Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Свердловской области
«Талицкий лесотехнический колледж им.Н.И.Кузнецова»

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Методические рекомендации для студентов специальности
08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования
промышленных и гражданских зданий»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ
ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
2150C046E71AC3A606E8ACA64E5913D5
Владелец: Ляшок Сергей Иванович
Действителен: с 12.09.2023 до 05.12.2024

Талица

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА 5

2 ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА 7
2.1 Оформление графической части проекта, титульного листа и содержания пояснительной записки. 7

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ 9
3.1 Выбор рода тока и напряжения 9
3.1 Выбор силового электрооборудования 9
3.2 Выбор аппаратов управления 10
3.3 Выбор схемы электрической сети для питания электрооборудования цеха 11
3.4 Выбор электропроводок 12

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И РЕАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ 15
4.1 Расчёт мощности электродвигателей 15
4.2 Выбор автоматических выключателей и тепловых реле магнитных пускателей 16
4.3 Разработка принципиальной схемы 16
4.4 Проектирование электропривода 17

5 ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ 20

6 ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА 26

7 ЭКОНОМИЯ И КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ 29

8 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРОДОВ 31
8.1 Расчет электрических нагрузок 31
8.2 Определение электрических нагрузок сетей 10(6) кВ и центра питания 37
8.3 Расчёт электрических сетей 43
8.4 Выбор схем сетей внутреннего электроснабжения 46
8.5 Защита в системах электроснабжения жилых и общественных зданий 52

9 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 62
9.1 Расчёт электрических нагрузок 62
9.2 Выбор и расчет схем электрических сетей внешнего электроснабжения 64
9.3 Расчёт электрических сетей 70

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 73
ПРИЛОЖЕНИЯ 75

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания устанавливают единый порядок организации работ на различных этапах дипломного проектирования, последовательность выполнения отдельных глав расчётно-пояснительной записки, их содержание, расчётные выражения (формулы) для расчётов, сводные таблицы данных

Дипломный проект (ДП) является самостоятельной работой выпускника. По уровню выполнения дипломного проекта и результатам его защиты перед Государственной квалификационной комиссией (ГКК) делается заключение о возможности присвоения выпускнику соответствующей квалификации. Основными целями дипломного проектирования являются:

- систематизация, закрепление, углубление и применение знаний, полученных в процессе обучения для решения технических или исследовательских задач в соответствии с темой дипломного проекта;
- развитие навыков самостоятельного проведения проектно-конструкторской или исследовательской работы;
- приобретение навыков обобщения и анализа результатов;
- выяснение подготовленности выпускника для самостоятельной работы по избранной специальности;
- совершенствование приемов разработки и выполнение технической документации, отражающей принятые конструкторско-технологические решения;
- развитие навыков планирования и обработки результатов научных исследований, имеющих прикладной характер.

Дипломный проект разрабатывается и защищается в соответствии с Программой государственной итоговой аттестации (ГИА).

1 ОБЩИЕ ПРАВИЛА

Тематика дипломных проектов должна быть актуальной, соответствовать основным направлениям профессиональной деятельности специалиста данной квалификации, отражать достижения науки, техники и организации производства.

В соответствии с темой руководитель дипломного проекта выдает студентам задание на практику по сбору материала к дипломному проекту. Одновременно студенту выдается задание на дипломный проект, составленное руководителем и утвержденное заместителем директора по учебной работе, с указанием срока окончания работы.

Руководитель дипломного проекта обязан:

- составить и своевременно выдать задание на дипломное проектирование;
- оказать студенту помощь в разработке календарного плана-графика на период выполнения дипломного проекта;
- рекомендовать необходимую основную литературу, справочные и нормативные материалы, типовые проекты и другие источники по теме дипломного проекта;
- проводить систематические, предусмотренные планом-графиком консультации, контролировать расчетные и экспериментальные результаты;
- контролировать ход выполнения работы и нести ответственность за ее выполнение вплоть до защиты дипломного проекта;
- составить отзыв о дипломном проекте.

Консультанты проверяют соответствующую часть выполненной студентом работы и ставят свою подпись на титульном листе.

дипломныи проект содержит следующие части:

- пояснительная записка;
- графическая часть;
- макет, прибор или устройство (при практическом исполнении).

В настоящее время в колледже по специальности 08.02.09 «Монтаж,наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» дипломные проекты выполняются по следующим **основным направлениям:**

а) Электроснабжение (реконструкция системы электроснабжения) цеха, участка и электрооборудование здания, механизма.

б) Электроснабжение (реконструкция системы электроснабжения) и электроосвещение цеха, участка.

в) Автоматизация технологического процесса (установки);

г) Проектирование системы освещения предприятия, цеха и т. д.

Основным нормативным документом, устанавливающим требования к правилам организации, оформлению и представления к защите дипломного проекта является: «Дипломное проектирование. Правила написания и оформления.»

Каждый обучающийся получает индивидуальное задание на дипломное проектирование. Ниже приведён общий перечень вопросов, подлежащих разработке во время дипломного проектирования по направлению **«Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий ».**

Примерный перечень вопросов подлежащих разработке:

1. Общая часть
   - 1.1 Обоснование темы дипломного проекта
   - 1.2 Состав и краткая техническая характеристика **(зданий, механизмов и т.д.)**
   - 1.3 Требования к электроснабжению и электрооборудованию **(зданий, механизмов и т.д.)**
   - 1.4 Принцип действия электрооборудования.
   - 1.5 Принцип действия систем управления.
2. Расчетная часть
   - 1.6 Выбор направления.
   - 1.7 Выбор технического решения.
   - 1.8 Составление структурной схемы
   - 1.9 Составление электрической принципиальной схемы
   - 1.10 Расчёт и выбор электродвигателей
   - 1.11 Расчет и выбор электрических аппаратов и элементов электрической схемы.
   - 1.12 Расчёт заземления и молниезащиты.
   - 2.8 Расчет и выбор аппаратов защиты
   - 2.9 Расчет и выбор проводов, кабелей.
   - 2.10 Составление электрической схемы соединений и подключения.
   - 2.11 Техническое описание схемы
   - 2.12 Технический анализ.
3. Технологическая часть
   - 3.1 Организация монтажа электрооборудования.
   - 3.2 Организация эксплуатации электрооборудования
   - 3.3 Организация ремонта электрооборудования
   - 3.4 Расчет ремонтной сложности и трудоемкости ремонтных работ оборудования.
4. Экономическая часть
   - 4.1 Расчет затрат на основные и покупные изделия электрооборудования
   - 4.2 Расчет фонда заработной платы
   - 4.3 Расчет стоимости затраченной электроэнергии .
5. Охрана труда и электробезопасность
   - 5.1 Организация работы по охране труда на предприятии
   - 5.2 Мероприятия по технике безопасности
   - 5.3 Организационные и технические мероприятия по охране труда при эксплуатации и ремонте.
   - 5.4. Противопожарная безопасность при эксплуатации электрооборудования.
6. Охрана окружающей среды и энергосбережение
   - 6.1 Мероприятия по охране окружающей среды на предприятии
   - 6.2 Мероприятия по снижению электропотребления и рациональному использованию электроэнергии на предприятии

Заключение

Литература

Графическая часть - четыре листа формата А1

- Лист 1 - Схема электрическая структурная
- Лист 2 - Схема электрическая принципиальная
- Лист 3 - Схема электрическая принципиальная (модернизированная или спец.часть)
- Лист 4 - Схема электрическая соединений и подключения

Далее рассмотрены требования и рекомендации к содержанию пунктов пояснительной записки и листам графической части. Кроме того, даны рекомендации и примеры по расчёту и выбору электрооборудования.

2 ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов специальности «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» в соответствии с рабочей учебной программой.

В соответствии с учебным планом специальности предусматривается получение студентами знаний об особенностях электроснабжения объектов, к которым относятся два вида систем электроснабжения, имеющих важное значение для функционирования коммунального хозяйства городов, обеспечение нормальной жизнедеятельности жителей и объектов сельскохозяйственного назначения, промышленных зданий. Поэтому в учебном пособии приводятся основные методики расчета электрических сетей коммунального, промышленного и сельскохозяйственного назначения. В пособии даны методики расчета электрических нагрузок жилых и общественных зданий, промышленных зданий, расчёта сетей наружного освещения, рекомендации по выбору схем внешнего электроснабжения сетей 10 кВ. Приведены основные справочные данные для расчёта распределительных сетей напряжением 0,38-10 кВ, даётся порядок выбора числа, мощности и местонахождения сетевых трансформаторов 10/0,4 кВ коммунального назначения.

Основные элементы дипломных проектов — пояснительная записка и графическая часть — должны быть оформлены в соответствии с требованиями ЕСКД, «Дипломное проектирование. Правила написания и оформления.», а также стандарта учебного заведения. Ниже приводятся рекомендации по оформлению дипломных проектов. Всем частям дипломного проекта присвоены обозначения по ГОСТ 2.102-68 . Марки электрических чертежей и типы схем ЭМ – планы расположения силового электрооборудования и прокладки электрических сетей. Чертежи заземления. Чертежи электромонтажных конструкций. Габаритные чертежи низковольтных комплектных устройств. ЭО - планы расположения электрического оборудования и прокладки электрических сетей внутреннего освещения. Чертежи конструкций и деталей внутреннего освещения. ЭН-планы освещения территории промышленных предприятий. Чертежи конструкций, предназначенных для установки осветительных приборов и электрооборудования. ЭС-планы расположения электрооборудования подстанций и линий. Э1-структурные схемы, которые изображают основные функциональные части установки и взаимосвязи между ними. Э2-функциональные схемы. Э3-принципиальные схемы. Э4-схемы соединений (монтажные). Э5 -схемы внешних подключений.

Рекомендуется разрабатываемым электротехническим чертежам присваивать марки по ГОСТ 21.101—79, а схемы классифицировать по типам в соответствии с ГОСТ 2.701—84

2.1. Оформление графической части проекта, титульного листа и содержания пояснительной записки.

Основные надписи чертежей регламентируются ГОСТ 2.104—68, ГОСТ 21.103—78, масштабы чертежей — ГОСТ 2.302—68, линии — ГОСТ 2.303-68, форматы - ГОСТ 2.301-68, шрифты - ГОСТ 2.304-81 изображения, виды — ГОСТ 2.305—68, обозначения материалов — ГОСТ 2.306-68. Графическая часть и изображаемые элементы проекта должны соответствовать требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и других нормативно-технических документов. При вычерчивании электрических схем установок и планов расположения электрооборудования промышленных предприятии используют в основном условные графические изображения стандартов ЕСКД, системы проектной документации для строительства (СПДС) и СЭВ:

На всех листах графической части проекта выполняется основная надпись по ГОСТ 2.104—68, форма 1 .

Для удобства чтения схемы краткие технические данные ее элементов и устройств вместе с их позиционными обозначениями заносят в перечень элементов схем, заполняя его сверху вниз. Перечень элементов оформляют в виде таблицы и располагают над основной надписью. Продолжение его помещают слева от основной надписи. Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Некоторые обозначения электрооборудования на планах и в электрических схемах приведены в прил. 2-4.

Титульный лист является первым листом пояснительной записки дипломного проекта. На нем должны быть следующие надписи:

1) наименование министерства;

2) наименование учебного заведения;

3) специальность;

4) тема проекта;

5) пояснительная записка дипломного проекта;

6) фамилии и подписи руководителя проекта, консультантов и учащегося, выполнившего проект, а также дата его подписания.

После титульного листа к пояснительной записке (ПЗ) подшиваются задания на дипломное проектирование, которые не имеют нумерации. Затем прилагается содержание пояснительной записки .Здесь располагается основная надпись по ГОСТ 2.104-68 (форма 2), ГОСТ 21.103—78 (форма 3) и стандарту учебного заведения, а также указываются основные разделы и части проекта, страницы разделов и тем (прил. 6).На последующих листах пояснительной записки основные надписи оформляются по ГОСТ 2.104—68 (форма 2а), здесь допускается указывать только шифр и номер листа..

Оформление пояснительной записки необходимо выполнить в соответствии с настоящими методическими рекомендациями по написанию и оформлению выпускной квалификационной работы.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

3.1. Выбор рода тока и напряжения.

При проектировании электрооборудования необходимо выбрать род тока (переменный или постоянный) и напряжение сети. Для силовых электрических сетей промышленных предприятий в основном применяется трехфазный переменный ток. Постоянный ток рекомендуется использовать в тех случаях, когда он необходим по условиям технологического процесса (зарядка аккумуляторных батарей, питание гальванических ванн и магнитных столов), а также для плавного регулирования частоты вращения электродвигателей. Если необходимость применения постоянного тока не вызвана технико-экономическими расчетами, то для питания силового электрооборудования используется трехфазный переменный ток.

При выборе напряжения следует учитывать мощность, количество и расположение электроприемников, возможность их совместного питания, а также технологические особенности производства.

На выбор напряжения (от центрального распределительного пункта (ЦРП) до трансформаторных подстанций (ТП)) существенное влияние оказывает предполагаемое наличие на объекте электродвигателей напряжением выше 1 кВ (6, 10 кВ), электрических печей и других электроприемников.

Для питания цеховых ТП чаще применяется напряжение 10 кВ.

При выборе напряжения для питания непосредственно электроприемников необходимо обратить внимание на следующие положения.

1. Номинальными напряжениями, применяемыми на промышленных предприятиях для распределения электроэнергии (по ГОСТ 721—77), являются 10; 6; 0,66; 0,38; 0,22 кВ.

2. Применять на низшей ступени распределения электроэнергии напряжение выше 1кВ рекомендуется только в случае, если установлено специальное электрооборудование, работающее при напряжении выше 1 кВ.

3. Если двигатели необходимой мощности изготавливаются на несколько напряжений, то вопрос выбора напряжения должен быть решен путем технико-экономического сравнения вариантов.

4. В случае, если применение напряжения выше 1 кВ не вызвано технической необходимостью, следует рассмотреть варианты использования напряжения 380 и 660 В. Применение более низких напряжений для питания силовых потребителей экономически не оправдано.

5. При выборе одного из двух рекомендуемых напряжений необходимо исходить из условия возможности совместного литания силовых и осветительных электроприемников от общих трансформаторов.

6. На предприятиях с преобладанием электроприемников малой мощности более выгодно использовать напряжение 380/220 В (если не доказана целесообразность применения иного на-

пряжения).

7. Напряжение сетей постоянного тока определяется напряжением питаемых электроприемников, мощностью преобразовательных установок, удаленностью их от центра электрических нагрузок, а также условиями окружающей среды.

3.2. Выбор силового электрооборудования

При выборе силового электрооборудования (электродвигателей, электропечей, сварочных аппаратов, гальванических ванн, трансформаторов, выпрямителей и пр.) следует предусматривать применение его новых модификаций, освоенных или планируемых к выпуску электропромышленностью, сравнив несколько вариантов их применения и выбрав экономически целесообразный по минимуму приведенных затрат. Применяемое электрооборудование должно обеспечивать возможность выполнения электромонтажных работ на проектируемом объекте индустриальными методами, проведения подготовительных работе мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ), а также механизацию работ на объекте.

Для выбора конструкции, вида исполнения и способа установки проектируемого оборудования исходными данными должны служить номинальное напряжение питающей сети и условия окружающей среды.

Мощность электрооборудования должна выбираться такой, чтобы исключить недопустимый его нагрев в нормальных условиях эксплуатации.

При разработке дипломных проектов учащимся часто приходится выбирать электродвигатель для технологического и сантехнического оборудования, поступающего на проектируемый объект не укомплектованным. Однако по указанию руководителя дипломного проекта выбор электродвигателей может осуществляться и для оборудования, поставляемого комплектно с электродвигателями.

Выбранный электродвигатель должен отвечать следующим требованиям:

а) механические характеристики двигателя должны соответствовать характеристикам рабочего механизма;

б) мощность электродвигателя должна максимально использоваться в процессе работы;

в) исполнение электродвигателя должно отвечать условиям окружающей среды;

г) характеристики электродвигателя должны соответствовать параметрам питающей сети.

Кроме того, необходимо знать следующие исходные данные механизма, для которого предназначен электродвигатель: наименование и тип; максимальную мощность на приводном валу механизма, если режим работы продолжительный и нагрузка постоянна, а в остальных случаях — графики изменения тока, мощности или моментов сопротивления в функции времени; частоту вращения приводного вала механизма; способ сочленения механизма с валом электродвигателя (при наличии передачи указывается род передачи и передаточное число); значение момента сопротивления при пуске; пределы регулирования частоты вращения приводимого механизма; характер и качество необходимой регулировки частоты вращения (плавное или ступенчатое регулирование частоты); частоту пусков или включений привода в течение 1 ч; характеристику окружающей среды. При наличии всех данных производится выбор типа электропривода, причем прежде всего рассматривается возможность применения асинхронного привода. Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором просты в эксплуатации, дешевы, выпускаются электропромышленностью в широком ассортименте. Их следует применять в тех случаях, когда использование синхронного электродвигателя экономически нецелесообразно. Габариты, масса электродвигателя и эксплуатационные требования к нему также принимаются во внимание. После технико-экономического сравнения нескольких типов электродвигателей выбирается наиболее экономичный вариант.

При наличии всех данных определяется требуемая мощность электродвигателя (гл. 4) и наконец производится выбор его по каталогу с учетом указанных выше требований. Результаты расчетов и паспортные данные выбранного электродвигателя оформляются в виде таблицы.

3.3. Выбор аппаратов управления

Выбор аппаратов управления (магнитных пускателей, контакторов, автоматических выключателей, рубильников) и защиты (предохранителей, автоматических выключателей, тепловых реле) производится по номинальному току нагрузки, номинальному напряжению и роду тока питающей сети. Чтобы предохранители и выключатели надежно защищали электроприемники и

сети от коротких замыканий и перегрузки, они проверяются по номинальному току плавкой вставки и соответственно току срабатывания расцепителя. Кроме того, они должны быть проверены на селективность. Эксплуатационные требования и условия среды в месте установки аппаратов также должны учитываться при их выборе.

Для управления электродвигателями длительного и повторно-кратковременного режимов работы рекомендуется применять магнитные пускатели и контакторы, обеспечивающие защиту их от перегрузки и нулевую защиту. Они предназначены для частых коммутаций рабочих токов и редких отключений при токах перегрузки. Длительная эксплуатация аппаратов обеспечивается в условиях не только включения, но и отключения пусковых токов. Управление электродвигателями мощностью до 10 кВт осуществляют с помощью автоматических выключателей и рубильников при условии, что электродвигатели вместе с рабочим механизмом расположены в отдельных помещениях или ограждены и доступ к ним возможен лишь обслуживающему персоналу. Для группы электродвигателей, служащих приводом одной машины или же ряда машин, осуществляющих единый технологический процесс, следует, как правило, применять общую аппаратуру управления, в остальных случаях каждый электродвигатель должен иметь отдельные аппараты управления и защиты .При управлении из нескольких мест необходимо предусматривать аппараты (выключатели, переключатели), не дающие возможность дистанционного пуска механизма или линии, остановленных на ремонт. В случаях, когда оператор проектируемого механизма не сможет определить по состоянию аппарата управления, включена или отключена главная цепь электродвигателя, рекомендуется применять световую сигнализацию. Аппараты управления следует располагать ближе к электродвигателям в местах, удобных для обслуживания. Если с места, где установлен аппарат управления электродвигателем, не виден приводимый им механизм и если этот механизм имеет постоянный обслуживающий персонал, необходимо предусмотреть следующие мероприятия для предотвращения несчастных случаев: а) установку кнопки пуска электродвигателя непосредственно у механизма; б) сигнализацию или звуковое оповещение о предстоящем пуске механизма; в) установку вблизи электродвигателя и приводимого механизма аппаратов для аварийного отключения электродвигателя, исключающих возможность пуска (кроме крышных вентиляторов).Управление переносными электроприемниками возможно с помощью Штепсельных соединений мощностью не более 1 кВт. Для защиты от коротких замыканий электрических сетей и электроустановок рекомендуется в первую очередь применять плавкие предохранители и только в случае необходимости (автоматизация управления, частые аварийные отключения, быстрое восстановление питания) - автоматические выключатели. Предпочтение при выборе нужно отдавать предохранителям с наполнителем: НПН, ПН-2, ПП-17, ПП-18. Они наполнены мелкозернистым кварцевым песком и выпускаются на номинальные токи от 60 до 1000 А. Предохранители с разборным патроном без наполнителя типа ПР-2 применяются на номинальные токи 15—60 А. Применение установочных автоматических выключателей рекомендуется в цеховых распределительных устройствах на щитах подстанций для защиты отходящих линий, если иные выключатели применять нельзя. Защиту электродвигателей от коротких замыканий рекомендуется осуществлять с помощью предохранителей или автоматических выключателей, а от перегрузок — с помощью тепловых реле. При этом необходимо предусмотреть следующие виды защиты:

а) от коротких замыканий и от замыканий на корпус;

б) от перегрузок (за исключением электродвигателей с повторно-крат- ковременным режимом работы);

в) от минимального напряжения (для некоторых электродвигателей постоянного и переменного тока самозапуск недопустим);

г) от чрезмерного повышения частоты вращения (в случае необходимости для электродвигателей постоянного тока).

Аппараты защиты рекомендуется устанавливать во всех местах сети, где площадь сечения проводника уменьшается (по направлению к местам потребления электроэнергии), а также там, где это необходимо для соблюдения селективности защиты, причем непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии. В случае необходимости допускается принимать длину участка между питающей линией и защитным аппаратом ответвления до 6 м, а для ответвлений, выполняемых в труднодоступных местах— до 30м.

3.4. Выбор схемы электрической сети для питания электрооборудования цеха

Распределение электроэнергии на низшей ступени во многом зависит от схемы питания электроприемников. При выборе схемы электрической сети для питания электрооборудования цеха рассматривают ее коммутационную гибкость, надежность питания, экономичность, а также возможность применения индустриальных методов монтажа электрической сети. Электрическая сеть может выполняться по радиальной, магистральной и смешанной схемам.

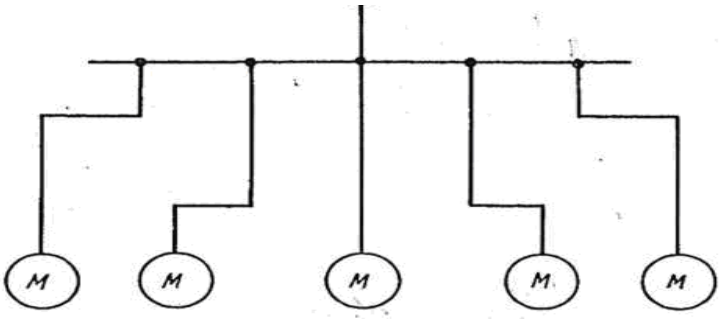


Рисунок 3.2 – Радиальная схема питания сосредоточенных нагрузок

При радиальной схеме достаточно мощные электроприемники, как правило, получают питание непосредственно от подстанции, а группа менее мощных и близко друг к другу расположенных электроприемников — посредством распределительных пунктов, устанавливаемых как можно ближе к геометрическому центру нагрузки. Распределительные пункты линии присоединяются к главным распределительным щитам через рубильники и предохранители или автоматы (рис. 3.1,3.2). При использовании радиальной схемы увеличивается t количество аппаратов управления и защиты, а также протяженность сети, что требует больших капитальных затрат, однако данная схема надежна и проста в эксплуатации. Магистральные схемы рекомендуется применять в следующих случаях:

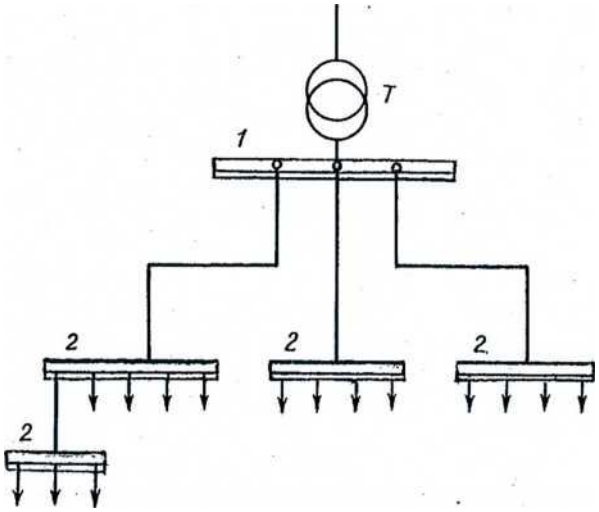


Рисунок 3.1 - Радиальная схема питания распределенных нагрузок:

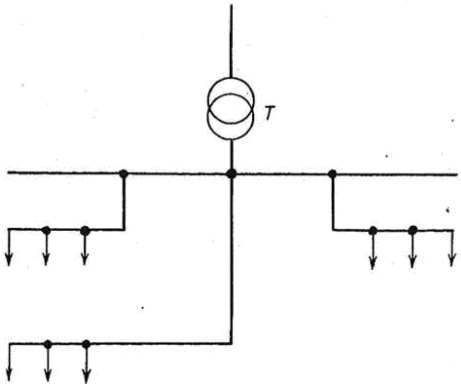


Рисунок 3.3 - Магистральная схема питания

а) когда нагрузка имеет сосредоточенный характер, Но отдельные узлы нагрузки расположены в одном направлении по отношению к подстанции и на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга;

б) когда нагрузка сравнительно равномерно распределена (рис. 3.3). В практике проектирования чисто радиальные и магистральные схемы применяются редко. Чаще пользуются смешанными схемами.

Для цехов, имеющих правильную планировку оборудования (механические, механосборочные) и распределенную нагрузку, рекомендуется применять непосредственное подключение электроприемников к распределительным шинопроводам, которые питаются от распределительного пункта подстанции (рис. 3.4, 3.5). Распределительные шинопроводы выполняются в закрытых коробках и подключаются к магистральным через рубильники и предохранители. Все ответвления от магистральных и распределительных шинопроводов должны иметь защиту плавкими предохранителями или автоматами.

Категория потребителей существенно влияет на выбор схемы питания. Для электроприемников первой категории обязательно нужно предусматривать питание от двух независимых источников, к числу которых могут быть отнесены силовые трансформаторы, если они подключены к различным, не связанным между собой секциям распределительного устройства высшего напряжения. При этом резервное питание должно иметь автоматическое включение (АВР). Резервное питание электроприемников второй категории может не иметь АВР, а включаться дежурным персоналом. Принципы построения схем электроприемников второй категории такие же, как и для электроприемников первой, категории. Отличие состоит лишь в том, что у них второго источника питания может и не быть. На выбор схемы распределения электроэнергии оказывает также влияние характер производства. Электроприемники механизмов, связанных между собой определенной технологической зависимостью, должны быть объединены рабочим и резервным питанием.

3.5. Выбор электропроводок

Для проектируемых помещений необходимо выбрать и обосновать вид электропроводки, конструктивные формы и способ прокладки которой зависят от характеристики помещений и условий окружающей среды.

По способу выполнения стационарные электропроводки делятся на открытые (прокладываются непосредственно по строительным элементам зданий и сооружений, на лотках и в коробах , на тросах, изоляторах, роликах и клицах) и скрытые (прокладываются внутри конструктивных элементов зданий и сооружений, в трубах, каналах, под штукатуркой).

Одной из разновидностей скрытых электропроводок является модульная силовая распределительная сеть. Эта электропроводка представляет собой проложенные в полу цеха магистрали (рис. 3.6) (провода с алюминиевыми жилами в винипластовых или стальных тонкостенных трубах) распределительные модульные коробки, предназначенные для протяжки и ответвления проводов к электроприемникам или для установки на них распределительных колонок. Коробки располагаются по всей длине магистрали с определенным шагом, называемым "модулем". Магистрали прокладывают по всей площади цеха. Расстояние между коробками зависит от габаритов оборудования и принимается равным 2—3 м. Магистрали для модульных сетей выполняются четырехпроводными в трубах диаметром 40 мм. Основным элементом модульных распределительных сетей являются металлические модульные коробки КМ-2 или КМ-4, которые устанавливаются на черновом полу цеха заподлицо с чистым полом. Коробка КМ-2 имеет 2 патрубка с трубной резьбой 1 $^1/2$"и предназначена для протяжки магистральных проводов и установки на ней распределительной колонки (рис. 3.7). Коробка КМ-4 имеет 2 патрубка с трубной резьбой! 1 $^1/2$" и 2 патрубка с резьбой 1", выведенных на уровень плоскости крышки. Эта коробка предназначена для протяжки магистральных проводов и выполнения ответвлений от них проводом меньшего сечения к электроприемникам, расположенным ближе 3 м от модульной коробки.

Модульные коробки рассчитаны на прокладку алюминиевых магистральных проводов площадью сечения до 35 мм и нулевого провода площадью сечения до 25 мм^2, который соединяется с нулевой клеммой, имеющейся в коробке. Общая нагрузка на магистраль не должна превышать 95 А, а при значительных нагрузках однофазных приемников нагрузка на магистраль снижается до 85 А.

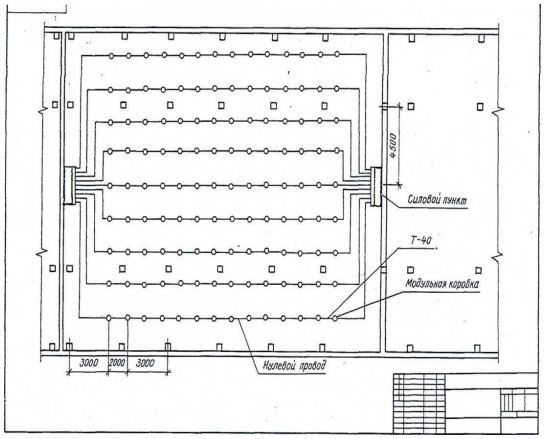


Рисунок 3.4 - Пример оформления плана расположения модульных магистралей

Ответвления от магистральных проводов к электроприемникам и распределительным колонкам выполняются без разрезания проводов с помощью сжимов.

Монтаж модульной распределительной сети ведется в два этапа: устанавливаются модульные коробки и прокладываются винипластовые или стальные тонкостенные трубы на черновом полу цеха. При этом плоскости крышек модульных коробок должны быть заподлицо с чистым полом; затягиваются магистральные провода в трубы и коробки, устанавливаются аспределительные колонки и прокладываются отходящие линии от колонок к электроприемникам.

Модульные силовые распределительные; сети целесообразно применять в производственных помещениях (цехах с нормальной окружающей средой равномерно размещенными электроприемниками. Их располагают по всей площади помещения, где происходит частая смена технологического оборудования, т.е. перепланировка. Модульные сети по сравнению с распределительными шинопроводами отвечают технологическим требованиям к повышенной чистоте помещений цеха, улучшают его эстетику, не затрудняют работу кранов и подъемных механизмов, а также не затемняют рабочие места.

Пример оформления плана помещения с силовыми сетями приведен на рис. 3.5. Электрооборудование и проводки на плане изображаются в соответствии с ГОСТ 21.614—88 (см. прил. 2). В настоящее время для электропроводок широко применяются пластмассовые трубы: винипластовые, полиэтиленовые и полипропиленовые. Их использование позволяет экономить стальные (водогазопроводные и тонкостенные электросварные} трубы, а также снизить трудоемкость трубных электропроводок.

Пластмассовые трубы нельзя прокладывать во взрыво- и пожароопасных зонах, а также открыто в лечебных и детских учреждениях. Кроме того, винипластовые трубы запрещается применять в животноводческих помещениях, а полиэтиленовые и полипропиленовые — в жилых общественно-административных и повышенной этажности зданиях

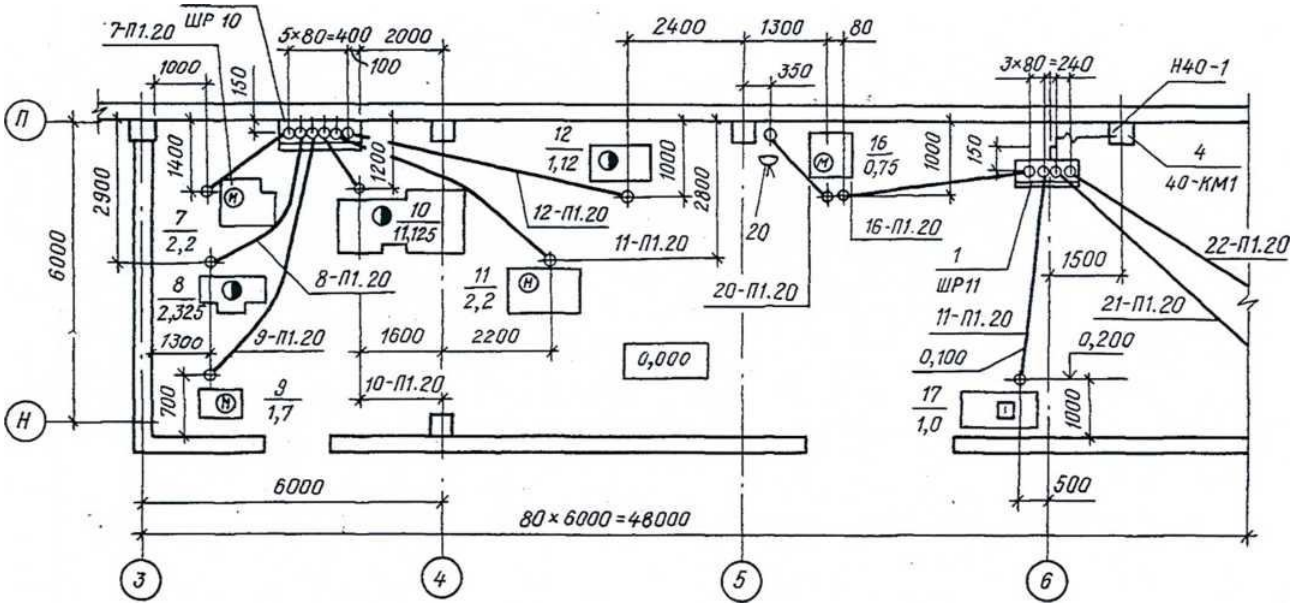


Рисунок 3.5 - Пример плана расположения силового электрооборудования и прокладки электрических сетей

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И РЕАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Расчёт мощности электродвигателей

Вопросам автоматизации электропривода промышленного технологического оборудования или процессов могут быть посвящены как дипломные проекты в целом, так и спецзадания. Примерные темы проектов по автоматизации электропривода приведены в гл. 2 (направление Г). При разработке темы по автоматизации электропривода или выполнении спецзадания учащемуся необходимо рассчитать мощность электродвигателя установки или механизма, выбрать защитную или пускорегулирующую аппаратуру, элементы автоматики, составить и описать принципиальную, а в отдельных случаях и монтажную электрические схемы, а также составить циклограмму (диаграмму включений) различных элементов электрической схемы. Рассмотрим методику расчёта мощности электродвигателей типового технологического оборудования. Мощность электродвигателей Р должна соответствовать мощности приводимого механизма. Методика расчёта мощности электродвигателей типового технологического оборудования:

Для насосов

Полезная мощность насоса:

$$P = (\rho \cdot g \cdot H \cdot Q)/1000 \qquad (4.1)$$

,где р - плотность жидкости, кг/м^3; g - ускорение свободного падения (9,8 м/с^2);

Н - напор, м;

Q - подача насоса - объем (масса) рабочей среды в единицу времени, м^3/с.

