

Образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский технологический университет»

Кафедра \_\_\_\_\_

Направление подготовки

\_\_\_\_\_ (указывать с кодом)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

ОУ ВО «ЮУТУ» – ВКР. ХХ.ХХ.ХХ ХХ

«Проектирование системы электроснабжения производственного здания  
предприятия N с внедрением современных автоматизированных охранно-  
пожарных установок»

Автор работы

Ф., инициалы

Форма обучения: (очная,  
заочная, очно-заочная)

\_\_\_\_\_  
Руководитель работы

Ф., инициалы

\_\_\_\_\_  
Нормоконтроль

Ф., инициалы

Челябинск 2023

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Направление подготовки/специальность – \_\_\_\_\_ (указывается с  
кодом)

На тему: «Проектирование системы электроснабжения  
производственного здания предприятия N с внедрением современных  
автоматизированных охранно-пожарных установок»

Обучающемуся группы:

Фамилия, имя, отчество:

Руководитель ВКР:

Исходные данные:

Содержание выпускной квалификационной работы:

Введение

Глава 1 Анализ производственно – хозяйственной деятельности  
объекта и существующей схемы электроснабжения

1.1 Сведения об объекте

Глава 2 Расчетно-конструктивная часть

2.1 Предлагаемый вариант реконструкции электроснабжения схемы

2.2 Расчет перспективных электрических нагрузок и компенсации  
реактивной мощности, выбор мощности ТП

Глава 3 Расчетно-конструктивная часть

3.1 Расчет электрических сетей 6(10) кВ

3.2 Расчет токов короткого замыкания, выбор и согласование защит от  
токов короткого замыкания

3.3 Описание конструктивного выполнения схем электроснабжения, а  
именно исполнение линий 6(10) кВ, ТП-6(10)/0,4 кВ, выбор комплектных ТП  
и т.п. (УК-6, ПК-1, ПК-3)

Глава 4 Мероприятия по охране труда»

4.1 Защитные меры в электроустановках, виды применяемых ограждений, блокирующие системы в электроустановках

4.2 Расчёт контура заземления

4.3 Техника безопасности при строительстве и эксплуатации линий электропередач мероприятия по защите от атмосферных перенапряжений, по пожарной безопасности

4.4 Методы и средства обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности работников на предприятии (УК8)

5. Техничко-экономические показатели разработки

5.1 Сметно-финансовый расчет объекта проектирования

5.2 Пересчет локальной сметы в текущие цены 2023 года

5.3 Расчет эффективности инвестиционных вложений в объект проектирования

Заключение

Список литературы

Приложение А

Приложение Б

Компьютерная презентация: \_\_ слайдов

Утверждаю

руководитель ВКР \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

(Подпись)

Задание получил \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

(Подпись)

## АННОТАЦИЯ

выпускной квалификационной работы

направление подготовки \_\_\_\_\_

обучающегося \_\_\_\_\_

(Фамилия, инициалы)

### НА ТЕМУ

«Проектирование системы электроснабжения производственного здания  
предприятия N с внедрением современных автоматизированных охранно-  
пожарных установок»

Выпускная квалификационная работа содержит: \_\_\_\_ страниц, \_\_\_\_  
иллюстраций, \_\_\_\_ таблиц, \_\_\_\_ приложений, \_\_\_\_ наименований в списке  
литературы.

Объект исследования – ...

Цель работы – ...

*В первой главе .....*

*Во второй главе .....*

*В третьей главе .....*

*В заключительной части работы сделаны выводы по .....*

Отзыв руководителя на выпускную квалификационную работу на тему  
«Проектирование системы электроснабжения производственного здания  
предприятия N с внедрением современных автоматизированных охранно-  
пожарных установок»

---

(название работы)

---

Ф.И.О. обучающегося

---

\_\_\_\_\_ курса; направления подготовки/специальности \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ формы обучения \_\_\_\_\_ номер группы

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, \_\_\_\_\_ глав  
(разделов), заключения, списка литературы, включающего \_\_\_\_\_  
источников, \_\_\_\_\_ приложений. Общий объем работы \_\_\_\_\_ страниц.

Работа иллюстрирована \_\_\_\_\_ рисунками (схемами), \_\_\_\_\_  
таблицами.

В процессе работы над ВКР автором (что изучил, дать оценку  
используемой литературы)

---

---

Оценка степени актуальности темы исследования и полноты её  
разработки \_\_\_\_\_

---

Соответствие выпускной квалификационной работе заданию  
(соответствует, не соответствует, частично соответствует)  
требованиям по выполнению \_\_\_\_\_





Рекомендую допустить обучающегося

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)

к защите выпускной квалификационной работы.

Выпускная квалификационная работа заслуживает \_\_\_\_\_ оценку, и ее автор заслуживает присвоение квалификации: бакалавр

Руководитель: \_\_\_\_\_

(Ф.И.О)

Ученая степень, ученое звание \_\_\_\_\_

Место

работы \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_

(подпись)

С отзывом ознакомлен:<sup>1</sup>

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_

(подпись обучающегося)



## Содержание

Введение .....	11
1. Анализ производственно – хозяйственной деятельности объекта и существующей схемы электроснабжения.....	16
1.1 Сведения об объекте .....	16
2. Расчетно-конструктивная часть.....	19
2.1. Предлагаемый вариант реконструкции электроснабжения схемы.....	19
2.2 Расчет перспективных электрических нагрузок и компенсации реактивной мощности, выбор мощности ТП.....	20
3. Расчётно-конструкторская часть .....	23
3.1 Расчет электрических сетей 6(10) кВ .....	23
3.2 Расчет токов короткого замыкания, выбор и согласование защит от токов короткого замыкания .....	26
3.3 Описание конструктивного выполнения схем электроснабжения, а именно исполнение линий 6(10) кВ, ТП-6(10)/0,4 кВ, выбор комплектных ТП и т.п. (УК-6, ПК-1, ПК-3).....	28
4. Мероприятия по охране труда» .....	30
4.1 Защитные меры в электроустановках, виды применяемых ограждений, блокирующие системы в электроустановках .....	30
4.2 Расчёт контура заземления .....	34
4.3 Техника безопасности при строительстве и эксплуатации линий электропередач мероприятия по защите от атмосферных перенапряжений, по пожарной безопасности .....	38
4.4 Методы и средства обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности работников на предприятии (УК8) .....	40
5. Техничко-экономические показатели разработки .....	42
5.1 Сметно-финансовый расчет объекта проектирования .....	42
5.2 Пересчет локальной сметы в текущие цены 2023 года .....	45
5.3 Расчет эффективности инвестиционных вложений в объект проектирования .....	45

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	52

## Введение

Охранно - пожарная сигнализация используется уже очень давно и давно перестала быть чем-то экзотическим. Практически каждый второй магазин, офис и склад имеют охранную сигнализацию. Принцип действия охранной сигнализации очень прост: инсталлятором (монтажной организацией) рассматриваются места возможного проникновения на объект и блокируются охранными датчиками, преимущественно на окнах и дверях. В помещении охраны устанавливается прибор охранной сигнализации. В случае открытия двери, окна, разбития стекла или несанкционированного проникновения в офис, срабатывает соответствующий датчик, и сигнал передается на прибор охранной сигнализации в помещении охраны. Включается звуковая и световая сигнализация, оповещающая охрану о том, что на объекте, в таком-то месте, кто-то проник. Наиболее распространенными датчиками, используемыми в охранной сигнализации, являются инфракрасные датчики движения, акустические датчики разбития стекла и герконы (магнито-контактные).

Приемно-контрольные приборы, используемые в охранной сигнализации, также представлены широкой номенклатурой: от простейших, управляемых нажатием одной или двух кнопок, до компьютерных систем, где оператор может видеть на экране монитора план всего здания. При выборе конкретных приемно-контрольных приборов не следует забывать, что охранная сигнализация монтируется не просто для того, чтобы она была, а для облегчения работы охраны. Поэтому монтаж сложных в эксплуатации систем охранной сигнализации не всегда технически оправдан.

И, наконец, один из главных вопросов — куда будет приходить сигнал с приемно-контрольного прибора. В случае наличия на объекте охраны, этот вопрос решается просто: конечно, в помещении охраны. А если охраны нет? Ведь далеко не каждая фирма способна оплачивать услуги охраны. Здесь существует несколько вариантов: сдача объекта на пульт вневедомственной охраны, сдача объекта на пульт охраны «Гольфстрим Охранные Системы» по радиоканалу, применение автодозвонщика, который в случае сработки

охранной сигнализации передаст речевое сообщение о факте проникновения на объект по заранее запрограммированным телефонным номерам, и применение GSM дозвонщика для нетелефонизированных объектов.

Все виды охранных сигнализаций можно разделить на стационарные (устанавливаемые в определенном месте в помещении) и мобильные (которые можно переносить с места на место). Простейший пример стационарного устройства — тревожная кнопка. Вы нажали ее, и охрана в курсе, что на вас совершено нападение. Примером мобильного устройства может служить маленькая сирена, установленная под дверью.

Аналоговые охранные панели отличаются от цифрового оборудования тем, что контролируют положение шлейфа и различают состояние "норма", "тревога" и "повреждение шлейфа". Эти особенности делают этот класс охранных панелей более защищенным и устойчивым к интеллектуальному взлому. Цифровые охранные панели защищают не только от повреждений линий связи, но и от подмены аналогичными устройствами. Опрос каждого шлейфа происходит 180 раз в секунду.

Радиоохранные сигнализации, действующие с помощью радиоканала, обладают высокой мобильностью, не требуют строительно-монтажных работ и могут быть использованы при охране объектов, требующих минимального вмешательства.

Конечно же, охранный сигнал не сможет препятствовать проникновению вора внутрь охраняемого помещения, но по сигналу, поданному на пульт вневедомственной охраны, прибудет наряд милиции, и если не задержит преступника на месте, то раскроет кражу по "горячим следам" и вернет вам ваше имущество.

