем стоимость потерь в компенсирующем устройстве

$$C_{ПOT.KY} = \Delta P_{УД} \cdot Q_{КУН} \cdot C_0 \cdot \tau = 0,0045 \cdot 800 \cdot 1,3 \cdot 3500 \cdot 10^{-3} = 16,38 \text{ [тыс.руб]}$$

Определяем потери энергии в трансформаторах:

$$\Delta W_T = \frac{\Delta P_{КЗ}}{N_T} \cdot \left( \frac{S_P}{S_{HT}} \right)^2 \cdot \tau + N_T \cdot P_{XX} \cdot T_T = \frac{7,6}{6} \cdot \left( \frac{3602}{630} \right)^2 \cdot 3500 + 6 \cdot 1,68 \cdot 8000 = 225563 \text{ [кВт} \cdot \text{ч]}$$

Определяем стоимость потерь в трансформаторах:

$$C_{ПOT.TP} = C_0 \cdot \Delta W = 1,3 \cdot 225563 \cdot 10^{-3} = 293,2 \text{ [тыс.руб]}$$

Определяем приведённые затраты на обслуживание и ремонт трансформаторов и компенсирующих устройств в год:

$$Z = [p_H \cdot (K_{TP} + K_{KV}) + (\alpha_{ам} + \alpha_{рем}) \cdot (K_{mp} + K_{KV})] \cdot k_{инф} + (C_{ПOT.TP} + C_{ПOT.KY}) = [0,12 \cdot (12,21 + 7,14) + (0,063 + 0,01) \cdot (12,21 + 7,14)] \cdot 35 + (293,2 + 16,38) = 440,3 \text{ [тыс.руб]}$$

### Вариант 2

Определяем стоимость потерь в компенсирующем устройстве:

$$C_{ПOT.KY} = \Delta P_{УД} \cdot Q_{КУН} \cdot C_0 \cdot \tau = 0,0045 \cdot 500 \cdot 1,3 \cdot 3500 \cdot 10^{-3} = 10,24 \text{ [тыс.руб]}$$

Определяем потери энергии в трансформаторах:

$$\Delta W_T = \frac{\Delta P_{K3}}{N_T} \cdot \left( \frac{S_P}{S_{HT}} \right)^2 \cdot \tau + N_T \cdot P_{XX} \cdot T_T =$$

$$\frac{12,2}{4} \cdot \left( \frac{3602}{1000} \right)^2 \cdot 3500 + 4 \cdot 2,1 \cdot 8000 = 265702 \text{ [кВт.ч]}$$

Определяем стоимость потерь в трансформаторах:

$$C_{\text{пот.тр}} = C_0 \cdot \Delta W_T = 1,3 \cdot 265702 \cdot 10^{-3} = 267,4 \text{ [тыс.руб]}$$

Определяем приведённые затраты на обслуживание и ремонт трансформаторов и компенсирующих устройств в год:

$$Z = [p_H \cdot (K_{TP} + K_{KY}) + (\alpha_{ам} + \alpha_{рем}) \cdot (K_{тр} + K_{KY})] \cdot k_{инф} +$$

$$(C_{\text{пот.тр}} + C_{\text{пот.кв}}) = [0,12 \cdot (11,86 + 5,36) + (0,063 + 0,01) \cdot (11,86 + 5,36)]$$

$$\cdot 35 + (267,4 + 10,24) = 393,96 \text{ [тыс.руб]}$$

### Вариант 3

Определяем стоимость потерь в компенсирующем устройстве:

$$C_{\text{пот.кв}} = \Delta P_{уд} \cdot Q_{квн} \cdot C_0 \cdot \tau = 0,0045 \cdot 1150 \cdot 1,3 \cdot 3500 \cdot 10^{-3}$$

$$= 23,55 \text{ [тыс.руб]}$$

Определяем потери энергии в трансформаторах:

$$\Delta W_T = \frac{\Delta P_{K3}}{N_T} \cdot \left( \frac{S_P}{S_{HT}} \right)^2 \cdot \tau + N_T \cdot P_{XX} \cdot T_T =$$

$$\frac{2,1}{9} \cdot \left( \frac{3602}{400} \right)^2 \cdot 3500 + 9 \cdot 1,08 \cdot 8000 = 251203 \text{ [кВт.ч]}$$

Определяем стоимость потерь в трансформаторах:

$$C_{\text{пот.тр}} = C_0 \cdot \Delta W_T = 1,3 \cdot 251203 \cdot 10^{-3} = 326,6 \text{ [тыс.руб]}$$

Определяем приведённые затраты на обслуживание и ремонт трансформаторов и компенсирующих устройств в год:

$$Z = [p_H \cdot (K_{TP} + K_{KY}) + (\alpha_{ам} + \alpha_{рем}) \cdot (K_{тр} + K_{KY})] \cdot k_{инф} +$$

$$(C_{\text{пот.тр}} + C_{\text{пот.кв}}) = [0,12 \cdot (12,69 + 10,71) + (0,063 + 0,01) \cdot (12,69 + 10,71)]$$

$$\cdot 35 + (326,6 + 23,55) = 508,22 \text{ [тыс.руб]}$$

По приведенным затратам оптимальным будет второй вариант.

Для остальных цехов расчет производится аналогично и сводится в таблицу 8.4.

| №<br>вар<br>и<br>анта | Наименование цеха | Sp<br>КВА | Ст.н<br>КВА | Nт | k <sub>з</sub> | Ктр<br>т. р. | Кку<br>т. р | ΔP <sub>кз</sub><br>кВт | ΔP <sub>кх</sub><br>кВт | τ<br>ч | Tг<br>ч | ΔWтр<br>кВт/ч | C <sub>пот. т</sub><br>тыс. р | C <sub>пот. ку</sub><br>тыс. р | З<br>тыс. р |
|-----------------------|-------------------|-----------|-------------|----|----------------|--------------|-------------|-------------------------|-------------------------|--------|---------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------|
| Нагрузка 380 В        |                   |           |             |    |                |              |             |                         |                         |        |         |               |                               |                                |             |
| 1                     | Сборочный цех №1  | 3602      | 630         | 6  | 0,83           | 12,21        | 7,14        | 7,6                     | 1,68                    | 3500   | 8000    | 225563        | 293,2                         | 16,38                          | 440,3       |
| 2                     |                   | 3602      | 1000        | 4  | 0,82           | 11,86        | 5,36        | 12,2                    | 2,1                     | 3500   | 8000    | 265702        | 267,4                         | 10,24                          | 393,96      |
| 3                     |                   | 3602      | 400         | 9  | 0,82           | 12,69        | 10,71       | 5,5                     | 1,08                    | 3500   | 8000    | 251203        | 326,6                         | 23,55                          | 508,22      |
| 1                     | Компрессорная     | 330       | 400         | 2  | 0,41           | 2,82         | 0           | 5,5                     | 1,08                    | 3500   | 8000    | 23831         | 30,98                         | 0                              | 50,03       |
| 2                     |                   | 330       | 630         | 2  | 0,26           | 4,07         | 0           | 12,2                    | 2,1                     | 3500   | 8000    | 39458         | 51,29                         | 0                              | 78,78       |
| 3                     |                   | 330       | 250         | 2  | 0,66           | 2,0          | 0           | 3,7                     | 2,3                     | 3500   | 8000    | 48082         | 62,51                         | 0                              | 76,02       |
| 1                     | Литейный цех      |           |             |    |                |              |             |                         |                         |        |         |               |                               |                                |             |
| 2                     |                   |           |             |    |                |              |             |                         |                         |        |         |               |                               |                                |             |
| 3                     |                   |           |             |    |                |              |             |                         |                         |        |         |               |                               |                                |             |
| Нагрузка 6 кВ         |                   |           |             |    |                |              |             |                         |                         |        |         |               |                               |                                |             |
| 1                     | Компрессорная     | 1032      | 1600        | 2  | 0,32           | 8,3          | 0           | 18,0                    | 1,3                     | 3500   | 8000    | 33905         | 44,08                         | 0                              | 100,1       |
| 2                     |                   | 1032      | 1000        | 2  | 0,52           | 5,93         | 0           | 12,2                    | 1,4                     | 3500   | 8000    | 44433         | 57,76                         | 0                              | 97,82       |
| 3                     |                   |           |             |    |                |              |             |                         |                         |        |         |               |                               |                                |             |

На основании технических требований и экономических расчетов по наименьшим общим приведённым затратам на обслуживание и ремонт трансформаторов и компенсирующих устройств в год, делается окончательный выбор силовых трансформаторов и компенсирующих устройств в каждом цехе. Принятый вариант выделен в таблице 4.6.

## 9. Расчет сетей внешнего и внутреннего электроснабжения завода

### 9.1 Расчет сетей внешнего электроснабжения завода

Выбор сечений неизолированных проводов производится по экономической плотности тока и проверяется по допустимой потере напряжения.

Экономические показатели питающих линий в значительной мере зависят от правильности выбора сечений проводов. Для определения сечения проводов рекомендуют экономические плотности тока [3 . таб. 2.1 ]. Так как линии работают в неявном резерве, расчет ведется по току номинального режима.

1. Определяем ток линии в нормальном режиме при максимальной нагрузке:

$$I_p = P_p / 2 \cdot 1,73 \cdot U_n \cdot \cos\alpha \quad (\text{А}). \quad (9.1)$$

2. Определяем экономическое сечение проводов линии :

$$F_{\text{эк}} = I_p / j_{\text{эк}} \quad (\text{мм}^2), \quad (9.2)$$

где  $J_{\text{эк}} = 1,1 \text{ (А/мм}^2\text{)}$  экономическая плотность тока для алюминиевых неизолированных проводов.

