

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации практических работ обучающихся
по дисциплине «Основы проектирования распределительных сетей»
для студентов направления подготовки /специальности
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) Электроэнергетические системы и сети

Ставрополь 2026

СОДЕРЖАНИЕ

- Введение.....
- 1 Практическое занятие 1 Определением степени бесперебойности электроснабжения потребителей по категориям взрыво-, пожаро- и электробезопасности
 - 2 Практическое занятие 2. Определение расчетной силовой нагрузки на напряжении 0,4 кВ в сетях промышленного типа
 - 3 Практическое занятие 3. Определение расчетной силовой нагрузки на напряжении 0,4 кВ в городских сетях.
 - 4 Практическое занятие 4. Определение расчетной силовой нагрузки на напряжении 0,4 кВ в сельскохозяйственных сетях.
 - 5 Практическое занятие 5. Определение расчетных нагрузок высоковольтных электроприемников
 - 6 Практическое занятие №6. Расчет осветительной нагрузки и нагрузки освещения территории
 - 7 Практическое занятие 7. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов в РС.
 - 8 Практическое занятие 8. Выбор номинальной мощности синхронных двигателей и реактивной мощности, которую могут генерировать СД
 - 9 Практическое занятие 9. Уточнение числа и мощности силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на стороне ниже 1000 В
 - 10 Практическое занятие 10. Построение картограммы высоковольтных и низковольтных нагрузок
 - 11 Практическое занятие 11. Нахождение условного центра электрических нагрузок.
 - 12 Практическое занятие 12. Разработка вариантов схем сети 10 кВ

- 13 Практическое занятие 13. Выбор сечений воздушных линий и токоведущих жил кабелей линий 10 кВ
- 14 Практическое занятие 14. Проверка кабелей по термической стойкости к токам КЗ и выбор сечений экранов кабелей из СПЭ
- 15 Практическое занятие 15 Расчет потерь электроэнергии сравниваемых вариантов сети
- 16 Практическое занятие 16. Техничко-экономическое сравнение вариантов РС
- 17 Практическое занятие 17. Расчет токов короткого замыкания и выбор аппаратов защиты и оборудования на РП и ТП.
- 18 Практическое занятие 18. Разработка однолинейной схемы проектируемой сети

Приложение А

Список рекомендуемой литературы.....

Практическое занятие 1

Определением степени бесперебойности электроснабжения потребителей по категориям взрыво-, пожаро- и электробезопасности

Целью занятия является изучение способов определения степени бесперебойности электроснабжения потребителей в цехах по категориям взрыво-, пожаро- и электробезопасности.

В результате практического занятия студенты должны получить навыки определения степени бесперебойности электроснабжения потребителей в цехах по категориям взрыво-, пожаро- и электробезопасности.

Актуальность практического занятия обусловлена тем, что степень бесперебойности электроснабжения потребителей по категориям взрыво-, пожаро- и электробезопасности оказывают решающее влияние на выбор многих технических решений при проектировании распределительной сети.

Теоретическая часть

При выполнении ПЗ необходимо дать краткую характеристику проектируемого района, характеристику технологического процесса, всех цехов проектируемого предприятия и выпускаемой продукции. В соответствии с рекомендациями [1,2] необходимо определить категорию бесперебойности питания электроприемников.

Кроме того, необходимо рассмотреть режимы работы основных производств и требования к надежности электроснабжения, а также дать характеристику источников электроснабжения и общую характеристику электроприемников (ЭП).

Отнесение электроприемников к соответствующей категории должно быть обосновано, а также определено их процентное содержание. При определении категорийности следует помнить, что на всех предприятиях к 1-й категории относят противопожарные насосы и аварийное освещение.

Характер производственной среды предопределяет ряд решений по системе электроснабжения цехов и всего предприятия с точки зрения выбора формы исполнения электрооборудования и конструктивного выполнения электрических сетей и подстанций.

Условия в помещениях, влияющие на выбор конструкции сетей, определяются температурой воздуха, влажностью, наличием агрессивных газов и пыли, возможностью возникновения условий взрыво- или пожароопасности.