Кроме того, вскрыв помещение и обнаружив сигнализацию, вор, понимая, что может быть застигнут на месте преступления, постарается быстро покинуть его. Как правило, он хватается за вещи, которые попали под руку, не имея возможности обыскать объект. Поэтому ущерб, наносимый хозяевам квартиры, минимальный.

Требования к технической укрепленности объекта должны определяться значимостью объекта, видом и концентрацией материальных или иных ценностей на нем, его строительными и архитектурно-планировочными решениями, режимом работы и многими другими факторами, которые необходимо учитывать при проектировании комплексной системы защиты объекта.

Выбор темы «Проектирование системы электроснабжения производственного здания предприятия «Музея трудовой и боевой славы» в городе Челябинске с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок» обусловлен несколькими факторами.

Во-первых, «Музей трудовой и боевой славы» является значимым объектом культурного наследия, который требует надежной и безопасной системы электроснабжения.

Во-вторых, современные автоматизированные охранно-пожарные установки являются неотъемлемой частью системы безопасности и могут значительно повысить уровень защиты здания и его посетителей.

Таким образом, данная тема актуальна и имеет практическую значимость.

Целью данной дипломной работы является разработка проекта системы электроснабжения производственного здания предприятия N с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок для Музея трудовой и боевой славы в Челябинске. Основной задачей работы является обеспечение надежной и безопасной работы электроснабжения, а также повышение уровня защиты здания от возможных пожаров и других чрезвычайных ситуаций.

Исходя из цели дипломной работы, задачи таковы:

- провести анализ производственно-хозяйственной деятельности объекта и существующей схемы электроснабжения;
- произвести расчетно-конструкторская часть;
- рассмотреть спецвопрос ВКР;

- произвести мероприятия по охране труда;
- изучить технико-экономические показатели разработки.

Объектом работы является производственное здание предприятия N, в котором расположен Музей трудовой и боевой славы в Челябинске. Это здание представляет собой особый объект, требующий особого внимания к системе электроснабжения и безопасности.

Предметом дипломной работы является проектирование системы электроснабжения производственного здания предприятия N с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок для Музея трудовой и боевой славы в Челябинске. Это включает в себя разработку электрической схемы, выбор и расчет оборудования, а также разработку системы охраны и пожарной безопасности.

#### 1. Теоретические основы:

- Изучение основных принципов и методов проектирования систем электроснабжения.
- Анализ требований к электроснабжению производственных зданий и музеев.
- Изучение современных автоматизированных охранно-пожарных установок и их применение в подобных объектах.

#### Методологические основы:

- Определение методов исследования, которые будут использованы для анализа и проектирования системы электроснабжения.
- Разработка методики расчета электроэнергетических параметров и нагрузок для производственного здания и музея.
- Использование методов моделирования и симуляции для оценки эффективности и надежности системы электроснабжения.

Информационная база дипломной работы будет включать следующие источники информации:

#### Нормативные документы и стандарты:

- ГОСТы и СНиПы, регламентирующие требования к системам электроснабжения и охранно-пожарной безопасности.

- Нормативные документы, касающиеся проектирования и эксплуатации музеев и производственных зданий.

Литературные источники:

- Учебники, научные статьи и монографии, посвященные проектированию систем электроснабжения и охранно-пожарной безопасности.

- Публикации и исследования, относящиеся к проектированию и эксплуатации музеев.

Информационные ресурсы:

- Электронные базы данных, содержащие информацию о современных технологиях и оборудовании для систем электроснабжения, и охранно-пожарной безопасности.

- Веб-сайты и онлайн-ресурсы, предоставляющие информацию о проектировании и эксплуатации музеев и производственных зданий.

Экспертные оценки и консультации:

Консультации с экспертами в области электротехники, охраны и пожарной безопасности, а также специалистами, занимающимися проектированием и эксплуатацией музеев.

Все эти источники информации будут использованы для проведения анализа, разработки и обоснования проекта системы электроснабжения и внедрения современных автоматизированных охранно-пожарных установок в Музее трудовой и боевой славы в Челябинске.

# 1. Анализ производственно – хозяйственной деятельности объекта и существующей схемы электроснабжения

## 1.1 Сведения об объекте

Музей трудовой и боевой славы в Челябинске расположен по адресу: улица Кирова, 64. Это центральная улица города, что делает музей легко доступным для посетителей. Он находится в историческом здании, которое само по себе является достопримечательностью. Музей трудовой и боевой славы посвящен истории трудового и военного подвига жителей Челябинска и Челябинской области. Здесь вы сможете узнать о героических событиях и людях, которые внесли вклад в развитие региона. Музей предлагает посетителям экспозиции, посвященные различным периодам истории, а также проводит разнообразные мероприятия и выставки.

Государственный исторический музей трудовой и боевой славы имеет два этажа.

Внутри музея находятся помещения для посетителей, торговые помещения книжного магазина, помещения кафе и административные помещения.

Для обеспечения безопасности помещений используются технические средства охраны. Для блокировки доступа использованы извещатели, такие как ИО102-5,6, Mini-10DM. Для обнаружения взлома дверей и окон используются извещатели "Стекло-3", а для блокировки наружных дверей применяются извещатели "Фотон-Ш". Извещатели "Фотон-СК-2" используются для обнаружения проникновения в помещения. Для приема сигналов используется прибор ППКОП "Аккорд-512".

Центральный блок прибора (БЦ) и центральный пульт управления (ПУЦ) установлены на первом этаже в помещении диспетчерской восточного корпуса. Блоки расширения прибора (БРОП) и блоки питания также установлены на первом этаже в помещении диспетчерской восточного корпуса. Локальные пульта управления (ПУЛ) установлены в помещении охраны гостиничного корпуса и в торговом зале книжного магазина. Блоки



выносных индикаторов от расширителей дублируются в окнах ближайших к пультам.

Шлейфы охранной сигнализации проложены с использованием кабеля ТППЭПНДГ 200x2x0,5 от помещения охраны гостиничного корпуса до помещения диспетчерской восточного корпуса в земле с использованием существующей телефонной канализации.

Лучи охранной сигнализации выполнены с использованием кабеля CQR 4x0,22.

Прокладка кабелей и проводов осуществлена в штробах и кабель-каналах по стенам и потолкам с соблюдением требований КГИОП.

Электропитание системы осуществляется бесперебойно от одного источника переменного тока 220 В, 50 Гц, с автоматическим переключением на резервное питание от блоков резервного питания (БРП), установленных на первом этаже в помещении охраны гостиничного корпуса.

Для передачи сигнала "Тревога" в случае разбойного нападения предусмотрены кнопки тревожной сигнализации КНФ-1 в помещениях книжного магазина, кафе и помещении охраны гостиничного корпуса. Интегрированный ключ охранной и тревожной сигнализации "Атлас-3Т" используется для передачи сигнала "Тревога" на пульт централизованного наблюдения района через реле N2 БРПЦН.

В связи с расширением бытовых условий и прогрессом научно-технического прогресса, возникли проблемы с перегрузкой существующих электрических подстанций, вызванной повышением мощности бытовых потребителей. Кроме того, текущая конфигурация электрических сетей не удовлетворяет требованиям по качеству электроэнергии. В результате значительного увеличения энергопотребления, имеющиеся сечения кабелей не обеспечивают допустимые потери напряжения и надежность электропитания. Мощности трансформаторных подстанций не соответствуют подключенным к ним нагрузкам.

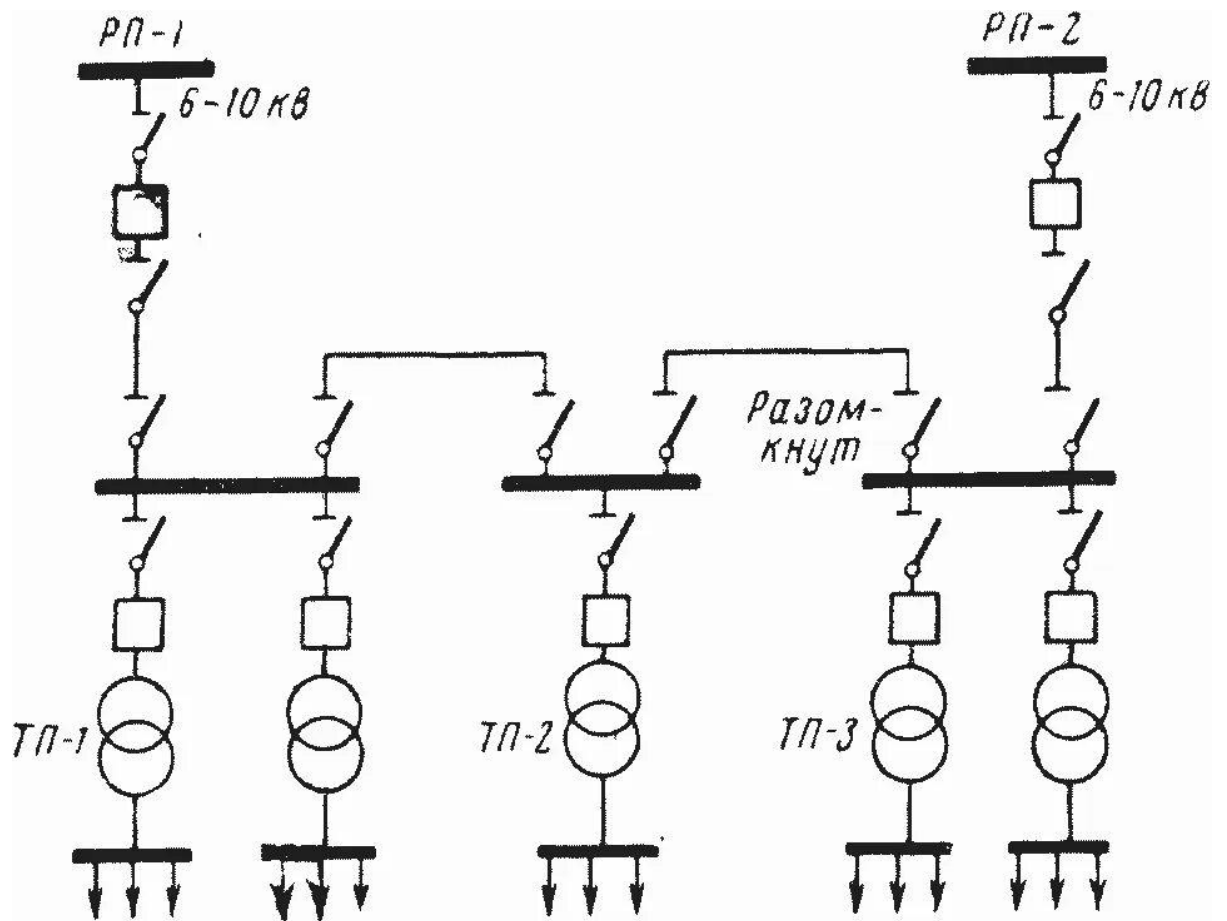


Рисунок 1 - Схема электропитания музея трудовой и боевой славы в Челябинске

Исходя из сказанного, требуется пересмотреть схему электропитания музея трудовой и боевой славы в Челябинске. Для более полного выявления проблем в существующей схеме электропитания музея необходимо выполнить его электрический расчет, который представлен в следующей главе.