3. Выбираем по [3. Таб.2.2 ] провод марки АС и соответствующий выбранному сечению длительно допустимый ток.

4. Проверяется условие нагрева длительным током в нормальном режиме.

$$I_p < I_{\text{доп}}$$

5. Проверим выбранное сечение в аварийном режиме.

$$I_p < I_{\text{доп}}$$

6. Проверяется условие максимальных потерь на корону.

7. Выбранное сечение по длительному току должно быть проверено на потерю напряжения. Нормированных значений потери напряжения нет, однако в ГОСТ 13109-97 указаны предельные значения отклонений напряжения от номинального значения.

Расчет потери напряжения с учетом продольной составляющей падения напряжения:

$$\Delta U = (P \times X + Q \times R) / U_{\text{ном}} \quad (\text{В}), \quad (9.3)$$

где  $X = X_0 \cdot L$  (Ом) – индуктивное сопротивление линии (9.4)

$X_0$  (Ом/км) – удельное индуктивное сопротивление линии

$L$  = (км) – длина линии

$R = R_0 \times L$  (Ом) – активное сопротивление линии (9.5)

$R_0 = 1000 / \gamma F$  (Ом) (9.6)

Где  $F$  – сечение проводника,  $\text{мм}^2$

$\gamma$  – удельная проводимость материала,  $\text{м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$ ,

для алюминия принимаем  $\gamma = 31,7 \text{ м} / \text{Ом} \times \text{мм}^2$

Определение поперечной составляющей падения напряжения :

$$\partial U = (P \times X - Q \times R) / U_{\text{ном}} \quad (\text{В}) \quad (9.7)$$

Падение напряжения в линии составит:

Пример расчета:

Расчетный ток линии  $I_p$ , определяется:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{39435}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 104 \text{ А}$$

Экономическое сечение  $S_э$  провода определяется:

$$S_э = \frac{I_p}{j_э} = \frac{104}{1,1} = 104 \text{ мм}^2$$

где:  $j_э = 1,1$  нормированное значение экономической плотности тока,  $\text{А}/\text{мм}^2$

[Л-3] табл. 1.3.36. с.40, при  $T_m = 5824 \text{ ч}/\text{год}$

Полученное по формуле значение округляется до ближайшего меньшего стандартного сечения.

По условиям короны принимается провод АС-95/16.

Для провода АС-95  $I_{\text{доп}} = 330 \text{ А}$  [Л-1] табл. 6.80 с.308

$$I_{\text{авар}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{39435}{\sqrt{3} \cdot 110} = 208 \text{ А}$$

$I_{\text{авар}} < I_{\text{доп}}$  следовательно, выбранное сечение провода по нагреву подходит.

Проверяется выбранное сечение провода по потери напряжения.

Нормальный режим (работают обе линии):

Расчет потери напряжения с учетом продольной составляющей падения напряжения  $\Delta U^1$ :

$$\Delta U' = \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0}{U_H} \cdot \frac{\ell}{2} = \frac{33,5 \cdot 0,299 + 16,2 \cdot 0,43}{110} \cdot \frac{30}{2} = 2,31 \text{ кВ},$$

где:  $r_0=0,299$  – удельное активное сопротивление провода АС-95/16, Ом/км

[Л-2] табл. 7.5. с.277

$x_0=0,43$  – удельное индуктивное сопротивление провода АС-95/16, Ом/км [Л2] табл. 7.5. с.277

Определение поперечной составляющей падения напряжения:

$$\begin{aligned} \delta U &= \frac{P \cdot x_0 - Q \cdot r_0}{U_H} \cdot \frac{\ell}{2} = \frac{33,5 \cdot 0,43 - 16,2 \cdot 0,299}{110} \cdot \frac{30}{2} \\ &= 1,3 \text{ кВ} \end{aligned}$$

Определение падения напряжения  $\Delta U_{\text{расч.}}$ :

$$\Delta U_{\text{расч.}} = \sqrt{\Delta U'^2 + \delta U^2} = \sqrt{2,31^2 + 1,3^2} = 2,65 \text{ кВ},$$

что составляет  $\frac{2,65 \cdot 100}{110} = 2,4\%$ .

Выбранное сечение  $95 \text{ мм}^2$  условию  $\Delta U_{\text{расч.}} < \Delta U_{\text{доп.}}$  удовлетворяет, т.к.

$$\Delta U_{\text{расч.}} = 2,4\%, \text{ а } \Delta U_{\text{доп.}} = 5\%.$$

Аварийный режим (при отключении одной линии):

Расчет потери напряжения с учетом продольной составляющей падения напряжения  $\Delta U'$ :

$$\Delta U' = \frac{P \cdot x_0 + Q \cdot r_0}{U_H} \cdot \ell = \frac{33,5 \cdot 0,43 + 16,2 \cdot 0,299}{110} \cdot 30 = 4,62 \text{ кВ},$$

Определение поперечной составляющей падения напряжения  $\delta$ :

$$\delta U = \frac{P \cdot x_0 - Q \cdot r_0}{U_H} \cdot \ell = \frac{33,5 \cdot 0,43 - 16,2 \cdot 0,299}{110} \cdot 30 = 2,6 \text{ кВ},$$

Определение падения напряжения  $\Delta U_{\text{расч.}}$ :

$$\Delta U_{\text{расч. авар.}} = \sqrt{\Delta U'^2 + \delta U^2} = \sqrt{4,62^2 + 2,6^2} = 5,3 \text{ кВ кВ},$$

что составляет  $\frac{5,3 \cdot 100}{110} = 4,82\%$ .

Выбранное сечение 95 мм<sup>2</sup> условию  $\Delta U_{\text{расч.}} < \Delta U_{\text{доп.}}$  удовлетворяет, т.к  $\Delta U_{\text{расч.авар}} = 4,82\%$ , а  $\Delta U_{\text{доп.авар.}} = 10\%$ .

## 12.2. Расчёт сечения линий распределительной сети напряжением выше 1000В

Выбор марки кабеля и определение сечения токоведущих жил проводится по экономической плотности тока с последующей проверкой по допустимому нагреву током и по допустимой потере напряжения.

Для питания нагрузок I и II категорий по надежности электроснабжения применяют две кабельные линии.

1. Определяется расчётный ток  $I_{kj}$  для самого загруженного участка цепи:

$$I = S / 2 \sqrt{3U} \quad (\text{А}) \quad (9.8)$$

2. Выбирается сечение по экономической плотности тока для самого загруженного участка сети.

$$F = I / j \quad (\text{мм}^2) \quad (9.9)$$

где  $j$  – экономическая плотность тока для кабеля

3. Выбирается марка кабеля и способ прокладки

4. Выбранный кабель проверяется по длительно-допустимому току по формуле:

$$I_p < I_{\text{доп}}$$

5. По [Л-1 табл.6.80 с.308] выбирается активное и индуктивное сопротивление кабеля.

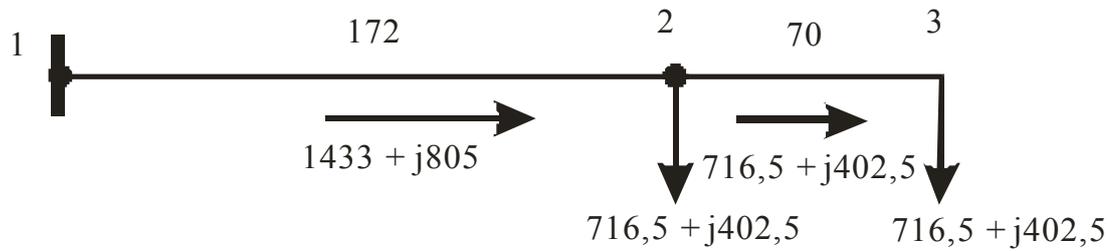
6. Выбранное сечение кабеля проверяется по потере напряжения:

$$\Delta U = \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U} \cdot L \text{кВ} \quad 9.10$$

Пример расчета

1. Линия W1 питает ТП1 и ТП2 подготовительного цеха, который по бесперебойности электроснабжения относятся ко II категории, поэтому от ГПП намечаются две кабельные линии;

Схема потокораспределения линии:



Определяем потокораспределение на головном участке линии:

$$S_{23} = S_3 = (716,5 + j402,5) \text{ КВА}$$

$$S_{1-2} = S_2 + S_3 = (716,5 + j402,5) + (716,5 + j402,5) = (1433 + j805) \text{ КВА}$$

Сечение кабельных линий на всем участке считается одинаковыми.

$$I_p = \frac{S_{1-2}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{\sqrt{1433^2 + 805^2}}{\sqrt{3} \cdot 10} = 94,6 \text{ А}$$

Выбираем сечение КЛ по экономической плотности тока:

$$S_{\text{э.к}} = \frac{I_p}{2 \cdot j_s} = \frac{94,6}{2 \cdot 1,4} = 33,9 \text{ мм}^2$$

Принимается 2 кабеля ААБл-3×35

Для кабеля ААБл-3×35  $I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}$  [8 табл. 6,56 с. 296]

$$I_p < I_{\text{доп}} \quad (94,6/2 = 47,3 < 140 \cdot 0,75 = 105 \text{ А})$$

Где  $k_n = 0,75$  – коэффициент, учитывающий количество проложенных кабелей в траншее. [Л8 табл. 6.63 с. 299]

Следовательно, выбранное сечение кабеля удовлетворяет условию нагрева.