Исходными данными для проектирования системы электроснабжения заданного предприятия являются:

- ситуационный план участка или карта района с обозначением места сооружения проектируемой подстанции;
- сведения об источниках питания;
- характеристика потребителей электроэнергии (максимальная нагрузка на шинах вторичного напряжения подстанции, суточные графики нагрузок (летний и зимний));
- сведения о климатических условиях в районе сооружения подстанции;
- технические условия на присоединение.

Важными факторами, влияющими на выбор конструкции сетей и способов их выполнения, являются условия окружающей среды, степень возгораемости

строительных материалов и конструкций зданий и сооружений. В соответствии с противопожарными требованиями Строительных норм и правил (СН и П) строительные материалы и конструкции разделяются на три группы по степени возгораемости: негораемые, труднोगораемые, сгораемые. Кроме того, строительные конструкции характеризуются пределом огнестойкости, определяемым временем в часах.

Степень ответственности установки, номинальные токи и напряжение приемников, расстояние от источника питания до потребителя, размещение нагрузки являются определяющими факторами при выборе конструктивного выполнения сети. Большую роль играют также требования технической эстетики.

Для химически активных сред оборудования и материалы должны выбираться с учетом конкретных веществ, применяемых в технологическом процессе производства. Наиболее эффективным средством защиты электроустановок от разрушающего действия химически активных средств является максимально возможное и экономически целесообразное территориальное удаление электрооборудование от источников выделения химических веществ.

В ряде производств применяются вещества, которые могут вызвать опасность пожаров или взрывов. Такие производства могут создавать постоянно или в редких случаях условия в окружающей среде, когда нагретые поверхности, искры или открытый огонь могут вызвать пожар, взрыв и разрушение установки.

Краткая характеристика основных приёмников электроэнергии предприятия даётся по роду тока, напряжению, режиму работы и требованиям, предъявляемым к бесперебойности электроснабжения. При определении требуемой надёжности питания приёмников и потребителей электроэнергии указывается, почему данный приёмник или потребитель должен быть отнесён к соответствующей категории.

Для всех ЭП важным показателем является их номинальная мощность. Для электродвигателей номинальные мощности выражаются в киловаттах: для однодвигательных ЭП – P_n , кВт; для многодвигательных – суммарная номинальная мощность – P_n , кВт. Номинальной (установленной) мощностью плавильных электропечей и сварочных установок является мощность питающих их трансформаторов, выраженная в киловольт-амперах (кВА). Это же относится и к трансформаторам преобразовательных и выпрямительных агрегатов.

Основной группой промышленных потребителей электроэнергии являются электродвигатели. В установках, не требующих регулирования скорости в процессе работы, применяются электродвигатели переменного тока: асинхронные с короткозамкнутым или с фазным ротором, синхронные. При напряжении до 1 кВ и мощности до 100 кВт экономически целесообразнее применять асинхронные двигатели, а свыше 100 кВт – синхронные; при напряжении 10 кВ и мощности до 630 кВт – асинхронные двигатели, 450 кВт и выше – синхронные. Асинхронные двигатели с фазным ротором применяются в мощных электроприводах с тяжелыми условиями пуска.

К общепромышленным установкам относятся вентиляторы, насосы, компрессоры, воздуходувки и т. д. В них применяются асинхронные и синхронные двигатели трехфазного переменного тока частотой 50 Гц напряжением от 380 В до 10 кВ. Диапазон их мощностей различен – от долей киловатта (электродвигатели

задвижек, затворов, насосов подачи смазки и т. п.) до десятков мегаватт (воздуходувки доменных печей, кислородные турбокомпрессоры). Основным агрегатам (насосы, вентиляторы) присущ продолжительный режим работы. Электродвигатели задвижек, затворов и т. п. работают в кратковременном режиме. Их коэффициент мощности находится в пределах 0,8–0,85. Синхронные двигатели работают в режиме перевозбуждения.

Данная группа электроприемников относится, как правило, к I категории по надежности электроснабжения. Некоторые вентиляционные и компрессорные установки относятся ко второй категории.