## 2. Расчетно-конструктивная часть

### 2.1. Предлагаемый вариант реконструкции электроснабжения схемы

Для распределительной сети мощностью 10 кВ применяется схема с двумя встречными магистралями. Такие схемы используются на подстанциях, где есть две секции сборных шин, работающие независимо друг от друга. В случае повреждения одной магистрали, все подстанции переключаются на оставшуюся в работе магистраль.

Двойные магистрали с двусторонним питанием применяются в случаях, когда требуется обеспечить надежное электроснабжение от двух независимых источников. В качестве таких источников используются две секции сборных шин, каждая из которых подключена к своему независимому источнику питания.

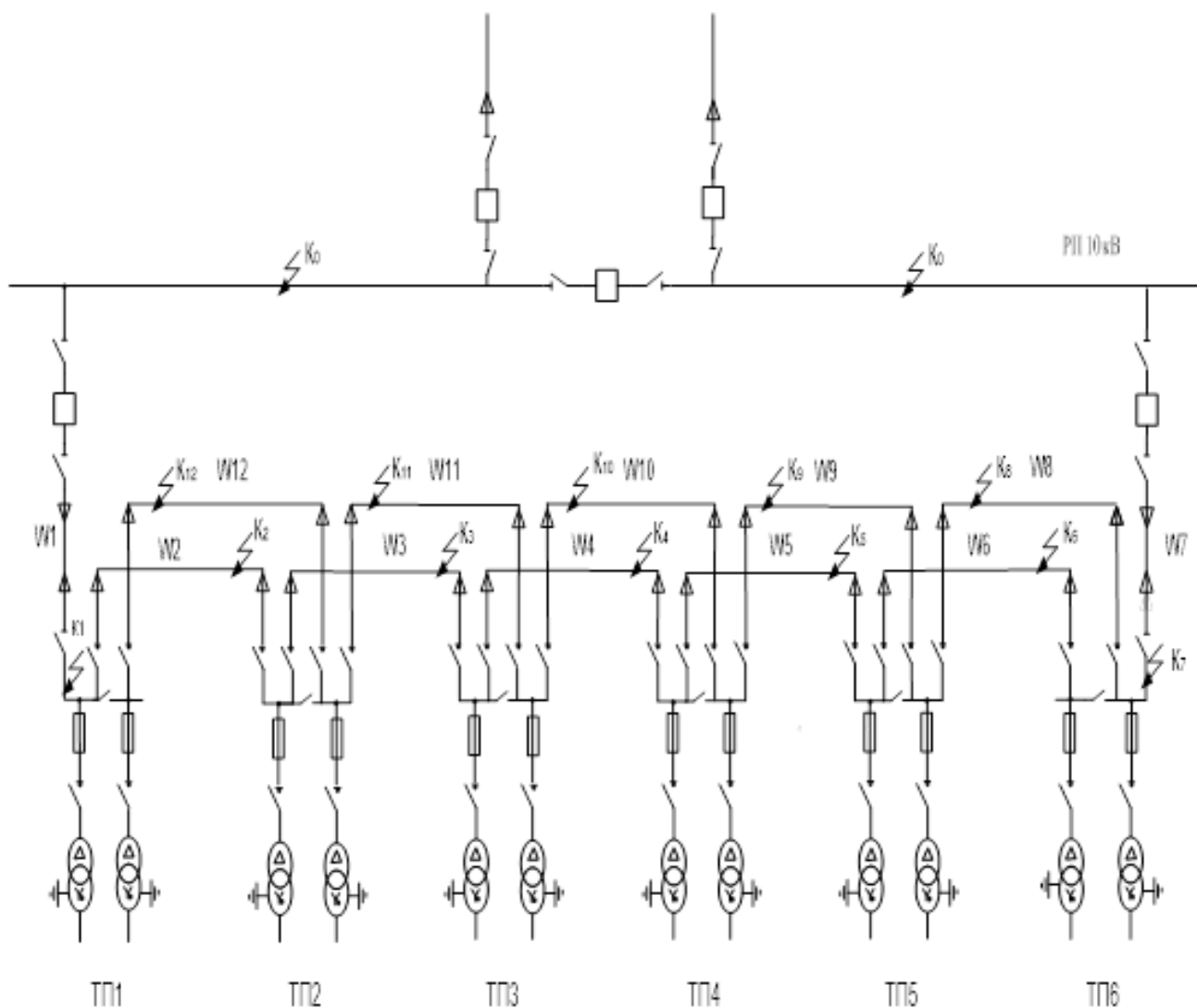


Рисунок 2.1 – Схема реконструкции электроснабжения

## 2.2 Расчет перспективных электрических нагрузок и компенсации реактивной мощности, выбор мощности ТП

Расчетная нагрузка питающей линии, относящейся к трансформаторной подстанции, при использовании смешанного способа питания для различных типов потребителей)  $P_{р.м}$ , определяется согласно следующей формуле:

$$P_{р.м} = P_{зд.маx} + \sum_{i=1}^n k_{yi} P_{зді}, \text{ кВт}, (2.1)$$

где  $P_{зд.маx}$  - наибольшая активная нагрузка здания из числа зданий, питаемых от ТП, кВт;

$P_{зді}$  - расчетные активные нагрузки других зданий, питаемых от ТП, кВт;  
 $k_{yi}$  - коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий (помещений) или жилых домов (квартир и силовых электроприемников) по.

Расчетный максимум реактивной нагрузки на шинах 0,4 кВ ТП при смешанном питании потребителей жилых домов и общественных зданий (помещений)  $Q_{р.м.}$ , квар, определяется по формуле:

$$Q_{р.м} = Q_{зд.маx} + \sum_{i=1}^n k_{yi} Q_{зді}, \text{ квар}, (2.2)$$

где  $Q_{зд.маx}$  - наибольшая реактивная нагрузка здания из числа, питаемых от ТП, кВт;

$Q_{зді}$  - расчетные реактивные нагрузки других зданий, питаемых от ТП, кВт;

$k_{yi}$  - коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий (помещений) или жилых домов (квартир и силовых электроприемников).

Далее определим минимальное число силовых трансформаторов  $N_T$ , шт., устанавливаемых в ТП:

$$N_T = \frac{S_p}{k_3 \cdot S_{HT}}, \text{ шт.}, (2.3)$$

где  $S_p$  - расчетная нагрузка потребителей, питаемых от ТП, кВ·А;  
 $S_{HT}$  - номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А;  
 $k_3$  - коэффициент загрузки трансформатора, принимаемый в зависимости от категории надежности потребителей электроэнергии.

Полученное  $N_{Tmin}$  округляется до ближайшего целого числа.

Определяем загрузку трансформаторов в нормальном режиме работы:

$$k_3 = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{N \cdot S_{HT}}, \quad (2.4)$$

где  $P_p$  - расчетная активная нагрузка потребителей, питаемых от ТП, кВт;  
 $Q_p$  - расчетная реактивная нагрузка потребителей, питаемых от ТП, квар;  
 $N_T$  - число силовых трансформаторов, устанавливаемых в ТП, шт.;  
 $S_{HT}$  - номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А.

Длительная работа трансформаторов гарантируется при соблюдении нормированных условий их эксплуатации. Перегрузки по напряжению должны исключаться схемой и режимом работы электрической сети, а также защитными устройствами. Поэтому обычно рассматривается только допустимость перегрузок по мощности.

Перегрузка силовых трансформаторов в послеаварийном режиме характеризуется коэффициентом  $k_{П, АВ}$ , который определяется по формуле:

$$k_{П, АВ} = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{(N - 1) \cdot S_{HT}}, \quad (4.5)$$

В качестве примера определим по формуле (2.1) расчетный максимум активной нагрузки для группы потребителей ТП 2: № 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.

$$P_{рм} = 286,32 + 0,9 \cdot (70 + 85 + 70 + 70 + 70 + 70) + 0,8 \cdot (24 + 37,5 + 24) = 746 \text{ (кВт)}.$$

По формуле (2.2) определяется расчетный максимум реактивной нагрузки:

$$Q_{рм} = 103,89 + 0,9 \cdot (20,3 + 24,65 + 20,3 + 20,3 + 20,3 + 20,3) + 0,8 \cdot (14,88 + 23,25 + 18,88) = 260 \text{ (квар)}.$$

Определим минимальное число силовых трансформаторов  $N_T$ , шт., устанавливаемых в ТП по формуле (2.3):

$$N_{T1} = \frac{\sqrt{746^2 + 260^2}}{0,7 \cdot 630} = 2 \text{ (шт.)},$$

$$N_{T2} = \frac{\sqrt{746^2 + 260^2}}{0,7 \cdot 1000} = 2 \text{ (шт.)}.$$

Произведем уточнение загрузки трансформаторов в нормальном и послеаварийном режимах работы по формулам (4.4) и (4.5) соответственно:

$$k_{31} = \frac{\sqrt{746^2 + 260^2}}{2 \cdot 630} = 0,63,$$

$$k_{3AB1} = \frac{\sqrt{746^2 + 260^2}}{(2-1) \cdot 630} = 1,3,$$

$$k_{32} = \frac{\sqrt{746^2 + 260^2}}{2 \cdot 1000} = 0,4,$$

$$k_{3AB2} = \frac{\sqrt{746^2 + 260^2}}{(2-1) \cdot 1000} = 0,79.$$

Необходимо выбрать трансформаторы марки ТМГ.