Проверяется выбранное сечение кабеля по потере напряжения.

$$\Delta U_{1-2} = \frac{PR_0 + QX_0}{U} \cdot \frac{\ell_{1-2}}{2} = \frac{1433 \cdot 0,52 + 805 \cdot 0,095}{10} \cdot \frac{0,172}{2} = 7,07 \text{ В}$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{PR_0 + QX_0}{U} \cdot \frac{\ell_{2-3}}{2} = \frac{716,5 \cdot 0,52 + 402,5 \cdot 0,095}{10} \cdot \frac{0,07}{2} = 2,88 \text{ В}$$

где  $R_0$  - активное сопротивление кабеля [Л8 табл. 6.80 с.308]

$X_0$  - индуктивное сопротивление кабеля [Л8 табл. 6.80 с.308]

$$\Delta U = \frac{\Delta U_{12} + \Delta U_{23}}{U} \cdot 100\% = \frac{7,07 + 2,88}{10000} \cdot 100\% = 0,1\% < 4\%$$

Аварийный режим.

Аварийном режим – обрыв одного кабеля на головном участке.

$$I_{ав} < I_{доп} \quad (94,6 < 140 \cdot 0,75 = 105A)$$

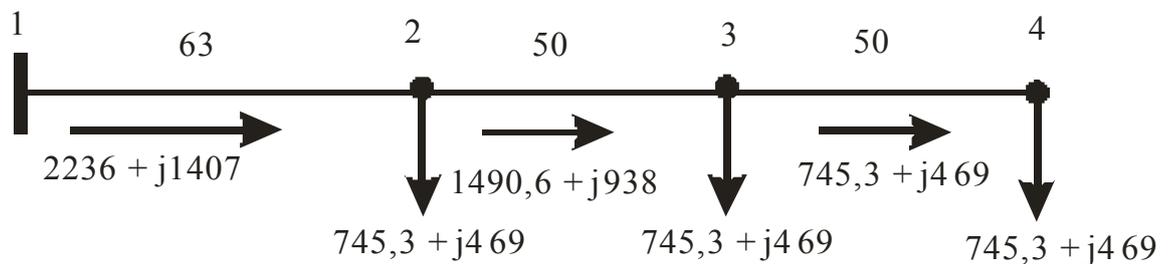
$$\Delta U_{1-2} = \frac{PR_0 + QX_0}{U} \cdot \frac{\ell_{1-2}}{2} = \frac{1433 \cdot 0,52 + 805 \cdot 0,095}{10} \cdot 0,172 = 14,13B$$

$$\Delta U_{ав} = \frac{\Delta U_{12} + \Delta U_{23}}{U} \cdot 100\% = \frac{14,13 + 2,88}{10000} \cdot 100\% = 0,17\%$$

Выбранное сечение кабеля удовлетворяет величине потери напряжения.

1. Линия W2 питает ТП3; ТП 4; ТП 5 цеха автопокрышек №1, который по бесперебойности электроснабжения относится ко II категории, поэтому от ГПП намечаются две кабельные линии.

Схема потокораспределения линии



Определяем потокораспределение на головном участке линии:

$$S_{1-2} = S_2 + S_3 + S_4 = (745,3 + j469) + (745,3 + j469) + (745,3 + j469) = 2236 + j1407 \text{ кВА}$$

Сечение кабельных линий на всем участке считается одинаковыми.

$$I_p = \frac{S_{1-2}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{\sqrt{2236^2 + 1407,5^2}}{\sqrt{3} \cdot 10} = 152,7A$$

Выбираем сечение КЛ по экономической плотности тока:

$$S_{э\kappa} = \frac{I_p}{2 \cdot j_s} = \frac{152,7}{2 \cdot 1,4} = 54,3 \text{ мм}^2$$

Принимается 2 кабеля ААБл -3×70

Для кабеля ААБл -3×70  $I_{доп} = 165 \text{ А}$  [Л8 табл. 6,57 с. 296]

$$I_p < I_{доп} \quad 152,7/2 = 76,35 < 165 \cdot 0,75 = 123,75 \text{ А, следовательно,}$$

выбранное сечение кабеля удовлетворяет условию нагрева.

Проверяется выбранное сечение кабеля по потере напряжения.

$$\Delta U_{1-2} = \frac{PR_0 + QX_0}{U} \cdot \frac{\ell_{1-2}}{2} = \frac{2236 \cdot 0,443 + 1407 \cdot 0,086}{10} \cdot \frac{0,063}{2} = 3,5B$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{PR_0 + QX_0}{U} \cdot \frac{\ell_{2-3}}{2} = \frac{1190,6 \cdot 0,443 + 938 \cdot 0,086}{10} \cdot \frac{0,05}{2} = 1,52B$$

$$\Delta U_{3-4} = \frac{PR_0 + QX_0}{U} \cdot \frac{\ell_{3-4}}{2} = \frac{745,3 \cdot 0,443 + 469 \cdot 0,086}{10} \cdot \frac{0,05}{2} = 0,9B$$

где  $R_0 = 0,443$  Ом/км;

$X_0 = 0,086$  Ом/км; [Л8 табл. 6.80 с.308]

$$\Delta U = \frac{\Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34}}{U} \cdot 100\% = \frac{3,5 + 1,52 + 0,9}{10000} \cdot 100\% = 0,06\% < 4\%$$

Аварийный режим

$$I_{ав} < I_{доп} \quad (152,7 > 165 \cdot 0,75 = 123,75 \text{ А,})$$

Выбранное сечение кабеля не удовлетворяет условию нагрева. Поэтому принимаем 2 кабеля ААБл -3×95

Для кабеля ААБл -3×95  $I_{доп} = 205$  А [Л8 табл. 6,57 с. 296]

В аварийном режиме

$I_{ав} < I_{доп}$  ( $152,7 < 205 \cdot 0,75 = 153,8$  А, следовательно, выбранное сечение кабеля удовлетворяет условию нагрева.

Потеря напряжения в аварийном режиме

$$\Delta U_{1-2} = \frac{PR_0 + QX_0}{U} \cdot I_{12} = \frac{2236 \cdot 0,443 + 1407 \cdot 0,086}{10} \cdot 0,063 = 7,0B$$

$$\Delta U_{ав} = \frac{\Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34}}{U} \cdot 100\% = \frac{7,0 + 1,52 + 0,9}{10000} \cdot 100\% = 0,09\%$$

Выбранное сечение кабеля удовлетворяет величине потери напряжения

Выбранное сечение кабеля заносится в таблицу 12.1.

Таблица 12.1.

| Начало<br>Питание-<br>конец | Длин<br>а, км | Кол<br>иче<br>ство<br>кабе<br>лей | Марк<br>а<br>кабел<br>я | Нагру<br>зка |                | F,<br>мм <sup>2</sup> | I <sub>p</sub> , А | I<br>доп,<br>А | r <sub>0</sub> | x <sub>0</sub> | ΔU <sub>ав</sub><br>в, % |
|-----------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|
|                             |               |                                   |                         | P,<br>кВт    | Q,<br>кВ<br>Ар |                       |                    |                |                |                |                          |
| ГПП-ТП1                     | 0,242         | 2                                 | ААБл                    | 1433         | 805            | 35                    | 94,6               | 115            | 0,52           | 0,095          | 0,1                      |

### 3.2.11.2 Расчет показателей деятельности структурного подразделения (цеха)

#### 1. Общая часть

### 1.1. Исходные данные

Исходными данными для выполнения дипломного проекта являются результаты, приведенные в «Специальной части дипломного проекта», а также материалы, собранные на практике.

Таблица 1

#### Характеристика участка

| Наименование показателей | Единица измерения | Числовые значения |
|--------------------------|-------------------|-------------------|
| 1                        | 2                 | 3                 |
|                          |                   |                   |
|                          |                   |                   |

Таблица 2

#### Данные по оплате труда

| Наименование показателей                                   | Единица измерения | Числовые значения |
|--|-------------------|-------------------|
| 1  | 2                 | 3                 |
| Часовые тарифные ставки электромонтеров (электрослесарей): |                   |                   |
| 2 разряда  | руб./час          |                   |
| 3 разряда  | руб./час          |                   |
| 4 разряда  | руб./час          |                   |
| 5 разряда  | руб./час          |                   |
| И т.д.   |                   |                   |

Таблица 3

#### Электрооборудование предприятия (структурного подразделения)

| Наименование электрооборудования   | Количество оборудования, ед. | Первоначальная стоимость оборудования, руб. | Годовая норма амортизации, % |
|------------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|
| 1                                  | 2                            | 3   | 4                            |
| Электродвигатель (тип 1)           |                              |   |                              |
| Электродвигатель (тип 2)           |                              |   |                              |
| И т. д. (перечислить оборудование) |                              |   |                              |

Таблица 4

#### Расход материалов

| Наименование показателей | Расход в год | Цена за единицу |
|--------------------------|--------------|-----------------|
|--------------------------|--------------|-----------------|

| 1                                  | 2 | 3 |
|------------------------------------|---|---|
| 1. Масло машинное (например)       |   |   |
| 2. Солидол (например)              |   |   |
| И т.д.                             |   |   |
| Итого                              | x |   |
| Неучтенные расходы (10 % от итога) | x |   |
| Всего                              | x |   |

Исходные данные, которые заносятся в таблицы 1, 2, 3 и др. указаны в разделе 2 настоящих Методических рекомендаций. Необходимые исходные данные можно привести в текстовой форме.

Примечание. В зависимости от темы дипломного проекта показатели должны давать полную информацию для его выполнения.

## **2. Организация производства и труда**

### 2.1. Организационная и производственная структура подразделения предприятия.

В производственной структуре указываются основные и вспомогательные участки; дается их расшифровка; указывается, чем основные участки отличаются от вспомогательных.