Наиболее многочисленной группой приемников электроэнергии являются металлорежущие станки. Напряжение сети, питающей двигателя станков, 380 или 660 В, частота 50 Гц. На станках, где требуется высокая частота вращения и регулирование скорости, применяют двигатели постоянного тока; в остальных случаях – асинхронные с короткозамкнутым ротором. По надежности электроснабжения станки основных цехов предприятий относят ко II категории, а вспомогательных цехов – к III категории по надежности электроснабжения.

К электротехнологическим установкам относятся электронагревательные и электролизные установки, установки электрохимической, электроискровой и ультразвуковой обработки металлов, электросварочное оборудование. Наиболее распространенной группой электронагревательных установок являются электрические печи сопротивления, которые подразделяются на печи косвенного нагрева и прямого нагрева.

Печи сопротивления получают питание от трехфазных сетей переменного тока частотой 50 Гц, в основном напряжением 380/220 В или на более высокое напряжение через понижающие трансформаторы. Выпускаются печи в одно- и трехфазном исполнении, мощностью до нескольких тысяч киловатт. Характер нагрузки их ровный, однако, однофазные печи для трехфазных сетей представляют несимметричную нагрузку. Коэффициент мощности для печей прямого действия 0,7–0,9, для печей косвенного действия – 1,0. Печи сопротивления относятся ко II категории по надежности электроснабжения.

Индукционные плавильные печи выпускаются со стальным сердечником и без него, мощностью до 4500 кВА. Питание индукционных печей и установок закалки и нагрева осуществляется от трехфазных сетей переменного тока частотой 50 Гц напряжением 380/220 В и выше в зависимости от мощности.

Индукционные плавильные печи без сердечника и установки закалки и нагрева токами высокой частоты получают питание переменным током частотой до 40 МГц от преобразовательных установок, которые, в свою очередь, питаются от сетей переменного тока промышленной частоты.

Печи со стальными сердечниками выпускаются в одно-, двух- и трехфазном исполнении. Коэффициент мощности их колеблется в пределах 0,2–0,8 (у индукционных установок повышенной частоты – от 0,06 до 0,25).

Все перечисленные печи и установки индукционного нагрева относятся к приемникам II категории по надежности электроснабжения.

Дуговые электрические печи по способу нагрева разделяются на печи прямого, косвенного и смешанного нагрева. Дуговые печи получают питание от сетей

переменного тока промышленной частоты напряжением до 110 кВ через специальные понижающие печные трансформаторы. Мощности современных дуговых электропечей достигают 100–125 МВА.

В период расплавления шихты возникают частые эксплуатационные короткие замыкания в процессе плавки и бестоковые паузы при выпуске стали и новой загрузке печи, в результате чего в питающих сетях наблюдаются толчковые нагрузки. Нагрузка от однофазных печей несимметричная. Коэффициент мощности 0,85–0,95. В отношении надежности электроснабжения дуговые печи относятся к приемникам первой категории.

Вакуумные электрические печи для выплавки высококачественных сталей и специальных сплавов относятся к приемникам особой группы первой категории, так как перерыв в питании вакуумных насосов приводит к дорогостоящему браку.

Электротехнологические установки, работающие на постоянном или переменном токе частотой, отличной от 50 Гц, питаются от преобразовательных установок, характеристики которых определяются режимом электротехнологической установки. Например, мощности электролизных установок для получения алюминия зависят от их производительности и достигают 150–180 МВА. Питание преобразовательных установок электролиза осуществляется трехфазным переменным током частотой 50 Гц напряжением до 110 кВ (в зависимости от мощности). Нагрузка их равномерная, симметричная. Коэффициент мощности составляет 0,8–0,9. Электролизные установки относятся к приемникам I категории по надежности электроснабжения.

Электросварочное оборудование питается напряжением 380 или 220 В переменного тока промышленной частоты.

Для дуговой сварки на переменном токе применяют сварочные трансформаторы однофазного и трехфазного исполнения. Источником постоянного тока при сварке служат вращающиеся и статические преобразователи.

Для автоматической дуговой сварки под слоем флюса или в защитном газе используют как трансформаторы, так и преобразователи трехфазного исполнения на напряжение 380 В.

Сварочные агрегаты для контактной сварки имеют однофазное исполнение.