Характеристики трансформаторов, устанавливаемых на подстанциях, представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Характеристики и стоимость трансформаторов

Тип трансформатора	Номинальная мощность	Номинальное напряжение обмоток		Потери		кз	Стоимость
		ВН	НН	хх	кз		
	кВ·А	кВ	кВ	Вт	Вт	%	руб.
ТМГ-630/10/0,4	630	10	0,4	0,95	7,5	5,5	190000
ТМГ-1000/10/0,4	1000	10	0,4	1,3	11	6	290000

### 3. Расчётно-конструкторская часть

#### 3.1 Расчет электрических сетей 6(10) кВ

В качестве силовых электрических сетей корпуса выбираем провода и кабельные линии (кабели).

Провода классифицируются по материалу, из которого они изготовлены, сечению, виду изоляции, механической прочности и так далее. В электротехнике применяют главным образом провода из меди и алюминия, реже из латуни и бронзы.

Кабели подразделяют по материалу, из которого изготовлены их токопроводящие жилы (медь, алюминий), изоляции и материалов, из которых она изготовлена, степени герметичности и защищенности кабелей от механических повреждений и так далее.

Проводники для линий электроснабжения выбираются с учетом соответствия аппарату защиты. Для линии, защищенной автоматом с комбинированным расцепителем, условие выбора проводника:

$$\text{доп зщ } u(\Pi) \text{ зщ } u(\text{ТР}) \text{ ном. расц. } I \geq K \cdot I = K \cdot K \cdot I,$$

где доп  $I$  - допустимый ток проводника, А;

$K_{зщ}$  - коэффициент защиты,  $K_{зщ} = 1$  для нормальных (неопасных) помещений.

Выбираем для прокладки в воздухе в помещениях с нормальной зоной опасности при отсутствии механических повреждений кабель марки АВВГ,  $K_{зщ} = 1$ .

Проводим расчет и выбор линии, идущей на 6ШР (автомат SF6 на КТП)  
 $I_{\text{доп}} \geq K_{зщ} \cdot I_{u(\Pi)} = K_{зщ} \cdot K_{u(\text{ТР})} \cdot I_{\text{ном. расц.}} = 1 \times 1,25 \times 100 = 125 \text{ А.}$

По расчетному допустимому току  $I_{\text{доп}} = 125 \text{ А}$  в соответствии с выбираем сечение и допустимый длительный ток кабеля:

– сечение –  $50 \text{ мм}^2$ ,

– допустимый длительный ток –  $145 \times 0,92 = 133,4 \text{ А}$ ,

где  $0,92$  – коэффициент, учитывающий допустимый длительный ток для четырехжильных кабелей.

Выбираем кабель ВВГ 3x50+1x25, I доп =133,4А.

Аналогично выбираются кабельные линии, идущие на остальные ШР, РП и ЩО. Расчет и выбор линий сведем в таблицу 2.

При расчете линий, идущих на компенсирующие устройства, допустимый ток выбирают с учетом отстройки от токов разряда КУ согласно условию:  $405 \cdot 3 \cdot 0,4 \cdot 216 \cdot 1,3 \cdot 3 \cdot 1,3 \cdot a \cdot x \cdot U \cdot Q \cdot I_{л} \cdot K_{У} \cdot доп = = \cdot \geq \cdot$  выбираем сечение и допустимый длительный ток кабеля:

– сечение – 95 мм<sup>2</sup> , – допустимый длительный ток – 605А. Выбираем кабель ВВГ 3x240, I доп = 605А .

Таблица 3.2 – Выбор кабельных линий комплектной трансформаторной подстанции

Трасса	I доп.расч	А Марка кабеля и сечение жил	I доп А
КТП – 1ШР	630	ВВГнг 2(3x120+1x70)	630
КТП – 2ШР	630	ВВГнг 2(3x120+1x70)	630
КТП – 3ШР	500	ВВГнг 2(3x120+1x70)	630
КТП – 4ШР	1000	ВВГнг 3(3x150+1x70)	1000
КТП – 5ШР	800	ВВГнг 3(3x150+1x70)	800
КТП – 6ШР	100	ВВГнг 3x50+1x25	133,4
КТП – 1АВР	100	ВВГнг 3x50+1x25	133,4
КТП – 39РП	80	ВВГнг 3x50+1x25	133,4



КТП – 148ШУ	100	ВВГнг 3x50+1x25	133,4
КТП – 110ШП	125	ВВГнг 3x70+1x35	165,6
КТП – ЩРО	125	ВВГнг 3x70+1x35	165,6
КТП – ЩРО	125	ВВГнг 3x70+1x35	165,6
КТП – КУ1	405	ВВГнг 3x240	605
КТП – КУ2	405	ВВГнг 3x240	605

Для присоединения 2КТП к ГПП ПС 110/6 кВ определяемся с выбором высоковольтного кабеля. По условиям прокладки и эксплуатации кабельной линии предварительно выбираем тип кабеля АПвПуr–3x150/35.

Прокладку кабелей проектируем в одной траншее типа Т1 и Т4, кабель в траншее разделён несгораемой перегородкой из кирпича. В местах пересечения кабельной линии с другими инженерными сооружениями предусматриваем прокладку в асбоцементных трубах. На участке перед АК кабели защищаем трубой, далее прокладку трассы проектируем по существующей кабельной эстакаде.

Выбор кабелей проводим по трём условиям:

– по электрической прочности  $U_{н.каб.} \geq U_{н.уст.}$ ,  $U_{н.каб.} = 10 \text{ кВ} \geq U_{н.уст.} = 6 \text{ кВ}$ ;

– по нагреву в аварийном режиме  $I_{доп.} \geq I_{ав.}$ . Ток в аварийном режиме  $I_{ав.}$ , А:

$$I_{н тр ав} = , (12) I_{ав} 200,15A 6 3 1600 = 1,3 = ,$$

$$I_{доп.} = 329A \geq I_{ав.} = 200,15A.$$

Принимаем тип кабеля АПвПуr–3x150/35 ,  $I_{доп.} = 329A$ , – по экономической плотности тока  $S \geq S_{эк.}$ .

Экономически целесообразное сечение, мм<sup>2</sup> определяем по формуле:

$$j_{эк} I S_{раб} '_{эк} = , (3.1) \text{ кв мм } j I$$

$S_{\text{эк}} = 142,96 \cdot 1,4 = 200,15 \text{ мм}^2$ , где  $j_{\text{эк}}$  – экономическая плотность тока,  $\text{А/мм}^2$ .  $j_{\text{эк}} = 1,4$ ,  $T_{\text{м.а.}} = 4000$  ч;

$I_{\text{раб.}}$  – расчётный ток линии,  $\text{А}$ .  $I_{\text{раб.}} = 1,3 \cdot I_{\text{н.тр.}} = 1,3 \cdot 200,15 = 260,2 \text{ А}$ ,  
 $S = 150 \text{ мм}^2 > S_{\text{эк.}} = 142,96 \text{ мм}^2$ .

Определяем тип кабеля АПвПуГ–3х150/35,  $I_{\text{доп.}} = 329 \text{ А}$ .

### 3.2 Расчет токов короткого замыкания, выбор и согласование защит от токов короткого замыкания

Расчёт проведён в именованных единицах.

Заданы параметры питающей сети:

$$I_{k1}^{(3)} = 4,63 \text{ кА}$$

Ток трёхфазного короткого замыкания определяется по формуле

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}, \quad (3.2)$$

где  $U_{\text{ср}}$  – среднее номинальное напряжение сети, в которой рассматривается КЗ, кВ;

$Z_{\Sigma}$  – полное суммарное сопротивление прямой последовательности цепи тока КЗ (от источника питания до расчётной точки), Ом.

Ток двухфазного короткого замыкания определяется по формуле

$$I_k^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_k^{(3)}. \quad (3.3)$$

Параметры энергосистемы:

$$x_c = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3} \cdot I_{k1}^{(3)}};$$

$$E_c = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3}}. \quad (3.4, 3.5)$$

Активное и индуктивное сопротивления кабеля определяются по выражениям:

$$r_k = r_0 \cdot L, \quad x_k = x_0 \cdot L, \quad (3.6, 3.7)$$

где  $r_0$  – удельное активное сопротивление кабеля, Ом/км;  $x_0$  – удельное

индуктивное сопротивление кабеля, Ом/км; L - длина кабеля, км. Полное сопротивление кабеля

$$Z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} \quad (3.8)$$

Ударный ток определяется по формуле

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_k^{(3)}, \quad (3.9)$$

где  $k_y$  - ударный коэффициент, который определяется по формуле

$$k_y = 1 + e^{-0,01/T_a}, \quad T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega \cdot r_\Sigma} \quad (3.10, 3.11)$$

Рассмотрим пример расчёта КЗ для точки К2 в нормальном режиме.

Рассчитаем параметры схемы замещения.