В организационной структуре управления приводится состав отделов и служб управления, их расшифровка.

### 2.2. Структура управления участком

Описать структуру управления. В структуре указать соподчиненность работников на участке, включая электромеханика (механика, энергетика) участка.

### 2.3. Организация труда на участке

#### *2.3.1. Годовой и суточный режим работы рудника и участка*

В этом пункте дать определение понятию «режим работы», охарактеризовать, что определяет режим работы. Дать характеристику годового и суточного режима работы, прерывного и непрерывного режима работы. При описании режима работы рудника или фабрики (иного цеха), участка необходимо дать следующие сведения:

- применяемый режим работы;
- число рабочих смен в течение суток;
- продолжительность рабочей смены в часах и длительность междусменных перерывов;
- продолжительность рабочей недели (число рабочих и выходных дней).

Режим работы дать по профессиям рабочих, должностям служащих.

#### *2.3.2. Календарные графики выходов рабочих на работу*

Дать определение графика выходов рабочих. Привести классификацию графиков. Обосновать выбор проектируемых графиков рабочих. Составить график выходов на проектируемый месяц.

Пример составления графика выходов рабочих на месяц представлен в табл. 5

Таблица 5

График выходов рабочих (при прямом чередовании смен и четырьмя рабочими днями для дежурного персонала, с пятью рабочими днями и двумя выходными для ремонтного персонала)

| Профессия           |   | Числа месяца |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Итого |    |    |    |   |   |
|---------------------|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|---|---|
|                     |   | 1            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |       | 29 | 30 | 31 |   |   |
| Деж. электрослесари | А | 1            | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 3  | 3  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 2  | 2  | 2  | 0  | 3  | 3  | 3  | 3  | 0  | 0     | 1  | 1  | 2  | 3 |   |
|                     | Б | 2            | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 2  | 2  | 2  | 0  | 3  | 3  | 3  | 3  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1     | 0  | 2  | 2  | 3 |   |
|                     | В | 3            | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 2  | 2  | 2  | 2  | 0  | 3  | 3  | 3  | 3  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 2  | 2     | 2  | 0  | 2  | 3 |   |
|                     | Г | 0            | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2  | 0  | 3  | 3  | 3  | 3  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 2  | 2  | 2  | 0  | 3  | 3     | 3  | 3  | 3  | 3 |   |
| Рем. электрослесари |   | 1            | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1     | 1  | 1  | 1  | 2 | 3 |

Примечание. Пояснить чередование смен (прямое или обратное), указать вид графика (прерывный или непрерывный режим работы); пояснить условные обозначения; указать время начала и окончания смен.

Условные обозначения:

1, 2, 3 – номера смен, 0 - выходные и праздничные дни.

### 2.3.3. Проектируемый баланс рабочего времени

В данном пункте дать определения ежегодного производственного календаря, годового баланса рабочего времени по календарю.

Таблица заполняется на основании производственного календаря на проектируемый год, практических данных, полученных на предприятии.

Заполнить таблицу 6.

Таблица 6

Годовой баланс времени рабочих

| Показатели | Профессия рабочего | Профессия рабочего | Профессия рабочего (для режима работы, |
|------------|--------------------|--------------------|--|
|------------|--------------------|--------------------|--|

|   |     |     | отличного от<br>пятидневного с 2<br>выходными днями) |
|---|-----|-----|--|
| 1   | 2   | 3   | 4  |
| 1. Календарный фонд времени, дней   | 365 | 365 | 365  |
| 1а Число дней работы службы   | х   | х   | ?  |
| 2. Количество нерабочих дней<br>(выходных и праздничных)  | ?   | ?   | ?  |
| 3. Количество календарных рабочих дней<br>(номинальный фонд) (п. 1 – п. 2)                                  | ?   | ?   | ?  |
| 4. Неявки на работу, дней (п.4.1+п.4.2.)  | ?   | ?   | ?  |
| В том числе:  |     |     |  |
| 4.1. очередные и дополнительные отпуска, раб. дни   | ?   | ?   | ?  |
| 4.2. Прочее   | ?   | ?   | ?  |
| 5. Прочие неявки, разрешенные законодательством<br>(выполнение государственных обязанностей и др.),<br>дней | ?   | ?   | ?  |
| 6. Неявки с разрешения администрации  | ?   | ?   | ?  |
| 7. Пропуски (по отчету)   | ?   | ?   | ?  |
| 8. Целодневные простои (по отчету)  | ?   | ?   | ?  |
| 9. Число рабочих дней в году (п. 3 – п. 4 – п.5 – п. 6 –<br>п. 7 – п. 8).                                   | ?   | ?   | ?  |
| 10. Средняя продолжительность рабочего дня<br>(номинальная)   | ?   | ?   | ?  |
| 11. Потери времени в связи с сокращением<br>длительности рабочего дня, час.                                 | х   | х   | х  |
| 12. Средняя продолжительность рабочего дня, час.<br>(п. 10 – п.11)  | ?   | ?   | ?  |
| 13. Полезный фонд рабочего времени одного<br>рабочего, час. (п. 9*п. 12)                                    | ?   | ?   | ?  |
| 14. Коэффициент среднесписочного состава<br>(п. 3/п.9)  | ?   | ?   | ?  |

#### 2.2.4. *Формы организации труда*

Существует две формы организации труда: индивидуальная и коллективная. Дать их определения. Коллективная форма организации труда считается более рациональной. Поэтому целесообразнее проектировать бригадную (коллективную) форму организации труда работников электромеханической службы на участке.

Если принята бригадная форма организации труда, необходимо указать вид бригад, применяемых на участке, их состав.

#### 2.2.5. *Основные рабочие места, их организация*

В этом пункте необходимо описать:

- виды выполняемых ремонтов (текущий ремонт, капитальный ремонт)
- организацию ремонтов электрооборудования в условиях цеха и подразделения;
- конкретные виды осуществляемых на предприятии ремонтов оборудования;
- планирование ремонтов;
- кратко указать, как строится график ППР;
- обязанности ремонтной и дежурной службы;
- основные требования, предъявляемые к условиям труда;
- кратко - технику безопасности.

#### 2.2.6. *Формы и системы оплаты труда*

Дать определения формам и системам оплаты труда. Обосновать и раскрыть сущность принятых в проекте форм и систем оплаты труда рабочих.

Указать:

- тарифные разряды выполняемых работ;
- тарифные разряды рабочих;
- данные положения о премировании.

Указать конкретно по каким системам оплаты труда оплачиваются рабочие проектируемых профессий.

### 3. Планирование затрат по электроснабжению участка (или иному процессу)

Целью данного раздела организационно – экономической части дипломного проекта является определение затрат на электроснабжение предприятия (производственного подразделения) или по иному процессу, в том числе и на единицу продукции.

При планировании участковой себестоимости по процессу учитываются следующие статьи затрат:

- материалы;
- электроэнергия;
- затраты на оплату труда производственных рабочих;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизационные отчисления;
- прочие затраты.

Затраты определяются за год.

#### 3.1. Расчеты численности рабочих

Чтобы рассчитать численность рабочих и составить штатное расписание, необходимо найти трудоемкость ремонтов в год. Расчет выполнить по форме таблицы 8.

Нормативы трудоемкости ремонтов, структура ремонтного цикла, продолжительность работы между ремонтами, время простоя в ремонте и т.д. принимается по данным, действующим в условиях предприятия (производственного подразделения), а также согласно данным, приведенным в приложении.

В данном подразделе дать определение ремонтного цикла, структуры ремонтного цикла, продолжительности межремонтного периода.

Годовая трудоемкость работ по ремонту обслуживаемого парка электрических машин (чел.\*час) определяется по формуле:

$$T_{\text{в}} = (A_1/T_1)*M_1 + (A_1/t_1)*m_1 + (A_2/T_2)*M_2 + (A_2/t_2)*m_2 + \dots + (A_n/T_n)*M_n + (A_n/t_n)*m_n, \quad (1)$$

где  $M_i$  и  $m_i$  - среднее нормативное время соответственно капитального и текущего ремонта для каждой группы машин;

$A_i$  – количество электрических машин в каждой группе;

$T_i$  - средняя длительность ремонтного цикла лет;

$t_i$  – средняя длительность межремонтного периода для этих групп, лет.

*Пример расчета.*

Определить продолжительность ремонтного цикла и межремонтного периода для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа АР, установленного в

загрязненных условиях. Имеет трехсменный график работы (непрерывное производство) и коэффициент фактического спроса, равный 0,6.

Плановая продолжительность работы между двумя капитальными и текущими ремонтами определяется по следующим формулам:

$$T_{пл} = T_{табл.} \cdot \beta_k \cdot \beta_r \cdot \beta_i \cdot \beta_o \cdot \beta_c, \quad (2)$$

$$t_{пл} = t_{табл.} \cdot \beta_k \cdot \beta_r \cdot \beta_i \cdot \beta_o^1 \cdot \beta_c, \quad (3)$$

где  $T_{пл}$  – плановая продолжительность работы между двумя капитальными ремонтами, лет;

$t_{пл}$  – плановая продолжительность работы между двумя текущими ремонтами;

$T_{табл}$  – продолжительность ремонтного цикла при нормальных условиях эксплуатации при двухсменной работе электрических машин. Значения  $T_{табл}$  приведены в приложении 1.

$t_{табл}$  – продолжительность межремонтного периода при нормальных условиях эксплуатации при двухсменной работе электрических машин. Значения  $t_{табл}$  приведены в приложении.