Мощность на валу электродвигателя насоса определяется с учетом к.п.д.:

$$P= P/\eta, \text{ кВт}, \quad (10)$$

где η - к.п.д. насоса (обычно составляет 0,4+0,9).

Для конвейеров, транспортёров

Мощность электродвигателя:

$$P=(K\times F\times V)/1000\eta$$

где F - результирующее тяговое усилие конвейера, Н; v_K- скорость движения конвейера, м/с; $к_3$ - коэффициент запаса (1,2+1,5);

η - к. п. д. механизма (0,7+0,85).

Для лифтов, механизмов подъёма крана

Мощность электродвигателя:

$$P=_(Gk + Gп — Gпр) \times V/1000\eta, \text{квт}$$

где G_K - сила тяжести кабины, Н;

G_n - сила тяжести поднимаемого груза, Н;

G пр- сила тяжести противовеса, Н; v - скорость движения кабины, м/с;

η - КПД механизма (0,75+0,8).

Для механизмов передвижения тележки крана:

$$P=kG\times 7,5/1000, \text{квт}$$

где G_v - сила тяжести механизма с грузом, Н;

$к_т$ - коэффициент, равный 4+6 для подшипников качения и 6+8 - для подшипников скольжения.

После расчёта из каталога выбирают электродвигатель мощностью, исходя из условия

скольжения.

После расчёта из каталога выбирают электродвигатель мощностью, исходя из условия

$P_a \leq$ Рном.

4.2 Выбор автоматических выключателей и тепловых реле магнитных пускателей

Номинальный ток электромагнитного или комбинированного расцепителя автоматического выключателя $I_э$ выбирается по длительному расчетному току Ia ≥ Iдл

Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя Iср. проверяется по максимальному значению кратковременного тока: Iср. ≥ 1,25Imax.Номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя или нагревательного элемента теплового реле магнитного пускателя выбирается по длительному расчетному току:

Iр ≥ I дл.,

где I р-номинальный ток теплового расцепителя автомата, А

4.3 Разработка принципиальной схемы

Принципиальная схема отражает взаимные связи между отдельными электрическими устройствами, аппаратами, приборами и средствами автоматизации с учётом принципа действия и последовательности работы отдельных её элементов. Принципиальную схему изображают в положении отключенного питания. При разработке принципиальной схемы рекомендуется придерживаться определенной последовательности:

1) ознакомиться с назначением, устройством и технологией работы механизма, его особенностями;
2) составить технические условия (задание на проектирование) на электропривод и схему управления;
3) вычертить принципиальную электрическую схему;
4) изучить схему в целом и выделить типовые схемные решения и узлы;
5) определить функциональное назначение всего электрооборудования схемы;
6) указать марки аппаратов схемы;
7) соединить схему с источниками питания;
8) установить по схеме наличие замкнутых цепей протекания тока или передачи потенциала при подаче питания;
9) рассмотреть, какие аппараты включаются при подаче питания;
10) установить цепи, в которых переключаются контакты аппаратов;
11) выбрать режим работы схемы и механизма и найти в схеме аппарат, включением которого начинается работа механизма;
12) установить взаимодействие аппаратов и электроприводов исполнительных механизмов, начиная с первого этапа его работы;
13) выделить в схеме, какие дополнительные переключения производятся после первого этапа работы механизма по технологическим факторам;
14) рассмотреть по схеме аппараты, дающие команду на переход ко второму этапу работы;
15) установить по схеме момент окончания цикла работы и ее возврата в исходное состояние;
16) вычертить циклограмму (диаграмму включений) аппаратов схемы;
17) указать марки проводов принципиальной электрической схемы;
18) составить перечень элементов электрической схемы.

Технические условия на электропривод и схему управления должны отражать:

- назначение привода, режимы его работы, нагрузку и мощность; частоту вращения, плавность и диапазон ее регулирования;
- условия пуска, конструктивное исполнение и защиту от окружающей среды, а также способы крепления электродвигателя;
- назначение тяговых и тормозных электромагнитов, электромагнитных плит и муфт, их тяговое усилие и момент вращения, а также конструктивное исполнение;
- режимы работы схемы управления и работы механизма в целом;
- последовательность операций технологического процесса;
- параметры управления, контроля и защиты электрической схемы;
- необходимость блокировок и ограничения перемещения частей механизма;
- необходимость сигнализации и измерений различных технологических параметров.

Описание схемы начинается с рассмотрения состояния аппаратов, когда они отключены, т.е. при отсутствии питания и командных воздействий. При описании схемы отмечается последовательность действия электрооборудования для рабочих и наладочных режимов, т.е. какие аппараты изменяют свое состояние при переходе к первому этапу работы, затем ко второму под воздействием управляющих команд и при взаимодействии между собой, прослеживается прохождение команд по различным цепям и аппаратам схемы. Обращается внимание на блокировки и защиту электрооборудования от ненормальных режимов работы, а также вопросы электробезопасности.

К описываемой схеме необходимо составить перечень элементов электрооборудования, с их обозначением на схеме и техническими данными, а также диаграммы работы переключателей управления и циклограммы срабатывания конечных выключателей, командоаппаратов и т.д. Циклограммы отражают динамику работы схемы и позволяют графически проанализировать ее. Примеры выполнения принципиальной и монтажной электрических схем представлены на рисунках 4.1,4.2.

4.4 Проектирование электропривода

Расчет электроприводов начинается с краткой технической характеристики и описания его основных узлов, изучения кинематических схем и технологических особенностей исполнительного механизма. Затем составляются технические требования на проектирование электрооборудования и производится выбор и технико-экономическое обоснование системы электропривода, а также расчет мощности электродвигателя в статическом режиме работы . После этого приступают к расчету характеристик электропривода, на которые существенное влияние оказывают переходные процессы в момент пуска и торможения. Поэтому весьма важно при разработке электропривода учитывать эти режимы. Исключение составляют приводы механизмов, редко пускаемые и длительно работающие (насосы, вентиляторы, компрессоры и т.д.), для которых переходные процессы допускается не учитывать. Переходные режимы рассматривают с целью определения времени их протекания и определения зависимостей n=f(t),M=f(t),I=f(t) во время разгона, торможения и реверсирования электродвигателя, а также при его переходе с одной угловой скорости на другую и резком изменении нагрузки. Пусковой и тормозной моменты электропривода должны поддерживаться в определенных пределах, обеспечивающих соответствующее время пусков и остановок двигателя. Расчет механических характеристик проектируемого электропривода сводится к обеспечению режима его работы, заданного условием. Проект, кроме того, должен содержать решения по выбору рода тока и значения напряжения для питания электропривода, аппаратов управления и защиты, расчеты питающих проводов и кабеля. Одним из основных элементов электропривода является магнитный пускатель. В настоящее время широкое применение получили пускатели ПМЛ. Эти пускатели применяются для дистанционного пуска и остановки трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а также для защиты электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и токов, возникающих при обрыве одной из фаз (в исполнении с трехполюсными тепловыми реле серии РТЛ). Они выпускаются для работы на переменном токе при номинальном напряжении втягивающих катушек 27; 40; 42; 60; 115; 220; 230; 380; 400; 660; 690 В, а также на постоянном токе при напряжении 27; 48; 60; 110; 220 В.Номинальный ток контактов вспомогательной цепи — 10 А.У нереверсивных пускателей имеется одна кнопка "Пуск", у реверсивных — две. Кнопка "Стоп" осуществляет отключение пускателя в исполнении с тепловым реле и выполняет возврат реле в рабочее положение после его срабатывания.

Выбор реле времени.

Все реле времени имеют катушку (или управляющий элемент) и набор контактов с выдержкой времени на размыкание (контакты размыкаются через определенный промежуток времени после подачи питания на управляющий элемент), на замыкание (контакты замыкаются с выдержкой времени) и контакты без выдержки времени (мгновенного действия).

Выбор реле производится по:

- числу контактов;
- времени выдержки срабатывания контактов;
- напряжению катушки;
- степени защиты IP.Если необходимо небольшое число контактов с выдержкой времени и относительно небольшие выдержки то наилучшим решением является использование промежуточного реле РПЛ в качестве управляющего элемента с приставкой ПВЛ, имеющей от 2-х до 4-х контактов с выдержкой времени. Если данное техническое решение по какой либо причине не устраивает, то предпочтение при выборе необходимо отдавать электронным реле времени (например серии ВЛ), как наиболее точным и малогабаритным.

Выбор электромагнитов.

При выборе управляющих и тормозных электромагнитов необходимо прежде всего учитывать усилие Н, которое способен создать электромагнит. Это усилие должно быть известно по технологическим данным станка. Кроме этого необходимо учесть следующие факторы:

1) Назначение электромагнита

Каждый выпускаемый промышленностью электромагнитный механизм предназначен для определенной работы. Назначение электромагнита по паспорту должно совпадать с его функцией в схеме .

2) Род напряжения

Постоянный или переменный. Большинство электромагнитов питаются постоянным током.

3) Рабочее напряжение электромагнита

Должно соответствовать напряжению цепей, в которых установлен электромагнит.

4) Степень защиты, IP.Так как электромагнитный механизм, в большинстве случаев, устанавливается непосредственно на агрегате и работает в тяжелых условиях (попадание эмульсии, смазки) то степень защиты должна быть не менее IP44.

5) Класс износостойкости (количество срабатываний)

Этот параметр необходимо учитывать при большом числе включений и выключений электромагнита в процессе работы для определения его срока службы.

Аналогичным образом выбираются все остальные электромагниты и электромагнитные муфты. Если количество этих аппаратов более 2-х, то их параметры и характеристики сводятся в таблицу.

Выбор сигнальных ламп и ламп местного освещения.

Выбор элементов сигнализации и местного освещения выполняется по условиям:

- величины рабочего напряжения (должно соответствовать напряжению цепей в которых установлена лампа);
- выполняемых функций (размер, цвет лампы, излучаемый световой поток);
- экономичности (минимальное потребление электрической энергии).

Выбор аппаратов ручного управления

К аппаратам управления относятся кнопки управления, выключатели, переключатели, конечные и путевые выключатели.

Выбор этих аппаратов производится:

1) по номинальному напряжению сети

$$U_{ном} \geq U_{ном.с} ,$$

где $U_{н0}$м - номинальное напряжение аппарата, В;

$U_{ном.с}$ - номинальное напряжение сети, В;

2) по длительному расчетному току цепи

$$I_{ном} \geq I_{длит.} , I_{откл} \geq I_{длит}$$

где $I_{НО}$м - номинальный ток аппарата, А;

Iоткл - наибольший отключаемый аппаратом ток, А;

I длит - длительный расчетный ток цепи, А.

Длительный расчетный ток цепи: $I_{длит} = S/U_{ном.с}$ А, (20)где S - наибольшую суммарную мощность, потребляемую аппаратами при одновременной работе, ВА.$S = \sum S_{pi}$,ВА, (21)где S_{Pj} – мощность потребляемая каждым отдельным аппаратом во включенном состоянии (берется из каталога и паспортных данных аппарата).

Необходимо учитывать, что суммируются мощности только тех аппаратов, которые работают одновременно. В данном случае необходимо продержи- ваться следующей последовательности:

- сначала необходимо учитывать мощность потребляемую только теми аппаратами которые находятся в цепи, которую включает и отключает аппарат управления. В этом случае 1длит будет для каждой цепи свой. По этому току выбираются отдельные аппараты управления (кнопки, переключатели, конечные выключатели и т. д.)
- изучив последовательность работы схемы , необходимо суммировать мощность всех аппаратов цепей управления (катушек магнитных пускателей, реле, лампочек, электромагнитов) в наиболее тяжелом режиме работы, т. е. тогда когда включено наибольшее количество мощных аппаратов. После этого определяется расчётный ток Iдлит,который будет общим для всей цепи управления. По этому току производится расчет и выбор трансформатора и аппаратов защиты цепей управления.

Мощность, потребляемую катушками магнитных пускателей и промежуточных реле, можно принять с учетом определенных допущений согласно таблице 1.Мощность, потребляемая лампами сигнализации и местного освещения известна из паспортных данных ламп. Ток, потребляемый электромагнитами также известен из паспортных данных на выбранные электромагнит При выборе кнопок и постов управления учитывают следующие условия:

1) ток и напряжение контактов;
2) число и род контактов;
3) конструктивное исполнение;
4) цвет толкателя.

При выборе переключателей учитывают кроме всего еще и количество положений и коммутаций. Рубильники, пакетные выключатели и тумблеры выбираются по расчетному току силовой цепи (суммарному току электроприемников, которые находятся после рубильника или пакетного выключателя).

$$I_{ном} \geq I_{длит},$$

где $I_{ном}$ - При выборе номинальной мощности трансформатора управления следует номинальный (по паспорту) ток коммутационного аппарата;

Iдлит - расчетный суммарный ток электроприемников, которыми управляет коммутационный аппарат.

Кроме этого эти аппараты должны без повреждений включать пусковые токи электроприемников, которые, как известно, могут превосходить их номинальные токи в несколько раз.

$$I_н > I_{пуск}$$

где Iпуск - пусковой ток, А.

5 ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Выбор источников света. Источники света и светильники выбираются с учетом нормативных рекомендаций , причем преимущественное применение должны иметь газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Выбор типа люминесцентных ламп необходимо вести с учетом требований к цветопередаче в соответствии с рекомендациями СНиП. После выбора источника света определяется тип светильника. При этом учитываются следующие требования: а)светотехнические; б) экономические, в том числе энергетические; в) условий окружающей среды; г) безопасности труда и удобства обслуживания. Кроме того, в некоторых случаях к светильникам предъявляются и эстетические требования. Наиболее полное выполнение этих требований обеспечивает максимально возможную экономичность осветительной установки и создание нормированной освещенности при высоком качестве освещения. Исходя из производственных условий и в соответствии с нормами, приведенными в СНиП, должны быть выбраны: вид освещения (рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное), а также система освещения — общая (равномерная и локализованная) либо комбинированная (к общему освещению добавляется местное).Устройство в помещениях только местного освещения запрещено. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения. Следует обратить внимание на то, что для аварийного и эвакуационного освещения рекомендуется применять только лампы накаливания и люминесцентные лампы. При проектировании искусственного электрического освещения освещенность на рабочих поверхностях принимается согласно нормам освещенности, а также отраслевым нормам искусственного освещения. Если в дипломном проекте принята комбинированная система освещения, то освещенность, создаваемая светильниками общего освещения, должна применяться согласно СНиП .При разработке освещения в дипломном проекте должны учитываться и качественные показатели осветительных установок: ограничение слепящего действия светильников, пульсация освещенности, ограничение отражённой блескости, обеспечение цветопередачи и др.При размещении светильников в проектируемом помещении необходимо предусмотреть удобный доступ к ним, надежность их закрепления и безопасность обслуживания, обеспечить принятую норму освещенности с минимальными затратами, учесть исходные данные к заданию на дипломное проектирование по качеству освещения, а также выбрать вариант наименьшей протяженности групповой сети с учетом удобства и индустриализации ее монтажа. Размещение светильников рекомендуется выполнять, учитывая количество рабочих мест и технологического оборудования, стараясь сохранить направление естественного света. Светильники с ДРЛ и пампами накаливания для равномерности освещения целесообразно разместить по углам квадрата или прямоугольника. Светильники с люминесцентными лампами рекомендуется располагать рядами вдоль

стен с окнами или параллельно продольным осям помещения. Нужно учитывать также условия монтажа и эксплуатации светильников. Для крепления светильников используются конструктивные элементы здания, например фермы перекрытий. При установке светильников нужно обеспечить доступ к ним, а в случае необходимости предусмотреть мостики обслуживания. Расчетная высота подвеса светильников определяется по формуле

$$h = H - hc - hp,$$

где H— полная высота помещения, м; hc — свес светильника от потолка, м; hp— высота освещаемой поверхности от пола, м.Расстояние между светильниками с лампами накаливания и ДРЛ, а также между рядами люминесцентных светильников определяется из выражения

$$L = (L/h)_н \cdot h$$

где L-расстояние между светильниками с лампами, а также между рядами светильников, м;(L/h) н-наивыгоднейшее расстояние между светильниками принимается в соответствии с рекомендациями(20) в зависимости от типа и расположения светильника.

Размещают светильники рядами на расстоянии от стен (0,25—0,3)L при расположении рабочих мест у стен и (0,4—0,5)L — на проходах. Расчет освещения производится для определения мощности источников света и установленной мощности всей осветительной установки. Его можно выполнить точечным методом или методом коэффициента использования светового потока. В дипломном проекте рекомендуется освещенность одного из основных помещений рассчитать методом коэффициента использования светового потока, а с целью проверки расчетов и сравнения результатов освещенности этого же помещения нужно рассчитать точечным методом. Для остальных помещений допускается использовать упрощенные методы — таблицы удельной мощности и графики для непосредственного определения числа светильников .Метод коэффициента использования светового потока Расчетная формула для определения необходимого светового потока ламп в каждом светильнике имеет вид

$$Ф = EKoSz / n\,\eta,$$

где E — нормируемая освещенность для данного помещения, лк;

Ko — коэффициент запаса, зависящий от рода объекта (принимается равным 1,3-2);

S — площадь помещения, $м^2$;

z — поправочный коэффициент, учитывающий увеличение средней освещенности по отношению к нормируемой (изменяется а пределах от 1 до 2,2);

n— количество светильников (ламп), шт.;

η— коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Расчет ведется в такой последовательности:1)определяется расчетная высота h, тип и количество светильников n, по таблицам принимаются Ko,z и E. вычисляется освещаемая площадь S и находится индекс помещения по формуле

$$I=AB/h(A+B),$$

где A — длина помещения, м;

B~ ширина помещения, м; по найденному I, предположительно оценив по коэффициенты отражения потолка, стен и расчетной поверхности или пола, определяется коэффициент использования η;по формуле (9,3) определяется потребный поток Ф.; по Ф выбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой не должен отличаться больше чем на -10..+20%.Если невозможен выбор с таким приближением, корректируется n. При однозначно заданном Ф формула (9.3)решается относительно n. Точечный метод. . При использовании этого метода освещенность определяется в контрольной точке помещения. Выбор расположения этой точки зависит от размещения светильников в помещении (рис. 9.1).

Для точечных светильников расчет ведется следующим образом.

Вычерчивают в масштабе план помещения со светильниками, предварительно

выбрав их тип и количество, и определяют расчетную высоту подвеса светильников h над освещаемой поверхностью.

На план помещения наносится контрольная точка Л и определяется расстояние L от проекций светильников до этой точки.

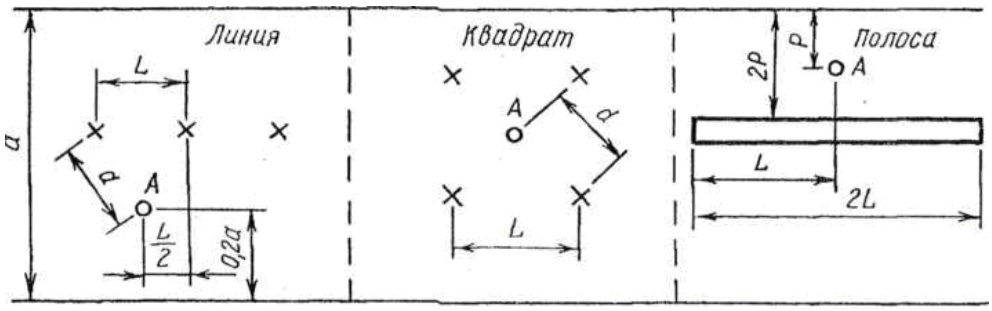


Рисунок 5.1 – Расположение контрольной точки в зависимости от расположения светильников

По графикам пространственных изолюкс для полученных значений d и h находится суммарная условная освещенность контрольной точки ∑E от ближайших светильников.

Рассчитывается потребный поток ламп светильника

$$Ф=1000EKo/\mu\sum E=1000EKoh^2/\mu\sum\varepsilon$$

Где μ— коэффициент, учитывающий действие удаленных светильников и равный 1.1,1.2;

ε- относительная освещенность, лк.

Для светящихся полос расчет ведется в следующей последовательности. На план помещения со светильниками наносится контрольная точка A и определяются расстояния P и L в метрах(см.рис.9.1).Определяются приведенные размеры:

$P^*=P/h$ и $L^*=L/h$.

По графикам линейных изолюкс суммарная относительная освещенность контрольной точки ∑ε.

Линейная плотность потока полосы вычисляется по формуле

$$Ф^*=1000EKoh^2/\mu\sum\varepsilon \text{ или } Ф^*=Фсв\cdot n/2L,$$

где Фсв-световой поток светильника, n-количество светильников в полосе .

Выбор напряжения и источников питания для осветительных установок.

Для питания осветительных установок общего освещения преимущественно применяются электрические сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью напряжением 380/220 В. На отдельные лампы должно подаваться напряжение не выше 220 В. Напряжение 380 В допускается использовать согласно ПУЭ для питания специальных ламп. Снижение напряжения по отношению к номинальному не должно превышать для наиболее удаленных ламп: 2,5 % — для ламп рабочего освещения промышленных и общественных зданий, а также прожекторного освещения наружных установок; 5 % — для ламп рабочего освещения жилых зданий, наружного и аварийного освещения; 10 % — для ламп напряжением 12—42 В, считая от выводов низшего напряжения понижающих трансформаторов. Для обеспечения надежной работы газоразрядных ламп напряжение на них не должно быть ниже 90 % и выше 105 % номинального. При напряжении силовых приемников 380 В питание освещения должно осуществляться от общих для силовой и осветительной нагрузки трансформаторов. Самостоятельные трансформаторы применяют в следующих случаях: а) если напряжение силовых приемников выше 380 В; б) если силовая нагрузка вызывает недопустимые колебания напряжения в сети; в) если напряжение 380 В не может быть допущено по условиям электробезопасности (специальные электроустановки).

При большой плотности осветительной нагрузки также может быть экономически оправдано применение самостоятельных трансформаторов для питания освещения.

Схема питания осветительных установок строится в зависимости от требуемой надежности электроснабжения. Осветительные установки, как и прочие электроприемники, по надежности электроснабжения делятся на 3 категории. Питание установок 1-й и 2-й категорий обеспечивается от двухнезависимых источников. Кроме того, если из нагрузок 1-й категории выделяются осветительные установки так называемой "особой" группы , схема питания должна обеспечивать переключение части светильников на третий независимый источник при полном (а в некоторых случаях и частичном) погасании установок. На практике третьим независимым источником питания обеспечиваются эвакуационное освещение бесфонарных производственных зданий по основным проходам в помещениях, где может одновременно находиться более 100 человек, а также аварийное и эвакуационное освещение помещений, производственное оборудование которых получает питание от третьего независимого источника.

В осветительных установках, как правило, сохранение полного освещения при выходе из строя одного из источников питания не требуется. Поэтому необходимая степень резервирования питания осветительной установки в основном осуществляется путем устройства аварийного и эвакуационного освещения, которое присоединяется к источнику питания, не зависящему от источника питания. Характерные схемы питания осветительных установок приведены в справочной литературе .При разработке проекта электроосвещения групповые щитки нужно располагать рационально с целью экономичного построения сети, а также обеспечить доступность их обслуживания. В начале каждой групповой линии сети освещения на всех незаземленных проводах должны быть установлены аппараты защиты, а во взрывоопасных зонах класса В-1 также и на нулевых проводах двухпроводных групп. Номинальный ток плавких вставок предохранителей или уставок автоматов, применяемых для защиты линий групповой сети, определяется по методике. Каждая групповая линия должна, как правило, содержать не более 20 ламп накаливания, ламп ДРЛ, дуговых ртутных импульсных с йодным заполнением (ДРИ) или натриевых ламп на фазу, в том числе и штепсельных розеток. Для групповых линий, питающих световые карнизы, панели, а также светильники с люминесцентными лампами, допускается присоединять до 50 ламп на фазу. При проектировании следует всемерно укрупнять групповые линии, широко применять трехфазные группы, так как это позволяет обеспечить высокую экономичность осветительной установки. Для газоразрядных источников света следует предусматривать меры по ограничению пульсации светового потока в соответствии с рекомендациями .Защита осветительных сетей от коротких замыканий осуществляется плавкими предохранителями и автоматическими выключателями. Некоторые сети должны иметь, кроме того, защиту от перегрузки (проложенные в пожаро- и взрывоопасных зонах, а также проложенные внутри помещений открыто проводами с горючей изоляцией).Управление освещением осуществляется

выключателями у входа или автоматическими выключателями, расположенными на групповых щитках. Размещать аппараты управления в помещениях необходимо так, чтобы доступ к ним был свободным. Осветительные сети в соответствии с ПУЭ могут выполняться проводами и кабелями открытым и скрытым способами в зависимости от условий производственной среды. При проектировании сетей освещения необходимо учитывать индустриальность их выполнения, надежность и экономичность. Рекомендуется повсеместно в осветительных электропроводках применять алюминиевые провода и кабели. Не следует их использовать для подключения переносных светильников и осветительной арматуры во взрывоопасных зонах классов В-1 и В-1а и в помещениях с химически активной средой, где обязательно применяются медные проводники. Для прокладки по вибрирующим основаниям и при открытой прокладке на чердаках также используются медные провода. Наименьшие площади сечения алюминиевых проводов для электропроводок освещения — 2 мм^2, медных — 1 мм^2. В помещениях с особым режимом по чистоте, жилых и административно-конторских следует при; менять скрытую проводку. Прокладку проводов в трубах следует всемерно ограничивать, допуская ее лишь в тех случаях, когда беструбные проводки не могут быть применены. При этом во всех возможных случаях должны использоваться пластмассовые трубы.

Расчет электрической осветительной сети. Расчётная мощность питающей осветительной сети определяется по формуле Р=КсоРу , где Ру-установленная мощность ламп, кВт; Ксо-коэффициент спроса осветительной нагрузки.

Согласно рекомендациям, необходимо принимать следующие значения Ксо: 1 — для небольших производственных зданий, наружного освещения и для линий, питающих отдельные групповые щитки и аварийное освещение; 0,95 — для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов; 0,9 — для библиотек, административных зданий и предприятий общественного питания; 0,85 — для производственных зданий, состоящих из многих отдельных помещений; 0,8— для административно-бытовых, инженерно-лабораторных корпусов; 0,6 — для складских зданий и электроподстанций. При расчете сетей с использованием газоразрядных ламп, кроме их мощности, следует учитывать также потери в пускорегулирующих аппаратах, которые составляют 20—25 % мощности ламп при стартерном зажигании, 30-35 %— при бесстартерном зажигании и 5-10% мощности ламп при зажигании ламп ДРЛ через балластный дроссель. Кроме того, принимают во внимание понижение cosφ осветительной установки при использовании различных ПРА, что ведет к увеличению расчетных токов.

Расчет площади сечения жил проводов осветительных сетей производится по потере напряжения и по нагреву, из полученных результатов выбирается больший и округляется до ближайшей стандартной площади сечения. При расчете сетей по потере напряжения исходят из уровней напряжения для наиболее удаленной лампы. Расчет проводов по нагреву изложен в гл. 8. Выбор проводов по потере напряжения производится по формуле:

$$S= M/ c\,\Delta U,$$

где М-момент нагрузки, квт·м;

ΔU-потеря напряжения, %; с-постоянная, зависящая от материала провода, напряжения и рода тока сети.

Момент нагрузки определяется из выражения

$M=P\cdot L$,

где L-длина линии от пункта питания до центра нагрузок, м.

Графическое оформление плана осветительной установки.

На плане проектируемого объекта с электроосвещением должны быть показаны: а)колонны, наружные стены и отдельные помещения, расположенные в цехе ,основное оборудование;

б)светильники, щитки, выключатели, розетки, проводки.

На этом же плане с помощью надписей указываются:

1)наименование помещений;

2)класс пожаро-взрывоопасной зоны;

3)нормируемая освещенность;

4)тип светильника и их количество;

5)количество и мощность ламп;

6)высота установки светильников;

7)номера магистральных пунктов и групповых щитков и их тип, марка ,площадь сечения проводника, способ прокладки линий;

8)номер линии, марка, площадь сечения проводника и способ прокладки на групповых линиях.

Если имеется необходимость точно фиксировать место установки светильников или щитков, даются привязочные размеры в соответствии с ГОСТ 21.608-84»Внутреннее электрическое освещение».

Пример оформления плана помещения с сетями освещения приведен на рис.5.2. Заданием на дипломное проектирование может быть предусмотрена разработка освещения территории проектируемого объекта. Наружное освещение может выполняться как светильниками,так и прожекторами

Расчёт освещении светильниками рекомендуется вести точечным методом .Расчёт прожекторного освещенияведётся одним из следующих способов:

а)построением и компоновкой изолюкс;

б)методом пучка прожекторов; в)использованием альбомов изолюкс.

Графическая часть проекта наружного освещения включает план освещения территории и принципиальную схему питания освещения территории.На плане освещения территории необходимо указать:

а)опоры со светильниками и опоры для ВЛ;

б)отдельно установленные светильники;

в)прожекторы на мачтах;

г)электротехнические устройства для запитки наружного освещения;

д)электрические сети освещения территории;

е)устройства заземления;

ж)трубные переходы для кабелей в местах возможных повреждений.

Кроме того, необходимо нанести на план поясняющие чертёж надписи и привязочные размеры для светильников и опор.

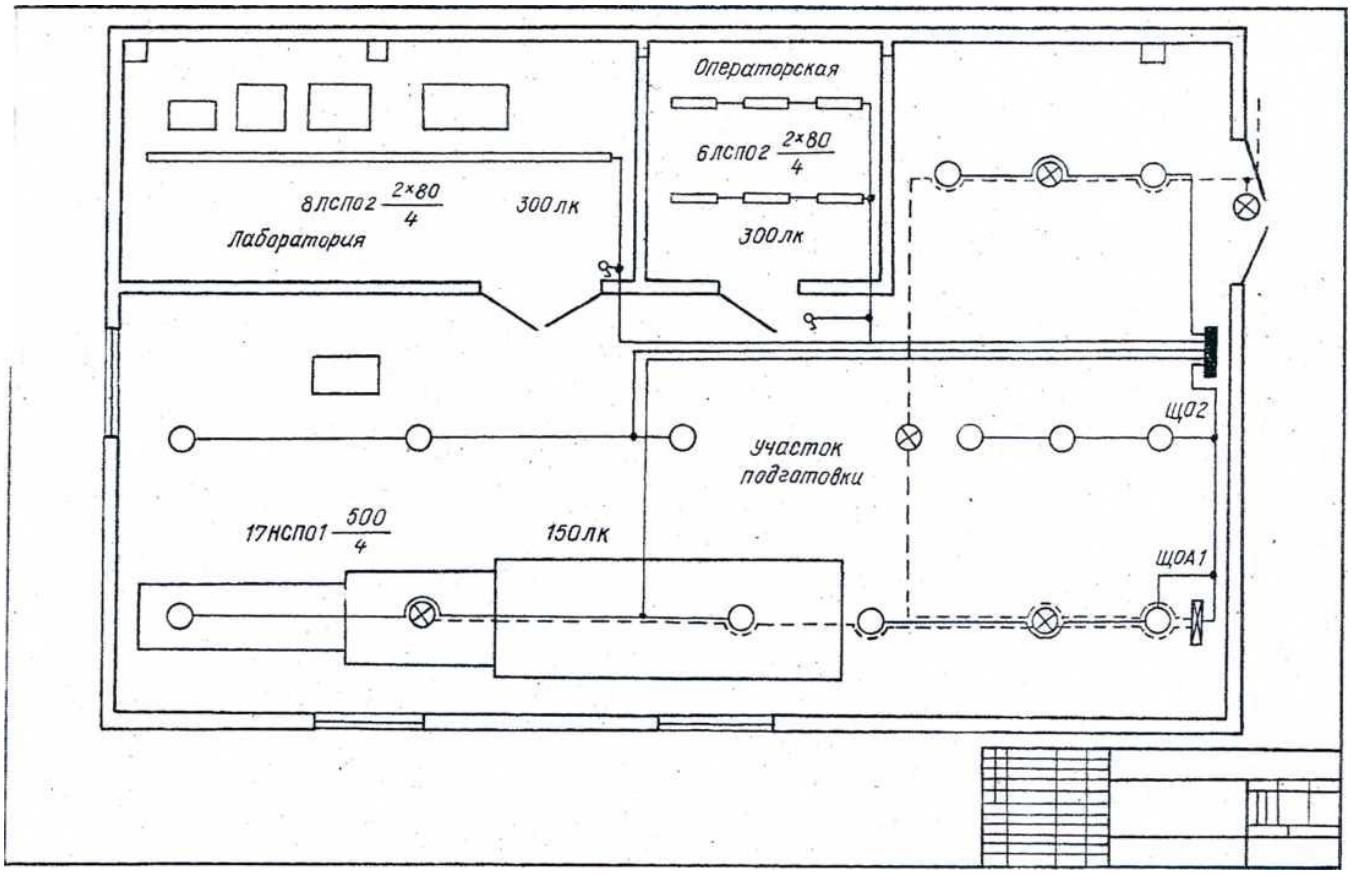


Рисунок 5.2 - Пример плана помещения с сетями освещения

6 ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В дипломный проект может быть включено задание по разработке проекта производства электромонтажных работ (ППЭР) цеха или предприятия в целом.

Производство электромонтажных работ на вновь сооружаемых промышленных предприятиях, реконструируемых и расширяемых действующих, разрешается начинать только после организационно-технической подготовки к их осуществлению. Организационно-техническая подготовка к электромонтажу должна обеспечить планомерное выполнение монтажных работ индустриальными поточными методами, ввод в эксплуатацию объектов в установленные сроки, высокое качество работ, прогрессивные методы электромонтажа. Проекты производства электромонтажных работ должны основываться на передовом опыте, учитывать совмещение общестроительных, монтажных и специальных работ. Их целью является повышение уровня производительности труда и механизации, сокращение и снижение себестоимости работ.

Проекты предусматривают проведение следующих мероприятий:

а) первоочередное выполнение подготовительных работ;

б) концентрацию кадров и основных материально-технических ресурсов;

в) достижение непрерывности и поточности в производстве строительно-монтажных работ;

г) применение в электромонтаже сборных конструкций и оборудования, монтажных заготовок, изготовляемых на монтажно-заготовительном участке, и др.;

д) комплексную механизацию работ с применением для этого комплектов машин и максимальное использование их производительности, а также применение средств малой механизации;

е) уменьшение объема временных сооружений и приспособлений за счет первоочередного сооружения и временного использования для нужд монтажа постоянных сооружений и приспособлений и применения типовых инвентарных и передвижных сборно-разборных установок, приспособлений и инвентаря;

ж) применение наиболее прогрессивных форм управления электромонтажом (укрупнение, специализация, хозрасчет, арендный подряд и др.);

з) соблюдение правил производственной санитарии, безопасности труда и противопожарной техники.