Электросварочное оборудование работает в повторно-кратковременном режиме работы. Однофазные сварочные приемники (трансформаторы и другие установки) дают неравномерную нагрузку по фазам трехфазной питающей сети. Коэффициент их мощности колеблется в пределах 0,3–0,7. Сварочные установки по степени надежности относятся ко II категории.

Электропривод подъемно-транспортных устройств имеет повторно-кратковременный режим работы и относится ко II категории по надежности электроснабжения. На кран-балках и тельферах установлены двигатели с короткозамкнутым ротором, а на мостовых кранах – двигатели с фазным ротором.

В зависимости от характера окружающей среды нормативными документами [7] введена следующая классификация помещений:

Сухие помещения – помещения, в которых относительная влажность не превышает 60 % при 20° С. Сухие помещения называются нормальными, если в них

отсутствуют условия, характерные для помещений жарких, пыльных, с химически активной средой или взрывоопасных.

Влажные помещения – помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно и в небольших количествах, относительная влажность в которых не превышает 75 % при 20°C.

Сырые помещения – помещения, в которых относительная влажность длительно превышает 75 % при 20°C.

Особо сырые помещения – помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % при 20°C (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

Жаркие помещения – помещения, в которых температура длительно превышает 30°C.

Пыльные помещения – помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п. Пыльные помещения подразделяются на помещения с проводящей и непроводящей пылью.

Помещения с химически активной средой – помещения, в которых по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Взрывоопасные помещения – помещения (и наружные установки), в которых по условиям технологического процесса могут образоваться взрывоопасные смеси: горючих газов или паров с воздухом или кислородом и с другими газами-окислителями (с хлором); горючих пылей или волокон с воздухом при переходе их во взвешенное состояние.

К невзрывоопасным относятся помещения и наружные установки, в которых сжигается твердое, жидкое или газообразное топливо (печные отделения газогенераторных станций, газовые котельные и др.), технологический процесс которых связан с применением открытого огня или раскаленных частей (открывающиеся электрические и другие печи), либо наружные поверхности имеют температуры нагрева, превышающие температуру самовоспламенения паров и газов в окружающей среде.

Взрывоопасность помещений определяется принятой классификацией – классы В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa.

К классу В-I относят помещения, в которых в большом количестве выделяются горючие газы или пары, обладающие свойствами, способствующими образованию с воздухом или другими окислителями взрывоопасных смесей при нормальных недлительных режимах работы. Например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, при переливании легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

К классу В-Ia относят помещения, в которых отсутствуют взрывоопасные смеси горючих паров или газов с воздухом или другими окислителями, но наличие их возможно только в результате аварий или неисправностей

К классу В-Іб относят те же помещения, что и к классу В-Іа, но имеющие следующие особенности:

- горючие газы обладают высоким нижним пределом взрываемости (15 % и более) и резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях (машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок);

- образование в аварийных случаях в помещениях общей взрывоопасной концентрации по условиям технологического процесса исключается, а возможна лишь местная взрывоопасная концентрация (помещения электролиза воды и поваренной соли);

- горючие газы и легковоспламеняющиеся горючие жидкости имеются в помещениях в небольших количествах, не создающих общей взрывоопасной концентрации, и работа с ними производится без применения открытого пламени. Эти помещения относятся к невзрывоопасным, если работа в них выполняется в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

К классу В-Іг относят наружные установки, содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (газгольдеры, емкости, сливно-наливные эстакады и т.д.), где взрывоопасные смеси возможны только в результате аварии или неисправности. Для наружных установок взрывоопасными считаются зоны: до 20 м по горизонтали и вертикали от эстакад с открытым сливом и наливом легковоспламеняющихся жидкостей; до 3 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасного закрытого технологического оборудования и 5 м по вертикали и горизонтали от дыхательных и предохранительных клапанов – для остальных установок. Наружные открытые эстакады с трубопроводами для горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей относят к невзрывоопасным.

К классу В-ІІ относят помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыль или волокна, способные образовать с воздухом и другими окислителями взрывоопасные смеси при недлительных режимах работы (загрузка и разгрузка технологических аппаратов).