$\beta_i$  – коэффициенты, косвенно учитывающие реальный характер нагрузки электрической машины:  $\beta_k = 0,75$  для коллекторных машин и 1,0 для остальных машин;  $\beta_r$  – коэффициент, учитывающий сменность работы машин, он определяется числом смен  $K_{см}$ ;  $\beta_o = \beta_o^1 = 1,0$  для электрических машин, отнесенных к вспомогательному оборудованию, для машин основного оборудования  $\beta_o = 0,85$ ;  $\beta_o^1 = 0,7$ ;  $\beta_i$  – коэффициент использования, определяемый в зависимости от отношения коэффициента  $K_{ф.с}$  фактического спроса к нормируемому  $K_c$ ;  $\beta_c = 1,0$  для электрических машин, установленных на стационарных установках, а для машин передвижных электрических установок  $\beta_c = 0,6$ .

Коэффициенты  $\beta_i$ ,  $\beta_r$  приведены в приложении 2.

Из приложения находим  $T_{табл} = 6$  лет,  $t_{табл} = 8$  мес. при  $K_c = 0,25$ . Далее определяем значения соответствующих коэффициентов:  $\beta_k = 1,0$  (у двигателя отсутствует коллектор);  $\beta_r = 0,67$  при  $K_{см} = 3$  (число смен);  $\beta_i = 0,7$  (для  $K_{ф.с}/K_c = 0,6/0,25 = 2,4$ );  $\beta_o = 0,85$ ;  $\beta_o^1 = 0,7$  (двигатель относится к основному оборудованию);  $\beta_c = 1,0$  (установка стационарная).

Тогда время между двумя капитальными  $T_{пл}$  и текущими ремонтами  $t_{пл}$  будет составлять:

$$T_{пл} = 6,0 \cdot 1,0 \cdot 0,67 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 2,4 \text{ (года);}$$

$$t_{пл} = 8,0 \cdot 1,0 \cdot 0,67 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 2,6 \text{ (месяца).}$$

Срок 2,6 месяца соответствует 0,217 года, поэтому между двумя капитальными ремонтами электродвигатель должен пройти 11 текущих ( $2,4/0,217 = 11$ ), но поскольку очередной капитальный ремонт совпадает с текущим, то последний текущий ремонт заменяется на очередной капитальный.

Ремонтный цикл следующий: К – 10Т- К.

Результаты расчета сводим в табл. 7

Таблица 7

| Электрическая машина | $T_{табл}$<br>( $t_{табл}$ ), | $\beta_k$ | $\beta_r$ | $\beta_i$ | $\beta_o$<br>( $\beta_o^1$ ) | $\beta_c$ | $T_{пл}$ ( $t_{пл}$ ),<br>лет |
|----------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|-----------|-------------------------------|
|----------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|-----------|-------------------------------|

|   |     |     |      |     |      |     |       |
|---|-----|-----|------|-----|------|-----|-------|
| 1. Асинхронный двигатель (1 тип)        |     |     |      |     |      |     |       |
| Капитальный ремонт                      | 6,0 | 1,0 | 0,67 | 0,7 | 0,85 | 1,0 | 2,4   |
| Текущий ремонт                          | 8,0 | 1,0 | 0,67 | 0,7 | 0,7  | 1,0 | 0,217 |
| 2. Асинхронный двигатель (2 тип)        |     |     |      |     |      |     |       |
| Капитальный ремонт                      |     |     |      |     |      |     |       |
| Текущий ремонт                          |     |     |      |     |      |     |       |
| 3. И т. д. по типам электрических машин |     |     |      |     |      |     |       |

При использовании фактических данных предприятия по трудоемкости работ таблица 7 не заполняется.

Нормативное время ремонта зависит от типа электрической машины (I – коллекторная; II – синхронная; III – с фазным ротором) и ее конструктивного исполнения, частоты вращения, напряжения и вида ремонта. Для низковольтных асинхронных двигателей (менее 1000 В) с короткозамкнутой обмоткой ротора мощностью до 630 кВт и частотой вращения 1500 об/мин используются нормы трудоемкости ремонта, представленные в приложении 1. Для расчета норм трудоемкости ремонта других электрических машин вводятся дополнительные коэффициенты трудоемкости (приложение 1).

*Расчет годовой трудоемкости работ по ремонту обслуживаемого парка электрических машин (чел.\*час) представлен в табл. 8.*

По полученной трудоемкости ремонта электрооборудования рассчитывается явочная численность электрослесарей по ремонту оборудования ( $N_{яв1}$ ) по формуле:

$$N_{яв} = \frac{T_{в}}{D_{сл} \times Ч \times K_{в.н.}}, \quad (4)$$

где  $T_{в}$  – годовая трудоемкость, чел\*час (показатель гр. 12 строки «Всего» табл. 8);

$D_{сл}$  – дни работы службы (п. 3 табл. 6);

$Ч$  – продолжительность смены в часах;

$K_{в.н.}$  – коэффициент, учитывающий возможное перевыполнение норм труда (1,05 – 1,15).

Численность рабочих, необходимая для эксплуатации агрегатов, аппаратов, машин и т.п., определяется по соответствующим нормативам по формуле:

$$N_{яв2} = (A * P * S * T_{э}) / (D_{сл} * Ч), \quad (5)$$

где  $N_{яв2}$  – явочная численность рабочих;

$A$  – число рабочих агрегатов;

$P$  – число рабочих, необходимое для обслуживания одного агрегата в течение смены (норма обслуживания);

$S$  – число смен в сутки;

$T_{э}$  – число суток работы агрегата в плановом периоде;

$D_{сл}$  – дни работы службы (п. 3 табл. 6);

$Ч$  – продолжительность смены в часах.

Расчет сводим в табл. 9

Таблица 8

## Трудоемкость ремонтов электрооборудования

| Наименование эл. оборудования, электрических сетей | Структура ремонтного цикла | Трудоемкость одного ремонта, чел* час |         | Количество ремонтов в год |         | Трудоемкость ремонта единицы оборудования в год, чел* час |           | Количество ед. оборудования, протяженность сетей (А) | Годовая трудоемкость ремонтов всего оборудования, чел* час |           |             |
|--|----------------------------|---------------------------------------|---------|---------------------------|---------|---|-----------|--|--|-----------|-------------|
|  |                            | Капитальный                           | Текущий | Капитальный               | Текущий | Капитальный   | Текущий   |  | Капитальный  | Текущий   | Всего       |
| 1  | 2                          | 3                                     | 4       | 5                         | 6       | 7   | 8         | 9  | 10   | 11        | 12          |
|  | К – NT- К                  | М                                     | m       |                           |         | гр.3*гр.5   | гр.4*гр.6 |  | гр.7*гр.9  | гр.8*гр.9 | гр.10+гр.11 |
| 1.Асинхронные двигатели (5,6 – 10,0 кВт)           | К – 10Т – К                | 20                                    | 4       | 0,42                      | 4,61    | 8,4   | 18,44     | 10   | 84,0   | 184,4     | 268,4       |
| 2.Асинхронные двигатели (11 – 17 кВт)              |                            |                                       |         |                           |         |   |           |  |  |           |             |
| 3. и т.д   |                            |                                       |         |                           |         |   |           |  |  |           |             |
| Итого  | х                          | х                                     | х       | х                         | х       | х   | х         | х  | х  | х         |             |
| Неучтенные затраты (10 % от итога)                 | х                          | х                                     | х       | х                         | х       | х   | х         | х  | х  | х         |             |
| Всего  | х                          | х                                     | х       | х                         | х       | х   | х         | х  | х  | х         |             |

Примечание. Данные условные. В качестве примера расчета приняты данные из табл. 7.

Количество капитальных ремонтов в год рассчитывается по формуле:  $1 / T_{пл}$  (в нашем примере  $1/2,4 = 0,42$ ).

Количество текущих ремонтов в год рассчитывается по формуле:  $1 / t_{пл}$  (в нашем примере  $1/0,217 = 4,61$ ).

$T_{пл}$  – плановая продолжительность работы между двумя капитальными ремонтами, лет.

$t_{пл}$  – плановая продолжительность работы между двумя текущими ремонтами.

## Расчет численности рабочих для ремонта электрооборудования

| Наименование оборудования | Число рабочих агрегатов<br>(А) | Число рабочих, необходимое для обслуживания одного агрег.<br>(Р) | Число смен в сутки<br>(S) | Число суток работы агрегата<br>(Тэ) | Годовой объем работы<br>гр.2*гр.3*гр.4*гр.5 | Явочная численность рабочих<br>(Няв <sub>2</sub> ) |
|---------------------------|--------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 1                         | 2                              | 3  | 4                         | 5                                   | 6   | 7  |
|                           |                                |  |                           |                                     | гр.2*гр.3*гр.4*гр.5                         | X  |
| Оборудование1             |                                |  |                           |                                     |   | X  |
| Оборудование2             |                                |  |                           |                                     |   | X  |
| И т.д                     |                                |  |                           |                                     |   | X  |
| Всего                     | x                              | x  | x                         | x                                   |   |  |

## Примечание.

1. Следует учесть численность персонала на ремонт силовой, осветительной сети и т.д.
2. Явочная численность рабочих по отдельным позициям складывается и округляется до целого числа в графе «Всего».

Явочная численность рабочих рассчитывается по формуле:

Гр. 7 = (годовой объем работы всего оборудования (гр. 6))/(Дсл\*Ч),

где Дсл – дни работы службы (п. 3 табл. 6);

Ч – продолжительность смены в часах.