1. Параметры питающей системы приведены к стороне 10 кВ:

$$x_c = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot I_{k1}^{(3)}} = \frac{6,06}{\sqrt{3} \cdot 4,63} = 1,31 (\text{Ом}); \quad E_c = 6,06 \text{ кВ}$$

2. Сопротивление линии от РП 10 кВ до точки К3:

$$z_w = (0,149 + 0,286 + 0,256) + j(0,026 + 0,036 + 0,034) = 0,691 + j0,096 \text{ Ом.}$$

Определим токи КЗ:

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \sqrt{r_w^2 + (x_c + x_w)^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \sqrt{0,691^2 + (1,31 + 0,096)^2}} = 3,87 (\text{кА});$$

$$I_{k2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,87 = 3,37 (\text{кА});$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot i_y = \sqrt{2} \cdot 1,33 \cdot 3,87 = 7,3 (\text{кА});$$

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega \cdot r_\Sigma} = \frac{1,31 + 0,096}{314 \cdot 0,691} = 0,009 (\text{с}); \quad k_y = 1 + e^{-0,01/T_a} = 1 + 2,718^{-0,01/0,009} = 1,33.$$

Таблица 3.2 - Результаты расчёта токов КЗ 10 кВ в нормальном (max) режиме

Точки	$I_k^{(3)}$ ,				
КЗ	кА $I_k^{(2)}$ , кА				

	$T_a, c^k i_y,$ кА				
1 (РП 10 кВ)	4,63	4,01	-	-	-
2 (ТП-3)	3,87	3,37	0,0 09	1 ,33	7,3

Результаты расчёта токов КЗ 10 кВ в нормальном режиме представлены в табл. 31.

3.3 Описание конструктивного выполнения схем электроснабжения, а именно исполнение линий 6(10) кВ, ТП-6(10)/0,4 кВ, выбор комплектных ТП и т.п. (УК-6, ПК-1, ПК-3)

1. Линии 6(10) кВ:

– Линии 6(10) кВ могут быть выполнены в виде воздушных или кабельных линий, в зависимости от конкретных условий местности и требований безопасности.

– Воздушные линии 6(10) кВ могут быть выполнены с использованием опор различных типов, таких как железобетонные, металлические или деревянные опоры.

– Кабельные линии 6(10) кВ могут быть выполнены с использованием кабелей различных типов, таких как маслонаполненные, пластмассовые или силовые кабели с изоляцией из кросс-связанного полиэтилена (XLPE).

2. ТП-6(10)/0,4 кВ:

– ТП-6(10)/0,4 кВ представляет собой трансформаторную подстанцию, которая выполняет функцию преобразования напряжения сети 6(10) кВ до напряжения 0,4 кВ для дальнейшего распределения электроэнергии в низковольтную сеть.

– ТП-6(10)/0,4 кВ может быть выполнена в виде открытой или закрытой подстанции, в зависимости от требований безопасности и эксплуатационных условий.

– В состав ТП-6(10)/0,4 кВ входят трансформаторы, выключатели, предохранители, измерительные приборы и другое оборудование, необходимое для надежной и безопасной работы подстанции.

### 3. Выбор комплектных ТП (УК-6, ПК-1, ПК-3):

Выбор комплектных ТП зависит от конкретных требований и условий эксплуатации.

– УК-6 (уличные комплектные трансформаторы) предназначены для установки на открытых площадках и обеспечивают надежное и безопасное преобразование напряжения сети 6(10) кВ до напряжения 0,4 кВ.

– ПК-1 (подземные комплектные трансформаторы) предназначены для установки в подземных помещениях и обеспечивают надежное и безопасное преобразование напряжения сети 6(10) кВ до напряжения 0,4 кВ.

– ПК-3 (подстанции комплектные) представляют собой комплексное оборудование, включающее в себя трансформаторы, выключатели, предохранители и другое оборудование, необходимое для надежной и безопасной работы подстанции.

Все вышеуказанные элементы конструктивного выполнения схем электроснабжения должны соответствовать требованиям нормативных документов и обеспечивать надежную и безопасную работу электроснабжения.

#### 4. Мероприятия по охране труда»

##### 4.1 Защитные меры в электроустановках, виды применяемых ограждений, блокирующие системы в электроустановках

Согласно нормам электротехнической безопасности, для защиты от поражения электрическим током в нормальных условиях необходимо применять следующие меры предосторожности от прямого прикосновения:

- Изоляция токоведущих частей;
- Использование ограждений и оболочек;
- Установка барьеров;
- Размещение в местах, недоступных для прикосновения;
- Использование низкого (небольшого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках до 1 кВ следует использовать устройства защитного отключения (УЗО).

Защита от прямого прикосновения не требуется, если оборудование находится в зоне уравнивания потенциалов и максимальное рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока для помещений без повышенной опасности, и не превышает 6 В переменного или 15 В постоянного тока во всех случаях.

Для защиты от поражения электрическим током при повреждении изоляции (аварийный режим) необходимо применять следующие меры предосторожности от косвенного прикосновения:

1. Защитное заземление;
2. Автоматическое отключение питания;
3. Уравнивание потенциалов;
4. Выравнивание потенциалов;
5. Двойная или усиленная изоляция;
6. Низкое (небольшое) напряжение;
7. Защитное электрическое разделение цепей;
8. Изолированные (непроводящие) помещения, зоны или площадки.

Защита от косвенного прикосновения должна выполняться во всех случаях, когда напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного тока и 120 В постоянного тока. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и на открытых установках защита от косвенного прикосновения может потребоваться при более низких напряжениях (например, при напряжении более 25 В переменного и 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности, и более 6 В переменного и 15 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных).

Перечисленные меры защиты не являются универсальными. Их эффективность зависит от уровня напряжения, типа тока (постоянный или переменный), типа электроустановки и режимов ее работы (режим заземления нейтрали), а также от условий эксплуатации (степень опасности помещений). Поэтому классификация мер предосторожности является важным фактором для рационального их использования.

Чтобы обеспечить безопасность персонала и посторонних лиц при работе с электроустановками, необходимо соблюдать следующие мероприятия:

- Соблюдение необходимого расстояния от токоведущих частей или их закрытие и ограждение;
- Использование блокировок и защитных устройств для предотвращения неправильных операций и доступа к токоведущим частям;
- Использование предупредительной сигнализации, надписей и плакатов;
- Использование средств для снижения интенсивности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- Применение средств защиты и устройств для защиты от воздействия электрических и магнитных полей в электроустановках, где их интенсивность превышает допустимые нормы.

При создании системы электроснабжения с применением современных автоматизированных охранно-пожарных установок можно использовать

различные виды ограждений. Они играют важную роль в проектировании таких систем, обеспечивая их безопасность и надежность работы. В зависимости от требований и условий эксплуатации, можно использовать следующие виды ограждений:

1. Металлические ограждения - такие ограждения обладают высокой прочностью и могут эффективно защищать систему от несанкционированного доступа и возгорания. Они могут быть выполнены из стальных или алюминиевых материалов, в зависимости от требуемых характеристик.

2. Бетонные ограждения - бетонные конструкции обладают высокой огнестойкостью и прочностью. Они особенно эффективны при обеспечении защиты от пожара или несанкционированного доступа. Бетонные ограждения могут быть выполнены в виде стен, плит или блоков.

3. Полимерные ограждения - такие ограждения предлагают широкий выбор материалов с различными свойствами, такими как высокая степень прочности, устойчивость к коррозии и ультрафиолетовому излучению. Полимерные ограждения могут быть выполнены в виде заборов, панелей или изделий разной формы.

4. Стекланные ограждения - они придают системе эстетичный вид и создают ощущение пространства. Особенно популярны стекланные ограждения с применением технологии ламинации, которые отличаются высокой прочностью и безопасностью.

5. Декоративные ограждения - декоративные ограждения помогают интегрировать систему электроснабжения с окружающей архитектурой и ландшафтом. Они могут быть выполнены из различных материалов, таких как кованный металл, натуральный или искусственный камень, дерево и другие.

Выбор конкретного вида ограждений должен основываться на требованиях безопасности, функциональности и эстетичности системы электроснабжения с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок. Ограждения должны обеспечивать надежную защиту



системы, сохранность оборудования и удовлетворять требованиям нормативно-правовой базы.

При проектировании системы электроснабжения с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок, одним из наиболее важных аспектов являются блокирующие системы в электроустановках. Эти системы играют ключевую роль в обеспечении безопасности и надежности работы всей системы электроснабжения.

Блокирующие системы выполняют ряд важных функций. Во-первых, они предотвращают различные аварийные ситуации, которые могут возникнуть в электрической сети, такие как короткое замыкание или перегрузка. При возникновении таких ситуаций блокирующая система автоматически отключает определенные участки электроснабжения, чтобы избежать дальнейшего распространения проблемы и нанесения ущерба оборудованию и сетям.

Кроме того, блокирующие системы также служат для предотвращения пожаров. Они способны обнаружить и сигнализировать о любых признаках возгорания или опасного нагрева в системе электроснабжения. Как только такие события обнаруживаются, блокирующая система немедленно принимает меры для предотвращения пожара, такие как отключение питания определенных участков или активация системы пожаротушения.

Также, блокирующие системы в электроустановках имеют важное значение при проведении технического обслуживания и ремонта. Они обеспечивают безопасные условия для работников, позволяя им выполнять необходимые операции по обслуживанию оборудования без риска получения травм или возникновения аварийных ситуаций.

Современные автоматизированные охранно-пожарные установки дополняют и усиливают функциональность блокирующих систем. Они обеспечивают более точное и быстрое обнаружение пожаров и аварийных ситуаций, а также позволяют проводить более эффективные меры по их предотвращению и тушению.

В целом, блокирующие системы в электроустановках при проектировании системы электроснабжения с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок играют неотъемлемую роль в обеспечении безопасности и надежности работы системы. Они обнаруживают аварийные ситуации и предотвращают их распространение, предупреждают пожары и обеспечивают безопасные условия для обслуживания и ремонта. Эти системы следует разрабатывать и строить с использованием передовых технологий и современных стандартов безопасности, чтобы обеспечить эффективную и бесперебойную работу системы электроснабжения.