Проект производства. электромонтажных работ должен содержать: пояснительную записку, содержащую краткую характеристику монтажного объекта с приведением основных физических показателей, сметной стоимости объекта, указаний по технологии и механизации работ, безопасности труда и сдаче объекта в эксплуатацию. В пояснительную записку включаются также всевозможные, изменения основного проекта, способствующие повышению качества, сокращению сроков работ, экономии материалов, внедрению крупноблочного монтажа, типовых конструкций, обязательной и передовой технологии, выполнению работ в две стадии, а также ведомости закладных деталей, комплектовочные ведомости на электрооборудование и электроматериалы, спецификации на кабельные изделия, провода, трубы, ведомости необходимых механизмов и приспособлений, расчет потребности в рабочей силе ; план цеха с нанесенными силовыми сетями и электрооборудованием с указанием монтажных зон и проходов (схема организации работ); графики поступления на объект монтажных изделий, оборудования и основных материалов, движения рабочей силы по профессиям, работы основных строительно-монтажных машин и механизмов технологические карты на сложные и выполняемые новыми методами работы. На остальные виды работ составляются схемы производства работ или используются типовые технологические карты; перечень подготовительных работ с указанием их объемов; чертежи монтажных узлов и блоков, эскизы на нетиповые детали, конструкции, при необходимости указываются способы такелажа, транспортировки и монтажа блоков; календарный или сетевой график выполнения электромонтажных работ по объекту Состав, объем и содержание ППЭР уточняются руководителем дипломного проектирования.

Технология электромонтажных работ.

Организация труда при монтаже силового и осветительного оборудования должна основываться на передовых индустриальных методах, например поточном и крупноблочном монта-

же. В основу индустриальных методов производства электромонтажных работ положен принцип наименьшей связи их со строительной площадкой.

Монтажные работы выполняются в два этапа и сводятся к сборке отдельных узлов, изготовленных на заводах и в мастерских. На первом этапе одновременно с общестроительными выполняются подготовительные электромонтажные работы: установка закладных частей в строительные конструкции, подготовка трасс проводок, монтаж глубинных заземлителей, установка крепежных конструкций и другие, несвоевременное производство которых может привести к повреждению строительной части здания. Параллельно с подготовительными работами в зоне монтажа в мастерских МЭЗ выполняется подготовка к монтажу комплектных заводских изделий и изготовляются укрупненные монтажные узлы и блоки. На втором этапе выполняются собственно монтажные работы: установка комплектных изделий, монтаж узлов и блоков, прокладка кабельных сетей и т.д. Отделочные работы (побелка, покраска, устройство полов и т.д.) должны проводиться после электромонтажных работ первого этапа, так как их выполнение в неподготовленных зданиях и сооружениях влечет за собой значительные материальные и трудовые потери. Собственно электромонтажные работы в производственных помещениях должны вестись одновременно с монтажом технологического оборудования после окончания общестроительных работ. Заготовку и изготовление укрупненных узлов и блоков открытых токопроводов, троллеев, труб, ошиновок, а также проводок осветительной сети следует осуществлять в мастерских МЭЗ. Крепление проводок необходимо выполнять, применяя передовую технологию: по металлическим основаниям — сваркой; по бетонным и кирпичным основаниям — пристреливанием, приваркой к закладным деталям или вмазкой в просверленные отверстия. Ниже приведен пример технологии электромонтажных работ по распределительным устройствам и трансформаторным подстанциям. Технология электромонтажных работ по монтажу кабельной линии должна предусматривать сосредоточение всех работ по прокладке кабеля на специализированном участке, применение стендовой заготовки кабеля, заключающейся в том, что на технологической линии в мастерской МЭЗ по предварительным данным осуществляется отмеривание, отрезание, перемотка кабеля на инвентарный барабан, монтаж концевых муфт и заделок, а также испытание заготовленного кабеля повышенным напряжением. При разработке технологии сооружения воздушных линий (ВЛ) электропередачи необходимо предусмотреть выполнение работ по сооружению ВЛ специализированными бригадами механизированным способом. На строительстве ВЛ нужно применять комплексную механизацию трудоемких работ (сборка и установка опор, раскатка и натяжение проводов и тросов, погрузочно-разгрузочные работы и т.п.). Монтаж ВЛ должен производиться поточным методом. Элементы опор ВЛ следует доставлять на трассу комплектно и с возможно максимальным укрупнением отдельных узлов. Рассмотрим подробнее организацию работ индустриальным методом. Под индустриальным методом ведения электромонтажных работ понимается такой метод, при котором монтаж электрооборудования сводится к сборке и установке доставленных к месту работ готовых заводских изделий (комплектных щитов, комплектных трансформаторных подстанций, узлов и блоков шинопроводов, магнитных станций и т.п.).Крупноблочный индустриальный метод резко сокращает продолжительность монтажа и объем электромонтажных работ, стоимость электротехнических установок и сроки разработки проектной документации на объект. При индустриальном методе ведения электромонтажных работ значительная часть их выполняется вне зоны монтажа (на заводах, в мастерских МЭЗ) и только подготовительные работы осуществляют одновременно со строительными и Специализированными. Применение комплектных крупноблочных устройств, изготовленных заводами электротехнической промышленности, является основным путем индустриализации электромонтажных работ. При разработке проекта должна быть предусмотрена возможность ведения электромонтажных работ индустриальными методами ,с максимальным использованием заводского электрооборудования, укомплектованного в крупные узлы и блоки, типовых монтажных изделий и современного механизированного инструмента. К типовым электромонтажным изделиям относятся; перфорированные полосы, ленты, сталь швеллерная (для изготовления каркасов щитков, сборки пусковых устройств, а также для подвески собранных в блоки люминесцентных светильников), профильные рейки (для монтажа проводов и кабелей на клицах). Перфорированные стальные изделия идут на изготовление индустриальным путем опорных конструкций, что уменьшает трудовые затраты в МЭЗ и на объ-

екте. Лотки для прокладки кабелей и проводок, представляющие собой легкие металлические конструкции со стандартными размерами, обладают по сравнению с дефицитными и дорогостоящими трубами большими преимуществами: хорошими условиями охлаждения проводов и кабелей, свободным доступом к ним, простотой замены, удобством прокладки по сложным трассам. В связи с выпуском контрольных кабелей с алюминиевыми жилами эффективным оказалось применение шайб-звездочек для присоединения жил к аппаратам с помощью моментных отверток. Весьма удобны полиэтиленовые колпачки, применяемые вместо обмотки соединяемых проводов изоляционной лентой, а также резиновые перчатки с трубками для оконцевания кабелей. Использование индустриальных эпоксидных муфт дает большую экономию рабочего времени при соединении кабелей. К типовым электромонтажным изделиям относятся также коструктции для крепления троллеев из полосовой, круглой и угловой стали, держатели для крепления светильников, сальники для ввода проводов, муфты для соединения металлорукавов с трубами, троллеедержатели и др.

Графики производства работ.

Для организации производства электромонтажных работ используются линейные (календарные) и сетевые графики. В линейных (календарных) графиках отражаются сроки начала и окончания работы, последовательность выполнения операций. Однако такие графики не отражают все взаимосвязи между отдельными видами работ. При изменении условий монтажа эти графики необходимо полностью перерабатывать. Кроме того, в линейных графиках не выделяется работа, определяющая срок электромонтажа. В настоящее время широкое распространение получили сетевые графики , которые имеют ряд преимуществ в сравнении с линейными, а именно: на графике выделены работы, от которых зависит продолжительность электромонтажа; отсутствует необходимость детальной проверки руководителем всех работ по графику, его внимание сосредоточивается только на работах, расположенных на критическом и близких к нему путях.

7 ЭКОНОМИЯ И КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

При выборе оборудования и системы электроснабжения проектируемого объекта дипломник должен продумать и обосновать расчетом мероприятия, направленные на экономию отдельных видов энергии, используемых на промышленных предприятиях, Полученный результат затем пересчитывается на экономию электрической энергии. К основным путям рационального использования энергии можно отнести:

а) применение наиболее рационального вида энергоносителя (электроэнергии, пара, горячей воды, каменного угля, газа, мазута, торфа и пр.), подтвержденное технико-экономическим анализом затрат во всех звеньях энергетического хозяйства, сохранением производительности труда и качества продукции;

б) интенсификацию технологических процессов (уменьшение времени на обработку изделия и вспомогательные операции, автоматизация и механизация трудовых процессов, полная загрузка плавильных и термических печей с уменьшением в них тепловых потерь и пр.);

в) выбор рациональной системы электроснабжения (оптимального числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях с их связями между собой на случай отключения в нерабочее время, применение глубоких вводов напряжением до 110 кВ, размещение цеховых подстанций в центре нагрузок и рациональное применение косинусных конденсаторов и синхронных двигателей для разгрузки сетей и трансформаторов от реактивных токов);

г) применение более экономичного энергоносителя вместо сжатого воздуха (электрического, вентиляционного дутья и др.)

д)снижение потерь электроэнергии в трансформаторах и сетях; (рациональная загрузка трансформаторов и сетей, применение шинопроводов вместо кабелей и т.д.);

е) использование вторичных энергоносителей (тепло отработанных газов, горячей воды и др.) ;ж) выбор экономически обоснованного режима работы в течение суток технологического и энергетического оборудования;

з) утилизацию отходов (сжигание в топках котельных сгораемых отходов производства), организацию безотходного производства и др.;

и) использование природных энергоносителей.

Газоразрядные лампы (ГЛ) являются более экономичными по сравнению с лампами накаливания (ЛН), поэтому их и рекомендуется применять в первую очередь во всех промышленных осветительных установках (ОУ). К газоразрядным источникам света относятся люминесцентные лампы, высокого давления (ДРП), металлогалогенные лампы (МГЛ), натриевые лампы высокого давления (НЛВД). Лампы накаливания допускается использовать лишь в отдельных случаях, а именно:

а) в помещениях с тяжелыми условиями и во взрывоопасных зонах;

б) в помещениях с временным пребыванием людей;

в) в помещениях с постоянным пребыванием людей (при технико-экономической целесообразности);

г) в помещениях с повышенной опасностью поражения людей электрическим током (при использовании напряжения не выше 115 В);

д)для местного освещения; е) при невозможности установки светильников с Г по конструктивным соображениям;

ж) при недопустимости радиопомех;

з) для эвакуационного освещения. Выбор наиболее рационального варианта применения источников света производится на основании их энергетической эффективности. Усредненная энергетическая эффективность различных источников. Выбор наиболее рационального варианта применения источников света производится на основании их энергетической эффективности. Оценить возможную экономию электроэнергии от замены одних источников света другими при отклонении расчетной освещенности Е от нормированной в пределах от 0,9 до 1,2 можно с помощью табл. 6.4.Выбор экономически целесообразного варианта ОУ по типу применяемых ламп следует производить по минимуму приведенных затрат путем проведения повариантных расчетов. Если отсутствуют требования к цветоразличению, то по технико-экономическим соображениям нужно применять:

а) люминесцентные лампы типа ЛБ, так как они имеют большую световую отдачу;

б) для тяжелых условий среды — рефлекторные лампы типа ЛБР обеспечивающие экономию электроэнергии до 20 % по сравнению с лампами ЛБ;

в) при работе ламп в зоне повышенной температуры — амальгамные лампы (ЛБА), создающие экономию электроэнергии до 25 % в сравнении с ЛБ. Лампы НЛВД применяют в помещениях на высоте не менее 10 м при отсутствии требований к цветопередаче и производстве работы малой точности.

Значительной экономии электроэнергии можно достичь при правильном подборе типов светильников и их размещении в помещении. Если в помещениях с подвесными потолками установлены кондиционеры или вентиляторы, то рекомендуется применять специальные встраиваемые светильники, совмещенные с системой кондиционирования или вентиляции, которые позволяют снизить расход электроэнергии на 15—20 %. При заданном типе ламп нужно стремиться к выбору светильников с максимальной единичной мощностью. Ниже приводится пример расчета электрических нагрузок в сети трехфазного тока 380 В для группы ЭП, подключенной к шинопроводу (узлу питания).

Расчёт однофазных нагрузок. Мощность однофазных приемников (сварочные трансформаторы, электропечи и т.д.) приводится к условной трехфазной номинальной мощности Рн , если неравномерность их распределения по фазам превышает 15 %; если же неравномерность распределения менее 15 %, расчетную нагрузку однофазных приемников считают равной: Рн.у= 3 Рнф,где Рн.ф.— номинальная мощность максимально нагруженной фазы, кВт.При числе электроприемников $n \leq 3$ и при включении их на фазное напряжение

$$Рн.у=3 \cdot Sп \cdot \sqrt{ПВ} \cdot \cos\varphi=3 \cdot Рн.ф, \qquad (7.1)$$

где S — паспортная мощность, кВ-А.

или те же нагрузки включены на линейное напряжение, то при одном электроприемнике Рн.у=$\sqrt{3}$·Рн., а при двух-трех электроприемниках нужно пользоваться формулой (7.1),

Максимальную нагрузку при числе электроприемников n>3 при одинаковых Ки и cosφ и включенных на линейное или фазное напряжение определяют по формулам:

P=3·Ки·Км·Рн.ф Smax определяется по формуле Smax=Рн.у/cosφ.

8 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРОДОВ

Современные жилые здания насыщены большим количеством различных электроприёмников. К ним относятся осветительные и бытовые приборы и силовое электрооборудование. Идёт постоянный процесс повышения комфортности жилья, а это в свою очередь увеличивает количество бытовых электроприёмников и увеличивает бытовое электропотребление. Повышение этажности домов ужесточает требования к надёжности и бесперебойности питающих их электрических сетей.

В этой связи постоянно ведётся корректировка нормативной литературы по расчёту как внутридомовых, так и наружных электрических сетей. Настоящее пособие включает в себя самые современные нормативы для определения расчётных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов застройки и элементов городской распределительной сети.

8.1 Расчет электрических нагрузок

В качестве расчётной нагрузки принимается получасовой (30-минутный) максимум нагрузки. Получасовой максимум принят для выбора всех элементов системы электроснабжения (проводников, трансформаторов, аппаратуры). В основе расчёта нагрузок коммунально-бытовых потребителей используется нагрузка одного потребителя, в качестве которого выступает семья или квартира при посемейном заселении домов.

Теоретические предпосылки рассматриваемого метода базируются на вероятностном подходе к величине расчётного максимума нагрузки. Разработке нормативных значений нагрузок предшествовали необходимые измерения в различных точках системы питания жилых домов: на вводах в квартиры, на лестничных стояках, вводах в дома, сетях низкого напряжения (питающих дома) и сетевых трансформаторах. Результаты измерений обрабатывались методами математической статистики и теории вероятностей.

Величина расчётной нагрузки в значительной степени зависит от уровня электрификации быта, то есть от электровооружённости или наличия различных бытовых электроприёмников в квартирах жильцов. В коммунальных электрических сетях наблюдается тенденция повышения уровня электрификации быта, увеличения числа различных электроприборов и их единичной мощности с одной стороны. С другой стороны в быту появляются современные энергоэкономичные бытовые электроприёмники с системами технологической, сетевой и защитной автоматики.

Определение расчетных нагрузок жилых зданий

Электроприёмники жилых зданий можно подразделить на две группы:

- электроприёмники квартир;
- электроприёмники общедомового назначения.

К первым относятся осветительные и бытовые электроприборы; ко вторым – светильники лестничных клеток, технических подполий, чердаков, вестибюлей, холлов, служебных и других помещений, лифтовые установки, вентиляционные системы и другие.

Электрическое освещение квартир осуществляется с помощью светильников с лампами накаливания и люминесцентными. К бытовым относятся следующие электроприборы: нагревательные, хозяйственные, культурнобытовые, санитарно-гигиенические, бытовые кондиционеры воздуха, водонагреватели, приборы для отопления помещений.

Для освещения лестниц, вестибюлей, холлов, коридоров применяют лампы накаливания и люминесцентные. Последние имеют большой срок службы и менее чувствительны к колебаниям напряжения.

К силовым электроприёмникам относятся асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и другие электроприёмники лифтовых установок.

Для высотных зданий применяют лифты со специальным электроприводом, куда входит электромагнитный тормоз и аппаратура управления.

Кроме того, к силовым электроприёмникам относят электродвигатели вентиляторов и насосов, различные электромагниты для открывания клапанов и люков систем дымоудаления зданий высотой более девяти этажей, а также аппаратуру связи и сигнализации.

Расчетная электрическая нагрузка квартир $P_{КВ}$, кВт, приведенная к вводу жилого здания, определяется по формуле:

$$P_{КВ} = P_{КВ.УД} \cdot n, \quad (8.1)$$

где $P_{КВ.УД}$ – удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников (зданий), кВт/квартира, (табл. 1.1.), n – число квартир.

При определении электрической нагрузки линии или на шинах 0,4 кВ ТП должны учитываться: суммарное количество квартир (коттеджей), лифтовых установок и другого силового электрооборудования, питающегося от ТП, и потери мощности в питающих линиях 0,38 кВ.

Расчетная нагрузка силовых электроприемников P_C, кВт, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле:

$$P_C = P_{Р.Л} + P_{СТ.У} \quad (8.2)$$

Мощность лифтовых установок $P_{Р.Л}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{Р.Л} = K_C' \sum P_{NI}, \quad (8.3)$$

где K_C' коэффициент спроса, табл.1.2 ; N - количество лифтовых установок; P_{Ni} - установленная мощность электродвигателя лифта, кВт. Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств $P_{СТ.У}$, кВт, определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса K_C по табл.1.3.

$$P_{СТ.У} = K_C \sum P_{СТ.У}. \quad (8.4)$$

Мощность резервных электродвигателей, а также электроприемников противопожарных устройств не учитывается.

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома (квартир и силовых элек-троприемников) $P_{Р.Ж.Д}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{Р.Ж.Д} = P_{КВ} + K_У \cdot P_C, \quad (8.5)$$

где $P_{КВ}$ – расчетная электрическая нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого дома, кВт; $K_У$ – коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников (равен 0,9).

Расчетная реактивная нагрузка жилого дома, квар, определяется по формуле:

$$Q_{Р.Ж.Д} = P_{Р.КВ} \cdot tg\varphi_{КВ} + K_У \cdot P_C \cdot tg\varphi_C, \quad (8.6)$$

где $cos\varphi_{КВ}$ - расчетный коэффициент мощности для квартир с электрическими плитами, принимаемый равным 0,9; $cos\varphi_C$ – расчетный коэффициент мощности лифтовых установок, принимаемый по табл. 1.4..

Полная нагрузка жилого дома, кВ·А, равна:

$$S_{Р.Ж.Д} = \sqrt{P_{Р.Ж.Д}^2 + Q_{Р.Ж.Д}^2}. \quad (8.7)$$

Расчётная нагрузка питающих линий, вводов и на шинах 0,4 кВ ТП от электроприёмников квартир повышенной комфортности $P_{Р\ КВ}$ определяется по формуле, кВт,

$$P_{Р\ КВ} = P_{КВ} \bullet n \bullet K_o, \quad (8.8)$$

где $P_{КВ}$ – нагрузка электроприёмников квартир повышенной комфортности, определяется из табл. 1.5. перемножением заявленной мощности и соответствующего коэффициента спроса;

n – количество квартир;

K_o – коэффициент одновременности для квартир повышенной комфортности, табл. 1.6.

Удельные расчетные электрические нагрузки электроприемников коттеджей принимаются по табл. 1.7, кВт/коттедж

Расчетная электрическая нагрузка квартир и коттеджей с электрическим отоплением и электрическим водонагревом должна определяться по проекту внутреннего электрооборудования квартиры (здания), коттеджа в зависимости от параметров установленных приборов и режима их работы (определяется теплотехнической частью проекта).

Определение расчетных нагрузок общественных зданий

Общественными являются следующие здания: различные учреждения и организации управления, финансирования, кредитования, госстраха, просвещения, дошкольные; библиотеки, архивы, предприятия торговли, общепита, бытового обслуживания населения; гостиницы, лечебные учреждения, музеи, зрелищные предприятия и спортивные сооружения.

Все электроприёмники общественных зданий условно можно разделить на две группы: осветительные и силовые. В основных помещениях общественных зданий используются светильники с люминесцентными лампами в исполнении, соответствующем условиям среды и выполняемой работы. Используются также металлогалогенные, натриевые, ксеноновые лампы для внутреннего и наружного освещения. Во вспомогательных помещениях (склады, кладовые) применяют лампы накаливания .

К силовым электроприёмникам относятся электроприёмники механического оборудования; электротеплового оборудования; холодильных машин, подъёмно-транспортного оборудования, санитарно-технических установок, связи, сигнализации, противопожарных устройств и др.

Общественные здания имеют также приточно-вытяжные вентиляционные установки, широко применяются системы кондиционирования воздуха, насосы систем горячего и холодного водоснабжения. Большинство механизмов оборудовано асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором.

Электрические нагрузки любого общественного здания слагаются из нагрузок электрического освещения и силового электрооборудования. Установленная мощность ламп электрического освещения определяется на основании светотехнических расчетов.

Расчетная силовая электрическая нагрузка на вводах в общественное здание определяется по проектам оборудования зданий.

Для ориентировочных расчетов усредненные удельные нагрузки и коэффициенты мощности допускается принимать по удельным показателям нагрузок.

Графики электрических нагрузок микрорайона

Графики нагрузок дают представление о характере изменения во времени электрических нагрузок. По продолжительности они бывают суточными и годовыми.

Графики нагрузок микрорайона в целом дают возможность определить потребление активной энергии потребителями микрорайона, правильно вы-брать силовые трансформаторы и питающие линии.

По графикам планируется текущий и капитальный ремонты элементов системы электроснабжения, определяют потребность в топливе для станций на какой-либо период, определяют необходимое количество и суммарную мощность рабочих агрегатов станции в различные часы суток.

В таблице 1.9 приведены ориентировочные суточные (зимний и летний) графики электрических нагрузок некоторых характерных городских потребителей. Для потребителей микрорайона летний максимум составляет для жилых домов с электроплитами 80%, а для остальных объектов – 70%.

Для реального проектирования могут быть использованы замеры режимных дней конкретных объектов.

Суточные графики используют для построения годового графика по продолжительности. Можно условно принять продолжительность зимнего периода 100 дней, летнего –265. По оси ординат годового графика по продолжительности в соответствующем масштабе откладывают нагрузки в кВт от $P_{МАКС}$ до $P_{МИН}$, а по оси абсцисс – часы года от 0 до 8760 (24 · 365= 8760).

Площадь годового графика выражает количество потребленной электроэнергии за год в кВт·ч.

По данным графика определяют число часов использования максимальной нагрузки, ч.,

$$Тм=(100\sum Рзi+ 265\sum Рлi)/ Рмакс.з,$$

где $P_{Зi}$ – нагрузка i –го часа в декабре, кВт; $P_{Лi}$ - нагрузка i –го часа в июне, кВт; $P_{МАКС.З}$ – максимальная нагрузка в зимний период, кВт.Время максимальных потерь, ч.

$$\tau_М = (0,124 + T_М \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760. \qquad (8.9)$$

Расчет сетей наружного освещения

Основной задачей наружного освещения улиц и внутрирайонных проездов является обеспечение безопасности движения в темное время суток. Уличное освещение должно обеспечивать нормированную величину освещенности или величину средней яркости дорожного покрытия. Освещенность должна быть по возможности равномерной.

В сетях наружного освещения следует применять напряжение 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали.

Сети наружного освещения рекомендуется выполнять кабельными или воздушными с использованием самонесущих изолированных проводов. В обоснованных случаях для воздушных распределительных сетей освещения улиц, дорог, площадей, территорий микрорайонов и населённых пунктов допускается использовать неизолированные провода.

Электропроводки внутри опор наружного освещения должны выполняться изолированными проводами в защитной оболочке или кабелями.

Линии, питающие светильники, подвешенные на тросах, должны выполняться кабелями, проложенным по тросу, самонесущими изолированными проводами.

Линии электропередачи до 20 кВ на селитебной территории городов, в районах застройки зданиями высотой 4 этажа и выше должны выполняться, как правило, кабельными. В районах застройки зданиями высотой до 3 этажей линии электропередачи следует выполнять воздушными .

Кабельными должны выполняться распределительные сети освещения территорий детских яслей-садов, общеобразовательных школ, школ-интернатов, участков улиц с троллейбусным движением в местах наибольшей вероятности схода штанг, а также линии, питающие осветительные приборы подсвета зелени, цветов, фасадов зданий, скульптур, монументов.

Кабельные распределительные сети в пределах одной линии следует выполнять одним сечением.

Линии сети наружного освещения должны подключаться к пунктам питания с учетом равномерной нагрузки фаз трансформаторов, для чего отдельные линии следует присоединять к разным фазам или с соответствующим чередованием фаз .

В установках наружного освещения рекомендуется применять преимущественно высокоэкономичные газоразрядные источники света высокого давления:

- натриевые лампы высокого давления (НЛВД) – на улицах и дорогах при норме средней освещенности 4 лк и выше; лампы ДРИ (металлогалогенные)– на улицах и площадях всех категорий со значительным пешеходным движением при средней освещённости 10 лк и выше;
- лампы ДРЛ (дуговые ртутные) различной мощности – на улицах и дорогах всех категорий, а также в транспортных и пешеходных тоннелях.

Светильники с газоразрядными источниками света должны иметь индивидуальную компенсацию реактивной мощности. Коэффициент мощности светильника должен быть не ниже 0,85.

Сечения нулевых жил кабелей в осветительных установках с газоразрядными источниками света следует, как правило, принимать равными сечению фазных проводов.

Опоры с венчающими их светильниками рекомендуется размещать по односторонней схеме при ширине пешеходной части до 12 м, а при большей ширине – по двухрядной прямоугольной или шахматной схеме. Отношение шага светильников к высоте их подвеса на улицах и дорогах всех категорий должно быть не более 5 : 1 при одностороннем, осевом или прямоугольном размещении и не более 7 : 1 при шахматной схеме размещения.

По совокупности всех условий (экономическая оптимальность, эстетика, безопасность, ограничение ослеплённости) высота установки светильников выбирается в пределах 6-10 м, за исключением декоративных светильников в парках, у входов в здания и др.

При воздушных сетях расстояние между светильниками ограничивается стрелой провеса проводов и обычно не превышает 40 м.

Освещение улиц, дорог и площадей с регулярным транспортным движением в городских поселениях следует проектировать исходя из нормы средней яркости усовершенствованных покрытий .

Среднюю горизонтальную освещенность на уровне покрытия непроезжих частей улиц, дорог и площадей, бульваров и скверов, пешеходных улиц и территорий микрорайонов в городских поселениях следует принимать по строительным нормам , как приведено ниже.

Освещаемые объекты	Средняя горизонтальная освещенность, лк
Главные пешеходные улицы, непроезжие части площадей категорий А и Б	10
Пешеходные улицы в пределах общественных центров	6
Тротуары, отделенные от проезжей части на улицах категорий:	
А и Б	4
В	2

Среднюю горизонтальную освещенность территорий общественных зданий следует принимать по строительным нормам, как приведено ниже.

	Средняя горизонтальная освещенность, лк
Детские ясли-сады, общеобразовательные школы и школы-интернаты, учебные заведения	10
Групповые и физкультурные площадки	10
Площадки для подвижных игр	10
Проезды и подходы к корпусам и площадкам	4

В ночное время допускается предусматривать снижение уровня наружного освещения городских улиц, дорог и площадей при нормируемой средней освещенности 4 лк и выше путем включения не более половины светильников

Каждый участок осветительной сети характеризуется определенным значением передаваемой по нему мощности и, соответственно, определенным значением тока нагрузки.

При определении нагрузок в сетях с газоразрядными источниками света высокого давления (лампы ДРЛ и ДРИ), следует учитывать потери мощности в пускорегулирующих аппаратах (ПРА), которые при отсутствии точных данных рекомендуется принимать равными 10% мощности ламп.

Выбранные сечения проводников осветительной сети должны обеспечивать: достаточную механическую прочность, прохождение тока нагрузки без перегрева сверх допустимых температур, срабатывание защитных аппаратов при токах К.З. (короткого замыкания). При этом расчетное отклонение напряжения у наиболее удаленных светильников не должно превышать 5% номинального напряжения сети.

Расчетная нагрузка $P_{Р.О.}$, Вт, питающей осветительной сети определяется как

$$P_{Р.О.} = P_{УСТ.} \cdot K_C \cdot K_{ПРА}, \qquad (8.11)$$

где $P_{УСТ.}$ – установленная мощность ламп, Вт; K_C – коэффициент спроса (одновременности), $K_C = 1$ – для наружного освещения; $K_{ПРА}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в пускорегулирующем аппарате, $K_{ПРА} = 1{,}1$.

Расчетный ток осветительной сети $I_{Р.О.}$, А, для трехфазной сети (с нулевым проводом и без него) при равномерной нагрузке фаз определяется по формуле:

$$I_{P.O} = \frac{P_{P.O}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi}, \qquad (8.12)$$

где $U_Н$ – номинальное напряжение сети, $U_Н = 380$ В; cosφ – коэффициент мощности нагрузки. Для ламп ДРЛ cosφ = 0,9.

По табл.1.12 согласно расчетному току выбираем сечение головного участка линии S, мм^2 .

Далее необходимо рассчитать потери напряжения на участках $\Delta U_{уч}$ осветительной сети от источника до самого удаленного потребителя $\Delta U_Л$, %.

В результате должно выполняться условие

$$\Delta U_Л < \Delta U_Р, \qquad (8.13)$$

где $\Delta U_Р$ – располагаемые потери напряжения. Определяются по табл.1.13 согласно данным той трансформаторной подстанции, от которой питается осветительная сеть.

Потери напряжения на участках линии определяются по формуле, %,

$$\Delta U_{уч} = \frac{(P_{Р.О} \cdot L_{уч}) \cdot 10^{-3}}{C \cdot S}, \qquad (8.14)$$

где С – коэффициент, равный 46 для схем трехфазной сети с нулевым проводом и алюминиевыми жилами; S - сечение данного участка осветительной сети, мм^2; $L_{уч}$ – длина участка линии, м.

Потери напряжения всей линии определяются суммированием потерь напряжения на всех участках,

$$\Delta U_Л = \sum \Delta U_{уч}. \qquad (8.15)$$

На линиях наружного освещения, имеющих более 20 светильников на фазу, ответвления к каждому светильнику должны защищаться индивидуальными предохранителями или автоматическими выключателями.

Выбор расположения подстанций напряжением 10/0,4 кВ

Правильное размещение трансформаторных подстанций (ТП) в микрорайоне или поселке городского типа существенно влияет на экономические показатели и надежность системы электроснабжения потребителей.

Для определения оптимального местоположения трансформаторных подстанций на генеральном плане строится картограмма электрических нагрузок. Силовые нагрузки представляют в виде кругов, а осветительные нагрузки – в виде секторов. Площадь кругов и секторов в выбранном масштабе соответствует полной нагрузке потребителей.

Координаты центра электрической нагрузки определяются по формулам

$$X_0 = \frac{\sum P_i \cdot X_i}{\sum P_i}, \qquad (8.16)$$

$$Y_0 = \frac{\sum P_i \cdot Y_i}{\sum P_i}, \qquad (8.17)$$

где P_i – активная мощность İ – го объекта, подключенного к шинам ТП, кВт; X_i, Y_i – координаты центра нагрузок отдельных потребителей, см.

Трансформаторные подстанции располагают как можно ближе к центру нагрузок, что позволяет приблизить высокое напряжение к центру потребления электрической энергии и сократить протяженность распределительных сетей низкого напряжения, уменьшить расход цветного материала и снизить потери электрической энергии.

Однако архитектурно-планировочные решения застройки микрорайона не всегда допускают такое размещение ТП. В этом случае рекомендуется смещать подстанцию в сторону питающего центра.

Определение электрических нагрузок распределительных сетей напряжением до 1 кВ

Характер электропотребления, который определяет величину расчётного максимума нагрузки и время его наступления в течение суток, жилых и общественно-коммунальных зданий является различным. Последнее при определении расчётных нагрузок учитывается с помощью так называемого коэффициента участия в максимуме.

Активная расчетная нагрузка линии на шинах 0,4 кВ ТП при смешанном питании потребителей различного назначения (жилые дома и общественные здания), $P_{Р.Л.}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{Р.Л.} = P_{ЗД.МАКС} + \Sigma K_{Уi} \cdot P_{ЗД.i}, \quad (8.18)$$

где $P_{ЗД.МАКС}$ – наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии, кВт; $P_{ЗД.i}$ - расчетные нагрузки других зданий, питаемых по линии, кВт; $K_{Уi}$ – коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий (помещений) или жилых домов (квартир и силовых электроприемников) по табл. 1.14.

Примечания:

1. При расчете активной нагрузки жилых домов, питающихся по одной кабельной линии, количество их квартир суммируется (табл. 1.1).
2. При расчете активной нагрузки только общественных зданий массового строительства, питающихся по одной кабельной линии, следует пользоваться табл. 1.8.

Расчетная реактивная нагрузка линии при смешанном питании потребителей различного назначения ($Q_Р$), квар, определяется по формуле:

$$Q_{Р.ТП} = Q_{МАКС} + \Sigma K_{Уi} \cdot Q_{Р.i}, \quad (8.19)$$

где $Q_{МАКС.}$ – наибольшая реактивная нагрузка зданий, питаемых от шин ТП, квар; $Q_{Р.i}$ – расчетная реактивная нагрузка всех остальных зданий, квар.

$$Q_{Р.i} = P_{Р.i} \cdot tg\,(\arccos \varphi), \quad (8.20)$$

где cos φ –расчетный коэффициент мощности, табл. 1.4, 1.8.

Полная нагрузка подстанции, кВ·А, определяется по формуле:

$$S_{Р.ТП} = \sqrt{P_{Р.ТП}^2 + Q_{Р.ТП}^2}, \quad (8.21)$$

Коэффициент мощности ТП определяется по формуле:

$$Cos\varphi = \frac{P_{Р.ТП}}{S_{Р.ТП}}. \quad (8.22)$$

Коэффициент загрузки трансформаторов

$$K_З = \frac{S_{Р.ТП}}{\sum S_{Н.ТР}}, \quad (8.23)$$

где $\Sigma S_{Н.ТР}$ - суммарная номинальная мощность трансформаторов, установленных на ТП, кВ·А.

Укрупненная расчетная электрическая нагрузка микрорайона (квартала), $P_{Р.МР}$, кВт, приведенная к шинам 0,4 кВ ТП, определяется по формуле:

$$P_{Р.МР} = (P_{Р.Ж.ЗД.УД} + P_{ОБЩ.ЗД.УД}) \cdot S \cdot 10^{-3}, \quad (8.24)$$

где $P_{ОБЩ.ЗД.УД.}$ – удельная нагрузка общественных зданий микрорайонного значения, принимаемая 6 Вт/м^2; S – общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала), м^2.