Определяемый явочный штат электромеханической службы подземного участка для ремонта электрического и механического оборудования рассчитывается по формуле:

$$\text{Няв} = \text{Няв}_{1} + \text{Няв}_{2}, \text{ чел.},$$

где Няв<sub>1</sub> – явочное количество для ремонта электрооборудования, чел.;

Няв<sub>2</sub> – явочное количество для ремонта горного и прочего оборудования, чел.

Списочная численность рабочих определяется по формуле:

$$\text{Нсп} = \text{Няв} * \text{Ксп}_{с.},$$

где Нсп – списочная численность рабочих, она определяется в целых числах и записывается в штатное расписание;

Ксп – коэффициент списочного состава, принимается по данным табл. 6 «Годовой баланс времени рабочих»

Списочная численность дежурных электрослесарей рассчитывается, исходя из количества рабочих мест, по следующей формуле:

$$\text{Нсп} = m * n * s * \text{Ксп},$$

где m – количество рабочих, обслуживающих одно рабочее место,

n – количество рабочих мест,

s – количество смен в сутки.

Ксп – коэффициент списочного состава, принимается по данным табл. 6 «Годовой баланс времени рабочих»

На основе списочной численности рабочих следует составить штатное расписание по профессиям рабочих (табл. 10)

Таблица 10

Штатное расписание

| Наименование профессии рабочих | Тарифный разряд | Списочная численность рабочих, чел. | Тарифная ставка, руб. |          |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------------|----------|
|                                |                 |                                     | за час                | за смену |
| 1. Электрослесарь              |                 |                                     |                       |          |
| 2. Электромонтер               |                 |                                     |                       |          |
| и т.д.                         |                 |                                     |                       |          |
| ВСЕГО:                         | х               |                                     | х                     | х        |

### 3.2. Расчет фонда оплаты труда

При расчете годового фонда оплаты труда рабочих необходимо использовать данные, взятые по подразделению предприятия при прохождении практики (размер премии, доплат, сдельного приработка, районного коэффициента, полярных надбавок, дополнительной заработной платы).

Годовой фонд оплаты труда рабочих, занятых в проектируемом процессе, рассчитывается по форме, приведенной в таблице 11. Полученный итог заносится в соответствующую статью в сводной смете затрат.

После расчета годового фонда оплаты труда определяется средняя заработная плата рабочих за год и за месяц по формулам:

$$Z_{cp\_год} = \frac{\sum Z_{год}}{N_{раб}} [руб], \quad Z_{cp\_мес} = \frac{Z_{cp\_год}}{N_{мес}} [руб]$$

$N_{раб}$ . – количество рабочих по штатному расписанию;

$N_{мес}$ . – количество месяцев в году.



Пояснения к таблице 11.

В графе 2 указывается полное наименование профессии рабочих.

В графе 3 указывается система оплаты труда, применяемая на предприятии.

В графе 4 указывается тарифный разряд рабочего, чья годовая заработная плата рассчитывается.

В графе 5 указывается тарифная ставка за час (из табл. 10).

В графе 6 указываются данные из таблицы 6 (пункт 9).

В графе 7 указываются данные из табл. 10.

В графе 10 указывается % доплат за работу в ночное время, вредность.

(если нет данных по предприятию, то принимается: при отсутствии работы в вечернее и ночное время – 7 %, при наличии вечерних и ночных смен – 25 %).

В графе 21 указывается % доплат за нерабочие дни: очередной и дополнительный отпуска, выполнение государственных обязанностей, выходное пособие и т.п. (см. перечень в табл. 6).

Порядок расчета показателей таблицы 11:

гр. 8 = гр. 6 \* гр. 7;

гр. 9 = гр. 5 \* гр. 8;

гр. 11 = гр. 9 \* гр. 10/100;

гр. 12 = гр. 9 + гр. 11;

гр. 14 = гр. 12 \* гр. 13/100;

гр. 15 = гр. 12 + гр. 14;

гр. 17 = гр. 15 \* гр. 16/100;

гр. 19 = гр. 15 \* гр. 18/100;

гр. 20 = гр. 15 + гр. 17 + гр. 19;

гр. 22 = гр. 20 \* гр. 21/100;

гр. 23 = гр. 20 + гр. 22.

### 3.3. Расчет стоимости материалов

В данном пункте необходимо привести определение оборотных средств, оборотных фондов.

Расход материалов за год определяется исходя из планового объема работ за год и удельных норм расхода материалов на единицу объема работ. Удельная норма расхода материалов и цена за единицу принимается на основе практических данных.

Полученные результаты сводятся в таблицу 12.

Таблица 12

Расчет стоимости расхода материалов

| Наименование                           | Годовой расход | Цена за единицу в рублях | Стоимость материалов в рублях |
|--|----------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1. Керосин (например)                  | 50             | 6,98                     | 349                           |
| 2. Солидол (например)                  | 100            | 4,65                     | 465                           |
| 3. и т.д.                              |                |                          |                               |
| Итого                                  | x              | x                        |                               |
| Неучтенные материалы (10 % от «Итого») | x              | x                        |                               |
| Всего:                                 | x              | x                        |                               |

### 3.4 . Расчеты платы за пользование электроэнергией

При оплате электроэнергии по двухставочному тарифу, т.е. оплачивается потребленная активная электроэнергия по одному тарифу, а часы максимума нагрузки оплачиваются по другому тарифу, расчет стоимости полной энергии, потребляемой предприятием (рудником, участком и п.п.) в год рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{руб} = a \times P_3 + B \times W, \text{ где}$$

$a$  – годовая плата за кВт максимума нагрузки;  $P_3$  – годовая максимальная нагрузка заявленная и зафиксированная в договоре;  $B$  – тарифная ставка за 1 кВт\*час потребленной активной энергии в год;  $W$  – расход активной энергии в год.

Данные берутся на основе сведений, полученных по предприятию (руднику, участку и т.п.).

Стоимость одного киловатт-часа активной энергии по предприятию (руднику, участку и т.п.) рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{C_{руб}}{W} [руб]$$

Далее заполняется таблица 13:

Таблица 13

Расчет платы за пользование электроэнергией

| Наименование единиц электрооборудования | Количество единиц электрооборудования | Мощность двигателя единицы л. оборудования, Вт | Суммарная мощность в Вт | Количество часов работы оборудования в год | Коэффициент использования | Годовой расход (потребление) электроэнергии, кВт | Стоимость одного кВт*ч | Затраты на электроэнергию |
|---|---------------------------------------|--|-------------------------|--|---------------------------|--|------------------------|---------------------------|
| 1. Электродвигатель (тип 1)             |                                       |  |                         |  |                           |  |                        |                           |
| 2. электродвигатель (тип 2)             |                                       |  |                         |  |                           |  |                        |                           |
| 3. и т.д.                               |                                       |  |                         |  |                           |  |                        |                           |
| Итого:                                  | x                                     | x  | x                       | x  | x                         |  | x                      |                           |
| Неучтенное оборудование - 10 %          | x                                     | x  | x                       | x  | x                         |  | x                      |                           |
| Потери электроэнергии – 15 %            | x                                     | x  | x                       | x  | x                         |  | x                      |                           |
| Всего:                                  | x                                     | x  | x                       | x  | x                         |  | x                      |                           |

Примечание к таблице 13.

Потери электроэнергии приняты 15 %.

При оплате электроэнергии по одноставочному тарифу расчет упрощается.

В таблицу 13 заносятся сразу исходные данные – стоимость 1 кВт\*часа электроэнергии.

### 3.5. Расчет амортизации основных средств

В данном пункте необходимо привести определение амортизации, амортизационных отчислений, перечислить способы начисления амортизации основных средств. Дать характеристику линейному способу начисления амортизации, который применяем в дипломном проекте.

При расчете амортизационных отчислений учитывается все оборудование, участвующее в проектируемом процессе.

Сумма амортизационных отчислений в год определяется по формуле:

$$A = \frac{\Phi \times H_a}{100}, \text{ тыс.руб.},$$

где  $\Phi$  – стоимость электрооборудования, тыс.руб.;

$H_a$  – годовая норма амортизации, %;

Расчеты амортизационных отчислений сводятся в таблицу 14.

Итоговая сумма в рублях записывается в соответствующую статью в сводной смете затрат (пункт 3.6.)

Таблица 14

#### Амортизационные отчисления за год

| Оборудование                            | Количество | Балансовая стоимость в руб. | Общая стоимость, руб. | Годовая норма амортизации, % | Годовая сумма амортизации, руб. |
|---|------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1                                       | 2          | 3                           | 4                     | 5                            | 6                               |
| 1.                                      |            |                             |                       |                              |                                 |
| 2.                                      |            |                             |                       |                              |                                 |
| и т.д.                                  |            |                             |                       |                              |                                 |
| Итого:                                  | х          | х                           | х                     | х                            |                                 |
| Неучтенное оборудование 10 % от «Итого» | х          | х                           | х                     | х                            |                                 |
| Всего:                                  | х          | х                           | х                     | х                            |                                 |

### 3.6. Сводная смета затрат

В этом пункте дается определение цеховой себестоимости, производственной себестоимости, полной себестоимости.

Составление сметы затрат является конечным результатом всех выполненных расчетов. В свободной смете затрат определяется общая сумма по статьям расходов по проектируемому процессу. Итоговые данные берутся из пунктов 3.2., 3.3, 3.4, 3.5.

Страховые взносы принимаются в % от суммы заработной платы рабочих. Процент берется по практическим данным. При отсутствии данных по предприятию принимается 30 % от заработной платы.

Данные сводятся в таблицу 15.