#### 4.2 Расчёт контура заземления

При обслуживании электроустановки опасность представляют не только неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением, но и те конструктивные части электроустановки, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции (корпуса электродвигателей, пускателей, баки трансформаторов, кожухи шинопроводов, металлические каркасы щитов).

Для защиты людей от поражения электрическим током, при повреждении изоляции, применяется одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитные отключения, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетокопроводящих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением.

Заземление следует выполнять во всех электроустановках при напряжении переменного тока 380 В и выше и постоянного тока 440В и выше. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках заземление или зануление следует выполнять при номинальных напряжениях выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока. Во

взрывоопасных зонах любого класса заземление или зануление выполняют в электроустановках при всех напряжениях переменного и постоянного тока.

В электроустановках до 1 кВ сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства  $R$ , Ом, при прохождении расчетного тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть не более:

при использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением выше 1 кВ по:

$$R = 125 / J_{к.з.}, \text{ но не более } 4 \text{ Ом.} \quad (4.1)$$

где  $J_{к.з.}$  – емкостной однофазный ток замыкания на землю, А. Для ЗРУ – 10 кВ,  $J_{к.з.} = 30 \text{ А}$

Примем в расчете уголки размером 50x50x5 мм длиной 3 м. Заземлитель горизонтальный-стальная полоса 40x4 мм. Расстояние между уголками 4,5 м. Уголки забиты по контуру подстанции. Глубина заложения горизонтального заземления 0,7 м. Грунт-чернозем с удельным сопротивлением  $\rho_{\text{аб}} = 20 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Климатическая зона II.

1. Согласно ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства с учетом удельного сопротивления грунта равно

$$R = 125 / 30 = 4,16 \text{ (Ом)}.$$

Принимаем  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ; если  $R_2 > R_3$  т.е.  $5,1 > 4$ , то необходимо установить искусственное заземление.

2. Сопротивление растеканию естественного заземлителя

В качестве естественного заземлителя используем железобетонный фундамент самого здания РП. Сопротивление растеканию заземляющего устройства  $R_a$  оценим по формуле:

$$R_a = 0,5 \cdot \frac{\rho_a}{\sqrt{S}}, \quad (4.2)$$

Здесь  $S$ -площадь ограниченная периметром здания,

$\rho_a$ -удельное эквивалентное сопротивление земли,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ .

Для расчета  $\rho_a$  в  $\hat{\text{I}} \hat{\text{I}} \cdot \hat{\text{I}}$  следует использовать формулу:

$$\rho_a = \rho_1 \cdot \left(1 - e^{-\alpha} \cdot \frac{h_1}{\sqrt{S}}\right) + \rho_2 \cdot \left(1 - e^{-\beta} \cdot \frac{\sqrt{S}}{h_1}\right), \quad (4.3)$$

Здесь  $\rho_1$  - удельное электрическое сопротивление верхнего слоя земли  $\hat{\text{I}} \hat{\text{I}} \cdot \hat{\text{I}}$ ,

$\rho_2$  - удельное электрическое сопротивление нижнего слоя земли  $\hat{\text{I}} \hat{\text{I}} \cdot \hat{\text{I}}$ ,

Под верхним слоем следует понимать слой земли, удельное сопротивление которого  $\rho_1$  более чем в 2 раза отличается от удельного электрического сопротивления нижнего слоя  $\rho_2$ .

$h_1$  - толщина верхнего слоя земли, м,

$\alpha, \beta$  - безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений слоев земли.

Если  $\rho_1 > \rho_2 : \alpha = 3,6; \beta = 0,1$

Если  $\rho_1 < \rho_2 : \alpha = 1,1 \cdot 10^2; \beta = 0,3 \cdot 10^{-2}$

Данные для расчета:  $\rho_1 = 300 \hat{\text{I}} \hat{\text{I}} \cdot \hat{\text{I}}$ ,  $\rho_2 = 100 \hat{\text{I}} \hat{\text{I}} \cdot \hat{\text{I}}$ ,  $h_1 = 2,8 \hat{\text{I}}$ ,  $S = 13 \hat{\text{I}}$ .

$$\rho_a = 300 \cdot \left(1 - e^{-3,6} \cdot \frac{2,8}{\sqrt{13}}\right) + 100 \cdot \left(1 - e^{-0,1} \cdot \frac{\sqrt{13}}{2,8}\right) = 277,12 \hat{\text{I}} \hat{\text{I}} \cdot \hat{\text{I}},$$

$$R_a = 0,5 \cdot \frac{277,12}{\sqrt{13}} = 38,43 \hat{\text{I}} \hat{\text{I}} \cdot \hat{\text{I}}.$$

$R_\zeta < R_a$ , следовательно, необходимо сооружение искусственного заземлителя.

3. Сопротивление искусственного заземлителя определяется по формуле:

$$R_\zeta = \frac{R_a \cdot R_\zeta}{R_a - R_\zeta} = \frac{38,43 \cdot 10}{38,43 - 10} = 13,5 \hat{\text{I}} \hat{\text{I}} \cdot \hat{\text{I}}. \quad (4.4)$$

4. Сопротивление растеканию вертикального заземлителя определяем по упрощенным формулам для уголка 50x50x5:

$$R_B = 0,348 \cdot \rho_{\text{двнн} \cdot \hat{a}} \cdot k_c = 0,348 \cdot 20 \cdot 1,7 = 20,11 \text{ (}\hat{\text{I}} \text{)} \quad (4.5)$$

Здесь  $\rho_{\text{двнн} \cdot \hat{a}} = \rho_{\text{дв}} \cdot k_c = 20 \cdot 1,7 = 34$  (значение коэффициента сезонности для вертикальных электродов  $k_c = 1,7$  для климатической зоны II принято по [14, Табл.64]).

5. Количество вертикальных заземлителей:

$$n_{\hat{a}} = \frac{R_B}{\eta_{\hat{a}} \cdot R_{\hat{e}}} = \frac{20,11}{0,6 \cdot 13,5} = 2,5 \quad (4.6)$$

где:  $\eta_{\hat{a}}$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей с учетом интерполяции по Табл.66, равный 0,6.

Принимаем, что число труб при этом  $20,11/13,5=2$ . Принимаем к установке 3 уголка.

6. Длина горизонтального заземлителя (полосы):

$$l_{\hat{a}} = 1,05 \cdot n_B \cdot a = 1,05 \cdot 4 \cdot 4,5 = 18,9 \text{ (}\hat{\text{I}} \text{)} \quad (4.7)$$

7. Сопротивление растеканию горизонтального заземлителя:

$$R_{\hat{a}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{двнн} \cdot \hat{a}}}{l} \cdot \lg \frac{l_{\hat{a}}^2}{dt'} = \frac{0,366 \cdot 80}{18,9} \cdot \lg \frac{18,9^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,7} = 6,8 \text{ (}\hat{\text{I}} \text{)} \quad (4.8)$$

Здесь  $d=0,5b$ ;  $\rho_{\text{двнн} \cdot \hat{a}} = \rho_{\text{дв}} \cdot \hat{e} = 20 \cdot 4 = 80 \text{ }\hat{\text{I}} \text{ } \cdot \hat{\text{I}}$  (значение коэффициента сезонности для горизонтальной полосы  $k = 4$  по для II климатической зоны).

8. Действительное сопротивление растеканию горизонтального заземлителя с учетом коэффициента использования:

$$R'_{\hat{a}} = \frac{R_{\hat{a}}}{\eta_{\hat{a}}} = \frac{6,8}{0,295} = 23,05 \text{ (}\hat{\text{I}} \text{)} \quad (4.9)$$

$$\eta_{\hat{a}} = 0,295$$

9. Сопротивление растеканию заземлителей с учетом сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R'_{\hat{a}} = \frac{R_{\hat{a}} \cdot R_{\hat{e}}}{R_{\hat{a}} - R_{\hat{e}}} = \frac{23,05 \cdot 13,5}{23,05 - 13,5} = 32,58 \text{ (}\hat{\text{I}} \text{)} \quad (4.10)$$

10. Уточненное количество вертикальных заземлителей:

$$n_a = \frac{R_B}{\eta_a \cdot R_B'} = \frac{20,11}{0,6 \cdot 32,58} = 1,03 \quad (\text{Ом}). \quad (4.11)$$

Из расчета следует: для того чтобы сопротивление заземляющего устройства РП с учетом естественных заземлителей было не более 4 Ом необходим 1 заглубленный вертикальный заземлитель.

#### 4.3 Техника безопасности при строительстве и эксплуатации линий электропередач мероприятия по защите от атмосферных перенапряжений, по пожарной безопасности

Строительство и эксплуатация линий электропередач – это ответственный и сложный процесс, требующий строгого соблюдения техники безопасности. Важно понимать, что электроэнергия является потенциально опасной и может стать причиной серьезных травм и потерь человеческой жизни. Поэтому, осознавая эту ответственность, специалисты, занимающиеся строительством и эксплуатацией линий электропередач, должны соблюдать определенные принципы и правила безопасности.

Одним из важных аспектов является тщательная проверка и испытание оборудования, используемого при строительстве и эксплуатации линий электропередач. Для этого требуется регулярное осмотрение и техническая диагностика всех элементов системы электропередачи. Необходимо проверить наличие и исправность изоляции, соединений и заземления. Также следует убедиться в соответствии оборудования требованиям безопасности, предъявляемым к этому типу работ.

Важным аспектом техники безопасности является правильное использование средств защиты. Работники должны быть оснащены соответствующей защитной одеждой, средствами индивидуальной защиты, такими как защитные очки, шлемы, резиновые перчатки и диэлектрические боты. Использование этих средств помогает минимизировать риск поражения электрическим током.