В укрупненных нагрузках общественных зданий микрорайонного значения учтены предприятия торговли и общественного питания, детские яслисады, школы, аптеки, раздаточные пункты молочных кухонь, приемные и ремонтные пункты, жилищно-эксплуатационные конторы (управления) и другие учреждения согласно СниП по планировке и застройке городских и сельских поселений, а также объекты транспортного обслуживания (гаражи и открытые площадки для хранения автомашин).Электрические нагрузки общественных зданий районного и городского значения, включая лечебные учреждения и зрелищные предприятия, определяются дополнительно, согласно табл.1.8.

8.2 Определение электрических нагрузок сетей 10(6) кВ и центра питания

Расчетная активная нагрузка городских сетей 10(6) кВ определяется умножением суммы расчетных нагрузок трансформаторов отдельных ТП, присоединенных к данному элементу сети (ЦП, РП, линии и др.), на коэффициент, учитывающий совмещение максимумов их нагрузок ($K_У$), принимаемый в зависимости от количества трансформаторов и характеристики нагрузки.

Активная расчетная нагрузка, кВт, составит:

$$P_{Р.Л.} = \Sigma K_{Уi} \cdot P_{Р.ТП.i}, \quad (8.25)$$

где $P_{Р.ТП}$ - расчетная активная нагрузка шин İ –ой ТП 10/0,4 кВ.

Коэффициент мощности (cosφ) для кабельной линии в период максимума нагрузки принят 0,92 (коэффициент реактивной мощности tgφ = 0,43).

Для реконструируемых электрических сетей в районах сохраняемой жилой застройки при отсутствии существенных изменений в степени ее электрификации (например, не предусматривается централизованный переход на элект-ропищеприготовление) расчетные электрические нагрузки допускается принимать по фактическим данным.

Расчетные нагрузки на шинах 10(6) кВ ЦП определяются с учетом несовпа-дения максимумов нагрузок потребителей городских распределительных сетей и сетей промышленных предприятий (питающихся от ЦП по самостоятельным линиям) путем умножения суммы их расчетных нагрузок на коэффициент совмещения максимумов, принимаемый по табл.1.16.

Для ориентировочных расчетов электрических нагрузок города (района) на расчетный срок концепции развития города рекомендуется применять укрупненные удельные показатели.

Значения удельного расхода электроэнергии коммунально-бытовых потребителей на расчетный срок концепции развития города применяются по табл. 1.18 .

8.2.1. Выбор схем построения электрических сетей напряжением 0,38-20 кВ

Распределительная и питающая сеть 10(6) кВ должна использоваться для совместного питания городских потребителей коммунально-бытового и промышленного характера. При технико-экономических обоснованиях допускается сооружение питающих сетей 10(6) кВ для самостоятельного электроснабжения отдельных крупных потребителей.

Принцип построения городских сетей выбирается применительно к основной массе электроприемников для обеспечения требуемого уровня надежности электроснабжения. Примерная схема системы электроснабжения города приведена на рис.8.1.

Целесообразность сооружения РП (распределительный пункт) 10(6) кВ, (на рис 8.1 – РП1), должна обосновываться технико-экономическим расчетом. Нагрузка РП на расчетный срок должна составлять на шинах 10 кВ не менее 7 МВт, на шинах 6 кВ – не менее 4 МВт.

Распределительные пункты 10(6) кВ, как правило, следует выполнять с одной секционированной системой сборных шин с питанием по взаиморезервируемым линиям, подключенным к разным секциям. На секционном выключателе должно предусматриваться устройство АВР (автоматический ввод резерва).

При петлевой, замкнутой и радиальной схемах распределительных сетей 10(6) кВ должны применяться ТП, как правило, с одним трансформатором (ТП1 – ТП5 и ТП15 – ТП18 на рис.8.1).

Основным принципом построения распределительной сети 10(6) кВ для электроснабжения электроприемников первой категории является двухлучевая схема с двухсторонним питанием при условии подключения взаимно резервирующих линий 10(6) кВ к разным независимым источникам питания. На рис. 8.1 – это питание ТП12 – ТП14 от РП1 и РП2. При этом на шинах 0,38 кВ двух-

трансформаторных ТП и непосредственно у потребителя (при наличии электроприёмников 1 категории) должно быть предусмотрено АВР.

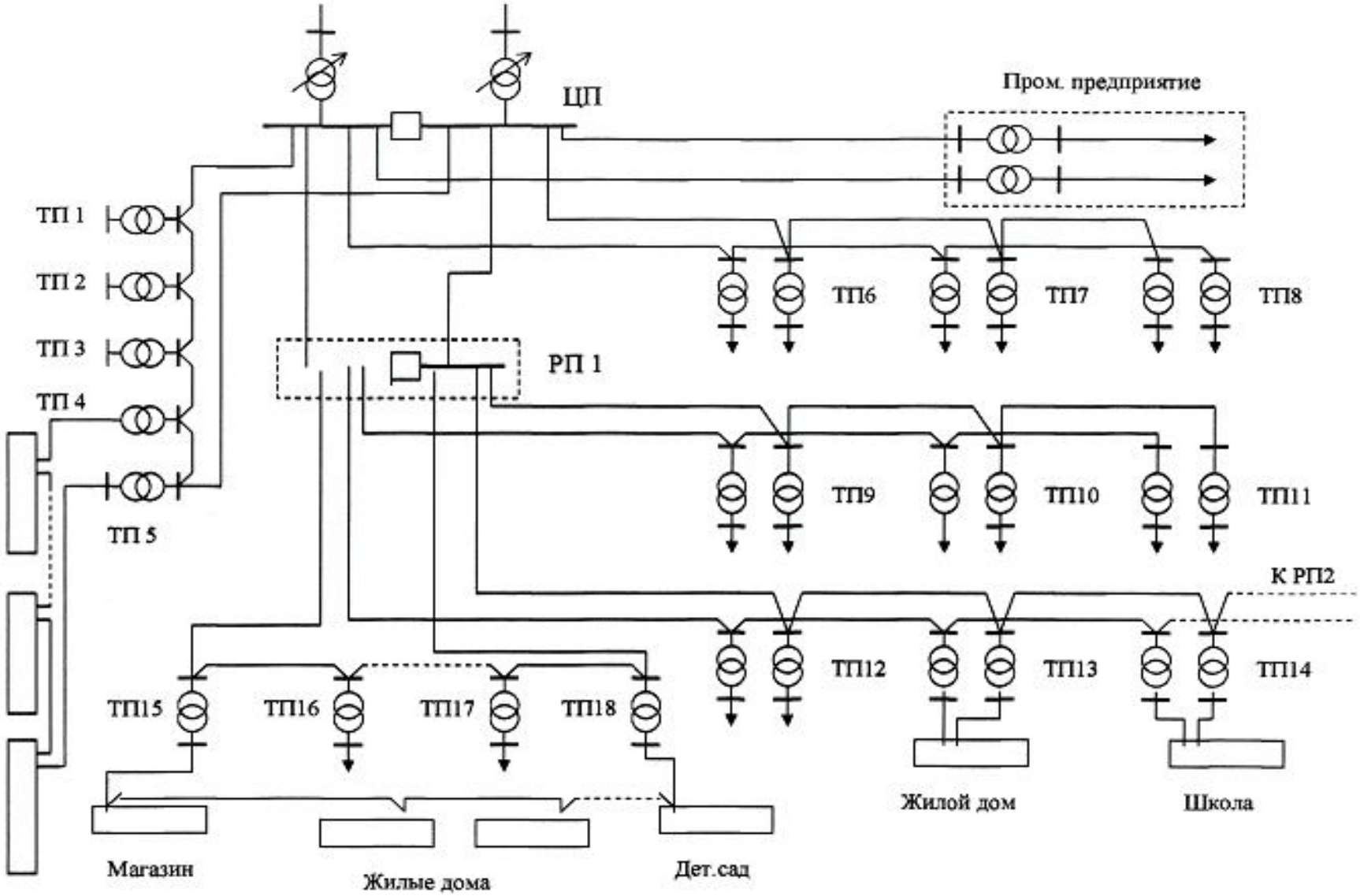


Рисунок 8.1 - Схема электроснабжения города

Основным принципом построения распределительной сети 10(6) кВ для электроснабжения электроприемников первой категории является двухлучевая схема с двухсторонним питанием при условии подключения взаимно резервирующих линий 10(6) кВ к разным независимым источникам питания. На рис. 8.1 – это питание ТП12 – ТП14 от РП1 и РП2. При этом на шинах 0,38 кВ двух-трансформаторных ТП и непосредственно у потребителя (при наличии элекроприёмников 1 категории) должно быть предусмотрено АВР.

Следует также рассматривать питание электроприемников первой категории по сети 0,38 кВ от разных ТП, присоединенных к разным независимым источникам. При этом необходимо предусматривать необходимые резервы в пропускной способности элементов системы в зависимости от нагрузки электроприемников первой категории.

Основным принципом построения распределительной сети 10(6) кВ для электроприемников второй категории является сочетание петлевых схем 10(6) кВ, обеспечивающих двухстороннее питание каждой ТП, и петлевых схем 0,38 кВ для питания потребителей, см. рис.8.1. При этом линии 0,38 кВ в петлевых схемах могут присоединяться к одной или разным ТП.

Рекомендуется параллельная работа трансформаторов на напряжении 0,38 кВ по схеме со “слабыми” связями или по полузамкнутой схеме при условии обслуживания указанных сетей 0,38 кВ электроснабжающей организацией. Имеется ввиду размыкание петлевой схемы в нормальном режиме в точке потокораздела. На рис.8.1 это показано пунктирной линией между ТП3 и ТП4, ТП16 и ТП17.

Допускается применение автоматизированных схем (двухлучевых) для питания электроприемников второй категории, если их применение приводит к увеличению приведенных затрат на сооружение сети не более, чем на 5%. На рис. 8.1 – это линии, соединяющие ТП6 и ТП7

Основным принципом построения распределительной сети 10(6) кВ для электроприемников третьей категории является сочетание петлевых линий 10(6) кВ и радиальных линий 0,38 кВ к потребителям. При применении воздушных линий электропередачи для питания электроприемников Ш категории резервирование линий в сети 0,38 кВ кабельных линий должна учитываться возможность использования временных шланговых кабелей.

Для электроснабжения районов с электроприёмниками первой и второй категорий рекомендуется применение на напряжении 10(6) кВ комбинированной петлевой двухлучевой схемы с двухсторонним питанием.

Для жилых и общественных зданий с электрическими плитами, а также всех зданий высотой 9 этажей и более при питании от однотрансформаторных ТП следует предусматривать резервирование сети 0,38 кВ от других ТП.

8.2.2. Выбор числа и мощности трансформаторов 10/0,4 кВ

В распределительных сетях 6-20 кВ выбор числа и мощности трансформаторов определяется характером нагрузки и схемой сети.

Согласно СП-31-110-2003 по степени обеспечения надежности электроснабжения электроприемники жилых и общественных зданий относятся к соответствующим категориям.

К электроприемникам первой категории относятся:

а) электроприёмники операционных и родильных блоков, отделений анастезиологии, реанимации и интенсивной терапии, кабинетов лапароскопии, бронхоскопии и ангиографии; противопожарных устройств и охранной сигнализации, эвакуационного освещения и больничных лифтов;

б) котельные, являющиеся единственным источником тепла системы теплоснабжения, обеспечивающие потребителей первой категории, не имеющих индивидуальных резервных источников тепла;

в) электродвигатели сетевых и подпиточных насосов котельных второй категории с водогрейными котлами единичной производительностью более 10 Гкал/ч.;

г) электродвигатели подкачивающих и смесительных насосов насосных, дренажных насосов дюкеров тепловых сетей;

д) объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы в городах с числом жителей более 50 тыс. чел.; насосные станции, подающие воду непосредственно в сеть противопожарного водопровода; канализационные насосные станции, не допускающие перерыва или снижения подачи сточных вод, очистные сооружения канализации, не допускающие пе-

рерыва в работе;

е) электроприемники противопожарных устройств (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре), лифты, эвакуационное и аварийное освещение, огни сетевого ограждения в жилых зданиях и общежитиях высотой 17 этажей и более;

ж) электроприёмники противопожарных устройств, лифты, охранная сигнализация общественных зданий и гостиниц высотой 17 этажей и более, гостиниц, домов отдыха, пансионатов и турбаз более чем на 1000 мест, учреждений с количеством работающих более 2000 человек независимо от этажности, учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования федерального подчинения, библиотек, книжных палат и архивов на 1000 тыс. хранения и более;

з) музеи и выставки федерального значения;

и) электроприёмники противопожарных устройств и охранной сигнализации музеев и выставок республиканского, краевого и областного значения;

к) электроприёмники противопожарных устройств общеобразовательных школ, профессионально-технических училищ, средних специальных и высших учебных заведений при количестве учащихся более 1000 чел.;

л) электроприёмники противопожарных устройств, эвакуационное и аварийное освещение крытых зрелищных и спортивных предприятий общей вместимостью 800 мест и более, детских театров, дворцов и домов пионеров со зрительными залами любой вместимости;

м) электроприёмники противопожарных устройств и охранной сигнализации универсамов, торговых центров и магазинов с торговой площадью более 2000 м^2, а также столовых, кафе и ресторанов с числом посадочных мест свыше 500;

н) тяговые подстанции городского электротранспорта;

о) ЭВМ вычислительных центров, решающих комплекс народно-хозяйственных проблем и задачи управления отдельными отраслями, а также обслуживающие технологические процессы, основные электроприёмники которых относятся к первой категории;

п) центральный диспетчерский пункт городских электрических сетей, тепловых сетей, сетей газоснабжения, водопроводно-канализационного хозяйства и сетей наружного освещения;

р) пункты централизованной охраны;

с) центральные тепловые пункты (ЦТП), обслуживающие здания высотой 17 этажей и более, все ЦТП в зонах с зимней расчетной температурой –40°С и ниже;

т) городской ЦТ (РП) с суммарной нагрузкой более 10000 кВ·А.

Все прочие электроприёмники потребителей, перечисленных в подпунктах а, в, г, ж, и, к, л, м, относятся ко второй категории.

К электроприемникам второй категории относятся:

а) жилые дома с электроплитами за исключением одно-восьмиквартирных домов;

б) жилые дома высотой 6 этажей и выше с газовыми плитами или плитами на твердом топливе;

в) общежития вместимостью 50 человек и более;

г) здания учреждений высотой до 16 этажей с количеством работающих от 50 до 2000 человек;

д) детские учреждения;

е) медицинские учреждения, аптеки;

ж) крытые зрелищные и спортивные предприятия с количеством мест в зале от 300 до 800;

з) открытые спортивные сооружения с искусственным освещением с количеством мест 5000 и более или при наличии 20 рядов и более;

и) предприятия общественного питания с количеством посадочных мест от 100 до 500;

к) магазины с торговой площадью от 250 до 2000 м^2;

л) предприятия по обслуживанию городского транспорта;

м) бани с числом мест свыше 100;

н) комбинаты бытового обслуживания, хозяйственные блоки и ателье с количеством ра-

бочих мест более 50, салоны-парикмахерские с количеством рабочих мест свыше 15;

о) химчистки и прачечные (производительностью 500 кг и более белья в смену);

п) объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы городов и поселков с числом жителей от 5 до 50 тыс. чел. включительно; канализационные насосные станции и очистные сооружения канализации, допускающие перерывы в работе, вызванные нарушениями электроснабжения, которые могут устраняться путем оперативных переключений в электрической сети;

р) учебные заведения с количеством учащихся от 200 до 1000 чел.;

с) музеи и выставки местного значения;

т) гостиницы высотой до 16 этажей с количеством мест от 200 до 1000;

у) библиотеки, книжные палаты и архивы с фондом от 100 тыс. до 1000 тыс. единиц хранения;

ф) ЭВМ вычислительных центров, отделов и лабораторий, кроме указанных в п.1 о) настоящего приложения;

х) электроприёмники установок тепловых сетей – запорной арматуры при телеуправлении, подкачивающих смесителей, циркуляционных насосных систем отопления и вентиляции, насосов для зарядки баков аккумуляторов, баков аккумуляторов для подпитки тепловых сетей в открытых системах теплоснабжения;

ц) диспетчерские пункты жилых районов и микрорайонов, районов электрических сетей;

ч) осветительные установки городских транспортных и пешеходных тоннелей, осветительные установки улиц, дорог и площадей категории “А” в столицах республик, городах-героях, портовых и крупнейших городах;

ш) городские ЦП (РП) и ТП с суммарной нагрузкой от 400 до 10000 кВ·А при отсутствии электроприемников, перечисленных в п.1 настоящего приложения.

Потребители первой и второй категорий должны получать электроэнергию от двух независимых, резервирующих друг друга источников питания. При этом для потребителей первой категории перерыв в электроснабжении при потере одного из источников питания допускается на время автоматического восстановления питания, а для потребителей второй категории – на время подключения резервного питания дежурным персоналом .

При невозможности питания электроприемников первой категории от двух независимых источников допускается питание от двух близлежащих одно-трансформаторных или разных трансформаторов двухтрансформаторных ТП, подключенных к разным линиям 10(6) кВ с устройством автоматического включения резервного питания (АВР).

В городских распределительных сетях рекомендуется использовать трансформаторы со схемой соединения обмоток звезда-зигзаг или треугольник-звезда. Трансформаторы 10/0,4 кВ со схемой соединения обмоток звезда-звезда допускается применять в сетях с преобладанием трехфазных электроприёмников и в сетях 6 кВ, переводимых на напряжение 10 кВ.

Для выбора числа и мощности трансформаторов ТП на основании технико-экономического сравнения вариантов выполнения сети на плане района города выбирается характерный участок с суммарной нагрузкой 2000…3000 кВт и намечается ряд вариантов схемы в зависимости от плотности нагрузки и характера потребителей. Сравниваемые варианты должны быть равнонадёжны. Учитываются экономические показатели сети 0,38 кВ, ТП и потери электрической энергии в этих элементах.

При выборе конкурентоспособных вариантов мощности ТП можно пользоваться рекомендациями, полученными из проектной практики. При пятиэтажной застройке и пищеприготовлении на газовых плитах предположительная мощность ТП – 1×400 кВ·А (один трансформатор мощностью 400 кВ·А), при электроплитах – 2×400 кВ·А. При жилых зданиях 9-16 этажей с газовыми плитами – 2×400 кВ·А или 2×630 кВ·А, а при электроплитах – 2×630 кВ·А.

В районах малоэтажной застройки (до 6 этажей) мощность трансформаторов ТП в зависимости от плотности нагрузки на шинах 0,4 кВ рекомендуется принимать:

Плотность нагрузки, МВт/км^2	Мощность трансформаторов ТП, кВ·А
от 0,8 до 1,0	1·160
свыше 1,0 до 2,0	1·250
свыше 2,0 до 5,0	1·400
свыше 5,0 до 8,0	1·630

В районах многоэтажной застройки (9 этажей и выше) при плотности нагрузки 8 МВт/км^2 и более оптимальная нагрузка районной подстанции (РП) должна составлять: при напряжении 10 кВ – 12 МВт; при напряжении 6 кВ – 8 МВт. Рекомендуемая мощность двухтрансформаторных ТП – 2×630 кВ·А.

На основании технико-экономических расчетов необходимо выполнить выбор оптимального варианта сетей. При этом приходится рассматривать варианты с двухтрансформаторными подстанциями – 2×400 кВ·А и даже 2×250 кВ·А.

Согласно методике, приведенной в ГОСТ 14209-85 , допускается перегрузка трансформаторов для резервируемых распределительных сетей 0,38 кВ в аварийном режиме на 70-80% выше номинальной мощности. Общая суточная продолжительность перегрузки не должна превышать 6 ч. в течение не более 5 суток. Таким образом коэффициент загрузки трансформатора в аварийном режиме составляет $К_{З.АВ}$= 1,7-1,8, а коэффициент загрузки в нормальном режиме $К_{З.НОРМ}$ = 0,85-0,9.

Трансформаторы могут быть без ущерба для нормального срока службы загружены в течение суток сверх номинальной мощности, если другую часть рассматриваемого периода их загрузка была ниже номинальной. Кроме того, перегрузка трансформаторов допускается и за счет неравномерности нагрузки в течение года.

Мощность трансформаторов, принимаемая к установке на ТП, должна удовлетворять условию

$$\Sigma S_{Н.ТР} > S_{Р.ТП.} \qquad (8.26)$$

Нашей промышленностью выпускаются сухие трёхфазные трансформаторы типов ТСЗ, ТСЗУ, предназначенные для установки в системах электроснабжения промышленных предприятий, жилых и общественных зданий и рассчитаны на длительный режим работы. Трансформаторы выполнены на основе шихтованного магнитопровода стержневого типа с косыми стыками и имеют уменьшенные потери. Надёжность им срок службы трансформаторов увеличены за счёт уменьшения на 20 % нагрева узлов трансформатора.

Кроме того, промышленность выпускает трансформаторы силовые сухие с литой изоляцией типа GDNN. Эти трансформаторы имеют высокую пожаробезопасность и эксплуатационную надёжность, а также обладают пониженным уровнем шума и компактностью. Применяют в местах с повышенной опасностью: при электроснабжении общественных зданий, больниц и т.д. Изоляция обмоток высокого и низкого напряжения выполнена из эпоксидной смолы с наполнителем. Обмотки с изоляцией изготавливают в вакууме путём литья под давлением, поэтому они выдерживают большие механические нагрузки.

Магнитный сердечник трансформаторов имеет низкие потери холостого хода; материал обмоток – медь. Допустимая температура окружающего воздуха находится в интервале от +40 ^{o}С до -30 ^{o}С. Трансформаторы охлаждаются естественной циркуляцией воздуха и принудительной циркуляцией вентилятором радиального потока.

8.3 Расчёт электрических сетей

Линии электропередачи до 20 кВ на селитебной (застроенной преимущественно жилыми домами) территории городов, в районах застройки зданиями высотой 4 этажа и выше должны выполняться, как правило, кабельными, с алюминиевыми жилами. Кабельные линии прокладываются в земляных траншеях под тротуарами или под пешеходными дорожками внутри квартала.

Здания, которые находятся в непосредственной близости от ТП, следует питать по отдельным линиям. Для домов высотой до 16 этажей при числе секций до семи рекомендуется предусматривать один ввод в здание.

Целесообразно делать ввод в секциях дома, ближайших к ТП. На рис.8.2 представлена

возможная разводка кабельных линий в жилом районе .

В районах застройки зданиями высотой до 3 этажей включительно линии электропередачи следует, как правило, выполнять воздушными.

Для воздушных линий (ВЛ) электропередачи до 1 кВ рекомендуется применять самонесущие изолированные провода (СИП). Выбор и проверку сечений СИП на 0,38 и 10 кВ см. в разделе 2.3.2.

Линии наружного освещения рекомендуется располагать на общих опорах с воздушными линиями электропередачи до 1 кВ.

Выбор сечения кабелей электрических сетей напряжением до 1 кВ

Сечения кабелей напряжением до 1 кВ выбираются в соответствии с главой 2.3 ПУЭ по условию нагрева длительным расчетным током в нормальном и послеаварийном режимах и проверяются по потере напряжения.

На время ликвидации послеаварийного режима допускается перегрузка кабелей с бумажной изоляцией до 130%, если в нормальном режиме их нагрузка не превышала 80% допустимой. Следовательно, в послеаварийном режиме сечение кабеля должно удовлетворять соотношению

$$1{,}3\ I_{ДОП} \cdot K \geq I_{П.АВ.} \qquad (8.27)$$

где $I_{ДОП}$ – допустимый продолжительный ток, А; К – поправочный коэффициент, учитывающий число кабелей, проложенных в одной траншее; $I_{П.АВ.}$ – расчетная токовая нагрузка линий в послеаварийном режиме.При этом должно учитываться число оставшихся в работе кабелей, проложенных в одной траншее в послеаварийном режиме.

Допустимые потери напряжения в сетях 0,38 кВ (от ТП до вводов в здание) составляют не более 4-6%. Большие значения относятся к линиям, питающим малоэтажные и односекционные здания, меньшие значения – к линиям, питающим многоэтажные многосекционные жилые здания, крупные общественные здания и учреждения.

Расчетная электрическая нагрузка линии ($P_{Р.Л}$) напряжением до 1 кВ при смешанном питании потребителей, кВт, определяется по формуле (8.18) из раздела 1.1.6.

Рабочий ток, А, в линии определяется по формуле:

$$I_{Р.Л} = \frac{P_{Р.Л}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cos\varphi \cdot n}, \qquad (8.28)$$

где n – количество кабелей, проложенных в траншее к объекту. Для потребителей второй категории, согласно ПУЭ, принимают к прокладке начальное количество кабелей равное 2. Для потребителей третьей категории, например, склады, n = 1; cosφ – коэффициент мощности по ранее сделанным расчетам, табл.1.4,1.8; $U_Н$ – номинальное напряжение сети, равное 380 В.

Ток послеаварийного режима, А, равен

$$I_{П.АВ} = 2 \cdot I_{Р.Л.} \qquad (8.29)$$

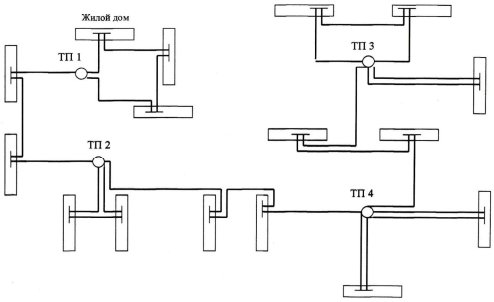


Рисунок 8.2 – Разводка кабельных линий в жилом районе

Сечение кабеля должно удовлетворять допустимому длительному току, А, определенному по формуле:

$$I_{ДОП} \geq \frac{I_{П.АВ}}{1{,}3 \cdot K}. \qquad (8.30)$$

и подбирается стандартное сечение, удовлетворяющее рассчитанному $I_{ДОП.}$

Выбранное сечение кабеля необходимо проверить по потере напряжения.

Потери напряжения на i –том участке $L_{уч.i}$ кабельной линии, %, определяются по формуле

$$\Delta U_{P.i} = \frac{A \cdot P_{P.i} \cdot L_{уч.i}}{n \cdot S}, \qquad (8.31)$$

где А – коэффициент, зависящий от принятых единиц измерения, определяется по справочнику , А = 21,9 – для сети 0,4 кВ; А = 0, 0875 – для сети 6 кВ и А = 0,0316 – для сети 10 кВ; $P_{P.i}$ - активная мощность участка линии, кВт; n – число кабелей; S – сечение кабеля, мм^2, $L_{уч.i}$ – длина i -го участка линии, км.

Далее потери напряжения на участках линии суммируются и результат сравнивается с располагаемыми потерями напряжения от шин ТП до наиболее удаленного потребителя.

В результате должно выполняться условие:

$$\Delta U_{ДОП.} > \Delta U_{P.}$$

Кабели на стороне 0,4 кВ, защищаемые плавкими предохранителями, на термическую стойкость не проверяются, т.к. время срабатывания предохранителя мало и выделившееся тепло не в состоянии нагреть кабель до опасной температуры.

Потери мощности в линии, кВт, определяются:

$$\Delta P_Л = 3 \cdot I_{Р.Л.}^2 \cdot R_O \cdot L_{уч.}\, n, \qquad (8.32)$$

где R_O – активное сопротивление 1 км кабеля при 20°С, Ом.

Достаточно часто используется расчет потерь напряжения и потерь мощности без учета индуктивного сопротивления линий.

Выбор сечения кабелей электрических сетей напряжением 10 (6) кВ

Сечения проводов ВЛ и жил кабелей должны выбираться по экономической плотности тока в нормальном режиме и проверяться по допустимому току в аварийном и послеаварийном режимах, а также по допустимому отклонению напряжения.

При проверке кабельных линий по допустимому длительному току должны быть учтены поправочные коэффициенты: на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле, на допустимую перегрузку в послеаварийном режиме, фактическую температуру среды, тепловое сопротивление грунта и на отличие номинального напряжения кабеля от номинального напряжения сети.

Предварительный выбор сечений проводов и кабелей допускается производить исходя из средних значений предельных потерь напряжения в нормальном режиме – в сетях 10(6) кВ не более 6%.

Расчетная активная нагрузка городских электрических сетей 10(6) кВ ($P_{Р.Л.}$), кВт, определяется по формуле (1.25) в разделе 1.1.7.

Рабочий ток в линии, А, определяется по формуле

$$I_{Р.Л} = \frac{P_{Р.Л}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cos\varphi \cdot n}, \qquad (8.33)$$

где U_H – номинальное напряжение сети, равное 10(6) кВ; n – количество кабелей, проложенных в траншее к объекту; cosφ – коэффициент мощности, принят равным 0,92.

Экономически целесообразное сечение $S_Э$, мм^2, определяется согласно ПУЭ, из соотношения

$$S_Э = I_{Р.Л} / j_{ЭК}, \qquad (1.34)$$

где $j_{ЭК}$ – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм^2, для заданных условий работы.

В распределительных сетях 10(6) кВ кабели с алюминиевыми жилами при прокладке их в траншеях рекомендуется принимать сечением не менее 70 мм^2, но не более 240 мм^2.

Сечение кабелей по участкам линии следует принимать с учетом изменения нагрузки участков по длине. При этом на одной линии допускается применение кабелей не более трех типоразмеров.

Потери напряжения определяются по формуле (8.31)

Дальнейший ход расчета аналогичен расчету сети напряжением до 1 кВ.

Полученное экономическое сечение для условий нормального режима проверяется по допустимому току нагрева в послеаварийном режиме. Кроме того, кабели должны быть подвергнуты проверке на термическую стойкость токам К.З.

Проверка кабелей на термическую стойкость

Выбранные в нормальном режиме и проверенные по допустимой перегрузке в послеаварийном режиме кабели проверяются по условию

$$S_{МИН.} \leq S_Э, \qquad (8.35)$$

где $S_{МИН}$ – минимальное сечение по термической стойкости, мм^2; $S_Э$ – экономическое сечение, мм^2, определенное по формуле (8.34).

При этом кабели небольшой длины проверяются по току при коротком замыкании в начале кабеля; одиночные кабели со ступенчатым сечением по длине проверяют по току К.З. в начале каждого участка. Два параллельных кабеля и более проверяют по токам К.З. непосредственно за пучком кабелей, т.е. с учетом разветвления тока К.З.

$$S_{МИН} = \sqrt{\frac{B_K}{C}}\ , \qquad (8.36)$$

где B_K – импульс квадратичного тока К.З. (тепловой импульс тока К.З.), $A^2 \cdot c$; С – функция, значения которой приведены в табл.8.26, $A \cdot c^{1/2}/мм^2$.

Тепловой импульс тока определяется

$$B_K = I^2_{П.О.} \cdot (t_{Р.З.} + t_В + T_A), \qquad (8.37)$$

где $I_{П.О}$ – начальное значение периодической составляющей тока К.З., А; $t_{Р.З}$ - время действия релейной защиты, с. Принимается $t_{Р.З} = 2$ с. – для питающих сетей; $t_{Р.З} = 0,5$ с. – для распределительных сетей; $t_В$ – полное время отключения выключателя, с. В зависимости от типа выключателя $t_В$ = 0,04-0,2 с.; T_A – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания, с. Для распределительных сетей напряжением 6-10 кВ T_A = 0,01 с..

8.4 Выбор схем сетей внутреннего электроснабжения

В соответствии с ПУЭ потребители I категории должны иметь не менее двух независимых источников питания, допускается питание также от двух близлежащих однотрансформаторных или разных двухтрансформаторных подстанций, подключённых к разным линиям 6-20 кВ с устройством АВР (автоматическое повторное включение).

Питание силовых электроприёмников и освещения осуществляется от общих трансформаторов, если частота размахов изменений напряжения в сети освещения не превышает значений, регламентируемых ГОСТ 13109-98.

В жилых зданиях, а также в общественных зданиях, где уровень звука ограничен санитарными, размещение встроенных и пристроенных ТП не допускается.

Главные распределительные щиты (ГРЩ) при применении встроенных ТП размещают в смежном с ТП помещении. КТП (комплектная трансформаторная подстанция) размещают в одном помещении с ГРЩ.

На встроенных ТП и КТП устанавливают не более двух масляных трансформаторов мощностью до 1000 кВ·А каждый. Число сухих трансформаторов не ограничивается.

В ТП, как правило, устанавливают силовые трансформаторы с глухозаземлённой нейтралью со схемой соединения обмоток «звезда-зигзаг» при мощности до 250 кВ·А и «треугольник-звезда» при мощности 400 кВ·А и более

В здании устанавливают одно общее ВРУ (вводно-распределительное устройство) или ГРЩ, предназначенные для приёма электроэнергии от городской сети и распределения её по потребителям здания. Увеличение количества ВРУ (ГРЩ) допускается при питании от отдельно стоящей ТП и нагрузке на каждом вводов в нормальном и аварийном режимах свыше 400-630 А.

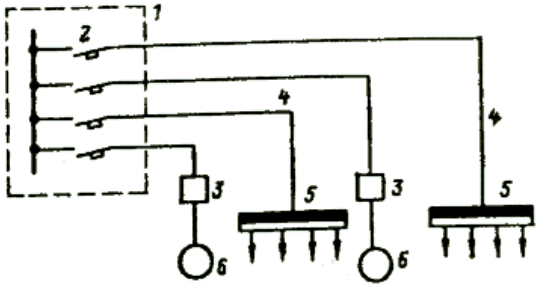
Электрические сети напряжением до 1 кВ жилых и общественных зданий по назначению условно делят на питающие и распределительные. Питающей сетью являются линии, идущие от трансформаторной подстанции до ВРУ и от ВРУ до силовых распределительных пунктов в

силовой сети и до групповых щитков в осветительной сети. Распределительной сетью называют линии, идущие от распределительных пунктов в силовой сети до силовых электроприёмников.

Групповой сетью являются:

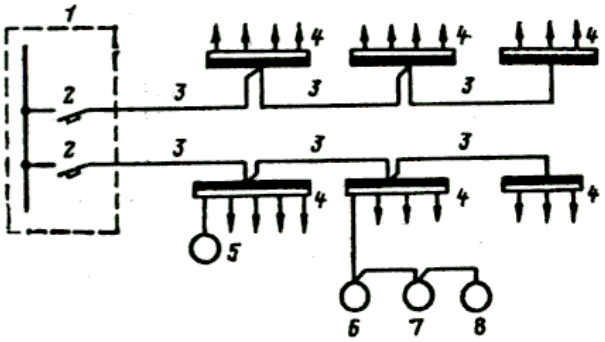
- линии, идущие от групповых щитков освещения до светильников;
- линии от этажных групповых щитков к электроприёмникам квартир жилых домов.

Сети выполняют по радиальной, магистральной и смешанной схемам. В качестве примера на рис. 8.3 приведена питающая радиальная схема силовой сети здания, а на рис. 8.4 – магистральная схема силовой сети здания.