Таблица 15

#### Сводная смета затрат по процессу

| Статьи затрат                                    | Сумма затрат по процессу, руб. | На единицу объема работ по процессу (например, на 1 тонну руды), руб. | На единицу объема работ по процессу (например, на 1 тонну руды), % |
|--|--------------------------------|---|--|
| Материалы  |                                |   |  |
| Электроэнергия                                   |                                |   |  |
| Затраты на оплату труда производственных рабочих |                                |   |  |
| Отчисления на социальные нужды                   |                                |   |  |
| Амортизационные отчисления                       |                                |   |  |
| Прочие затраты (если                             |                                |   |  |

|          |  |  |       |
|----------|--|--|-------|
| имеются) |  |  |       |
| Всего    |  |  | 100,0 |

В данном пункте объяснить структуру затрат, то есть, какие затраты занимают наибольший удельный вес, какие – незначительный удельный вес, пояснить причины.

#### 4. Техничко-экономические показатели

Показатели рассчитываются на основе ранее полученных данных и записываются в таблицу (условный пример приведен в табл. 16).

Таблица 16.

Техничко-экономические показатели по процессу

| № п/п | Показатели   | Единица измерения | Варианты |              |
|-------|--|-------------------|----------|--------------|
|       |  |                   | базовый  | предлагаемый |
| 1     | Годовой объем выпуска руды, (концентрата) и т.п.<br>n    |                   |          |              |
| 2     | Годовое потребление электроэнергии                       | тыс. кВА          |          |              |
| 3     | Стоимость одного кВт*ч                                   | руб               |          |              |
| 4     | Расход электроэнергии на производство единицы продукции  | кВт*ч             |          |              |
| 5     | Списочная численность электротехнического персонала      | чел.              |          |              |
| 6     | Энерговооруженность труда                                | кВт*ч/чел         |          |              |
| 7     | Годовой фонд оплаты труда электромеханического персонала | руб.              |          |              |
| 8     | Средняя зарплата одного рабочего в год                   | руб.              |          |              |
| 9     | Средняя зарплата одного рабочего в месяц                 | руб.              |          |              |
| 10    | Затраты на электроснабжение С                            | руб.              |          |              |
| 11    | Затраты на электроснабжение на единицу продукции         | руб.              |          |              |

Далее необходимо сделать соответствующие выводы о целесообразности проведения реконструкции, замене схемы электроснабжения и т. п., то есть дать обоснования принятия выбранного варианта.

Для финансово-экономической оценки проекта необходимо рассчитать следующие показатели:

1 Годовой экономический эффект от замены

$$\mathcal{E} = (C_b - C_n) n$$

C б - приведённые затраты по базовому варианту;

C п - приведённые затраты по новому варианту;

n объём выпуска продукции на новой технике.

2 Фактический срок окупаемости

$$T_{\phi} = \frac{K_b}{K_n} - K_n$$

Сб –Сп

*K* - капитальные вложения;

*C* - себестоимость.

Методика определения экономической эффективности для организационно-технических мероприятий (основана на сопоставлении себестоимости (затрат) до и после внедрения мероприятия)

Экономия от внедрения мероприятия до конца текущего календарного года:

$$\text{Э} = \text{С б} - \text{С п}$$

Сб, С п - себестоимость до и после внедрения;

Фактический срок окупаемости затрат

$$\text{Тф} = \frac{\text{С}}{\text{Э}}$$

С - затраты на проведение мероприятий.

### **3.2.12 Безопасность и экологичность проекта**

В разделе Безопасность и экологичность проекта отразить следующие вопросы:

- Требования к производственным помещениям
- Оценка технологической безопасности оборудования и рабочих мест
- Требования к микроклимату в рабочей зоне
- Требования к освещению
- Требования к оборудованию и технологическим процессам
- Требования к средствам защиты
- Электробезопасность на производстве
- Электробезопасность на рабочем месте
- Требования к организации пожарной безопасности
- Экологичность проекта

### **Заключение**

В данном разделе текстовой части дипломного проекта на основе анализа показателей проекта дается технико-экономическая оценка предложенных в работе технических и организационных решений.

Необходимо показать особенности дипломного проекта и его оригинальность, привести конкретные рекомендации по реализации предлагаемой технологии, новых методов и процессов обработки материалов, разработанных конструкций, перечислить собственные конструктивные решения, указать степень их новизны.

### 3.3 Графическая часть дипломного проекта

Графическая часть дипломного проекта (чертежи), выполняется в соответствии со стандартом ГОСТ 2.301. Надписи в чертежах выполняются в соответствии со стандартом ГОСТ 2.104.

Структура графической части дипломного проекта состоит из следующих элементов:

– план размещения и электроснабжения электрооборудования цеха (формат А 1);

– план размещения и электроснабжения электрооборудования цеха (формат А 1);

2. План размещения и электроснабжения осветительных установок участка цеха обработки корпусных деталей (Формат А1)

3. Принципиальная электрическая схема управления электроприводом сверлильного станка (Формат А1)

4. График планово-предупредительного ремонта электрооборудования цеха обработки корпусных деталей (Формат А1)

### 4. Оформление дипломного проекта

Текстовая часть дипломного проекта выполняется на одной стороне листа А4 в соответствии с ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.104-2006 «Единая система конструкторской документации. Основные надписи». Каждый лист текстовой части имеет основную и дополнительную надписи по ГОСТ 2.105-95. Листы текстовой части должны быть пронумерованы. Текстовая часть дипломного проекта (включая приложения) должна иметь твердый переплет.

Обозначение дипломного проекта:

DD.DD.DD.XXZZFF.RRR W

где, DD.DD.DD – код направления подготовки специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям);

Общие требования к текстовой части дипломного проекта:

– в печатном виде на одной стороне листа белой бумаги формата А4;

– в рамках, с основной надписью по формам 2 и 2а (для текстовых

- документов) по ГОСТ ЕСКД 2.104, соблюдая следующие размеры:
- расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм;
- расстояние от верхней и нижней строки текста до верхней и нижней рамки – должно быть не менее 10 мм;
- гарнитура шрифта – Times New Roman;
- размер шрифта для основного текста – 14;
- междустрочный интервал – 1,5
- размер шрифта для примечаний, ссылок – 12;
- абзацный отступ – 1,25 см;
- выравнивание основного текста – по ширине страницы.

Перенос в словах допускается использовать, кроме заголовков.

Для заполнения ячеек основной надписи:

- гарнитура шрифта Arial;
- курсив;
- для обозначения работы размер – 20.

Наименование структурных элементов «Аннотация», «Содержание», «Введение», «Заключение», «Приложение», «Перечень использованных информационных ресурсов» пишут с новой страницы, с прописной буквы, полужирным шрифтом, размером 16, без точки в конце, располагая по центру.

Заголовки разделов (подразделов) основной части пишут, с прописной буквы, полужирным шрифтом, размером 16 (для подразделов размер шрифта – 14), без точки в конце, с абзацного отступа, равного 1,25 см. Заголовки разделов пишут с новой страницы.

Если заголовок раздела (подраздела), приложения, таблицы, рисунка занимает две строки и более, то его следует записывать через одинарный межстрочный интервал. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Не допускается размещать заголовки подразделов в нижней части листа, если под ними помещается менее двух строк текста.

Расстояние между заголовком раздела (подраздела) и предыдущим или последующим текстом, а также между заголовками раздела и подраздела должно быть равно двум межстрочным интервалам, применяемым в основном тексте.

Рисунки, таблицы нумеруют арабскими цифрами сквозной нумерацией в пределах текста работы, приводя их номера после слов «рисунок», «таблица».

Допускается нумерация рисунков и таблиц в пределах раздела.

## **5 Защита дипломного проекта**

## **5.1 Подготовка к защите дипломного проекта**

Оформленную должным образом текстовую часть дипломного проекта со всеми приложениями сшивают в папку с твердым переплетом. Дипломный проект подписывается обучающимся и руководителем дипломного проекта

В отзыве руководителя на выпускную квалификационную работу должны найти отражение следующие вопросы:

- актуальность и значимость поставленных в работе задач;
- полнота использования фактического материала и источников;
- наиболее удачно раскрытые аспекты темы;
- уровень самостоятельности обучающегося в принятии отдельных решений;
- уровень освоения общих и профессиональных компетенций;
- обоснованность выводов и ценность практических рекомендаций;
- основные недостатки работы;
- возможность допуска к защите.

Дипломный проект подлежит обязательному нормоконтролю и рецензированию. Внешнее рецензирование ДП проводится с целью обеспечения объективности оценки труда выпускника.

Рецензия должна включать:

- заключение о соответствии ДП заявленной теме и заданию на неё;
- оценку качества выполнения каждого раздела ДП;
- оценку степени разработки поставленных вопросов и практической значимости работы;
- общую оценку качества выполнения ДП.

Содержание рецензии доводится до сведения обучающегося не позднее чем за день до защиты ДП. Внесение изменений в ДП после получения рецензии не допускается. Руководитель ДП проверяет электронную версию текстовой части работы на объем заимствований в системе «Антиплагиат».

Отзыв руководителя о работе обучающегося, рецензия на дипломный проект, справка о результатах проверки текстового документа на наличие неправомерных заимствований в системе «Антиплагиат» вкладываются в конверт, прикрепленный к внутренней части переплета работы.

## **5.2 Требования к докладу**

При подготовке к защите дипломного проекта обучающийся готовит доклад, чертежи и мультимедийную презентацию (при необходимости). Продолжительностью доклада и презентации не более 10 минут.