Другим важным аспектом техники безопасности при строительстве и эксплуатации линий электропередач является обеспечение безопасных

рабочих условий. Работники должны быть профессионально подготовлены, иметь необходимую квалификацию и знать все правила и инструкции по безопасной работе с электрооборудованием. Кроме того, рабочее место должно быть обозначено соответствующими знаками и предупреждающими надписями, а доступ к зоне строительства или эксплуатации линий электропередач должен быть ограничен для несанкционированного персонала. Еще одной важной мерой безопасности является проведение регулярных инструктажей и обучений персонала. Работники должны быть в курсе всех изменений в нормативной базе и новых требований безопасности, а также знать, как правильно реагировать в случае возникновения аварийной ситуации.

Техника безопасности при строительстве и эксплуатации линий электропередач является крайне важным аспектом этой отрасли. Соблюдение всех правил безопасности, проверка и испытание оборудования, использование средств защиты, обеспечение безопасных условий работы и обучение персонала – все эти меры помогают минимизировать риски и предотвращать возникновение аварий. Постоянное внимание к технике безопасности позволяет создать надежную, эффективную и безопасную систему электропередачи.

Мероприятия по защите от атмосферных перенапряжений и пожарной безопасности играют ключевую роль в проектировании системы электроснабжения производственного здания. В современных условиях нельзя недооценивать важность внедрения автоматизированных охранно-пожарных установок, которые обеспечивают надежную защиту от возгораний и своевременное реагирование на атмосферные перенапряжения.

Основными мероприятиями по защите от атмосферных перенапряжений в системе электроснабжения являются установка грозозащитных девайсов, применение молниезащитных систем и шинопроводов, а также улучшение грунтовых источников заземления. Вместе эти меры помогают минимизировать возможные повреждения оборудования и устройств

вследствие различных электрических разрядов, обусловленных атмосферными событиями.

Пожарная безопасность в системе электроснабжения также требует специального внимания и комплекса мероприятий. Важно предусматривать правильное размещение щитов и электрооборудования, а также использовать специальные огня-пожаротушащие материалы при их конструировании. Необходимо соблюдать требования электрической безопасности, подключать датчики и системы контроля, а также обеспечивать эффективное пожаротушение и системы пожарной сигнализации.

Внедрение современных автоматизированных охранно-пожарных установок позволяет значительно повысить эффективность системы безопасности. Такие установки автоматически реагируют на возможные угрозы и сигнализируют о них, позволяя оперативно принять необходимые меры для предотвращения пожаров и других аварий.

Таким образом, мероприятия по защите от атмосферных перенапряжений и пожарной безопасности при проектировании системы электроснабжения производственного здания с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок выступают важной составляющей общего комплекса мер, направленных на обеспечение надежного функционирования и безопасности данного объекта.

#### 4.4 Методы и средства обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности работников на предприятии (УК8)

Методы и средства обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности работников на предприятии (УК8) при проектировании системы электроснабжения производственного здания с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок представляют собой комплекс мер и технических решений, направленных на обеспечение безопасности и комфортных условий работы персонала предприятия.



Одним из основных методов обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности работников является создание надежной и эффективной системы электроснабжения. Это подразумевает проектирование и строительство электрических сетей, учет потребления электроэнергии, обеспечение резервного питания и автоматического переключения на резервное электроснабжение в случае отключения основного источника.

Важным аспектом обеспечения социальной и профессиональной деятельности работников является внедрение современных автоматизированных охранно-пожарных установок. Это включает в себя установку системы пожарной сигнализации, охранной сигнализации, контроля доступа и видеонаблюдения. Такие системы позволяют оперативно обнаруживать и предотвращать возгорания, контролировать доступ в здание и обеспечивать безопасность персонала.

Данные методы и средства обеспечивают работникам безопасность, комфортные условия труда и создают благоприятную и продуктивную рабочую среду. При проектировании системы электроснабжения производственного здания с внедрением современных автоматизированных охранно-пожарных установок необходимо учитывать требования нормативной базы и проводить комплексную оценку рисков. Это позволит создать надежную и эффективную систему, гарантирующую безопасность и комфорт работников предприятия.

## 5. Технико-экономические показатели разработки

### 5.1 Сметно-финансовый расчет объекта проектирования

Сметная стоимость определяется на основании. Перечень элементов схемы электроснабжения приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Перечень элементов схемы электроснабжения

Обозначение	Наименование, марка	Единицы измерения	Количество, шт.
-	Камера одностороннего обслуживания КСО 292 с выключателем ВВ/TEL-10-12,5/630 У2 в РП	шт	5
-	Камера одностороннего обслуживания КСО 366 с выключателем нагрузки	шт	22
Т	Силовой трансформатор ТМГ-630 10/0,4	шт	12
-	Панели ЩО-70	шт	51
-	Щит одностороннего обслуживания управления уличным освещением ЩО-70-1	шт	2
W	Кабель		
W	АВБШВ-10-185	км	0,48
W	АВБШВ-10-150	км	0,58
W	АВБШВ-10-120	км	1,92
W	АВБШВ-10- 95	км	0,54
W	АВБШВ-0,4-150	км	0,13

W	АВБ <sub>6</sub> Ш <sub>В</sub> -0,4-120	кМ	2,09
W	АВБ <sub>6</sub> Ш <sub>В</sub> -0,4-95	кМ	0,73
W	АВБ <sub>6</sub> Ш <sub>В</sub> -0,4-70	кМ	0,97
W	АВБ <sub>6</sub> Ш <sub>В</sub> -0,4-50	кМ	0,65
W	АВБ <sub>6</sub> Ш <sub>В</sub> -0,4-35	кМ	0,54
W	АВБ <sub>6</sub> Ш <sub>В</sub> -0,4-25	кМ	0,8

Стоимость работ в локальных сметах (расчетах) в составе сметной документации может рассчитываться в двух уровнях цен:

– в ценах базисного уровня, определяемых на основе действующих сметных норм и цен, установленных по состоянию на 01.01.2001 г. В редакции 2022года;

– в текущих (прогнозных) ценах, определяемых на основе цен, сложившихся к моменту составления смет или прогнозируемых к периоду осуществления строительства.

Полная стоимость объекта включает затраты на строительно-монтажные работы, затраты на приобретение и монтаж оборудования и прочие затраты:

$$C_n = C_{cмр} + C_{об} + C_{пр}, \quad (5.1)$$

где  $C_{cмр}$  - затраты на строительно-монтажные работы по возведению зданий и сооружений, монтаж технологического оборудования, руб.;

$C_{об}$  - затраты на приобретение основного и вспомогательного технологического оборудования, руб.;

$C_{пр}$  - прочие и лимитированные затраты, включающие научно-исследовательские работы; авторский надзор, подготовку кадров, дополнительные расходы, вызванные местными условиями строительства объекта и др., руб.

Стоимость строительно-монтажных работ в локальной смете включает прямые затраты, накладные расходы и сметную прибыль:

$$C_{cmp} = C_{nz} + C_n + P_{cm}, \quad (5.2)$$

где  $C_{nz}$  - прямые затраты, включающие стоимость материалов, изделий, конструкций, оплату труда рабочих и эксплуатации строительных машин, руб.;  $C_n$  - накладные расходы, охватывающие затраты строительного-монтажных организаций, связанных с созданием общих условий производства, его обслуживанием, организацией и управлением, руб.;

$P_{cm}$  - сметная прибыль, представляющая собой сумму средств, необходимых для покрытия расходов строительной организации на развитие производства, социальной сферы и материальное стимулирование работников, руб.

Прямые затраты на строительные-монтажные работы включают:

$$C_{nz} = C_{zn} + C_{эм} + C_{mat}, \quad (5.3)$$

где  $C_{zn}$  - сдельная и повременная оплата труда рабочих, занятых непосредственно на строительные-монтажных работах, руб.;

$C_{эм}$  - расходы по эксплуатации строительных машин и оборудования, руб.;

$C_{mat}$  - расходы на материалы, необходимые для выполнения строительные-монтажных работ, руб.

Прямые затраты на строительные-монтажные работы иначе определяются исходя из объемов работ и согласованных единичных расценок:

$$C_{nz} = \sum_{i=1}^I W_i P_{ci}, \quad (5.4)$$

где  $W_i$  - объем строительные-монтажных работ  $i$ -го вида в натуральных измерителях;

$P_{ci}$  - цена (расценка) за единицу строительной-монтажной работы, руб./нат. ед.;  $i=1 \dots I$  - число работ на объекте строительства.

## 5.2 Пересчет локальной сметы в текущие цены 2023 года

Смета составлена базисно-индексным методом в программном комплексе «Гранд-Смета», и включает в себя весь необходимый размер капитальных вложений для строительства объекта проектирования. Все расценки взяты из сборника «Территориальные единичные расценки на монтаж оборудования» по Вологодской области в редакции 2022 года.

Стоимость монтажных работ в базисных ценах включает в себя следующие элементы: Общая стоимость 22 551,2 тыс. руб.

в том числе:

1. Фонд основной заработной платы 1 172,9 тыс. руб.
2. Затраты по эксплуатации машин 1 815,976 тыс. руб.
3. Сметная стоимость материалов 3 811,646 тыс. руб.
4. Стоимость оборудования 9 282,46 тыс. руб.
5. Накладные расходы 912,311 тыс. руб.
6. Сметная прибыль 611,519 тыс. руб.

Также учтены все необходимые лимитированные затраты, налоги, применены все актуальные коэффициенты и процентные ставки.

Начисление накладных расходов и сметной прибыли при составлении локальных смет (расчетов) без деления на разделы производим в конце сметы за итогом прямых затрат, а при формировании по разделам - в конце каждого раздела и в целом по смете (расчету).

## 5.3 Расчет эффективности инвестиционных вложений в объект проектирования

Определим насколько эффективен проект. Проект осуществляется за 15 шагов, т.е. 15 лет.

Количество инвестиций (по смете) в нашем случае составляет 22 551 200 руб. Это те средства, которые необходимо окупить. Окупаться проект будет за счет амортизационных отчислений и части прибыли.

Амортизация определяется с помощью укрупненного показателя - 6% от стоимости оборудования и материалов.