1 – распределительный щит; 2 – автоматический выключатель; 3 – пусковой аппарат; 4 – линия; 5 – распределительный пункт; 6 - электроприёмник

Рисунок 8.3 - Радиальная схема силовой сети



1 – распределительный щит; 2 – автоматический выключатель; 3 – питающая линия; 4 – силовой распределительный пункт; 5 – электроприёмник; 6, 7, 8 – электроприёмники, включённые в цепочку

Рисунок 8.4 - Магистральная схема силовой сети:

В жилых и общественных зданиях линии групповой сети, прокладываемые до штепсельных розеток, выполняют трёхпроводными (фазный, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники). Питание стационарных однофазных электроприёмников выполняют трёхпроводными линиями. При этом нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не следует подключать на щитке под один контактный зажим.

Электрические сети жилых зданий

Схемы электрических сетей жилых домов выполняют, исходя из следующего:

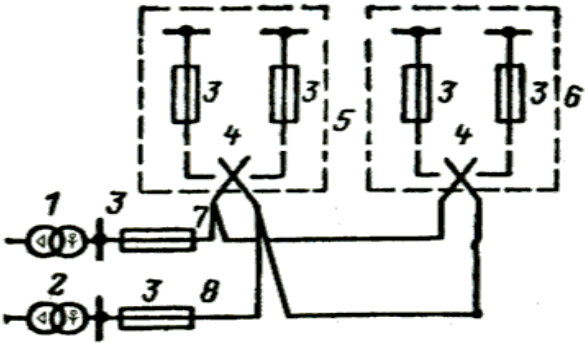
- питание квартир и силовых электроприёмников, в том числе лифтов, должно, как правило, осуществляться от общих секций ВРУ. Раздельное их питание выполняют только в случаях, когда величины размахов изменения напряжения на зажимах ламп в квартирах при включении лифтов выше регламентируемых ГОСТ 13109-98;
- распределительные линии питания вентиляторов дымоудаления и подпора воздуха, установленных в одной секции, должны быть самостоятельными для каждого вентилятора или шкафа, от которого питаются несколько вентиляторов, начиная от щита противопожарных устройств ВРУ.

Освещение лестниц, поэтажных коридоров, вестибюлей, входов в здание, номерных знаков и указателей пожарных гидрантов, огней светового ограждения и домофонов питается линиями от ВРУ. При этом линии питания домофонов и огней светового ограждения должны

быть самостоятельными. Питание усилителей телевизионных сигналов осуществляют от групповых линий освещения чердаков, а в бесчердачных зданиях – самостоятельными линиями от ВРУ.

Для питания электроприёмников жилых домов высотой 9-16 этажей применяют как радиальные, так и магистральные схемы. На рис. 8.5. дана магистральная схема с двумя переключателями на вводах. При этом одна из питающих линий используется для присоединения электроприёмников квартир и общего освещения общедомовых помещений; другая – для подключения лифтов, противопожарных устройств, эвакуационного и аварийного освещения и т.д. Каждая линия рассчитана с учётом допустимых перегрузок при аварий-ном режиме. Перерыв в питании по этой схеме не превышает 1 часа, что достаточно электромонтёру для нужных переключений на ВРУ.

Учёт электроэнергии, расходуемый общедомовыми потребителями, осуществляется с помощью трёхфазных счетчиков, которые устанавливают на ответвлениях и присоединяют к соответствующим секциям шин.



1, 2 – трансформаторы; 3 – предохранители; 4 – переключатели; 5, 6 – ВРУ; 7, 8 – питающие линии

Рисунок 8.5 - Принципиальная схема электроснабжения жилых домов

В жилых зданиях квартирного типа устанавливают один однофазный счётчик на каждую квартиру. Допускается установка одного трёхфазного счётчика. Расчётные квартирные счётчики рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты (предохранителями, автоматическими выключателями) и выключателями (для счётчиков) на общих квартирных щитках. Для безопасной замены счётчика перед ним должен быть установлен рубильник или двухполюсный выключатель, располагаемый на квартирном щитке. Рекомендуемые схемы стояков приведены на рис. 8.6.

Групповая квартирная сеть предназначена для питания осветительных и бытовых электроприёмников. Групповые линии выполняют однофазными и при значительных нагрузках – трёхфазными четырёхпроводными, но при этом должна быть надёжная изоляция проводников и приборов, а также устройство автоматического защитного отключения.

Трёхфазные линии в жилых домах должны иметь сечение нулевых проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 25 мм^2, а при больших сечениях – не менее 50 % сечения фазных проводников. Сечения нулевых рабочих и нулевых защитных проводников в трёхпроводных линиях должны быть не менее сечения фазных.

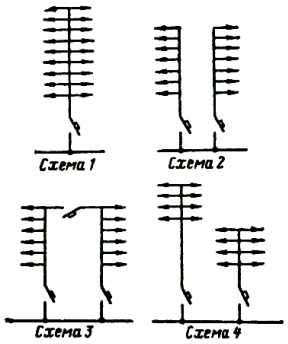


Рисунок 8.6 - Принципиальные схемы стояков, рекомендуемые по экономическим соображениям

Рекомендуется общее освещение выделять на отдельную групповую линию.

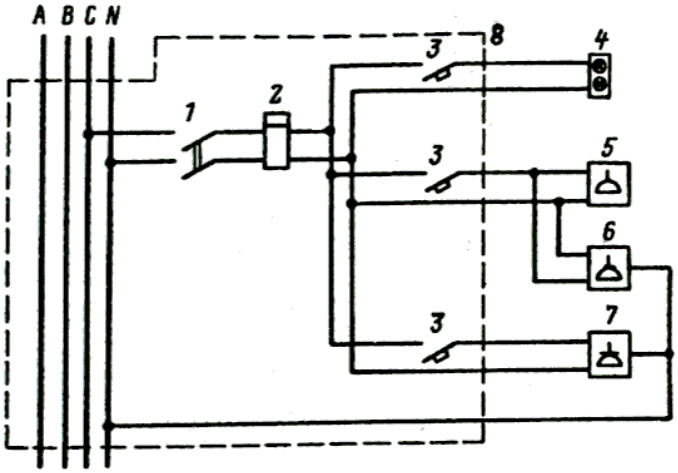
Нормами регламентируется число штепсельных розеток, устанавливаемых в квартирах. В жилых комната квартир и общежитий должно быть установлено не менее одной розетки на ток 10 (16) А на каждые полные и неполные 4 м периметра комнаты, в коридорах квартир – не менее одной розетки на каждые полные и неполные 10 м^2 площади коридоров.

В кухнях квартир следует предусматривать не менее четырёх розеток на ток 10 (16) А.

Сдвоенная розетка, установленная в жилой комнате, считается одной розеткой. Сдвоенная розетка, установленная в кухне, считается двумя розетками.

При наличии розетки в ванной комнате должна предусматриваться установка УЗО на ток до 30 мА.

На рис. 8.7 приведена схема групповой квартирной сети с электроплитой. В целях безопасности корпус стационарной электроплиты и бытовых приборов зануляют, для чего от этажного щитка прокладывают отдельный проводник. Сечение последнего равно сечению фазного проводника.



1 – выключатель; 2 – счётчик электроэнергии; 3 – автоматический выключатель; 4 – общее освещение; 5 – розетка на 6 А; 6 – розетка на 10 А; 7 – электроплита; 8 – этажный щиток

Рисунок 8.7 - Принципиальная схема групповой квартирной сети

Электрические сети общественных зданий

Схемы электроснабжения и электрооборудование общественных зданий имеют ряд особенностей:

- значительный удельный вес силовых электроприёмников;
- специфические режимы работы этих электроприёмников;
- другие требования к освещению ряда помещений;
- возможность встраивания ТП в некоторые из общественных зданий.

Общественные здания отличаются большим разнообразием, поэтому в данном пособии рассматривается электроснабжение только некоторых наиболее распространенных общественных зданий.

Расчёты и опыт эксплуатации показали, что при потребляемой мощности более 400 кВ·А целесообразно применять встроенные подстанции, в том числе комплектные (КТП) . Это имеет следующие преимущества:

- экономия цветных металлов;
- исключение прокладки внешних кабельных линий до 1 кВ;
- отсутствие необходимости в устройстве отдельных ВРУ в здании, так как ВРУ можно совместить с РУ (распределительное устройство) 0,4 кВ подстанции.

Подстанции обычно располагают на первых или технических этажах. Допускается располагать ТП с сухими трансформаторами в подвалах, а также на средних и верхних этажах зданий, если предусмотрены грузовые лифты для их транспортировки.

На встроенных ТП допускается установка как сухих, так и масляных трансформаторов. При этом масляных трансформаторов должно быть не более двух при мощности каждого до 1000 кВА. Количество и мощность сухих трансформаторов и трансформаторов с негорючим наполнением не ограничиваются. В места размещения ТП не должна попадать вода.

Для потребителей I-ой категории надёжности применяют, как правило, двухтрансформаторные ТП, но возможно использование и однотрансформаторных ТП при условии резервирования (перемычки и АВР по низкому напряжению).

Для потребителей II-ой и III-ей категории по надёжности электроснабжения устанавливают однотрансформаторные ТП.

Распределение электроэнергии в общественных зданиях производится по радиальным или магистральным схемам.

Для питания электроприёмников большой мощности (крупные холодильные машины, электродвигатели насосов, крупные вентиляционные камеры и др.) применяют радиальные схемы. При равномерном размещении электроприёмников небольшой мощности по зданию применяют магистральные схемы.

В общественных зданиях рекомендуется питающие линии силовых и осветительных сетей выполнять раздельно. Как и в жилых зданиях, на вводах питающих сетей в здание устанавливают ВРУ с аппаратами защиты, управления, учёта электроэнергии, а в крупных зданиях и с измерительными приборами. На вводах обособленных потребителей (торговые предприятия, отделения связи и пр.) устанавливают дополнительно отдельные аппараты управления. Там, где целесообразно по условиям эксплуатации, применяют автоматические выключатели, которые совмещают в себе функции защиты и управления.

Светильники эвакуационного и аварийного освещения присоединяют к сети, независимой от сети рабочего освещения, начиная от щита ТП или от ВРУ. При двухтрансформаторной ТП рабочее и эвакуационное освещение присоединяют к разным трансформаторам.

Электроприёмники небольшой, но равной или близкой по значению установленной мощности соединяют в «цепочку», что обеспечивает экономию проводов и кабелей, а также уменьшению количества аппаратов защиты на распределительных пунктах. Групповые распределительные щитки осветительной сети по архитектурным условиям располагают на лестничных клетках, в коридорах. Отходящие от щитков групповые линии могут быть:

- однофазными (фаза + нуль);
- двухфазными (две фазы + нуль);
- трёхфазными (три фазы + нуль).

Предпочтение следует отдавать трёхфазным четырёхпроводным групповым линиям, обеспечивающим втрое большую нагрузку и в шесть раз меньшую потерю напряжения по сравнению с однофазными групповыми линиями.

Существуют нормы по устройству групповых осветительных сетей. Как и в жилых зданиях, допускается присоединять до 60 люминесцентных ламп или ламп накаливания мощностью до 65 Вт включительно на фазу. Это относится к групповым линиям освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий, подвалов и чердаков. Распределение нагрузок между фазами сети освещения должно быть по возможности равномерным.

На рис. 8.8. приведена упрощенная схема электроснабжения общественного здания для электроприёмников III-ей категории по надёжности.

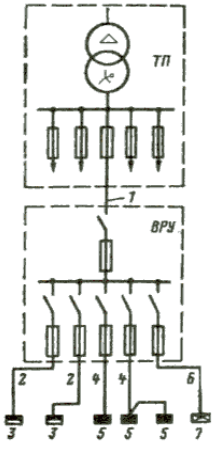


Рисунок 8.8 - Принципиальная схема электроснабжения общественного здания от однотрансформаторной подстанции

Здание питается от однотрансформаторной ТП, от щита 0,4 кВ которой отходит питающая линия 1 к ВРУ здания. От ВРУ отходят питающие линии 2 к распределительным пунктам силовых электроприёмников 3, линии 4 – к групповым щиткам рабочего освещения 5 и линии 6 – к щитку эвакуационного освещения 7.

Для питания ответственных потребителей в крупных городах широко применяют двухтрансформаторные ТП с устройством АВР на стороне низкого напряжения. Схемы такой ТП приведены на рис. 8.9 (с АВР на контакторах) и на рис. 8.10 (с АВР на автоматическом выключателе).

Распределение электроэнергии к силовым распределительным щитам, пунктам и групповым щиткам сети электрического освещения осуществляют по магистральным схемам.

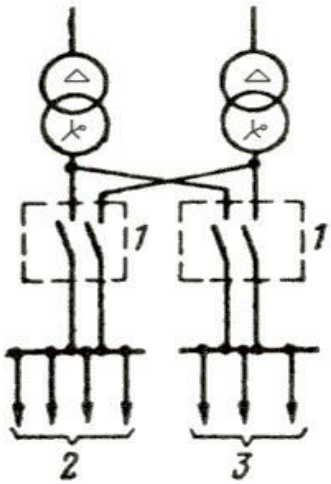


Рисунок 8.9 - Принципиальная схема электроснабжения общественного здания от двухтрансформаторной подстанции с АВР на контакторах:
1 – контакторные станции; 2, 3 – отходящие линии к вводам в здания

Радиальные схемы выполняют для присоединения мощных электродвигателей, групп электроприёмников общего технологического назначения (встроенных пищеблоков, помещений вычислительных центров и т.п.), электроприёмников I-ой категории надёжности электроснабжения.

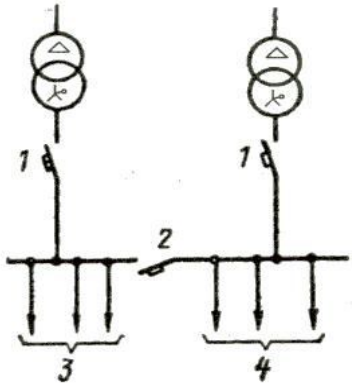


Рисунок 8.10 - Принципиальная схема электроснабжения общественного здания с встроенной ТП и абонентским щитом с АВР на секционном автоматическом выключателе: 1 – автоматический выключатель; 2 – секционный автоматический выключатель; 3 – линия к РП силовой сети, щиткам эвакуационного и аварийного освещения; 4 – линия к групповым щиткам рабочего освещения

Питание рабочего освещения помещений, в которых длительно может находиться 600 и более человек (конференц-залы, актовые залы и т.п.), рекомендуется осуществлять от разных вводов. При этом к каждому вводу должно быть присоединено 50 % светильников.

8.5. Защита в системах электроснабжения жилых и общественных зданий

Короткое замыкание (КЗ) относится к аварийным режимам и бывает одно-, двух- и трёхфазным. Самым тяжёлым является трёхфазное КЗ, но оно возникает значительно реже, чем однофазное или двухфазное КЗ. Причинами КЗ являются:

- пробой изоляции;
- перекрытие изоляции;
- неправильная сборка схемы;
- ошибки обслуживающего персонала.

Токи КЗ, во много раз превышающие номинальные токи присоединённых электроприёмников и допустимые токи проводников, оказывают динамическое и термическое действие на токоведущие части, вызывая выход их из строя. Поэтому КЗ надо локализовать и быстро отключить повреждённый участок сети.

Если КЗ является аварийным режимом, то перегрузки относятся к ненормальным режимам, так как сопровождаются прохождением по электрооборудованию и токоведущим проводникам повышенных токов, вызывая ускоренное старение изоляции, что может привести к КЗ.

В качестве аппаратов защиты электросетей и электроустановок жилых и общественных зданий применяют автоматические выключатели и предохранители. Допускается при необходимости использование реле косвенного действия с целью обеспечения требований чувствительности, быстродействия или избирательности (селективности).

Если используется защита с помощью реле косвенного действия, то в зависимости от режима работы и условий эксплуатации электроустановки релейную защиту выполняют с действием на сигнал или на отключение .

С целью удешевления электроустановок вместо автоматических выключателей и релейной защиты применяют плавкие предохранители.

Виды и схемы защиты

Электрические сети жилых и общественных зданий должны иметь защиту от токов КЗ, обеспечивающую наименьшее время отключения и требования избирательности действия. Защита должна отключать повреждённый участок при КЗ в конце защищаемой линии:

- одно-, двух-, трёхфазных – в сетях с глухозаземлённой нейтралью;
- двух- и трёхфазных – в сетях с изолированной нейтралью.

Аппараты защиты выбирают и размещают таким образом, чтобы их срабатывание происходило с выдержкой времени, увеличивающейся по мере их удаления в сторону источника питания. Этим обеспечивается избирательность действия защиты, которая не всегда может быть достигнута в сетях напряжением до 1 кВ при применении автоматических выключателей и предохранителей. Последнее объясняется разбросом характеристик аппаратов защиты, особенно предохранителей.

Достоинствами плавких предохранителей являются простота устройства, относительно малая стоимость, быстрое отключение цепи при КЗ (меньше одного периода), способность предохранителей типа ПК ограничивать ток в цепи при КЗ.

К недостаткам плавких предохранителей относятся следующие: предохранители срабатывают при токе, значительно превышающем номинальный ток плавкой вставки, и поэтому избирательность отключения не обеспечивает безопасность отдельных участков сети; отключение сети плавкими предохранителями связано обычно с перенапряжением; возможно однофазное отключение и последующая ненормальная работа установок; одноразовость срабатывания предохранителя и, как следствие, значительное время на замену предохранителя .

Наиболее распространёнными предохранителями, применяемыми для защиты установок напряжением до 1 кВ, являются:

ПР – предохранитель разборный;

НПН – предохранитель насыпной неразборный;

ПП – предохранитель плавкий разборный.

Шкала номинальных токов предохранителей от 15 до 1000 А.

Автоматические выключатели являются более совершенными аппаратами защиты по сравнению с предохранителями.

Автоматические воздушные выключатели могут снабжаться следующими встроенными в них расцепителями:

- электромагнитным или электронным максимального тока мгновенного или замедленного действия с практически не зависящей от тока скоростью срабатывания (защита от токов КЗ);

- электротермическим или тепловым (обычно биметаллическим) или электронным инерционным максимального тока с зависимой от тока выдержкой времени (защита от токов перегрузки);

- минимального напряжения.

Тепловой расцепитель автоматического выключателя не защищает питающую линию или асинхронный двигатель от токов КЗ, так как тепловой расцепитель, обладая большой тепловой инерцией, не успевает нагреться за малое время существования КЗ.

В зависимости от наличия механизмов, регулирующих время срабатывания расцепителей, автоматические выключатели разделяют на неселективные с временем срабатывания от 0,02 до 0,1 с; селективные с регулируемой выдержкой времени; токоограничивающие с временем срабатывания не более 0,005 с.

Расцепители максимального тока устанавливают во всех фазах, остальные – по одному на выключатель. В одном выключателе обычно применяют токовые расцепители и расцепитель минимального напряжения, Выбор номинального тока или уставки расцепителей максимального тока аналогичен выбору номинального тока плавких вставок предохранителей.

Основные преимущества автоматических выключателей заключается в следующем :

- отключают все три фазы при токах КЗ или перегрузках, тем самым исключается работа электроустановок в неполнофазных режимах;

- готовы к работе вскоре после срабатывания;

- имеют более точные времятоковые характеристики;

- совмещают функции защиты и коммутации.

Для жилых и общественных зданий основной характеристикой защиты является быстрота действия.

Электрические сети внутри зданий, выполненные открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или изоляцией, защищают от перегрузки. Кроме того, от перегрузки защищают сети внутри зданий, а именно:

- осветительные сети жилых и общественных зданий, торговых помещений, включая сети для бытовых переносных электроприёмников (утюгов, чайников, комнатных холодильников ;

- силовые сети жилых и общественных зданий, торговых помещений только в случаях, когда по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводников .

Обычно в жилых и общественных зданиях в силовых сетях таких режимов практически не существует, поэтому они защищаются только от КЗ. Исключение составляют электрические сети лифтов, противопожарных устройств и т.п., относящихся к I-ой категории по надёжности питания, при установке устройств АВР (например, на ВРУ). Такие сети защищают и от перегрузки.

В электрических сетях, защищаемых от перегрузки, проводники выбирают по расчетному току. В этом случае аппараты защиты должны иметь по отношению к длительно допустимым токовым нагрузкам кратность не более :

- 80 % для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку),

- для проводников с поливинилхлоридной, резиновой или аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией;

- 100 % для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку),

- для кабелей с бумажной изоляцией;

- 100 % для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависящей от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия

отсечки) – для проводников всех марок;

- 100 % для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой – для проводников с поливинилхлоридной, резиновой или аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией;

- 125 % для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой – для кабелей с бумажной изоляцией и изоляцией из вулканизированного полиэтилена.

Силовые электроприёмники (электродвигатели переменного тока) защищают от многофазных КЗ, в сетях с глухозаземлённой нейтралью – также от однофазных КЗ. Кроме того, электродвигатели защищают от токов перегрузки (максимальная токовая защита), если она имеет место, и от понижения напряжения (минимальная защита).

Для защиты электродвигателей от КЗ применяют предохранители или автоматические воздушные выключатели. Для надёжного отключения КЗ на зажимах электродвигателя с лёгким и условиями пуска отношение пускового тока электродвигателя к номинальному току плавкой вставки должно быть не более 2,5, а для электродвигателей с тяжёлыми условиями пуска (частые пуски и т.п.) это отношение должно быть в пределах от 2,0 до 1,6.

В качестве примера на рис. 8.11 приведена однолинейная схема панели ВРУ для ввода питания в жилые и общественные здания .

При выполнении распределительной подстанции (распределительного пункта, силового пункта, рспределительного щита, шкафа и т.д.) на напряжение до 1 кВ используют стандартные панели, на которых устанавливают комплекты с автоматическими выключателями, иногда с контакторами.

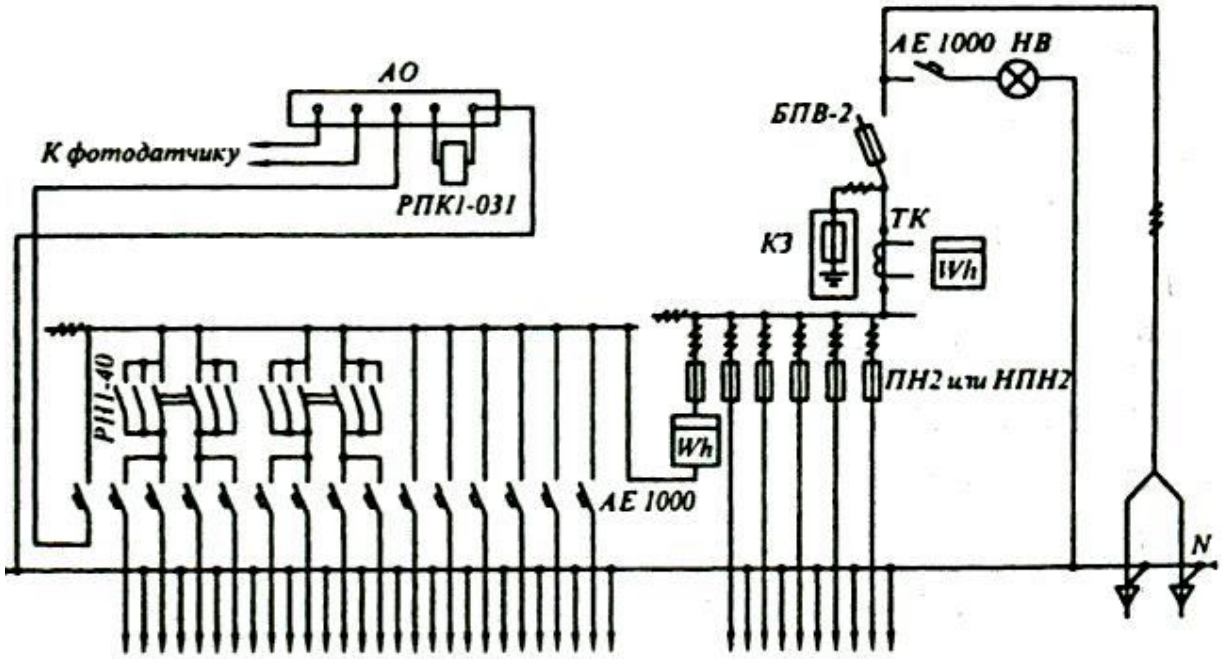


Рисунок 8.11 - Схема панели ВРУ на напряжение 0,4 кВ

Схема распределительного щита с рубильниками и предохранителями $РП_{С-2}$ и трансформаторами тока ТК-20 приведена в трёхфазном исполнении на рис. 8.12. При составлении схемы распределительного пункта нагрузки и отходящие линии подбирают таким образом, чтобы РП не получился громоздким и дорогостоящим, но в то же время было устойчиво к токам КЗ. При линиях небольших сечений нагрузки группируют по мелким магистралям. В случае применения рубильников с предохранителями пропускную способность отходящих линий для силовой нагрузки рекомендуется принимать равной 250 и 400 А. Сечения проводников и кабелей выше 150 мм^2 применять не рекомендуется .

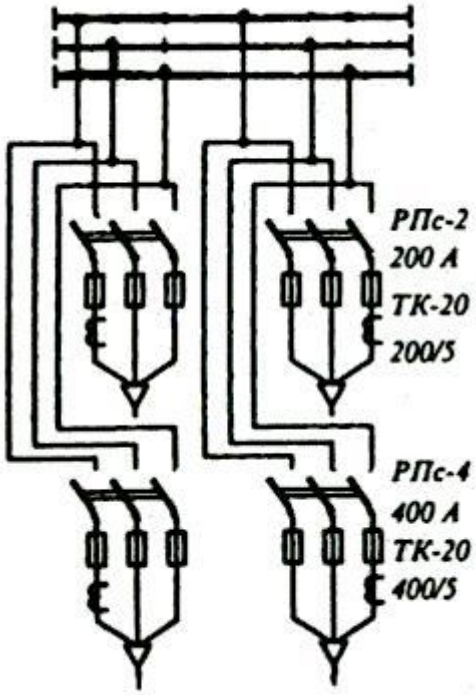


Рисунок 8.12 - Схема панели распределительного щита на четыре линии с рубильниками и предохранителями на напряжение 0,4 кВ

В схемах РП для силовых и осветительных сетей должно быть обеспечено отключение всей РП без нарушения работы остальных РП, питающихся от одной магистрали. Для силовых РП это достигается применением общих рубильников на вводе, причём при питании группы РП «цепочкой» каждая РП может быть отключена без нарушения работы самой цепочки.

Для потребителей, требующих более надёжного электроснабжения, применяют РП с двумя рубильниками или контакторами. Ответвления от РП защищают предохранителями или автоматическими выключателями.

Устройства защитного отключения

Обычно защита человека от повреждения электрическим током при косвенном прикосновении к повреждённой установке осуществляется путём отключения её предохранителями или автоматическими выключателями. Но эти защиты не реагируют на малые токи утечки, возникающие при начале развития повреждения в сети, а также при обрыве нулевого проводника. В этих случаях единственным средством защиты человека от косвенного прикосновения является УЗО, обеспечивающее быстрое (за долю секунды) отключение установки от сети.

Одним из действенных способов повышения электробезопасности при эксплуатации электроустановок и проборов в жилых и общественных зданиях является применение устройств защитного отключения, управляемых дифференциальным током (УЗО-Д). Это устройство представляет собой коммутационный аппарат, который при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения при определённых условиях эксплуатации должен вызвать размыкание контактов. УЗО-Д нашли широкое применение в европейских странах, где в эксплуатации находятся около шестисот миллионов УЗО, установленных в жилых и общественных зданиях. Опыт эксплуатации УЗО доказал их высокую эффективность как средство защиты от токов повреждений .

Из всех известных электрозащитных средств УЗО является:

- единственным, обеспечивающим защиту человека от повреждения электрическим током в случае прямого прикосновения к токоведущим частям;

- способным осуществлять защиту от возгораний и пожаров, возникающих вследствие неисправности электрооборудования, электропроводки.

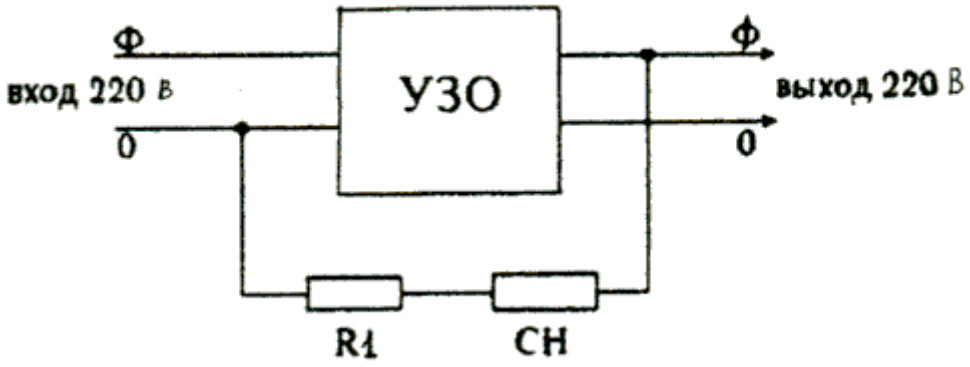
При малых токах замыкания, снижении уровня изоляции, а также обрыве нулевого защитного проводника зануление недостаточно эффективно, поэтому в этих случаях УЗО является единственным средством защиты человека от поражения электрическим током .

Кроме того, УЗО заблаговременно, до развития в КЗ, отключает электроустановку от источника питания (это УЗО противопожарного назначения с уставкой 300 мА).

УЗО со встроенной защитой от сверхтоков часто называют «дифференциальный автомат», «дифференциальный выключатель». Это название – ошибочное, не соответствует российским стандартам. Оно появилось в результате неправильного перевода иностранного

В настоящее время идёт увеличение нагрузок в электроустановках зданий

Кроме своего основного назначения, указанного выше, УЗО может использоваться для защиты от скачков напряжения в сети, рис.8.13. принцип действия состоит в том, что при увеличении напряжения свыше 270 В возникает дифференциальный ток, протекающий через нелинейное сопротивление СН, что приводит к отключению УЗО.



СН – сопротивление нелинейное; R1 – омическое сопротивление;
УЗО с отключающимся дифференциальным током 30 мА
Рисунок 8.13 - Принципиальна схема включения УЗО для защиты
от скачков напряжения в сети:

Ниже приведены различные схемы электроустановок зданий с применением УЗО, рисунки 8.14, 8.15, 8.16 .

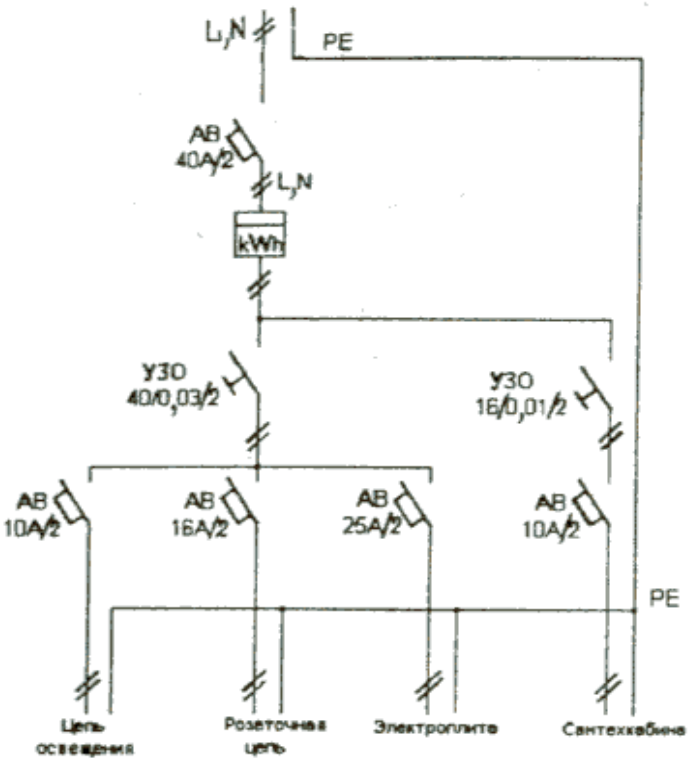
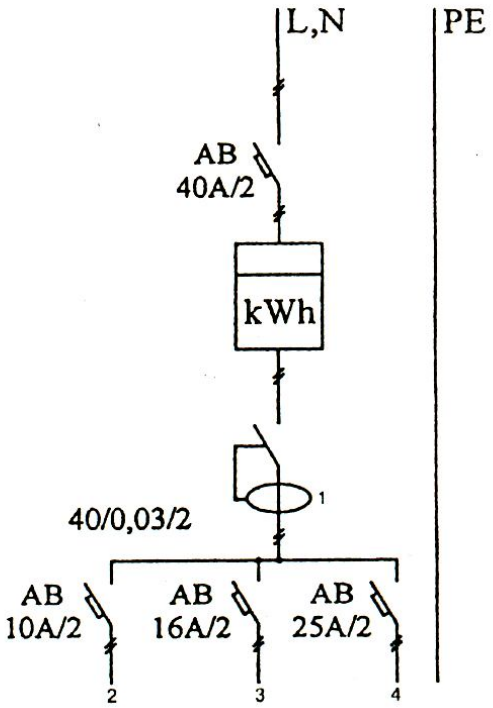
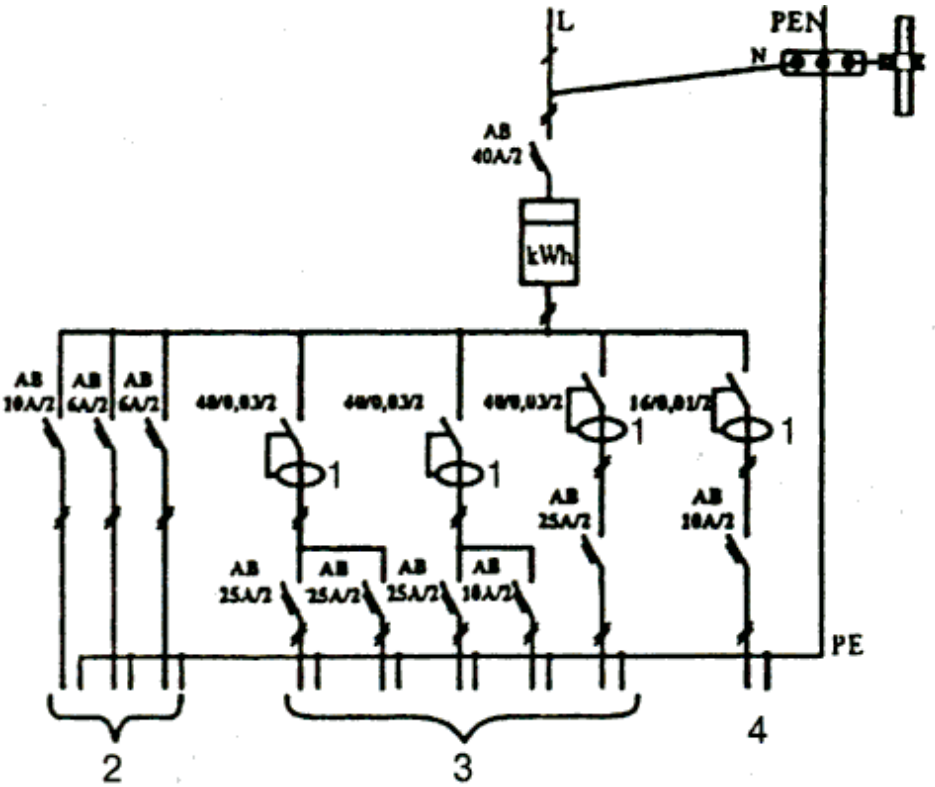


Рисунок 8.14 - Принципиальная схема электроснабжения квартиры с системой TN-S



(Рекомендуемое временное решение для старого жилого фонда):
1 – УЗО; 2 – цепь освещения; 3 – розеточная цепь; 4 – электроплита

Рисунок 8.15 - Схема электроснабжения квартиры при отсутствии защитного проводника PE в розеточной цепи и цепи освещения



1 – УЗО; 2 – освещение; 3 – розеточные цепи; 4 – ванная комната

Рисунок 8.16 - пример электроснабжения двухкомнатной квартиры (TN-C-S):

Обеспечение селективности при применении УЗО

По условиям функционирования УЗО подразделяют на следующие типы:

- АС – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий;
- А – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный

дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие;

- В – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи;

- S – устройство защитного отключения, селективное (с выдержкой времени отключения);

- G – то же, что и тип S, но с меньшей выдержкой времени.

Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные

машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомагнитофоны, персональные компьютеры и др.

В жилых зданиях, как правило, должны применяться УЗО типа А, реагирующие не только на переменные, но и на пульсирующие токи повреждений.

Практически все персональные компьютеры, телевизоры, видеомагнитофоны имеют импульсные блоки питания; все последние модели электроинструмента, стиральных машин, швейных машин, бытовых кухонных электроприборов снабжены тиристорными регуляторами без разделительного трансформатора. Широко применяются различные светильники – торшеры, бра с тиристорными светорегуляторами.

Следовательно, вероятность возникновения утечки пульсирующего постоянного тока, а значит и поражения человека значительно возросла, что явилось причиной для внедрения УЗО типа А.

УЗО устанавливают:

- во ВРУ, расположенных в помещениях без повышенной опасности поражения током, в местах, доступных для обслуживания;

- в групповых цепях электроустановки зданий, где имеет место наибольшая вероятность электропоражения людей при прикосновении к токоведущим или открытым проводящим частям электрооборудования, которые могут из-за повреждения изоляции оказаться под напряжением (розеточные группы, ванные, душевые комнаты, стиральные машины и др.);

- УЗО, предназначенные для осуществления противопожарной защиты, должны устанавливаться на главном вводе объекта;

- в многоквартирных жилых домах УЗО рекомендуется устанавливать в групповых, в том числе в квартирных щитках, допускается их установка в этажных распределительных щитках; в индивидуальных домах – во ВРУ и этажных распределительных щитках;

- в схемах электроснабжения радиального типа со значительным количеством отходящих групп рекомендуется установка общего на вводе и отдельного УЗО на каждую группу при условии соответствующего выбора параметров УЗО, обеспечивающих селективность их действия.

Для обеспечения селективной работы нескольких УЗО в радиальных схемах электроснабжения необходимо учитывать следующие факторы :

- в силу очень высокого быстродействия УЗО практически невозможно обеспечить селективность действия УЗО по току утечки при значениях уставок на соседних ступенях защиты, например, 10 и 30 мА; или 30 и 300 мА;

- на практике утечка тока в электроустановке вовсе не обязательно плавно увеличивается по мере старения изоляции, появления мелких дефектов и т.д.

Возможны пробой изоляции или её серьёзное повреждение, когда ток утечки мгновенно достигает значения, превышающего уставки на обеих ступенях защиты. При этом возможно срабатывание любого из УЗО, установленных последовательно в цепи;

- селективность работы УЗО может быть обеспечена применением модификации УЗО с задержкой срабатывания (УЗО с индексом «S» и «G»).

Важно учесть, что УЗО, работающие с выдержкой времени, находятся более долгое время под воздействием экстремальных токов, поэтому к ним предъявляются повышенные требования по условному току короткого замыкания, термической и динамической стойкости, коммутационной способности и т.д.

На главном вводе в распределительном щите электроустановки, как правило, устанавливают УЗО противопожарного назначения типа «S» с номинальным отключающим дифференциальным током 300 или 500 мА.

На рис. 8.17 приведены примеры схем с двумя и тремя уровнями селективности.

Как правило, УЗО применяются вместе с автоматическими воздушными выключателями или плавкими предохранителями, селективность действия которых также надо обеспечивать в системах электроснабжения.

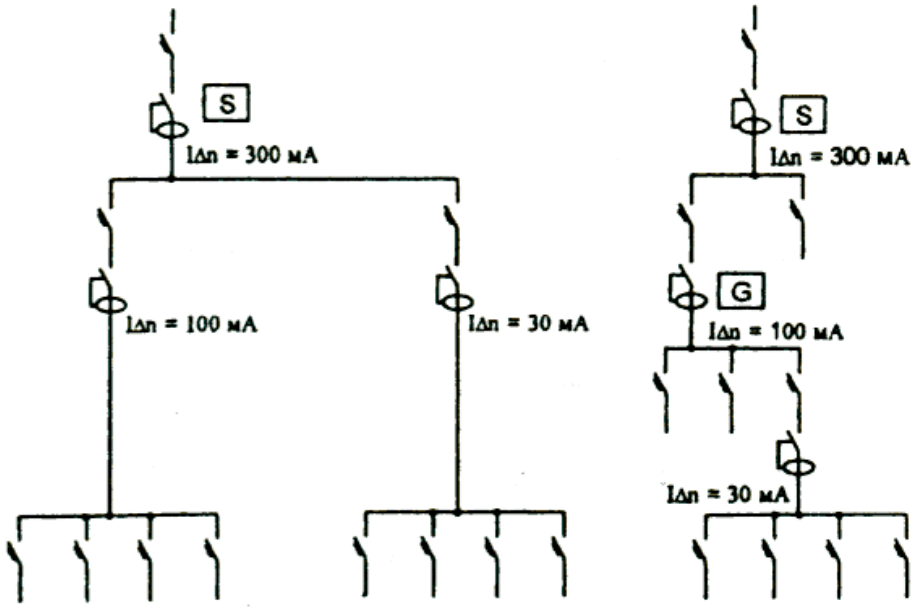


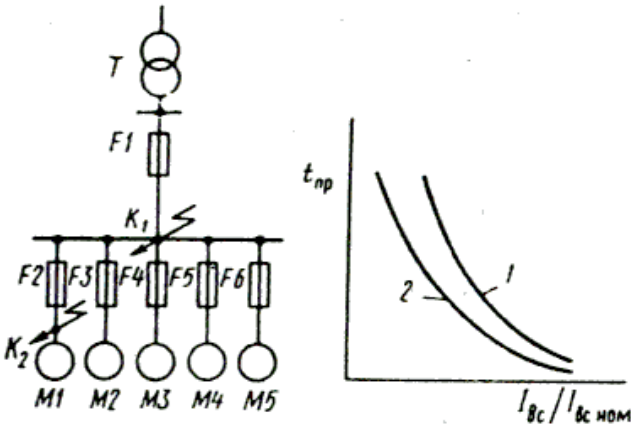
Рисунок 8.17 - Примеры схем с двумя и тремя уровнями селективности

Как правило, УЗО применяются вместе с автоматическими воздушными выключателями или плавкими предохранителями, селективность действия которых также надо обеспечивать в системах электроснабжения.

Если в сети установлено несколько последовательно включённых предохранителей, рис. 8.18, то при КЗ, например, в точке K_2 плавкая вставка предохранителя F_2 должна разорвать дугу раньше, чем плавкая вставка предохранителя F_1. Это возможно в том случае, если защитная характеристика 1 плавкой вставки предохранителя F_1 расположена выше защитной характеристики 2 плавкой вставки предохранителя F_2 во всём диапазоне токов, проходящих по защищаемой цепи при перегрузках и при КЗ.Для получения селективного действия большинства типов предохранителей необходимо исходить из следующего:

- для последовательно установленных однотипных низковольтных предохранителей следует выбирать плавкие вставки с номинальными токами, отличающимися на две ступени шкалы;

- для разнотипных предохранителей плавкие вставки выбирают с номинальными токами, отличающимися больше, чем на две ступени шкалы, сохраняя требуемую чувствительность.



а) схема электроснабжения; б) защитные характеристики предохранителей 1 и 2

Рисунок 8.18 - Защита предохранителями радиальной сети с односторонним питанием:

Однако, как показал опыт эксплуатации, такое согласование низковольтных предохранителей не всегда обеспечивает их селективную работу. Это связано с тем, что фактическое время отключения предохранителя может отличаться от полученного по его защитной характеристике.Для обеспечения селективного отключения последовательно установленных автоматов защитные характеристики их расцепителей не должны пересекаться, причём уставка тока у расцепителя выключателя SF1, расположенного ближе к источнику питания, должна быть больше, чем у расцепителя автомата SF2, рис. 8.19. При согласовании защитных характеристик среднюю погрешность действия расцепителей принимают равной ± 20 % независимо от типа автомата.

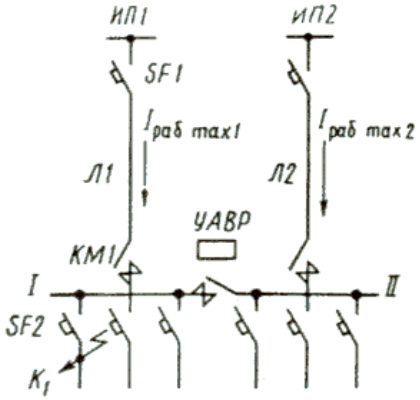


Рисунок 8.19 - Защита сети автоматическими выключателями

Селективность обеспечивается также, если согласовывать номинальные токи плавких вставок по следующему выражению

$$I_{ВС.НОМ.1} \geq 1{,}26\ I_{ВС.НОМ.2}.$$

В сетях напряжением до 1 кВ необходима селективность при совместной работе автоматических выключателей и предохранителей. В случае, когда ближе к источнику питания находится автоматический выключатель, селективности достичь просто, используя селективный автоматический выключатель. В случае, когда ближе к источнику находится предохранитель, требования к селективности такие же, как при согласовании между собой защитных характеристик предохранителей.

Как говорилось ранее, автоматические выключатели имеют преимущества по сравнению с предохранителями: в нормальном режиме и при любых видах КЗ они производят отключение всех трёх фаз, тем самым исключаются неполнофазные режимы. Это позволяет с их помощью выполнить схемы сетевой автоматики (УАПВ, УАВР); расцепители автоматических выключателей являются более совершенным устройством, чем плавкая вставка предохранителя.

9 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Электроснабжение производственных предприятий и населённых пунктов в сельской местности имеет свои особенности по сравнению с электроснабжением городов. Главная из них – необходимость подводить электроэнергию к огромному числу сравнительно маломощных объектов, рассредоточенных на большой площади. В результате протяжённость сетей (в расчёте на единицу мощности потребителей) во много раз больше, чем в других отраслях.

Все это говорит о сложности проблемы электроснабжения сельского хозяйства, от решения которой зависит экономическая эффективность применения электроэнергии в сельскохозяйственном производстве и быту.

Наряду с развитием систем электроснабжения сельского хозяйства происходит их реконструкция. Часть воздушных линий 0,38 и 10 кВ с неизолированными проводами заменяют самонесущими изолированными проводами (СИП).

Важный показатель системы электроснабжения - надёжность подачи электроэнергии. Для крупных сельскохозяйственных предприятий (животноводческих ферм, птицефабрик, тепличных комбинатов и др.) любое отключение – плановое (для ревизии и ремонта) и особенно аварийное – наносит огромный ущерб потребителям. Поэтому необходимо применять эффек-

тивные меры по обеспечению требуемого уровня надёжности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

9.1 Расчёт электрических нагрузок

Расчетной нагрузкой считается наибольшее значение полной мощности за промежуток 30 минут (получасовой максимум), которое может возникнуть на вводе к потребителю или в питающей сети в расчетном году с вероятностью не ниже 0,95.Расчетным периодом является время с момента ввода установки в эксплуатацию до достижения нагрузкой расчетного значения.Расчетным годом считается последний год расчетного периода, на который определяется уровень нагрузок и другие параметры электроустановок. Различают дневные и вечерние расчетные активные (реактивные) нагрузки. За расчетную нагрузку для выбора сечений проводов или мощности трансформаторных подстанций принимается большая из величин дневной или вечерней расчетных нагрузок. или отклонения напряжения в сетях рассчитываются отдельно для режима дневных и вечерних нагрузок. Сельским жилым домом при расчете электрических нагрузок считается одноквартирный дом или квартира в многоквартирном доме, имеющие отдельный счетчик электроэнергии. При проектировании внешних сетей 0,38 кВ расчетные нагрузки на вводе сельских жилых домов с электроплитами принимаются равными 6 кВт, а с электроплитами и электроводонагревателями – 7,5 кВт. Нагрузки бытовых кондиционеров учитываются путем увеличения расчетных нагрузок на вводе жилых домов на 1 кВт.

Расчет электрических нагрузок в сетях 0,38 – 10 КВ

Расчет электрических нагрузок в сетях 0,38 кВ производится исходя из расчетных нагрузок на вводе потребителей и соответствующих коэффициентов одновременности отдельно для дневного и вечернего максимумов:

$$P_Д = K_O \cdot \sum P_{ДI} \quad (9.1)$$

$$P_В = K_O \cdot \sum P_{BI}, \quad (9.2)$$

где $P_Д$, $P_В$ – расчетная дневная, вечерняя нагрузки на участке линии или шинах трансформаторной подстанции кВт; K_O – коэффициент одновременности, табл. 2.1; $P_{ДI}$, P_{BI} – дневная, вечерняя нагрузки на вводе I-го потребителя, кВт, табл. 2.2.Если нагрузки потребителей отличаются по величине более чем в 4 раза, их суммирование рекомендуется проводить по табл.2.3. При суммировании нагрузок по таблице к большей нагрузке прибавляется добавка ΔР от меньшей нарузки.Допускается определение расчетных нагрузок по одному режиму – дневному, если суммируются только производственные потребители, или вечернему, если суммируются только бытовые потребители. Коэффициенты дневного или вечернего максимума принимаются: для производственных потребителей $K_Д = 1$, $K_В = 0,6$; для бытовых потребителей: дома без электроплит – $K_Д = 0,3$-$0,4$, $K_В = 1$; дома с электроплитами – $K_Д = 0,6$, $K_В = 1$; для смешанной нагрузки – $K_Д = K_В = 1$. При смешанной нагрузке отдельно определяются нагрузки на участках сети с жилыми домами, с производственными, общественными помещениями и коммунальными предприятиями с использованием соответствующих коэффициентов одновременности. Суммирование нагрузок участков сети производится по табл.2.3.Полная мощность на участках сети 0,38 кВ определяется из расчетных активных нагрузок P_P этих участков и соответствующих коэффициентов мощности (cosφ), приведенных в табл.2.4,

$$S = \frac{P_P}{\cos\varphi}. \quad (9.3)$$

При наличии в зоне электроснабжения сезонных потребителей (например, теплицы, орошение и т.п.) расчетные нагрузки сети определяются с учетом коэффициентов сезонности $K_{СЕЗ}$, согласно табл. 2.5.Годовое потребление электроэнергии на шинах ТП (трансформаторной подстанции) 10/0,4 кВ определяется приближенно по величине расчетной нагрузки и годовому числу часов ее использования $T_{МАКС}$ (кроме сезонных потребителей) в соответствии с табл. 2.6

$$W_{год} = P_P \cdot T_{МАКС}. \quad (2.4)$$

Определив полную суммарную нагрузку на шинах ТП 0,4 кВ, можно выбрать трансформаторы на подстанции (см. раздел 2.2.4).Определив полную мощность на участках сети 0,38 кВ, можно выбрать сечения проводов (см. раздел 2.3.2). Расчет электрических нагрузок в сетях напряжением 6-20 кВ производится исходя из ранее определенных расчетных нагрузок на шинах ТП – 6(10) кВ по формулам (9.1) и (9.2) и соответствующих коэффициентов одновременности,

табл.2.7. Если нагрузки подстанций 6(10)/0,4 кВ отличаются по величине более чем в 4 раза, их суммируют по табл. 2.8. При суммировании нагрузок по таблице к большей нагрузке прибавляется добавка ΔР от меньшей нагрузки. Расчет электрических нагрузок в сетях напряжением 35-110 кВ производится исходя из ранее определенных расчетных нагрузок на шинах ТП 35-110 кВ по известным формулам (9.1) и (9.2) и соответствующих коэффициентов одновременности, табл.2.9.При определении электрических нагрузок должны быть учтены все приемники электроэнергии, в том числе промышленных, коммунально-бытовых и других предприятий, находящихся в зоне проектируемого объекта. Электрические нагрузки следует принимать на перспективу 10 лет для выбора сечений проводов и жил кабелей и 5 лет для выбора трансформаторов, считая от года ввода в эксплуатацию линий электропередачи и трансформаторных подстанций. Коэффициент роста нагрузок для существующих ТП принимается в зависимости от вида потребителей .

Графики электрических нагрузок сельских потребителей

Исходными данными для всех технических и экономических расчетов систем электроснабжения сельских районов служат сведения об электрических нагрузках потребителей. По своей природе электрические нагрузки представляют собой случайные величины и поэтому для их исследований и расчета широко применяют аппарат теории вероятностей и математической статистики. Информацию о нагрузках обычно выражают в виде графиков - зависимостей от времени активной, реактивной, полной мощностей (или токов). Графики нагрузок могут быть построены за любые периоды времени – сутки, недели, месяцы, годы. Под графиком нагрузки понимается изменение в течение суток средней активной и реактивной мощностей и их дисперсий. Графики нагрузок используют для определения максимальной мощности (или тока), необходимой для определения потерь электроэнергии и разработке мероприятий по их снижению, при выборе мощности конденсаторных установок для компенсации реактивных нагрузок, при расчетах и выборе релейной защиты и средств автоматики и т.п. Типовой график электрических нагрузок – это усредненный по времени и набору токоприемников график нагрузки аналогичных по режиму работы потребителей или элементов сети. В альбоме представлены суточные почасовые графики электрических нагрузок по четырем сезонам года. В табл.2.11 приведены коэффициенты сезонности $К_Р$ активных нагрузок, а в табл. 2.12 - типовые графики активных мощностей характерных групп сельскохозяйственных потребителей для расчета сетей 6-10 кВ в режиме максимальных (зима) и минимальных (лето) нагрузок. В практике удобен годовой график по продолжительности, для построения которого используют суточные графики электрических нагрузок. Можно условно принять продолжительность зимнего периода 100 дней, летнего – 265. По оси ординат годового графика по продолжительности в соответствующем масштабе откладывают нагрузки в кВт от $Р_{МАКС}$ до $Р_{МИН}$, а по оси абсцисс – часы года от 0 до 8760 (24 · 365 = 8760).Площадь годового графика выражает количество потребленной электроэнергии за год в кВт·ч.По данным графика определяют число часов использования максимальной нагрузки,ч.,

$$T_M = \frac{\left(200\sum P_{З1} + 165\sum P_{Л1}\right)}{P_{МАКС.З}}, \qquad (9.5)$$

где $Р_{ЗI}$ – нагрузка I-го часа в декабре, кВт; $Р_{ЛI}$ – нагрузка I-го часа в июне,кВт; $Р_{МАКС.З}$ – максимальная нагрузка в зимний период, кВт.

Время максимальных потерь $\tau_М = (0{,}124 + Т_М \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760$.

Расчет сетей наружного освещения.

Основной задачей освещения улиц и внутрирайонных проездов является обеспечение безопасности движения в темное время суток. Уличное освещение должно обеспечивать нормированную величину освещенности или средней яркости дорожного покрытия. Освещенность должна быть по возможности равномерной. Сети наружного освещения рекомендуется выполнять кабельными или воздушными с использованием самонесущих изолированных проводов. В обоснованных случаях для воздушных распределительных сетей освещения улиц, площадей, территорий микрорайонов и населённых пунктов допускается использовать неизолированные провода .В сетях наружного освещения следует применять напряжение 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали. Кабельными должны выполняться распределительные сети ос-

вещения территорий детских яслей-садов, общеобразовательных школ, школ-интернатов .Сечения нулевых жил кабелей в осветительных установках с газоразрядными источниками света следует, как правило, принимать равными сечению фазных проводов. Электрическая нагрузка наружного освещения улиц определяется типом светильника, шириной улиц и их покрытием. Значения электрической нагрузки уличного освещения в сельских населённых пунктах приведены в табл. 2.13 .Мощность светильников хозяйственных дворов принимают из расчёта 250 Вт на помещение и 3 Вт на 1 м погонной длины периметра хоздвора. Расчётная нагрузка наружного освещения площадей общественных и торговых центров принимается по норме 0,5 Вт/м^2 площади.

Выбор расположения подстанций напряжением 10/0,4 кВ

Правильное размещение трансформаторных подстанций (ТП) в поселке городского типа существенно влияет на экономические показатели и надежность системы электроснабжения потребителей. Методика выбора центра электрических нагрузок приведена в разделе 8.1.

9.2 Выбор и расчет схем электрических сетей внешнего электроснабжения

Напряжение сетей

К электрическим сетям сельскохозяйственного назначения относятся сети напряжением 0,38-110 кВ, от которых снабжаются электроэнергией преимущественно (более 50% по расчетной нагрузке) сельскохозяйственные потребители, включая коммунально-бытовые, объекты мелиорации и водного хозяйства, а также предприятия и организации, предназначенные для бытового и культурного обслуживания сельского населения. Основной системой напряжений в электрических сетях сельскохозяйственного назначения является 110/35/10/0,38 кВ с подсистемами напряжений 110/10/0,38; 35/10/0,38 кВ.

Нормы надежности

Сельскохозяйственные потребители и их электроприемники в отношении требований к надежности электроснабжения разделяются на три категории.

К потребителям первой категории относятся:

1. Животноводческие комплексы и фермы:

- по производству молока на 400 и более коров;
- по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота (КРС) на 5 тыс. и более голов в год;
- по выращиванию нетелей на 3 тыс. и более скотомест;
- площадки по откорму КРС на 5 тыс. и более голов в год;
- комплексы по выращиванию и откорму 12 тыс. и более свиней в го

2. Птицефабрики:

- по производству яиц с содержанием 100 тыс. и более кур-несушек;
- мясного направления по выращиванию 1 млн и более бройлеров в год;
- хозяйства по выращиванию племенного стада кур на 25 тыс. и более голов, а также гусей, уток и индеек 10 тыс. и более голов.

К потребителям второй категории относятся:

- животноводческие и птицеводческие фермы с меньшей производст-венной мощностью, чем указано ранее для потребителей первой категории;
- тепличные комбинаты;
- кормоприготовительные заводы и отдельные цехи при механизи-рованном приготовлении и раздаче кормов;
- картофелехранилища емкостью более 500 т с холодоснабжением и активной вентиляцией;
- холодильники для хранения фруктов емкостью более 600 т;
- инкубационные цехи рыбоводческих хозяйств и ферм .

Все остальные сельскохозяйственные потребители и электроприемники относятся к третьей категории.

Электроприемники и потребители первой категории должны обеспечиваться электроэнергией не менее чем от двух независимых источников питания и перерыв в электроснабжении допускается лишь на время автоматического переключения с одного источника на резервный (АВР).

Электроприемники и потребители второй категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых источников питания.

В зоне централизованного электроснабжения вторым источником питания, как правило, является другая секция шин 10 кВ двухтрансформаторной подстанции 35-110/10 кВ с двусторонним питанием по сети 35-110 кВ, от которой осуществляется основное питание.

Особую группу потребителей II категории составляют потребители, перерыв в электроснабжении которых не должен превышать 0,5 ч. К ним отнесены:

- на комплексах и фермах молочного направления – системы поения коров в стойлах, в доильных залах, рабочее освещение в доильных залах, системы промывки молокопроводов и подогрева воды, локального обогрева и облучения телят, дежурного освещения в родильных отделениях;
- на свиноводческих комплексах и фермах – отопительно-вентиляционные системы в свинарниках-откормочниках и в свинарниках для поросят;
- на птицефабриках и птицефермах – системы поения птицы, локального обогрева цыплят в первые 20 дней, вентиляции в птичниках с напольным и клеточным содержанием, инкубации яиц и вывода цыплят, сортировки яиц и цыплят, транспортировки, санитарно-убойного пункта, котельных, мазутного хозяйства, градирни, хлораторной станции обезжелезивания, канализационной насосной станции;
- для всех сельскохозяйственных предприятий установки пожаротушения и котельные с котлами высокого и среднего давления.

Для резервного питания электроприемников первой и второй категорий надежности, не допускающих перерывов в электроснабжении длительностью более 0,5 часа, должна предусматриваться установка автономных источников резервного питания дополнительно к резервному питанию по электрическим сетям. В качестве автономных источников резервного питания могут быть использованы стационарные или передвижные электростанции (ДЭС) и стационарные или передвижные источники питания с приводом от трактора. Мощности резервируемых электроприёмников :

Тип и производственная характеристика предприятия	Расчетная мощность резервируемых приемников, кВт
Ферма молочного направления	
на 200 коров	15-25
на 300 коров	20-25
на 400 коров	30
Ферма по выращиванию нетелей	
до шести-восьмимесячного возраста:	
на 3 тыс. ското-мест	60
на 6 тыс. ското-мест	100
Ферма по выращиванию и откорму молодняка КРС:	
производительностью 5 тыс. голов в год:	100
производительностью 10 тыс. голов в год	200
Ферма мясного направления:	
производительностью 0,6-1,2 коров в год	30
производительностью 2-3 тыс. коров в год	60
Ферма по выращиванию и откорму свиней:	
производительностью 3 тыс. свиней в год	60
производительностью 6 тыс. свиней в год	100
Птицефабрики и птицефермы:	
на 20 тыс. кур	60
на 100 тыс. кур	200
Фабрики по производству бройлеров:	
производительностью 0,2 млн	300

производительностью 0,5 млн 400

Требования к схемам электрических сетей

Если в направлении ВЛ, намечаемой к строительству, в перспективе потребуется сооружение линии более высокого напряжения, то эта линия должна проектироваться на более высокое напряжение с временным использованием сроком до 5 лет на более низком напряжении.Основу электрической сети 10 кВ должны составлять воздушные взаимно резервирующие секционированные магистральные линии электропередачи, опорные трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ и распределительные пункты 10 кВ (РП).ОТП 10/0,4 кВ представляют собой подстанции 10/0,4 кВ с развитым распределительным устройством 10 кВ (РУ 10 кВ), предназначенным для присоединения радиальных линий электропередачи 10 кВ, автоматического секционирования и резервирования магистрали, размещения устройств автоматики и телемеханики.ОТП следует устанавливать у потребителей первой категории, на хозяйственных дворах центральных усадеб колхозов, совхозов. ОТП присоединяются в рассечки магистрали линий электроснабжения.РП должны оборудоваться устройствами АВР (автоматическое повторное включение) на секционном выключателе 10 кВ.Магистральная линия 10 кВ должна иметь сетевой резерв от независимого источника питания.

Выбор числа и мощности трансформаторов 10/0,4 кВ

На трансформаторных подстанциях напряжением 10/0,4 кВ должны проектироваться по два трансформатора при электроснабжении потребителей первой и второй категорий надежности, не допускающих перерыва в электроснабжении более 0,5 часа, также потребители второй категории при расчетной нагрузке на подстанции 250 кВт и более. При меньшей нагрузке потребителя применяют, как правило, однотрансформаторные подстанции 10/0,4 кВ .Выбор установленной мощности трансформаторов одно- и двухтранс-форматорных подстанций производится по условиям их работы в нормальном режиме по экономическим интервалам нагрузки, исходя из условия:

$$S_{ЭК.\,МИН} \le \frac{S_P}{n} \le S_{ЭК.МАКС}, \qquad (9.7)$$

где S_P –расчетная нагрузка подстанции, кВ·А; n – количество трансфор-маторов в зависимости от надежности потребителей; $S_{ЭК\ МИН}$, $S_{ЭК\ МАКС}$ – соответственно, минимальная и максимальная границы экономического интервала нагрузки трансформатора принятой номинальной мощности; определяется по табл.2.15 в зависимости от зоны сооружения подстанции и вида нагрузки потребителей, табл.2.14.Принятые номинальные мощности трансформаторов проверяются по условиям их работы в нормальном режиме по допустимым систематическим нагрузкам и в послеаварийном – по допустимым аварийным перегрузкам.

Допустимая систематическая нагрузка трансформатора – нагрузка, при которой износ изоляции в течение расчетного периода эксплуатации равен или меньше износа за тот же период при номинальном режиме работы трансформатора.

Номинальный режим работы трансформатора–режим работы при постоянной номинальной нагрузке и неизменной температуре охлаждающего воздуха, равной 20°С.

Допустимая аварийная перегрузка трансформатора – нагрузка, определяемая исходя из условия, при котором не превышается предельно допустимая температура наиболее нагретой точки обмотки, равной 160°С. Коэффициенты допустимых систематических нагрузок и аварийных перегрузок – кратность допустимых нагрузок и перегрузок по отношению к номинальной мощности трансформатора. Для нормального режима эксплуатации номинальные мощности трансформаторов S_H проверяются, исходя из условия:

$$\frac{S_P}{n \cdot S_И} \le K_C, \qquad (9.8)$$

где K_C – коэффициент допустимой систематической нагрузки трансфор-матора, определяется по табл. 2.16 в зависимости от вида нагрузки подстанции и номинальной мощности трансформатора для приведенных в таблице значений среднесуточных температур расчетного сезона и номинальных мощностей трансформаторов.

Расчетный сезон – сезон наибольшей расчетной нагрузки подстанции. Среднесуточная температура воздуха расчетного сезона нагрузки подстанции $t_В$ определяется для района установки трансформаторов по данным службы метеорологии. Для значений среднесуточной температуры воздуха расчетного сезона, отличных от $t_{ВТ}$, принятых в табл.2.16, коэффициенты допустимых систематических нагрузок трансформаторов, заданные в таблице, пересчитываются по формуле

$$К_С = К_{СТ} – α (t_В - t_{ВТ}), \quad (9.9)$$

где α – расчетный температурный градиент, $1/^{o}$ С; приведен в табл.2.16; $К_{СТ}$ – табличное значение коэффициента допустимой систематической нагрузки, соответствующее среднесуточной температуре расчетного сезона. При отсутствии возможности резервирования или отключения в послеаварийном режиме части нагрузки подстанции, выбор установленной мощности трансформаторов двухтрансформаторных подстанций производится по послеаварийному режиму из условия отключения одного из трансформаторов и обеспечения другим всей нагрузки подстанции:

$$\frac{S_P}{S_H} \le K_{AB}, \quad (9.10)$$

где $К_{АВ}$ – коэффициент допустимой аварийной перегрузки трансформатора; определяется по аналогии с коэффициентом допустимой систематической нагрузки по табл. 2.16.

При наличии возможности резервирования части нагрузки подстанции в послеаварийном режиме принятые номинальные мощности трансформаторов одно- и двухтрансформаторных подстанций проверяются по условиям их работы в двух послеаварийных режимах эксплуатации: первый режим – отключение одного из трансформаторов на проектируемой двухтрансформаторной подстанции; второй – отключение на одной из соседних подстанций, связанной с проектируемой резервными перемычками.

$$S_{АВР1} / S_Н \le К_{АВ}; \quad (9.11)$$

$$S_{АВР1} = S_Р – S_{РЕЗ1}; \quad (9.12)$$

$$\frac{S_{ABP2}}{n \cdot S_H} \le K_{AB}; \quad (9.13)$$

$$S_{АВР2} = S_Р + S_{РЕЗ2}; \quad (9.14)$$

где $S_{АВР1}$, $S_{АВР2}$ - аварийные расчетные нагрузки, соответственно для первого и второго рассматриваемых послеаварийных режимов; $S_{РЕЗ1}$ – резервируемая в расчетном году нагрузка проектируемой двухтрансформаторной подстанции при отключении одного из трансформаторов, кВ·А; $S_{РЕЗ2}$ –нагрузка, резервируемая в расчетном году трансформаторами проектируемой подстанции при отключениях на одной из соседних подстанций, кВ·А.

Исходя из условий (9.8), (9.10), (9.11), (9.13), выбирают трансформаторы большей мощности.

Трансформаторы напряжением 10/0,4 кВ, как правило, выпускаются с переключением ответвлений без возбуждения (ПБВ).

Выбор типовой трансформаторной подстанции с высшим напряжением 10 кВ

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) применяют для приёма, распреления и преобразования электрической энергии трёхфазного тока частотой 50 Гц .По числу трансформаторов КТП могут быть однотрансформаторными, двухтрансформаторными и трёхтрансформаторными.

По роду установки КТП могут быть:

- внутренней установки с масляными, сухими или заполненными негорючей жидкостью трансформаторами;
- наружной установки (только с масляными трансформаторами);
- смешанной установки с расположением РУ высшего напряжения и трансформатора снаружи, а РУ низшего напряжения внутри помещения.

Для объектов сельскохозяйственного назначения применяются КТП наружной установки мощностью 25…400 кВА, напряжением 6…35/0,4 кВ. Это в основном мачтовые подстанции. КТП состоят из шкафа ввода ВН, трансформатора и шкафа НН, укомплектованного на отходящих линиях автоматическими выключателями.

Трансформаторные подстанции являются составной частью электрических сетей, в связи с чем правильный выбор типа подстанции, её схемы и конструкции имеет существенное значение в надёжном электроснабжении потребителей.

Наилучшими качествами конструкций обладают два типа подстанций:

- при малой мощности до 100-160 кВА – подстанции мачтового (МТП) или столбового типа (СТП), с открытым расположением оборудования на опоре воздушной линии;
- при большой мощности, особенно в районах густой застройки, для электроснабжения ответственных потребителей – подстанции закрытого типа с обслуживанием оборудования внутри помещения.

Определяющими при выборе КТП являются:

- электрическая нагрузка, мощность и количество трансформаторов;
- воздушный или кабельный ввод линий высокого напряжения;
- условия присоединения подстанции к питающей сети (тупиковая, проход-ная, узловая схема).

На рис. 2.1. представлен общий вид мачтовой трансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ с трансформаторами мощностью от 25 до 250 кВА с воздушным вводом линии 10 кВ, а на рис. 2.2. – электрическая схема этой трансформаторной подстанции. На рис. 2.3. представлен общий вид комплектной закрытой трансформаторной подстанции напряжением 10(6)/0,4 кВ с транформаторами мощностью от 160 до 400 кВА проходного типа с воздушным вводом двух линий 10 кВ повышенной заводской готовности, а на рис 2.4. – электрическая схема.