Примерная структура доклада при защите работы:

- представление обучающегося и темы работы;
- причины выбора и актуальность темы;
- цель работы и ее задачи;
- краткая характеристика рассматриваемой в ДП детали;
- краткий обзор по каждому из разделов дипломного проекта с указанием основных характеристик каждой части;
- основные направления в области охраны труда и эффект от внедрения данных мероприятий;
- выводы по работе.

ДП содержит графические материалы, необходимые для обоснования результатов.

Обучающийся представляет государственной экзаменационной комиссии чертежи: деталь, заготовка, наладки на операции, приспособление, режущий и мерительный инструменты, план участка. Чертежи должны отражать основные результаты, достигнутые в работе и быть согласованы с докладом.

### **5.3 Процедура защиты дипломного проекта**

Для проведения ГИА создается Государственная экзаменационная комиссия в соответствии с Положением о порядке проведения государственной итоговой аттестации.

Защита выпускной квалификационной работы (продолжительность защиты до 40 минут) включает доклад студента (не более 10-15 минут) с демонстрацией чертежей, разбор отзыва руководителя и рецензии, вопросы членов комиссии, ответы студента. Может быть предусмотрено выступление руководителя выпускной работы, а также рецензента.

Защита дипломных проектов проводится на открытых заседаниях ГЭК.

Процедура защиты ДП устанавливается председателем государственной экзаменационной комиссии по согласованию с членами комиссии.

Результаты защиты дипломного проекта объявляются в тот же день, оформляются протоколом заседания государственной экзаменационной комиссии

При определении окончательной оценки дипломного проекта учитываются

- содержание доклада студента и качество его изложения;
- качество выполнения пояснительной записки графической части проекта;
- ответы на вопросы комиссии;

- отзыв руководителя;
- оценка рецензента;
- заключение об отсутствии неправомерных заимствований

Результаты защиты дипломного проектирования оцениваются с проставлением одной из отметок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### «Отлично»

1. В текстовой записке проекта полностью освещены теоретические разделы и выполнены практические расчеты, автором изучено достаточное количество нормативных документов, технической литературы, периодических материалов, широко представлена библиография по теме работы, произведен расчет всех необходимых показателей с учетом последних изменений в нормативных документах;

2. Графическая часть проекта иллюстрирует теоретическую и практическую часть работы и выполнена грамотно, качественно, без замечаний;

3. Проект выполнен самостоятельно, что подтверждается отзывом руководителя дипломного проекта, студент уверенно отвечал на вопросы комиссии, показывал глубокое знание темы, свободно оперировал данными работы;

4. Дипломный проект имеет отзывы руководителя и рецензента с оценкой не ниже «хорошо».

#### «Хорошо»

1. В текстовой части проекта освещены теоретические разделы и выполнены практические расчеты, автором изучено достаточное количество нормативных документов, технической литературы, периодических материалов, представлена оптимальная библиография по теме работы, произведен расчет всех необходимых показателей;

2. Графическая часть проекта иллюстрирует теоретическую и практическую часть работы и выполнена грамотно, без особых замечаний;

3. Проект выполнен самостоятельно, что подтверждается отзывом руководителя дипломного проекта, студент без особых затруднений отвечал на вопросы комиссии, показывал достаточное знание темы, оперировал данными работы;

4. Дипломный проект имеет отзывы руководителя и рецензента с незначительными замечаниями.

#### «Удовлетворительно»

1. В текстовой части проекта освещены теоретические разделы и выполнены все необходимые практические расчеты, автором изучены нормативные документы, представлена библиография по теме работы, произведен расчет показателей;

2. Графическая часть проекта иллюстрирует теоретическую и практическую часть работы и выполнена без критических замечаний;

3. Во время выполнения проекта студент не проявил должной самостоятельности, что подтверждается отзывом руководителя дипломного проекта, и студент не всегда уверенно и исчерпывающе отвечал на вопросы комиссии, слабо ориентировался в расчетах.

«Неудовлетворительно»

1. Пояснительная записка и графическая часть проекта не отвечают основным требованиям, предъявляемым к дипломным проектам, теория освещена поверхностно, работа содержит существенные ошибки по практической части;

2. Во время выполнения проекта студент не проявил должной самостоятельности, что подтверждается отзывом руководителя дипломного проекта, но студент не дал убедительных ответов на вопросы комиссии и не ориентировался в расчетах;

3. Дипломный проект имеет отзывы руководителя и рецензента с критическими замечаниями. Во время защиты, в докладе и при ответах на вопросы комиссии, студент не показал знаний, удовлетворяющих государственным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности, студент затруднялся отвечать на поставленные вопросы по теме проекта, не знает теории вопроса, методик расчетов, при ответе допускал существенные ошибки. К защите не подготовлены наглядные пособия.

При равном числе голосов голос председательствующего на заседании государственной экзаменационной комиссии является решающим.

Обучающиеся, выполнившие ДП, но получившие при защите оценку «неудовлетворительно», имеют право на повторную защиту. Студенту, получившему оценку «неудовлетворительно» при защите ДП, выдается академическая справка установленного образца.

Результатом защиты является решение государственной экзаменационной комиссии о присвоении квалификации выпускникам и выдаче соответствующего документа об образовании.

1. Рекомендации по организации дипломного проектирования на тему «Электроснабжение завода, цеха»

1.1 Тематика дипломных проектов

Рекомендуемые темы дипломных проектов для специальности 13.02.11

## «Техническая эксплуатация электрического и электромеханического оборудования»

1. Электроснабжение завода.
2. Реконструкция системы электроснабжения завода.
3. Энергоснабжение цеха или корпуса.
4. Электрооборудование и реконструкция районной подстанции.
5. Разработка схем электрических сетей промышленных районов.
6. Научно-исследовательские темы.

### Заключение

7. Перечень используемых информационных ресурсов

В соответствии с ФГОС СПО 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям), информационные ресурсы, используемые в дипломном проекте, должны быть изданы не позднее чем за пять последних лет.

1. Петлина Е.М. Горбачев А.В., Информационные технологии в профессиональной деятельности : учебное пособие для СПО / 7. Петлина Е.М., Горбачев А.В. ; Саратов: Профобразование, 2021, <http://www.iprbookshop.ru/104886.html>
2. Маевская Е.Б. Экономика организации : Учебник / Маевская Е.Б. ; Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2020, <http://znanium.com/catalog/document?id=345007>
3. Графкина М.В. Охрана труда : Учебное пособие / Графкина М.В. ; Москва: Издательство "ФОРУМ", 2022, <https://znanium.com/cover/1840/1840491.jpg>
4. Родионова О.М. Охрана труда : Учебник Для СПО / Родионова О.М. ; Москва : Юрайт, 2021, <https://urait.ru/bcode/470856>
5. Воробьева И.П. Экономика и организация производства : Учебное пособие Для СПО / Воробьева И.П. ; Москва : Юрайт, 2021, <https://urait.ru/bcode/475888>
6. Типовое положение о техническом обслуживании и ремонте (ТОиР) электрооборудования предприятий. 2010 год
7. Басова, Т.Ф. Экономика и управление в энергетике: [текст]Учеб. пособие для студ. сред. проф. учеб. заведений/Т.Ф. Басова, Н.Н.
8. Кожевников, Э.Г. Леонова и др.; под редакцией Н.Н. Кожевникова. – М.: Издательский центр «Академия», 2020.-384 с

9. Новицкий, Н.И. Организация, планирование и управление производством. Н73 Практикум (курсовое проектирование): [текст] учебное пособие/ Н.И. Новицкий, Л.Ч. Горностай, А.А. Горюшкин и др., под ред. Н.И. Новицкого. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2020.-320с.

10. Акимова, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: [текст] Учеб.пособие для студ. учреждений сред. проф. образования/ Н.А. Акимова,

11.Н.Ф. Котеленец, Н.И Сентюрихин; Под. общ. ред. Н.Ф. Котеленца.-М.: Мастерство, 2020. – 296 с.

12. Поляков И.А., Ремизов К.С. Методика экономических расчетов по кадрам, труду и заработной плате на промышленных предприятиях. – 6-е издание, переработанное и дополненное – М.: Экономика, 2009.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)**

Авиационно-технологический колледж

Директор Авиационно-технологического  
колледжа  
В.А. Зибров

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема: «\_\_\_\_\_»  
\_\_\_\_\_»

Специальность (профессия) \_\_\_\_\_  
код и наименование специальности/профессии

Обозначение ДП \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

Обучающийся \_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  
подпись, дата

Руководитель ДП \_\_\_\_\_ должность, И.О. Фамилия  
подпись, дата

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ должность, И.О. Фамилия  
подпись, дата

Ростов-на-Дону

2023



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)**

Авиационно-технологический колледж

Директор Авиационно-технологического  
колледжа  
В.А. Зибров

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломного проекта (работы)

Тема « \_\_\_\_\_ »  
\_\_\_\_\_»

Обучающийся \_\_\_\_\_  
Фамилия имя отчество полностью

Обозначение ДП \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

Тема утверждена приказом по ДГТУ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Срок представления ДЛ к защите «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Исходные данные для выполнения дипломного проекта (работы):

Годовая программа: \_\_\_\_\_ шт.

Режим работы участка: \_\_\_\_ смена

Прочие данные: \_\_\_\_\_

Содержание дипломного проекта

Введение:

\_\_\_\_\_

Наименование и краткое содержание разделов:

1. Технологическая часть

---

---

2 Конструкторская часть:

---

---

3 Экономическая часть:

---

---

4 Охрана труда и окружающей среды:

---

---

Заключение:

---

---

Перечень графического и иллюстративного материалов:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Руководитель ДП

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_

должность, И.О. Фамилия

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_

И.О. Фамилия