Прибыль организации идет от реализации электроэнергии потребителям.

Определим стоимость реализуемой в течение одного года электроэнергии.

Для одноставочного тарифа:

$$C_{э.э.год} = \beta \cdot W_{э.год}, \text{ руб. (5.5)}$$

где  $\beta = 3,83$  руб/кВт·ч плата за потреблённую электроэнергию;

$W_{э.год}$  - реализованная электроэнергия за один год, кВт·ч, определяется как:

$$W_{э.год} = 0,65 \cdot P_{уст} \cdot t, \text{ кВт·ч, (11.6)}$$

где  $P_{уст}$  - суммарная мощность 12-ти силовых трансформаторов

$$(P_{уст} = 7,56 \text{ МВ·А});$$

t- Количество часов.

$$W_{э.год} = 0,65 \cdot 7560 \cdot 8760 = 43046640 \text{ (кВт·ч)}.$$

Тогда стоимость электроэнергии, реализуемой в течение одного года:

$$C_{э.э.год} = 3,83 \cdot 43046640 = 164868631,2 \text{ (руб)}.$$

Прибыль определяется как:

$$P_p = P \times P_p \% \text{ (11.7)}$$

где  $P_p\%$  - прибыль в % отношении 10%;

$P_p$  - прибыль от использования электроэнергии.

$$P_p = 164868631,2 \cdot 0,1 = 16486863,12 \text{ руб.}$$

A - амортизационные отчисления (6% от стоимости материалов и оборудования -  $13\,094\,106 \cdot 0,06 = 785,65$  тыс. рублей).

Необходимо определить показатели оценки целесообразности инвестирования:

чистый дисконтированный доход по инвестиционному проекту;

чистая приведенная стоимость финансового вложения;

индекс рентабельности проекта предприятия.

А. Для начала определим чистый доход предприятия от реализации инвестиционного проекта.

Чистый доход предприятия = Чистый доход от реализации + Сумма амортизации

Чистый доход (ЧД) предприятия за год =  $16\,486,3 + 785,65 = 17\,271,95$  тыс.руб.

В нашем случае примем упрощенно, что ЧД предприятия каждый год у нас один и тот же.

Б. Определим чистый дисконтированный доход (ЧДД).

Ставка дисконтирования используется при расчете срока окупаемости и оценке экономической эффективности инвестиций для дисконтирования денежных потоков, иными словами, для перерасчета стоимости потоков будущих доходов и расходов в стоимость на настоящий момент.

В этом случае в качестве ставки дисконтирования примем темп инфляции в России.

В 2015 году инфляция в России достигла 16% в годовом выражении, по заявлению министерства финансов.

Чистый дисконтированный доход определяется как:

$$\text{ЧДД} = \frac{\text{ЧД}}{(1 + D)^i}$$

$i$  - Порядковый номер года.

Определим ЧДД по годам за 15 лет:

$\text{ЧДД} = 14889 + 12835 + 11065 + 9539 + 8223 + 7089 + 6111 + 5268 + 4541 + 3915 + 3375 + 2909 + 2508 + 2162 + 1864 = 96299$  руб.

В. Определим величину дисконтированной суммы инвестиций в проект.

$$\text{ДСИ} = \frac{I}{(1 + D)^i},$$

$i$  - Порядковый номер года.

Определим ДСИ по годам за 15 лет:

$\text{ДСИ} = 12931 + 11147 + 9606 + 8284 + 7141 + 6156 + 5307 + 4575 + 3944 + 3400 + 2931 + 2526 + 2478 + 1877 + 1618 = 83631$  руб.

Г. Определим чистую приведенную стоимость или чистый приведенный эффект (ЧПС).

$$\text{ЧПС} = \text{ЧДД} - \text{ДСИ}$$

Сравнивая таблицы с ДСИ и ЧДД очевидно, что проект эффективен, так как в каждый год доход превышает объем инвестиций.

Д. Определим индекс рентабельности или индекс прибыльности инвестиционного проекта.

$$\text{ИР} = \text{ЧДД} / \text{ДСИ}$$

Так как индекс рентабельности больше единицы за каждый год, то это означает, что мы можем принять решение о целесообразности реализации анализируемого инвестиционного проекта.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение по теме "Проектирование системы электроснабжения производственного здания предприятия N с внедрением современных автоматизированных охраннопожарных установок" будет следующим:

В результате проведенного проектирования системы электроснабжения производственного здания предприятия N с внедрением современных автоматизированных охраннопожарных установок, были получены следующие выводы:

1. Система электроснабжения была разработана с учетом специфики производственного здания предприятия N. Были учтены требования к надежности и безопасности электроснабжения, а также потребности в энергии для обеспечения работы производственного оборудования.

2. В процессе проектирования были использованы современные технологии и оборудование, позволяющие обеспечить эффективную работу системы электроснабжения и автоматизированных охраннопожарных установок. Были учтены требования к энергоэффективности и экологичности системы.

3. Внедрение автоматизированных охраннопожарных установок позволит обеспечить надежную защиту производственного здания от пожаров и несанкционированного доступа. Эти установки обладают высокой степенью автоматизации и могут оперативно реагировать на возникновение опасных ситуаций.

4. Проектирование системы электроснабжения и внедрение автоматизированных охраннопожарных установок позволит предприятию N повысить уровень безопасности и надежности работы. Это в свою очередь способствует увеличению производительности и снижению рисков возникновения аварийных ситуаций.

5. Для успешной эксплуатации системы электроснабжения и автоматизированных охраннопожарных установок необходимо провести регулярное техническое обслуживание и обучение персонала. Также

рекомендуется внедрить систему мониторинга и контроля работы системы, чтобы оперативно выявлять и устранять возможные неисправности.

В целом, проектирование системы электроснабжения производственного здания предприятия N с внедрением современных автоматизированных охраннопожарных установок является важным шагом для обеспечения безопасности и надежности работы предприятия. Это позволит минимизировать риски возникновения аварийных ситуаций и обеспечить бесперебойную работу производственного процесса

В ходе работы были изучены основные принципы и методы проектирования систем электроснабжения. Был проведен анализ требований к электроснабжению производственных зданий и музеев. Также было изучено применение современных автоматизированных охранно-пожарных установок в подобных объектах.

В качестве методологических основ были определены методы исследования, которые использовались для анализа и проектирования системы электроснабжения. Была разработана методика расчета электроэнергетических параметров и определения нагрузки на систему электроснабжения.

В результате работы был составлен вывод, что для эффективного проектирования системы электроснабжения необходимо учитывать требования к электроснабжению конкретного объекта. Также важно использовать современные технологии, такие как автоматизированные охранно-пожарные установки, для обеспечения безопасности и надежности работы системы.

Для дальнейших исследований рекомендуется углубить изучение методов проектирования систем электроснабжения и их применения в различных типах объектов. Также стоит обратить внимание на разработку новых технологий и методик расчета электроэнергетических параметров, чтобы повысить эффективность и экономичность систем электроснабжения.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Блок, В.М. Электрические сети и системы / В.М. Блок: учебное пособие для студентов электротехнических вузов. - М.: Высшая школа, 2021.- 430с.
2. Князевский, Б.А., Электроснабжение промышленных предприятий. / Б.А. Князевский, Б.Ю. Липкин: учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2021. - 391с.
3. Киреева, Э.А. Автоматизация и экономика электроэнергетики в системах промышленного электроснабжения / Б.А. Киреева, Т. Юнес, М. Айюби: справочные материалы и примеры расчетов. - М: Энергоатомиздат, 2022. - 320с.
4. Коновалова, Л.Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Л.Л. Коновалова, Л.Д. Рожкова: учеб. пособие для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 2020. - 528 с.
5. Можаяева, С.В. Экономика энергетического производства: учеб. пособие для вузов. / С.В. Можаяева. - СПб., Лань, 2023. - 208с.
6. Микропроцессорные реле защиты. Новые перспективы или новые проблемы. // Новости электроснабжения. - 2022. №1. - С.24-37.
7. Методические указания по курсовому проектированию / сост. Л.П. Летунова, В.А. Воробьёв. - Вологда: ВоГТУ, 2021. - 52 с.
8. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. - М., НЦ ЭНАС, 2023. - 192с.
9. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций: Справочный материал для курсового и дипломного проектирования / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков: учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 2020. - 608 с.2.
10. Производство и распределение электрической энергии: Электротехнический справочник / В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, И. Н. Орлова и др.: под ред. И. Н. Орлова. - М.: Энергоатомиздат, 2020. - 880 с.

11. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ 7, с изм. и доп. по состоянию на 15 августа 2005г. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2021. - 854 с.
12. Постников, Н.П. Монтаж электрооборудования промышленных предприятий / Н.П. Постников и др. - Л., Стройиздат, 2022 - 159 с.
13. Старкова, Л.Е. Проектирование цехового электроснабжения /Л.Е. Старкова, В.В. Орлов: учебное пособие. - Вологда. ВоГТУ, 2023. -175с.
14. Самсонов, В.С. Экономика предприятий энергетического комплекса: учеб. для вузов / В.С. Самсонов, М.А. Вяткин. - М.: Высш. шк., 2021. - 416с.
15. Справочник по проектированию электрических сетей. / под ред. Д.Л. Файбисовича. - М., НЦ ЭНАС, 2021. - 320с.
16. Справочник электромонтажника. /Ю.Д. Сибикин. - М., Академия, 2022. - 336с.
17. Справочник по проектированию электроснабжения /под ред. Барыбина - М.: Энергоатомиздат, 2020. - 579 с.
18. Тульчин, И.К. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий / И.К. Тульчин, Г.И. Нудлер. - М.: Энергоатомиздат, 2020. - 480 с.
19. Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий /А.А. Федоров, Л.Е. Старкова: учебное пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 2021. -368с.
20. Чернобровов, Н.В. Релейная защита / Н.В. Чернобровов: учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 2020. -799с.