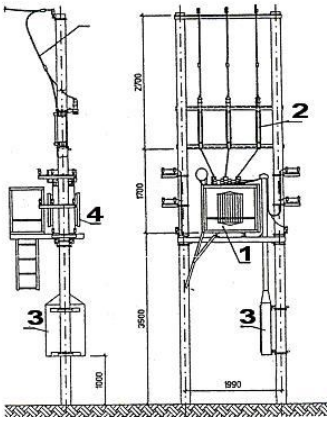


Рисунок 9.1 - Общий вид мачтовой трансформаторной подстанции:
1 – силовой трансформатор; 2 – предохранитель 10 кВ;
3 – шкаф РУ 0,4 кВ; 4 – провод 10 кВ

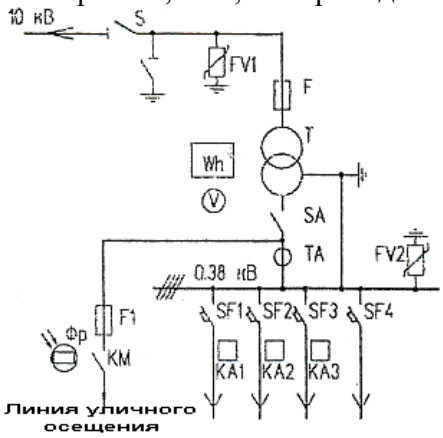


Рисунок 9.2 - Электрическая схема МТП:

S –разъединитель; FV – ОПН 10 кВ;Fредохранитель; T – силовой трансформатор; SA – рубильник; TA – трансформатор тока; FV2 – ОПН 0,4 кВ; SF1…SF4 – выключатель автоматический; F1 – предохранитель 0,4 кВ;
КМ – контактор; Фр – фотореле; Wh – счётчик; V – вольтметр;
КА1…КА3 – реле токовое

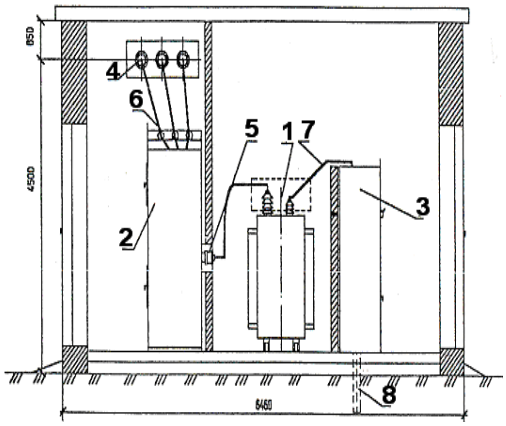


Рисунок 9.3 - Общий вид закрытой КТП: 1 – силовой трансформатор 10/0,4 кВ; 2 – камеры КСО 10 кВ; 3 щит 0,4 кВ; 4, 5 – проходные изоляторы;
6, 7 – шины алюминиевые; 8 – трубы для прокладки кабелей

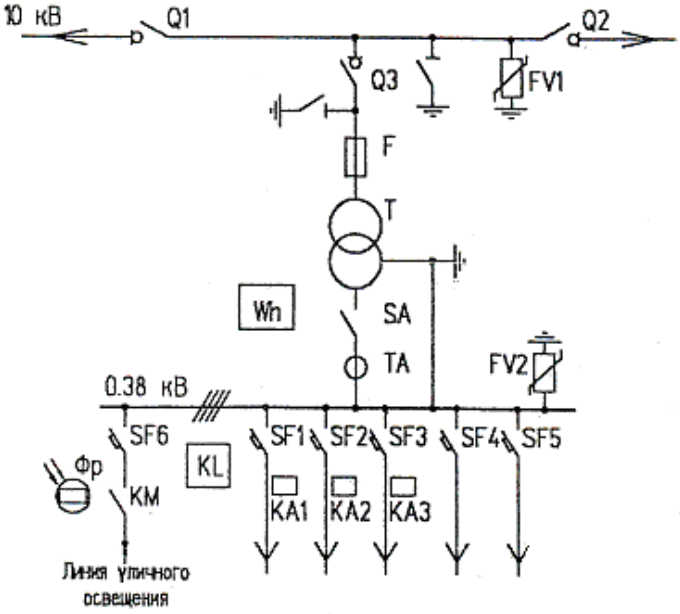


Рисунок 9.4 - Электрическая схема КТП:
Q1, Q2, Q3 – выключатель нагрузки; F – предохранитель 10 кВ; T – трансформатор силовой; SA – рубильник; TA – трансформатор тока; SF1…SF6 – выключатель автоматический; FV – ОПН 10 кВ; FV2 – ОПН 0,4 кВ; Wh – счётчик; КМ – пускатель магнитный; KL – устройство защиты от обрыва фазы; Ка1, КА2, КА3 – токовое реле

9.3 Расчёт электрических сетей

Линии электропередачи напряжением 0,38-10 кВ, как правило, должны быть воздушными. Кабельные линии предусматриваются в случаях, когда по действующим Правилам устройств электроустановок строительство воздушных линий электропередачи не допускается, а также для электро-снабжения ответственных потребителей электроэнергии (животноводческие комплексы, птицефабрики и крупные свиноводческие фермы и др.).

Выбор схем и параметров электрических сетей следует производить по потокам мощности в нормальном, ремонтном и послеаварийных режимах.

ВЛ следует прокладывать, как правило, по двум сторонам улиц. Допускается прохождение их по одной стороне улицы с учетом исключения помех движению транспорта и пешеходов, а также удобства выполнения ответвлений от ВЛ к вводам здания и сокращения числа пересечений ВЛ с инженерными сооружениями.

На участках параллельного следования ВЛ 0,38 и 10 кВ следует рассматривать технико-экономическую целесообразность применения общих опор для совместной подвески на них проводов обеих ВЛ.

Письмом от 26.06.2000 г. № 05-5145 РАО «ЕЭС России» основываясь на результате изучения зарубежного и отечественного опыта строительства и эксплуатации в ряде районов страны, предложило при проектировании, новом строительстве и реконструкции воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ преимущественно применять самонесущие изолированные провода (СИП).

Эти требования нашли отражение ПУЭ 2006 года издания. Пункт 2.4.13 для воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ гласит: «На ВЛ должны, как правило, применяться самонесущие изолированные провода (СИП). В пункте 2.5.1 написано, что воздушные линии электропередачи «напряжением выше 1 кВ и до 20 кВ выполняются проводами с защитной изолирующей оболочкой - защищёнными проводами».

Самонесущие изолированные провода представляют собой провод с алюминиевыми токопроводящими жилами, с изоляцией из светостабилизированного или термопластичного полиэтилена, скрученными с нулевым несущим проводом из алюминиевого сплава, причём для одного из двух типов проводов несущий провод не изолирован, а для другого изолирован.

На кабельных линиях (КЛ) рекомендуется применять кабели с алюминиевыми жилами с пластмассовой изоляцией.

В районах с одноэтажной застройкой для ответвлений от ВЛ к вводам в здания рекомендуется применять самонесущие провода с атмосферостойкой изоляцией .

На ВЛ 0,38 кВ должны применяться железобетонные и деревянные с железобетонными приставками опоры.

На отдельных сложных участках ВЛ (большие переходы через водные пространства, горы, поймы рек, болота и др.) допускается применение марок и сечений проводов, тросов, отличных от применяемых на всей линии, при соответствующем технико-экономическом обосновании.

При реконструкции и расширении действующих сетей напряжением 6 кВ следует предусматривать их перевод на напряжение 10 кВ с использованием, по возможности, установленного оборудования, проводов и кабелей. Сохранение напряжения 6 кВ допускается, как исключение, при соответствующих технико-экономических обоснованиях.

Выбор сечения проводов ВЛ напряжением 0,38 и 10 кВ

Электрические сети напряжением 0,38 кВ должны быть переменного трехфазного тока с глухозаземленной нейтралью.

ПУЭ рекомендует выполнять ВЛ 0,38 кВ трехфазными по всей длине алюминиевыми проводами одного сечения (не менее 50 мм^2), а сооружать сельские ВЛ 10 кВ в соответствии с так называемым магистральным принципом. Согласно этому принципу, на магистралях ВЛ 10 кВ монтируют провода сечением 70-95 мм^2, а на ответвлениях - не менее 35 мм^2.

Конкретное экономическое сечение проводов определяют следующим образом:

1. Находим расчетную нагрузку Si на каждом участке линии .

2. Определяем расчётный ток $I_{Р.Г.}$, А, на головном участке линии

$$I_{Р.Г.} = \frac{S_{Р.Г.}}{\sqrt{3} \cdot U} \qquad (9.15)$$

где $S_{Р.Г.}$ –полная мощность, кВ·А İ-го участка магистрали; U – номинальное напряжением сети, равное 0,38 или 10 кВ.

В число участков магистрали включаются участки с мощностью более 20% головного участка.

3. Производим выбор сечения изолированных проводов исходя из условия

$$I_{ДЛ.ДОП.} \geq I_{Р.Г.},$$

где $I_{ДЛ.ДОП}$ – длительно допустимый ток провода выбранного сечения.

Длительно допустимые токи для изолированных проводов напряжением 0,38 кВ (СИП-1, СИП-1А, СИП-2, СИП-2А) приведены в табл.2.21, а для проводов напряжением 10 кВ (СИП-3) – в табл. 2.22. Аналогично выбираем сечение проводов на ответвлениях.

4. Выполняем проверку СИП-3 10 кВ на термическую стойкость. Расчёт производится при расчёте токов короткого замыкания.

5. Определяем потери напряжения при выбранных сечениях по формуле:

$$\Delta U,\% = \frac{\left[S_1 \cdot L_1 \cdot \left(R_0 \cdot \cos\varphi + X_0 \cdot \sin\varphi\right) \cdot 100\right] \cdot 10^{-3}}{U^2} \qquad (9.16)$$

где S_i, L_i – соответственно, полная мощность, кВ·А, и длина, км, i-го участка; R_0, X_0 – соответственно активное и индуктивное сопротивления 1 км провода, Ом; U – номинальное напряжение сети, кВ.

Значения R_O для проводов напряжением 0,38 кВ приведены в табл.2.21, а для проводов напряжением 10 кВ – в табл. 2.22.

При одинаковом расстоянии между проводами реактивное индуктивное сопротивление воздушных проводов весьма незначительно изменяется при изменении их сечения.

Это обстоятельство дает возможность для линий напряжением 0,38-20 кВ принять его равным X_0 = 0,1 Ом/км .

Если потери напряжения превысят допустимые, то на ряде участков, начиная с головного, необходимо увеличить сечения. При этом не следует принимать в линии более 3-4 различных сечений проводов.

6. Расчет заканчивается проверкой потерь напряжения в линии $\Delta U_Л$, которая не должна превышать допустимые потери напряжения $\Delta U_{ДОП}$.

В результате должно выполняться условие:

$$\Delta U_{ДОП} > \Delta U_Л. \qquad (9.17)$$

Допустимые потери напряжения не должны превышать в электрических сетях напряжением 10 кВ 10%, напряжением 220 и 380 В – 8%; в электропроводках одноэтажных жилых домов – 1%; в электропроводках зданий, сооружений, двух- и многоэтажных жилых домов – 2%.

При отсутствии исходных данных для расчета отклонения напряжения у электроприемников потери напряжения в элементах сети 0,38 кВ рекомендуется принимать: в линиях, питающих преимущественно коммунально-бытовые потребители – 8%, производственные – 6,5%, животноводческие комплексы – 4% от номинального напряжения .

Расчет потерь мощности и энергии в электрических сетях

Одна из важнейших задач энергетики в настоящее время заключается в экономии энергоресурсов. Поэтому большое значение имеет снижение потерь мощности и энергии в электрических сетях, в том числе и в сетях сельских районов.

Во-первых, указанные сети сильно разветвлены и состоят из большого числа участков, что само по себе повышает трудоемкость расчетов. Во-вторых, и это главное, в большинстве случаев отсутствует информация о величине нагрузки на отдельных участках ВЛ. В лучшем случае имеются данные о нагрузке головного участка ВЛ 10 и 0,38 кВ. Поэтому при расчете потерь в этих линиях приходится прибегать к ряду искусственных приемов .

Один из таких приемов заключается в использовании понятия эквивалентного сопротивления ВЛ $R_{ЭК}$, определяемого по формуле

$$R_{ЭК} = \frac{\Delta P}{3 \cdot \dot{I}_Г^{\,2}} = \sum \frac{S_1^2 \cdot R_1}{S_Г^2}, \qquad (9.20)$$

где ΔP – суммарные потери активной мощности в разветвленной линии, кВт; $\dot{I}_Г$, S_i – соответственно ток, А, и полная мощность, кВ·А, головного участка ВЛ; S_i, R_i – соответственно полная мощность, кВ·А, и активное сопротивление, Ом, i-го участка ВЛ; n – число участков.

Нагрузку на участках ВЛ можно считать распределенной пропорционально номинальным мощностям потребительских трансформаторов.

Потери энергии в линии за год, кВт·ч,

$$\Delta W = (S_Г^2 \cdot R_{ЛЭ} \cdot \tau_М \cdot 10^{-3}) / U_Н^2, \qquad (9.21)$$

где $S_Г$ – расчетная мощность на головном участке, кВ·А; $U_Н$ – номинальная мощность линии, кВ; $\tau_М$ – время максимальных потерь, ч.

Потери энергии в трансформаторах в режиме холостого хода (х.х.) проще вычислить прямым счетом

$$\Delta W_{ТХ} = \sum \Delta P_j \cdot 8760, \quad (9.22)$$

где ΔP_j – потери х.х. каждого трансформатора, кВт; m – число трансформаторов.

Для расчета нагрузочных потерь энергии в трансформаторах необходимо сначала определить эквивалентное сопротивление ($R_{ТЭ}$) трансформаторов:

$$R_{ТЭ} = (\sum S_{Hj}^2 \cdot R_{Tj}) / (\sum S_{Hj})^2, \quad (9.23)$$

где S_{Hj} – номинальная мощность трансформатора, кВ·А; R_{Tj} – активное сопротивление j – го трансформатора, Ом.

$$R_{Tj} = (\Delta P_{КЗ} \cdot U_H^2 \cdot 10^3) / (S_{Hj})^2, \quad (9.24)$$

где $\Delta P_{КЗ}$ – паспортное данное трансформатора, кВт; $U_Н$ – номинальное напряжение трансформатора, кВ.

Теперь можно определить нагрузочные потери в трансформаторах, кВт·ч:

$$\Delta W = (\sum S_j^2 \cdot R_{ТЭ} \cdot \tau_М \cdot 10^{-3}) / U_H^2. \quad (9.25)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. Свод правил по проектированию и строительству: СП 31-110-2003/ Госстрой России.- М.: ГУП ЦПП, 2014.- 58
2. Нормативы для определения расчётных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов распределительной сети. Изменения и дополнение раздела 2 «Расчётные электрические нагрузки» Инструкции по проектированию городских электрических сетей РД 34.20.185-94.-М.: МНТОЭ, 2009.- 23 с.
3. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-70 – Новосибирск: Сиб. Унив. изд-во, 2016.
4. Строительные нормы. Инструкция по проектированию наружного освещения городов, посёлков и сельских населённых пунктов. СН 541-82/Госграждан-строй. - М.: Стройиздат, 1982.- 2
5. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Естественное и искусственное освещение. СНиП 23-05-95. (Проект. Взамен СНиП II-4-79)/.
6. Справочная книга по светотехнике. /Под ред. Ю.Б. Айзенберга.-М.: Энергоатомиздат, 2015.-

a. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. РД 34.20.185-94

7. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые перегрузки трансформаторов.
8. СНиП.Естественное и искусственное освещение.
9. Григорьев В.И., Киреева Э.А., Митюков А.П., Чохонелидзе А.Н. Электроснабжение и электрооборудование жилых и общественных зданий.- М.: Энергоиздат, 2019.- 212 с.
10. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектиро-вания: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перерб. и доп. –М.: Энергоатом-издат, 2019.- 608с
11. В.П.Шеховцов Расчёт и проектирование схем электроснабжения. М ФОРУМ 2014.
12. Сибикин Ю.Д.Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учеб. Для студ. Сред. проф. образов. – М.: Издательский центр «Академия», 2014
13. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 2015.- 342 с.
14. Киреева Э.А., Юнес Т., Айюби М. автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения: Справочные материалы и примеры расчётов.- М.: Энергоатомиздат, 2014. – 252 с.

15. Нормы технологического проектирования электрических сетей сельскохозяйственного назначения НТПС-88. – М.: РОСЭП, 2014. – 66 с.

16. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования.- М.: Изд. «Мастерство»; Высшая школа, 2014.

17. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. Рекомендации по выбору типовых трансформаторных подстанций с высшим напряжением 10 кВ для электронабжения потребителей в сельской местности.- М.: АО РОСЭП, 2015.- 66 с.

18. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. – М., "Финансы и статистика", 2015. – стр.271-274.

19. Борисов Е.Ф. Экономическая теория: учебник. – М.: Юрайт-М, 2013. – 384с.

20. Пелех А.С. Бизнес-план. - М.: "Ось-89", 1998. - 96 с.

21. Скляренко В.К., Прудников В.М. Экономия предприятия. - М.: Инфра -М, - 2014.

22. О составе затрат и единых нормах амортизационных отчислений. - М.: Финансы и статистика, 2014. - 224 с.

23. http://www.economics.ru/ Экономика и Жизнь, архив номеров газеты и приложений. Онлайн версия газеты Экономика и Жизнь. Оформление подписки на издания, свежие материалы с доставкой на ваш электронный ящик.

24. http://www.gov.ru/ Russian Government official information, official documents, draft laws, официальные информационные источники органов государственной власти Российской Федерации, официальные документы, законодательные акты

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблицы исходных данных различных параметров

Таблица 1.1 - Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартира

№ п/п	Потребители электроэнергии	Количество квартир													
		1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1.	Квартиры с плитами:*														
	- на природном газе	4,5	2,8	2,3	2,0	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
	- на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе	6,0	3,4	2,9	2,5	2,2	2,0	1,8	1,4	1,3	1,08	1,0	0,92	0,84	0,76
	-электрическими, мощностью до 8,5 кВт	10	5,1	3,8	3,2	2,8	2,6	2,2	1,95	1,7	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19
3.	Домики на участках садоводческих товариществ	4	2,3	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,76	0,69	0,61	0,58	0,54	0,51	0,46

*в зданиях по типовым проектам; **рекомендуемые значения

П р и м е ч а н и я. 1. Удельные расчетные нагрузки для промежуточного числа квартир определяются интерполяцией.

2.Удельные расчётные нагрузки квартир включают в себя нагрузку освещения общедомовых помещений (лестничных клеток, подполий, технических этажей, чердаков и т.д.).

3. Удельные расчётные нагрузки приведены для квартир общей площадью 70 м^2 (квартиры от 35 до 90 м^2) в зданиях по типовым проектам и 150 м^2 (квартиры от 100 до 300 м^2) в зданиях по индивидуальным проектам с квартирами повышенной комфортности.

4. Расчётную нагрузку для квартир с повышенной комфортностью следует определять в соответствии с заданием на проектирование или в соответствии с заявленной мощностью и коэффициентами спроса и одновременности.

5. Удельные расчётные нагрузки не учитывают покомнатное расселение семей в квартире.

6. Удельные расчётные нагрузки не учитывают общедомовую силовую нагрузку, осветительную и силовую нагрузку встроенных (пристроенных) помещений общественного назначения, нагрузку рекламы, а также применение в квартирах электрического отопления, электроводонагревателей и бытовых кондиционеров.

7. Для определения при необходимости утреннего или дневного максимума нагрузок следует применять коэффициент 0,7 – для жилых зданий с электрическими плитами.

8. Электрическую нагрузку жилых зданий в период летнего максимума нагрузок можно определить, умножив при

Ведённые в таблице нагрузки зимнего максимума на коэффициенты:

0,7 – для квартир с плитами на природном газе;

0,6 – для квартир с плитами на сжиженном газе и твердом топливе;

0,8 – для квартир с электрическими плитами.

Таблица 1.2 - Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов $К_С$

Количество лифтовых установок	Этажность жилого дома	
	до 12	более 12
2 - 3	0,8	0,9
4 - 5	0,7	0,8
6	0,65	0,75
10	0,5	0,6
20	0,4	0,5

Таблица 1.3 - Коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств $К_С$

Количество электродвигателей	$К_С$	Количество электродвигателей	$К_С$
2	1	10	0,7
3	0,9	15	0,65
5	0,8	20	0,65
8	0,75	30	0,6

Таблица 1.4 - Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов

Потребители электроэнергии	cosφ	tgφ
Квартиры с электрическими плитами	0,98	0,2
Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе	0,96	0,29
Хозяйственные насосы, вентиляционные и другие санитарно-технические устройства	0,8	0,75
Лифты	0,65	1,17

Таблица 1.5 - Коэффициенты спроса для квартир повышенной комфортности

Заявленная мощность, кВт	До 14	20	30	40	50	60	70 и более
Коэффициент спроса	0,8	0,65	0,6	0,55	0,5	0,48	0,45

Таблица 1.6. - Коэффициенты одновременности для квартир повышенной комфортности $К_О$

Характеристика квартир	$К_О$ при числе квартир												
	1-5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600 и более
С электроплитами	1	0,51	0,38	0,32	0,29	0,26	0,24	0,2	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11

Таблица 1.7 - Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников коттеджей, кВт/коттедж

№ пп	Потребители электроэнергии	Количество коттеджей									
		1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100

1	Коттеджи с плитами на природном газе	11,5	6,5	5,4	4,7	4,3	3,9	3,3	2,6	2,1	2,0
2	Коттеджи с плитами на природном газе и электрической сауной мощностью до 12 кВт	22,3	13,3	11,3	10,0	9,3	8,6	7,5	6,3	5,6	5,0
3	Коттеджи с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт	14,5	8,6	7,2	6,5	5,8	5,5	4,7	3,9	3,3	2,6
4	Коттеджи с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт и электрической сауной мощностью 12 кВт	25,1	15,2	12,9	11,6	10,7	10,0	8,8	7,5	6,7	5,5

Примечания.

1. Удельные расчетные нагрузки приведены для коттеджей общей площадью от 150 до 600 м^2.

2. Удельные расчетные нагрузки для коттеджей общей площадью до 150 м^2 без электрической сауны определяются по табл.1.1 как для типовых квартир с плитами на природном или сжиженном газе, или электрическими плитами.

3. Удельные расчетные нагрузки не учитывают применения в коттеджах электрического отопления и электроводонагревателей.

См. также примечания 1, 7 и 8 в табл.1.1.

Таблица 1.8 - Удельные расчетные электрические нагрузки общественных зданий

№ пп	Общественные здания	Единицы измерения	Удельная нагрузка	Расчетные коэффициенты	
				cosφ	tgφ
	УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ				
	Общеобразовательные школы:				
1	-с электрифицированными столовыми и спортзалами	КВт/уча-щийся	0,25	0,95	0,38
2	-без электрифицированных столовых и спортзалов	То же			
	- с буфетами без спортзалов	-«-	0,17	0,92	0,43
3	- без буфетов и спортзалов	-«-	0,17	0,92	0,43
4	Профессионально-техничес-кие учи-		0,15	0,92	0,43
5	лища со столовыми	-«-			
	Детские дошкольные учреждения		0,46	0,8-0,92	0,75-0,43
6		кВт/место			
	ПРЕДПРИЯТИЯ ТОРГОВЛИ		0,46	0,97	0,25
	Продовольственные магазины:				
	-без кондиционирования воздуха				
	-с кондиционированием воздуха	кВт/м^2			
	Непродовольственные	торгового зала			
7	магазины:				
	- без кондиционирования воздуха	То же	0,23	0,82	0,7
8	- с кондиционированием воздуха		0,25	0,8	0,75
	ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕСТВЕННО-ГО ПИТАНИЯ	-«-			
9	Полностью электрифицированные с				
	количеством посадочных мест:	-«-	0,14	0,92	0,43
10	- до 400				
	-свыше 500 до 1000		0,16	0,9	0,48
	- свыше 1100				
11		кВт/место	1,04	0,98	0,2
12		То же	0,86	0,98	0,2
13		-«-	0,75	0,98	0,2
	Частично электрифицированные (с плитами на газовом топливе) с количеством посадочных мест:				

	- до 100				
14	- свыше 100 до 400	-«-	0,9	0,95	0,33
15	- свыше 500 до 1000	-«-	0,81	0,95	0,33
16	- свыше 1100	-«-	0,69	0,95	0,33
17		-«-	0,56	0,95	0,33
	ПРЕДПРИЯТИЯ КОМ-МУНАЛЬНО-БЫТОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ				
18	Фабрика химчистки и прачечная само-обслуживания	кВт/кг вещей	0,075	0,8	0,75
	Парикмахерские	кВт/рабочее место	1,5	0,97	0,25
19					
	УЧРЕЖДЕНИЯ КУЛЬТУ-РЫ И ИС-КУССТВА				
	Кинотеатры и кинозалы:				
	- без кондиционирования воздуха				
	- с кондиционированием воздуха				
20	Клубы	кВт/место	0,12	0,95	0,33
21	ЗДАНИЯ ИЛИ ПОМЕЩЕ-НИЯ УЧ-РЕЖДЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ, ПРО-ЕКТ-НЫХ И КОНСТРУКТОР-СКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ, КРЕДИТНО-ФИНАНСО-ВЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ	То же	0,14	0,92	0,43
22		кВт/место	0,46	0,92	0,43
23	- без кондиционирования воздуха	кВт/м^2 общей площади	0,043	0,9	0,48
24	- с кондиционированием воздуха	То же	0,054	0,87	0,57
	УЧРЕЖДЕНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬ-НЫЕ И ОТДЫХА				
25	Дома отдыха и пансионаты без конди-ционирования воздуха				
26	Детские лагеря	кВт/место	0,36	0,92	0,43
		кВт/м^2 жилых поме-щений	0,023	0,92	0,43
	УЧРЕЖДЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА				
27	Гостиницы:	кВт/место	0,34	0,9	0,48
	- без кондиционирования воздуха (без				
28	ресторанов)	То же	0,46	0,85	0,62
	- с кондиционированием воздуха				

П р и м е ч а н и я.

1. В удельной нагрузке п.5 и 6 нагрузка бассейнов и спортзалов не учтена.

2. Удельная нагрузка п.11-17 не зависит от наличия кондиционеров.

3. В удельной нагрузке п. 23-26 нагрузка пищеблоков не учтена. Удельную нагрузку пищеблоков следует принимать как для предприятий общественного питания открытого типа.

4. Удельную нагрузку ресторанов при гостиницах п.27 и 28 следует принимать как для предприятий общественного питания открытого типа.

5. Для предприятий общественного питания при промежуточном числе мест удельные нагрузки определяются интерполяцией.

Таблица 1.9 - Суточная нагрузка потребителей микрорайона, % от $P_{МАКС}$

№ п/п	Потребители	Режимный день	Часы суток												
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
1.	Жилые дома	зимний	15	15	15	15	15	15	60	60	50	50	50	50	50
		летний	15	15	15	15	15	15	60	60	50	50	50	50	50
2.	Детские сады-ясли	зимний	20	20	20	20	20	20	35	35	65	65	100	100	85
		летний	20	20	20	20	20	20	35	35	65	65	100	100	85
3.	Центр торгового обслуживания	зимний	60	60	60	60	60	60	60	60	90	90	100	100	90
		летний	60	60	60	60	60	60	60	60	90	90	100	100	90
4.	Насосная 2-го подъема	зимний	90	90	90	90	80	80	90	90	100	100	95	95	100
		летний	90	90	90	90	80	80	90	90	90	90	100	100	95
5.	Школа	зимний	10	10	10	10	10	10	20	20	60	100	100	70	40
		летний	10	10	10	10	10	10	20	20	60	60	60	100	100
6.	Учебная теплица школы	зимний	20	20	20	20	20	20	35	35	65	65	100	100	85
		летний	20	20	20	20	20	20	35	35	65	65	65	65	100
7.	Учебный автогараж школы	зимний	30	30	40	40	60	60	100	100	60	60	70	70	60
		летний	30	30	40	40	60	60	60	100	100	60	70	70	60
8.	Отдельностоящие заглубленные склады	зимний	20	20	20	20	20	20	35	35	65	65	100	100	85
		летний	20	20	20	20	20	20	35	35	65	65	65	65	100

№ п/п	Потребители	Режимный день	Часы суток										
			13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
1.	Жилые дома	зимний	50	40	40	50	50	100	100	100	90	30	30
		летний	50	40	40	50	50	50	50	100	100	100	90
2.	Детские сады-ясли	зимний	85	85	85	80	80	60	60	30	30	30	30
		летний	85	85	85	80	80	60	60	30	30	30	30
3.	Центр торгового обслуживания	зимний	80	90	90	90	90	90	90	80	80	60	60
		летний	80	90	90	90	90	90	90	80	80	60	60
4.	Насосная 2-го подъема	зимний	100	100	100	95	95	95	95	100	100	90	90
		летний	95	100	100	100	100	95	95	95	95	100	100
5.	Школа	зимний	40	40	40	60	90	90	90	50	50	10	10
		летний	70	40	40	40	40	60	90	90	90	50	50
6.	Учебная теплица школы	зимний	85	85	85	80	80	60	60	30	30	30	30
		летний	100	85	85	85	85	80	80	60	60	30	30
7.	Учебный автогараж школы	зимний	60	30	30	40	40	100	100	80	80	70	70
		летний	60	30	30	40	40	40	100	100	80	80	70
8.	Отдельностоящие заглубленные склады	зимний	85	85	85	80	80	60	60	30	30	30	30
		летний	100	85	85	85	85	80	80	60	60	30	30

Таблица 1.10 - Нормы средней яркости усовершенствованных покрытий

Категория объекта по освещению	Улицы, дороги и площади	Наибольшая интенсивность движения в обоих направлениях, транспортных ед./ч	Средняя яркость покрытия, кд/м^2	Средняя горизонтальная освещенность покрытия, лк
А	Магистральные дороги, магистральные улицы общегородского значения	Св. 3000	1,6	20
		Св. 1000 до 3000	1,2	20
		От 500 до 1000	0,8	15
Б	Магистральные улицы районного значения	Св. 2000	1,0	15
		Св.1000 до 2000	0,8	15
		От 500 до 1000	0,6	10
		Менее 500	0,4	10
В	Улицы и дороги местного значения	500 и более	0,4	6
		Менее 500	0,3	4
		Одиночные автомобили	0,2	4

Таблица 1.11 - Параметры осветительных установок транспортно-пешеходной сети улиц и дорог при нормировании средней освещенности дорожного покрытия

Нормированное значение средней освещенности, лк	Ширина дорожного покрытия, м	Схема расположения светильников	Тип светильника	Тип источника света	Высота светового центра светильника, м	Шаг светильников, м	Удельная мощность установки	
							кВт/км	Вт/м^2
4	3,5	Односторонняя	НКУ01-200	ЛН, 200 Вт	7	26	7,7	2,21
			РКУ01-125-008	ДРЛ 125	8	38	3,6	1,00
			РКУ01-125-008	ДРЛ125ХЛ	8	35	3,9	1,18
			РТУ01-125	ДРЛ125	4,5	30	4,5	1,29
			РТУ04-125	ДРЛ125	4,5	28	4,9	1,39
	5		РКУ01-125-008	ДРЛ125	8	37	3,7	0,70
			РТУ01-125	ДРЛ125	4,5	26	5,3	1,06
			РТУ04-125	ДРЛ125	4,5	24	5,7	1,14
			РТУ02-250	ДРЛ250	4,5	35	7,7	1,54
	7,5	Односторонняя	СЗПР 250 М (б)	ДРЛ250ХЛ	8	40	6,7	0,90
			РКУ01-125-008	ДРЛ125	8,5	35	3,9	0,52
	11,25		СЗПР 250 М (б)	ДРЛ250ХЛ	8	32	8,4	0,76
			РКУ01-250-011	ДРЛ250ХЛ	10	40	6,8	0,60
2	1,5-3	Односторонняя	РТУ01-125	ДРЛ125	4,5	40	3,4	2,00
			РТУ04-125	ДРЛ80	4,5	36	2,5	1,50
			НКУ01-200	ЛН, 200 Вт	8	36	5,5	1,58
2	3,5	Односторонняя	РКУ01-125-008	ДРЛ80	8	48	1,9	0,54
			СПО-200	ЛН, 200 Вт	6,5	30	6,6	1,80
	4,5		РТУ01-125	ДРЛ125	4,5	40	3,9	0,80
			РТУ04-125	ДРЛ80	4,5	30	3,0	0,66
	5,0		НКУ01-200	ЛН, 200 Вт	7,5	32	6,3	1,25
			РКУ01-125-008	ДРЛ80	8,0	50	1,8	0,36
			СПО-200	ЛН, 200 Вт	6,5	28	7,1	1,42
	7,5		НКУ01-200	ЛН, 200 Вт	7,5	32	6,2	0,83
			РКУ01-125-008	ДРЛ80	8,5	31	2,9	0,38
			НКУ01-200	ЛН, 200 Вт	7,5	40	5,0	1,43
1	3,5	Односторонняя	СПО-200	ЛН, 200 Вт	6,5	35	5,8	1,83
			РТУ01-125	ДРЛ80	4,5	30	3,0	0,85
1	6	Односторонняя	РКУ01-125-008	ДРЛ80	8,5	50	1.8	0,30
			НКУ01-200	ЛН, 150 Вт	7,5	38	4,0	0,66
			СПО-200	ЛН, 150 Вт	6,5	46	3,3	0,55

Таблица 1.13 - Допустимые потери напряжения в осветительных сетях

Мощность трансформатора, кВ·А	Коэффициент загрузки трансформатора	Потери напряжения, %, при коэффициенте мощности нагрузки, равным						
		1,0	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
160	0,95	5,9	4,8	4,4	3,9	3,6	3,4	3,3
	0,9	6,0	5,0	4,5	4,0	3,9	3,6	3,5
	0,8	6,1	5,2	4,9	4,5	4,2	4,1	4,0
	0,7	6,3	5,5	5,3	4,8	4,6	4,5	4,4
	0,6	6,5	5,8	5,5	5,2	5,0	5,0	4,9
	0,5	6,7	6,1	5,8	5,6	5,4	5,4	5,3
250	0,95	6,1	5,0	4,2	4,0	3,7	3,5	3,3
	0,9	6,2	5,1	4,6	4,1	3,9	3,7	3,5
	0,8	6,3	5,3	5,0	4,5	4,3	4,1	4,0
	0,7	6,5	5,6	5,4	4,9	4,7	4,5	4,4
	0,6	6,6	5,9	5,6	5,3	5,1	5,0	4,9
	0,5	6,8	6,2	5,9	5,6	5,6	5,4	5,3
400	0,95	6,2	5,0	4,5	4,0	3,4	3,5	3,3
	0,9	6,3	5,2	4,7	4,2	3,9	3,7	3,6
	0,8	6,4	5,4	5,0	4,6	4,3	4,1	4,0
	0,7	6,5	5,7	5,4	4,9	4,7	4,6	4,4
	0,6	6,6	5,9	5,7	5,3	5,1	5,0	4.9
	0,5	6,8	6,2	5,9	5,7	5,5	5,4	5,3
630	0,95	6,4	4,9	4,3	3,5	3,0	2,8	2,6
	0,9	6,4	5,0	4,4	3,7	3,3	3,0	2,8
	0,8	6,5	5,2	4,8	4,1	3,8	3,5	3,3
	0,7	6,7	5,6	5,2	4,6	4,3	4,0	3,9
	0,6	6,7	5,8	5,5	5,0	4,7	4,5	4,4
	0,5	6,9	6,1	5,8	5,5	5,2	5,0	4,9

Таблица 1.14 - Коэффициенты участия в максимуме нагрузки

Наименование зданий с наибольшей расчетной нагрузкой	Жилые дома с плитами		Предприятия общественного питания		Средние учебные заведения, библиотеки	Общеобразоват. школы, проф. тех. училища	Учреждения управления и финансирования	Предприятия торговли		Гостиницы	Парикмахерские	Детские ясли-сады	Поликлиники	Ателье и комбинаты быт. обслуживания	Предприятия коммунального обслуживания	Кинотеатры
	электрическими	на газообразном топливе	столовые	рестораны, кафе				односменные	двухсменные							
Жилые дома: с электрическими плитами	-	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,4	0.7	0,6	0,7	0,9
с плитами на газе	0,9	-	0,6	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0.9
Предприятия общественного питания	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
Общеобразоват. школы, проф.тех.училища, библиотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Предприятия торговли (односменные и двухсменные)	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Учреждения управления и финансирования	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
Гостиницы	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
Поликлиники	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Ателье и комбинаты быт. обслуживания	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Кинотеатры	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,8	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	-

Таблица 1.15 Коэффициенты совмещения максимумов нагрузок трансформаторов ($К_У$)

	Количество трансформаторов				
	2	3-5	6-10	11-20	более 20
Жилая застройка (70% и более нагрузки жилых домов и до 30% нагрузки общественных зданий)	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7
Общественная застройка (70% и более нагрузки общественных зданий и до 30% нагрузки жилых домов)	0,9	0,75	0,7	0,65	0,6
Коммунально-промышленные зоны (65% и более нагрузки промышленных и общественных зданий и до 35% нагрузки жилых домов)	0,9	0,70	0,65	0,60	0,55

П р и м е ч а н и я.

1. *Если нагрузка промышленных предприятий составляет менее 30% нагрузки общественных зданий, коэффициент совмещения максимумов нагрузок трансформаторов следует принимать как для общественных зданий.*
2. *Коэффициенты совмещения максимумов нагрузок трансформаторов для промежуточных значений состава потребителей определяются интерполяцией.*

Таблица 1.16 - Коэффициенты совмещения максимумов нагрузок городских сетей и промышленных предприятий

Максимум нагрузки	Отношение расчетной нагрузки предприятий к нагрузке городской сети						
	0,2	0,6	1	1,5	2	3	4
Утренний	0,75/0,6	0,8/0,7	0,85/0,7	0,88/0,8	0,9/0,85	0,9/0,87	0,95/0,9
Вечерний	0,85/0,9	0,65/0,8	0,55/0,8	0,5/0,76	0,4/0,75	0,3/0,7	0,3/0,7

Таблица 1.17 - Укрупненные показатели удельной расчетной коммунально-бытовой нагрузки

№ пп	Категория (группа) города	Расчетная удельная обеспеченность общей площадью, $м^2$/чел.	Город (район)					
			с плитами на природном газе, кВт/чел.			со стационарными электрическими плитами		
			в целом по городу (району)	в том числе		в целом по городу (району)	в том числе	
				центр	микрорайон (кварталы) застройки		центр	микрорайон (кварталы) застройки
1	Крупнейший	26,7	0,51	0,77	0,43	0,6	0,85	0,53
2	Крупный	27,4	0,48	0,7	0,42	0,57	0,79	0,52
3	Большой	27,8	0,46	0,62	0,41	0,55	0,72	0,51
4	Средний	29,0	0,43	0,55	0,4	0,52	0,65	0,5
5	Малый	30,1	0,41	0,51	0,39	0,5	0,62	0,49

Примечания.

1. *Значения удельных электрических нагрузок приведены к шинам 10 (6) кВ ЦП.*
2. *Приведенные в таблице показатели учитывают нагрузки: жилых и общественных зданий (административных, учебных, научных, лечебных, торговых, зрелищных, спортивных), коммунальных предприятий. Объектов транспортного обслуживания, наружного освещения.*
3. *В таблице не учтены различные мелкопромышленные потребители, питающиеся, как правило, по городским распределительным сетям. Для учета этих потребителей по экспертным оценкам к показателям таблицы следует вводить следующие коэффициенты: для районов города с газовыми плитами 1,2 – 1,6; для районов города с электроплитами 1,1 – 1,5. Большие значения коэффициентов относятся к центральным районам города, меньшие – к микрорайонам (кварталам) жилой застройки.*
4. *К центральным районам города относятся сложившиеся районы со значительным сосредоточением различных административных учреждений, учебных, научных, проектных организаций, банков, предприятий торговли и сервиса, общественного питания, зрелищных предприятий и пр.*

Таблица 1.18 - Укрупненные показатели расхода электроэнергии коммунально-бытовых потребителей и годового числа часов использования максимума электрической нагрузки

№ пп	Категория (группа) города	Города			
		без стационарных электроплит		со стационарными электроплитами	
		удельный расход электроэнергии, кВт·ч/чел. в год	годовое число часов использования максимума электрической нагрузки	удельный расход электроэнергии, кВт· ч/чел. в год	годовое число часов использования максимума электрической нагрузки
1	Крупнейший	2880	5650	3460	5750
2	Крупный	2620	5450	3200	5650
3	Большой	2480	5400	3060	5600
4	Средний	2300	5350	2880	5550
5	Малый	2170	5300	2750	5500

П р и м е ч а н и я.

1. *Приведенные укрупненные показатели предусматривают электропотребление жилыми и общественными зданиями, предприятиями коммунально-бытового обслуживания, объектами транспортного обслуживания, наружным освещением.*
2. *Приведенные данные не учитывают применения в жилых зданиях кондиционирования, электроотопления и электроводонагрева.*
3. *Годовое число часов использования максимума электрической нагрузки приведено к шинам 10 (6) кВ ЦП.*

Таблица 2.24 - Расчетные характеристики кабелей с бумажной изоляцией и вязкой пропиткой

Сечение жилы, мм^2	Активное сопротивление на 1 км длины при 20°С, Ом		Индуктивное сопротивление x_0, емкостная проводимость b_0 и зарядная мощность q_0 1 км кабеля напряжением, кВ								
			6			10			35		
	медь	алюминий	x_0, Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-4}$, См/км	q_0, квар/км	x_0, Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-4}$, См/км	q_0, квар/км	x_0, Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-4}$, См/км	q_0, квар/км
10	1,84	3,1	0,11	62,8	2,3	-	-	-	-	-	-
16	1,15	1,94	0,102	72,2	2,6	0,113	-	5,9	-	-	-
25	0,74	1,24	0,091	88,0	4,1	0,099	72,2	8,6	-	-	-
35	0,52	0,89	0,087	97,2	4,6	0,095	85,0	10,7	-	-	-
50	0,37	0,62	0,083	114,0	5,2	0,09	91,0	11,7	-	-	-
70	0,26	0,443	0,08	127,0	6,6	0,086	97,5	13,5	0,137	56,5	86,0
95	0,194	0,326	0,078	134,0	8,7	0,083	110,0	15,6	0,126	63,0	95,0
120	0,153	0,258	0,076	146,0	9,5	0,081	116,0	16,9	0,120	75,5	99,0
150	0,122	0,206	0,074	162,0	10,4	0,079	138,0	18,3	0,116	81,5	112,0
185	0,099	0,167	0,073	169,0	11,7	0,077	141,0	10,0	0,113	88,0	115,0
240	0,077	0,129	0,71	185,0	13,0	0,075	144,0	21,5	-	-	-
300	0,061	0,103	-	-	-	-	-	-	0,097	-	127,0
400	0,046	0,077	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.25 - Экономическая плотность тока

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм^2, при числе часов использования максимума нагрузки в год		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

Таблица 2.26 - Значение функции С

Кабель	Значение функции С, А·с$^{1/2}$/мм^2 при номинальном напряжении, кВ	
	6	10
С алюминиевыми сплошными жилами и бумажной изоляцией	92	94
С алюминиевыми многопроволочными жилами и бумажной изоляцией	98	100
С медными сплошными жилами и бумажной изоляцией	140	143
С медными многопроволочными жилами и бумажной изоляцией	147	150
С алюминиевыми жилами и поливинилхлоридной изоляцией	75	78
С медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией	114	118
С алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	62	65

Таблица 2.1 - Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок в сетях 0,38 кВ

Наименование потребителей	Количество потребителей										
	2	3	5	7	10	15	20	50	100	200	500
Жилые дома с удельной нагрузкой на вводе											
до 2 кВт/дом	0,76	0,66	0,55	0,49	0,44	0,40	0,37	0,30	0,26	0,24	0,22
свыше 2 кВт/дом	0,75	0,64	0,53	0,47	0,42	0,37	0,34	0,27	0,24	0,20	0,18
Жилые дома с эл.плитами и водонагревателями	0,73	0,62	0,50	0,43	0,38	0,32	0,29	0,22	0,17	0,15	0,12
Производственные потребители	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,47	0,40	0,35	0,30

Таблица 2.2 - Электрические нагрузки производственных, общественных и коммунально-бытовых потребителей

Наименование	Номер	Дневной максимум	Вечерний максимум	Коэффициенты сезонности

объекта	шифра	$P_{МД}$, кВт	$Q_{МД}$, квар	$P_{МВ}$, кВт	$Q_{МВ}$, квар	$К_З$	$К_Л$
Откорм свиней							
на 4000 голов	1	75	65	45	40	0,9	1,0
- -6000 - -	2	120	105	65	60	0,9	1,0
Выращивание и откорм свиней (с законченным циклом)							
на 3000 голов	5	105	90	65	60	1,0	1,0
- -4000 - -	6	120	105	90	80	1,0	1,0
- -6000 - -	7	150	150	105	90	1,0	1,0
Производство молока							
200 коров	22	35	30	25	20	1,0	0,7
400 - -	23	105	90	105	90	1,0	0,7
600 - -	24	140	125	140	125	1,0	0,7
Выращивание и откорм КРС							
5000 голов	30	300	265	260	230	1,0	0,7
10000 - -	31	450	400	340	300	1,0	0,7
Птицефабрика по производству яиц на							
200 тыс. кур-несушек	42	1350	1000	1350	1000	1,0	0,9
Птицефабрика мясного направления на							
250 тыс. бройлеров	44	230	100	230	100	1,0	1,0
500 тыс. - -	45	400	170	400	170	1,0	1,0
Птицеферма на							
10 тыс. кур-несушек	46	55	40	55	40	1,0	0,8
20 тыс. - -	47	110	80	110	80	1,0	0,8
Коровник без механизации процессов на							
100 коров	100	4	-	4	-	1,0	0,2
200 - -	101	6	-	6	-	1,0	0,2
То же, с электроводонагревателем на							
100 коров	102	10	-	10	-	1,0	0,6
200 - -	103	18	-	18	-	1,0	0,6
Телятник с родильным отделением на							
120 телят	118	5	3	8	5	1,0	0,4
230 - -	119	6	4	10	6	1,0	0,4
Кормоцех на 12 тыс. откорма свиней	149	65	55	20	15	1,0	0,8
Кормоцех фермы КРС на 800-1000 голов	132	50	45	50	45	1,0	0,6
Кормоцех птицефермы на 25-30 тыс. кур	158	25	20	10	7	1,0	0,9
Овощекартофелехранилище на 300-600 т	314	5	3	2	-	1,0	0,7

Окончание таблицы 2.2

Наименование объекта	Номер шифра	Дневной максимум		Вечерний максимум		Коэффициенты сезонности	
		$P_{МД}$, кВт	$Q_{МД}$, квар	$P_{МВ}$, кВт	$Q_{МВ}$, квар	$К_З$	$К_Л$

Хлебопекарня производительностью							
3 т/сутки	356	5	4	5	4	1,0	0,8
5,5 - -	357	15	13	15	13	1,0	0,8
Начальная школа на 40 учащихся	500	5	-	2	-	1,0	0,1
80 - -	501	7	-	2	-	1,0	0,1
Общеобразовательная школа с мастерской на 190 учащихся							
320 - -	503	14	7	20	10	1,0	0,1
То же, с электроплитой на 480-540 учащ.	504	20	10	40	20	1,0	0,1
Детский сад-ясли на 50 мест с электроплитой	505	40	20	42	20	1,0	0,1
90 мест - -	515	18	5	12	4	1,0	0,8
Клуб со зрительным залом на 150-200 мест	516	23	7	14	4	1,0	0,8
300-400 - -	525	3	1,5	10	6	1,0	0,7
Сельская поликлиника на 150 посещений	526	6	3,0	18	10	1,0	0,7
Сельская участковая больница на 50 коек	533	15	8	30	20	1,0	0,7
Магазин на 2 рабочих места (смешанный ассортимент)	534	50	35	50	35	1,0	0,7
на 4 места продовольственный	550	2	-	4	-	1,0	0,4
Сельский жилой дом с плитой на газе или твердом топливе	551	10	5	10	5	1,0	0,4
Жилой дом с электроплитой							
Жилой дом с электроплитой и электроводонагревателем	608	2,0	0,72	5,0	1,45	1,0	0,7
	609	3,5	1,15	6,0	1,50	1,0	0,7
	610	4,5	1,50	7,5	1,87	1,0	0,7

Таблица 2.3 - Суммирование нагрузок в сетях 0,38 кВ

P*	ΔP**	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP
0,2	+0,2	19	+11,8	52	+35,4	100	+69	166	+120	232	+176
0,3	+0,2	20	+12,5	53	+36,1	102	+70	168	+122	234	+177
0,4	+0,3	21	+13,1	54	+36,8	104	+72	170	+123	236	+179
0,5	+0,3	22	+13,8	55	+37,5	106	+72	172	+124	238	+180
0,6	+0,4	23	+14,4	56	+38,2	108	+75	174	+126	240	+182
0,8	+0,5	24	+15,0	57	+38,9	110	+76	176	+127	242	+184
1,0	+0,6	25	+15,7	58	+39,6	112	+78	178	+129	244	+185
1,5	+0,9	26	+16,4	59	+40,3	114	+80	180	+130	246	+187
2,0	+1,2	27	+17,0	60	+41,0	116	+81	182	+132	248	+188
2,5	+1,5	28	+17,7	61	+41,7	118	+82	184	+134	250	+190
3,0	+1,8	29	+18,4	62	+42,4	120	+84	186	+136	252	+192
3,5	+2,1	30	+19,0	63	+43,1	122	+86	188	+138	254	+193
4,0	+2,4	31	+19,7	64	+43,8	124	+87	190	+140	256	+195
4,5	+2,7	32	+20,4	65	+44,5	126	+89	192	+142	258	+196
5,0	+3,0	33	+21,2	66	+45,2	128	+90	194	+144	260	+198
5,5	+3,3	34	+22,0	67	+45,9	130	+92	196	+146	262	+200
6,0	+3,6	35	+22,8	68	+46,6	132	+94	198	+148	264	+201
6,5	+3,9	36	+23,5	69	+47,3	134	+95	200	+150	266	+203
7,0	+4,2	37	+24,2	70	+48,0	136	+97	202	+152	268	+204
7,5	+4,5	38	+25,0	72	+49,4	138	+98	204	+153	270	+206
8,0	+4,8	39	+25,8	74	+50,2	140	+100	206	+155	272	+208

8,5	+5,1	40	+26,5	76	+52,2	142	+102	208	+156	274	+209
9,0	+5,4	41	+27,2	78	+53,6	144	+103	210	+158	276	+211
9,5	+5,7	42	+28,0	80	+55,0	146	+105	212	+160	278	+212
10	+6,0	43	+28,8	82	+56,4	148	+106	214	+161	280	+214
11	+6,7	44	+29,5	84	+57,8	150	+108	216	+163	282	+216
12	+7,3	45	+30,2	86	+59,2	152	+110	218	+164	284	+217
13	+7,9	46	+31,0	88	+60,6	154	+111	220	+166	286	+219
14	+8,5	47	+31,8	90	+62,0	156	+113	222	+168	288	+220
15	+9,2	48	+32,5	92	+63,4	158	+114	224	+169	290	+222
16	+9,8	49	+33,2	94	+65,8	160	+116	226	+171	292	+224
17	+10,5	50	+34,0	96	+66,2	162	+117	228	+172	294	+225
18	+11,2	51	+34,7	98	+67,6	164	+119	230	+174	296	+227
										298	+228
										300	+230

- P* - меньшая из слагаемых
- P** - добавка к большей слагаемой нагрузке

Таблица 2.4 - Коэффициенты мощности сельскохозяйственных потребителей и трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ

Потребители, трансформаторные подстанции	Коэффициент мощности (cosφ) и коэффициент реактивной мощности (tgφ) в максимум нагрузки			
	дневной		вечерний	
	cosφ	tgφ	cosφ	tgφ
Животноводческие и птицеводческие помещения	0,75	0,88	0,85	0,62
То же, с электрообогревом	0,92	0,43	0,96	0,29
Отопление и вентиляция животноводческих помещений	0,99	0,15	0,99	0,15
Кормоцеха	0,75	0,88	0,78	0,8
Зерноочистительные тока, зернохранилища	0,7	1,02	0,75	0,88
Парники и теплицы на электрообогреве	0,92	0,43	0,96	0,29
Мастерские, гаражи для машин	0,7	1,02	0,75	0,88
Цеха по переработке сельскохозяйственной продукции	0,75	0,88	0,8	0,75
Общественные учреждения и коммунальные предприятия	0,85	0,62	0,9	0,48
Жилые дома без электроплит	0,9	0,9	0,93	0,4
Жилые дома с электроплитами и водонагревателями	0,92	0,43	0,96	0,29
Трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ:				
с производственной нагрузкой	0,7	1,02	0,75	0,88
с коммунально-бытовой	0,9	0,48	0,92	0,43
со смешанной нагрузкой	0,8	0,75	0,83	0,67

Таблица 2.5 - Коэффициенты сезонности сельскохозяйственных потребителей

Вид потребителя	***Сезон***			
	зима	весна	лето	осень
Традиционные потребители	1,0 0-0,1	0,8 0,3-0,5	0,7 1,0	0,9 0,2-0,5
Орошение	0,3	1,0	0	0
Закрытый грунт на электрообогреве	0,2	0	1,0	1,0
Осенне-летние потребители				

Таблица 2.6 -Зависимость годового числа часов использования максимума от расчетной нагрузки

	Число часов использования максимума (T_M) при характере нагрузки		
	коммунально-бытовая	производственная	смешанная
До 10	900	1100	1300
10-20	1200	1500	1700
20-50	1600	2000	2200
50-100	2000	2500	2800
100-250	235	2700	3200
более 250	2600	2800	3400

Таблица 2.7 - Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок в сетях напряжением 6 – 20 кВ

Количество ТП	2	3	5	10	20	25 и более
Коэффициент одновременности (K_O)	0,9	0,85	0,8	0,75	0,70	0,65

Таблица 2.8 - Суммирование нагрузок в сетях 10 кВ

P*	ΔP**	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP
1	+0,6	34	+23,6	84	+63,5	250	+194	580	+465	910	+749
2	+1,2	35	+24,4	86	+64,0	260	+204	590	+474	920	+758
3	+1,8	36	+25,2	88	+65,5	270	+212	600	+483	930	+767
4	+2,5	37	+26,0	90	+67,0	280	+220	610	+492	940	+776
5	+3,1	38	+26,8	92	+68,5	290	+227	620	+500	950	+785
6	+3,7	39	+27,6	94	+70,0	300	+235	630	+508	960	+794
7	+4,3	40	+28,4	96	+71,5	310	+243	640	+517	970	+803
8	+5,0	41	+29,2	98	+73,0	320	+251	650	+525	980	+812
9	+5,6	42	+30,0	100	+74,5	330	+259	660	+534	990	+821
10	+6,3	43	+30,8	105	+78,0	340	+267	670	+543	1000	+830
11	+7,0	44	+31,6	110	+82,0	350	+275	680	+552	1020	+847
12	+7,7	45	+32,4	115	+86	360	+283	690	+561	1040	+865
13	+8,4	46	+33,2	120	+90	370	+291	700	+570	1060	+882
14	+9,0	47	+34,0	125	+94	380	+299	710	+578	1080	+900
15	+9,7	48	+34,8	130	+98	390	+307	720	+586	1100	+918
16	+10,4	49	+35,6	135	+102	400	+315	730	+594	1120	+935
17	+11,0	50	+36,5	140	+106	410	+323	740	+602	1140	+953
18	+11,6	52	+38,0	145	+110	420	+332	750	+610	1160	+970
19	+12,3	54	+39,5	150	+115	430	+340	760	+618	1180	+987
20	+13,0	56	+41,0	155	+119	440	+348	770	+626	1200	+1005
21	+13,7	58	+42,5	160	+123	450	+357	780	+634	1220	+1022
22	+14,4	60	+44,0	165	+127	460	+365	790	+642	1240	+1040
23	+15,1	62	+45,6	170	+131	470	+374	800	+650	1260	+1057
24	+15,8	64	+47,2	175	+135	480	+382	810	+659	1280	+1075
25	+16,5	66	+48,8	180	+139	490	+391	820	+668	1300	+1193
26	+17,2	68	+50,4	185	+143	500	+400	830	+676	1320	+1110
27	+18,0	70	+52,0	190	+147	510	+408	840	+686	1340	+1128

28	+18,8	72	+53,5	195	+151	520	+416	850	+695	1360	+1146
29	+19,6	74	+55,0	200	+155	530	+424	860	+704	1380	+1164
30	+20,4	76	+56,5	210	+162	540	+432	870	+713	1400	+1182
31	+21,2	78	+58,0	220	+170	550	+440	880	+722	1420	+1200
32	+22,0	80	+59,5	230	+178	560	+448	890	+731	1440	+1218
33	+22,8	82	+61,0	240	+186	570	+456	900	+740	1460	+1235
							4			1480	+1252
										1500	+1270

P^{*} - меньшая из слагаемых нагрузок

P^{**} - добавка к большей слагаемой нагрузке

Таблица2.10 - Коэффициент роста нагрузок для существующих ТП

Вид потребителей	Расчетный год			
	5	7	10*	12*
Коммунально-бытовые	1,2	1,3	1,8	2,0
Производственные	1,3	1,4	2,1	2,4
Смешанные и прочие несельскохозяйственные	1,3	1,4	2,0	2,2

* *Коэффициенты роста нагрузок на 10-й и 12-й год учитывают нагрузки всех потребителей, включая новые.*

Таблица 2.11 - Коэффициенты сезонности активных нагрузок K_P

№ п/п	***Потребители***	***Режимные дни***	
		Зимний (декабрь)	***Летний*** (июнь)
1.	Производственные	1,0	0,7
2.	Коммунально-бытовые	1,0	0,7
3.	Жилые дома с электроплитами	1,0	0,8
4.	ТП 10/0,4 кВ с преобладанием производственных потребителей	1,0	0,7
5.	ТП 10/0,4 кВ с преобладанием коммунально-бытовых потребителей	1,0	0,7
6.	Комплекс по производству молока	1,0	0,7
7.	Комплекс по производству свинины	1,0	0,7
8.	Комплекс по производству говядины	1,0	0,8
9.	Птицефабрики	1,0	0,8
10.	Электротепловые нагрузки отопления и вентиляции животноводческих помещений	1,0	-

Таблица 2.12 - Суточные графики активных нагрузок сельскохозяйственных потребителей

№ п/п	Режимный день	***Часы суток***											
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
1.	зимний	40	40	40	40	45	50	60	65	75	90	100	80
	летний	35	35	35	35	40	50	60	70	80	90	100	80
2.	зимний	30	30	30	30	30	35	50	70	45	40	40	40
	летний	25	25	25	25	25	30	40	50	45	40	40	40
3.	зимний	25	25	25	25	30	50	70	50	35	30	30	40
	летний	10	10	10	10	15	20	25	25	20	20	20	20
4.	зимний	45	45	45	45	50	55	70	85	80	90	100	85
	летний	40	40	40	40	45	55	65	60	85	90	100	85
5.	зимний	40	40	40	40	45	50	60	70	65	70	75	65
	летний	35	35	35	35	40	45	55	60	60	70	75	65
6.	зимний	55	55	50	50	65	75	90	100	90	80	70	55
	летний	55	55	50	50	60	80	90	100	90	80	70	65
7.	зимний	75	75	75	75	75	75	80	90	95	100	95	95
	летний	60	60	60	60	60	60	65	75	85	95	100	90
8.	зимний	60	60	60	60	65	75	85	85	100	90	85	80
	летний	50	50	50	50	65	75	90	90	100	95	90	80
9.	зимний	70	70	75	75	80	85	90	90	95	100	95	95
	летний	60	60	60	60	60	60	70	85	95	100	95	90
10.	зимний	100	100	100	100	100	90	70	60	60	60	60	6-
	летний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

№ п/п	Режимный день	Часы суток											
		12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
1.	зимний	60	70	75	75	70	65	65	60	55	50	45	40
	летний	55	55	65	70	70	65	65	65	55	50	40	35
2.	зимний	45	35	35	40	50	75	100	90	70	50	40	35
	летний	40	35	35	40	40	35	40	45	70	100	60	30
3.	зимний	60	40	40	40	60	100	95	70	50	35	30	25
	летний	40	35	30	30	30	35	40	70	100	90	40	25
4.	зимний	70	75	75	80	80	85	95	90	75	65	55	50
	летний	65	60	70	75	75	70	70	75	75	85	60	40
5.	зимний	60	55	60	65	70	85	100	90	75	60	50	54
	летний	60	55	60	65	65	65	65	65	75	100	65	40
6.	зимний	50	55	70	80	85	70	70	90	80	75	70	60
	летний	60	65	70	80	85	70	70	95	85	80	75	60
7.	зимний	85	85	90	95	90	80	80	80	80	75	75	75
	летний	70	70	95	95	80	70	70	70	70	70	70	60
8.	зимний	70	70	85	90	80	75	70	70	65	60	60	60
	летний	65	65	75	90	80	70	65	60	55	55	50	50
9.	зимний	90	90	95	95	95	90	90	85	70	70	70	70
	летний	80	80	90	90	95	90	85	65	65	60	60	60
10.	зимний	60	60	60	60	60	60	70	80	90	100	100	100
	летний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.13 - Нагрузка уличного освещения в сельских населённых пунктах

Характеристика улиц	Расчётная нагрузка на 1 м длины улицы, Вт	Примечание
Поселковые улицы с асфальтобетонными м переходными типами покрытий шириной, м:		Освещаются газоразрядными источниками света
5	4,5…6	
10	6…8	
20	8…9	
30	11	
Поселковые дороги и улицы с покрытиями простейшего типа шириной, м:		Освещаются лампами накаливания
5	6…8	
10	7,5…10	
20	11…13	
Улицы и дороги местного значения и пешеходные дорожки шириной, м:		То же
5	3…4	
10	4…5	
20	5…6	

П р и м е ч а н и е: Меньшие нормы используют при высоте подвеса светильников 7 м для ламп накаливания и 8,5 м для газоразрядных источников света; большие – при высоте подвеса светильников соответственно 10 и 11 м.

Таблица 2.14 - Основные характеристики графиков нагрузок подстанций 110-35/10 кВ и 6-10/0,4 кВ сельскохозяйственного назначения

№ п/п	Шифр вида нагруз-ки	Наименование вида нагрузки	Коэффициент заполнения графика нагрузки	
			годовой	расчетного сезона
		Подстанция 110-35/10 кВ		
1.	2.1	С преобладающей (более 50%) нагрузкой сельскохозяйственных потребителей	0,45	0,54
2.	2.2	С преобладающей (более 50%) нагрузкой животноводческих комплексов и птицефабрик	0,52	0,64
3.	2.3	С преобладающей (более 50%) нагрузкой промышленных потребителей	0,51	0,60
4.	2.4	С преобладающей (более 30%) нагрузкой па ников и теплиц на электрообогреве	0,43	0,59
		Подстанция 10/0,4 кВ		
1.	3.1	Производственные потребители, фермы КРС свиноводческие, птицеводческие и другие фермы, гаражи, овощехранилища, холодиль-ники, насосные станции водоснабжения, котельные	0,31	0,5
2.	3.2	Коммунально-бытовые потребители, общес-твенные и административные предприятия (школы, клубы, столовые, бани, магазины) в сочетании с жилыми домами	0,28	0,38
3.	3.3	Сельские жилые дома (как правило, одноэтажной застройки)	0,23	0,37
4.	3.6	Сельские жилые дома с электроплитами	0,26	0,36
5.	3.7	Со смешанной нагрузкой, с преобладанием (более 60%) производственных потребителе	0,45	0,63
6.	3.8	Со смешанной нагрузкой, с преобладанием (более 40%) коммунально-бытовых потребителей	0,34	0,45
7.	3.9	С нагрузкой животноводческих комплексов по производству молока	0,38	0,48
8.	3.10	С нагрузкой животноводческих комплексов по производству свинины	0,43	0,62
9.	3.11	С нагрузкой животноводческих комплексов по производству говядины	0,44	0,54
10.	3.12	С нагрузкой птицефабрик по производству яиц или бройлеров	0,74	0,85
11.	3.13	С электротепловыми потребителями – установками отопления и вентиляции животноводческих и птицеводческих помещений	0,19	0,43

Таблица 2.15 - Экономические интервалы нагрузки трансформаторов подстанций 6-10 кВ

№ п/п	Шифр нагруз-ки	Номинальная мощность трансформатора, кВ·А							
		25	40	63	100	160	250	400	630
1.	3.1	до 40	41-75	76-105	106-130	131-275	276-305	306-540	541-710
2.	3.2	до 40	41-60	61-90	91-125	126-245	246-275	276-500	501-700
3.	3.3	до 40	41-60	61-90	91-125	126-245	246-280	281-510	511-710
4.	3.6	до 40	41-70	71-100	101-130	131-260	261-290	291-525	526-730
5.	3.7	до 45	46-80	81-105	106-145	146-270	271-305	306-525	526-735
6.	3.8	до 40	41-70	71-100	101-125	126-245	246-275	276-485	486-690
7.	3.9	до 45	46-75	76-105	106-145	146-275	276-315	316-540	541-750
8.	3.10	до 45	46-80	81-105	106-145	146-265	266-300	301-500	501-690
9.	3.11	до 55	56-85	86-115	116-145	146-265	266-300	301-505	506-710
10.	3.12	до 45	46-75	76-105	106-145	146-265	266-300	301-505	506-705
11.	3.13	до 45	46-80	81-105	106-145	146-285	286-325	326-585	586-810

Таблица 2.16 - Коэффициенты допустимых систематических нагрузок и аварийных перегрузок трансформаторов подстанций

№ п/п	Шифр вида нагрузки	Номинальная мощность трансформатора, кВ·А	Расчетный сезон и среднесуточная температура счетно-го зона, ^{0}С	Коэффициент допустимой систематической нагрузки трансформатора	Температурный градиент $A_C \cdot 10^{-2}$	Коэффициент допустимой аварийной пере-грузки трансформатора	Температурный градиент $\alpha_{AB} \cdot 10^{-2}$
1.	2.1	до 2500	зимний	1,57	0,89	1,68	0,73
		4000 и выше	-10	1,50		1,64	
2.	2.2	до 2500	зимний	1,41	0,83	1,56	0,63
		4000 и выше	-10	1,32		1,53	
3.	2.3	до 2500	зимний	1,53	0,85	1,60	0,65
		4000 и выше	-10	1,47		1,55	
4.	2.4	до 2500	весенни+5	1,50	1,22	1,57	0,94
		4000 и выше		1,45		1,53	
			зимний				
1.	3.1	до 63	-10	1,65	0,92	1,75	0,77
		100 и выше	зимний	1,59		1,73	
2.	3.2	до 100	-10	1,68	0,90	1,80	0,78
		160 и выше	зимний –10	1,65		1,78	
3.	3.3	до 63	зимний	1,70	0,98	1,84	0,81
		100 и выше	-10	1,68		1,83	
4.	3.6	до 160	зимний	1,65	0,85	1,73	0,74
		250 и выше	-10	1,61		1,70	
5.	3.7	до 63	зимний	1,58	1,00	1,73	0,73
		100 и выше	-10	1,52		1,65	
6.	3.8	до 63	зимний	1,61	0,84	1,73	0,70
		100 и выше	-10	1,53		1,67	
7.	3.9	до100	зимний	1,50	0,89	1,62	0,68
		160 и выше	-10	1,45		1,60	
8.	3.10	до 160	зимний	1,43	0,71	1,60	0,55
		250 и выше	-10	1,37		1,53	
9.	3.11	до 160	зимний	1,52	0,99	1,70	0,76
		250 и выше	-10	1,44		1,66	
10.	3.12	до 160	зимний	1,48	0,98	1,65	0,76
		250 и выше	-10	1,37		1,59	
11.	3.13	до160		1,41	0,61	1,49	0,65
		250 и выше		1,37		1,46	

Таблица 2.17 - Основные технические данные трехфазных двухобмоточных силовых трансформаторов

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Сочетание напряжений, кВ		Потери, Вт			Напряжение коротко-го замыка-ния, u_K %	Ток холос-того хода, i_X, % $\dot{I}_H$
				холостого хода		коротко-го замыка-ния		
		ВН	НН	уро-вень А	уро-вень Б			

ТМ	25	6 или 10	0,4	130	135	600 690	4,5 4,7	3,2
	40	6 или 10	0,4	175	190	880 1000	4,5 4,7	3,0
	63	6 или 10	0,4	240	265	1280 1470	4,5 4,7	2,8
	100	6 или 10 35	0,4	330	365	1970 2270	4,5 4,7	2,6
	100		0,4	420	465	1970	6,5	2,6
ТМ	160	6 или 10	0,4	510	565	2270 2650	4,5	2,4
	160	35	0,4	620	700	2650	6,5	2,4
ТМ	250	6 или 10	0,4	740	820	3700 4200	4,5 4,7	2,3
	250	35	0,4	900	1000	3700	6,5	2,3
ТМ	400	6 или 10	0,4	950	1050	5500	4,5	2,1
	400	35	0,4	1200	1350	5500	6,5	
ТМ	630	6 или 10	0,4	1310	1560	7600	5,5	2,0
	630	35	0,4	1600	1900	7600	6,5	2,0