К классу В-Іаа относят помещения класса В-ІІ, в которых опасные состояния не имеют места, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Пожароопасные помещения – помещения, в которых по технологическому процессу выделяются, применяются или хранятся горючие вещества. Пожароопасность определяется принятой классификацией – классы П-І, П-ІІ, П-Іа, П-ІІІ.

К классу П-І относят помещения, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки выше 45 °С (например, склады минеральных масел, установки по регенерации минеральных масел и т.п.).

К классу П-ІІ относят помещения, в которых выделяются горючие пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние. Возникающая при этом опасность ограничена пожаром (но не взрывом) из-за физических свойств пыли или волокон или из-за того, что содержание их в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасных концентраций (например, деревообделочные цеха, малозапыленные помещения мельниц и элеваторов).

К классу П-Па относят производственные и складские помещения, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества, причем признаки, перечисленные в П-П, отсутствуют.

К классу П-Пш относят наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°C (например, открытые склады минеральных масел), а также твердые горючие вещества (например, открытые склады угля, торфа, древесины).

С точки зрения поражения электрическим током помещения подразделяются на помещения с повышенной опасностью, особо опасные и помещения без повышенной опасности.

Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырости или проводящей пыли;
- токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т.п.)
- высокой температуры;
- возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особой сырости;
- химически активной среды;
- одновременного наличия двух или более условий повышенной опасности.

Помещения без повышенной опасности – помещения, в которых отсутствуют условия, создающие «повышенную опасность» и «особую опасность».

Выбор аппаратов по исполнению защиты от окружающей среды. Для предотвращения соприкосновения обслуживающего персонала с токоведущими или подвижными частями и исключения попадания в аппараты инородных тел устанавливаются специальные защитные оболочки. Согласно ГОСТ 14254-96 защитные свойства оболочки обозначаются буквами IP и двумя цифрами. Первая цифра обозначает степень защиты от прикосновения персонала к опасным деталям аппарата, вторая характеризует защиту от попадания внутрь аппарата инородных предметов и жидкостей. Ниже приводятся защитные свойства некоторых исполнений по ГОСТ 14254-96.

IP00. Открытое исполнение. Защита персонала от соприкосновения с токоведущими или подвижными частями отсутствует. Инородные тела могут попадать внутрь аппарата.

IP20. Защищенное исполнение. Оболочка таких аппаратов предохраняет от случайного прикосновения к токоведущим или подвижным частям или от проникновения внутрь аппарата посторонних предметов. Оболочка должна препятствовать соприкосновению с деталями аппарата металлического щупа

(диаметр 12 мм, длина 80 мм), шарик диаметром 12 мм не должен проникать внутрь аппарата.

IP22. В дополнение к свойствам исполнения IP20 оболочка защищает от вредного воздействия капель жидкости, падающих на стенку оболочки, наклоненную к вертикали под углом в пределах 15°.

IP23. В дополнение к свойствам исполнения IP20 оболочка защищает от дождя, падающего под углом 60° к вертикали.

IP40. Оболочка защищает аппарат от попадания внутрь него мелких предметов диаметром более 1 мм.

IP42. В дополнение к свойствам исполнения IP40 оболочка защищает от воздействия капель жидкости (так же как IP22).

IP44. В дополнение к свойствам исполнения IP40 оболочка защищает от воздействия брызг жидкости, попадающих под любым углом.

IP50. Оболочка аппарата защищает от вредного воздействия пыли (допускается попадание внутрь небольшого количества пыли, не нарушающего нормальной работы аппарата).

IP60. Пылезащищенное исполнение. Оболочка полностью препятствует попаданию пыли.

IP65. Пылеводозащищенное исполнение. В дополнение к свойствам исполнения IP60 оболочка защищает от воздействия струи воды, направленной под любым углом к её поверхности.

IP66. Пылеводонепроницаемое исполнение. В дополнение к свойствам исполнения IP60 оболочка обеспечивает полную защиту от попадания воды внутрь аппарата при воздействии струи под любым углом к поверхности (морское исполнение).

IP67. Герметичное исполнение. В дополнение к свойствам исполнений IP60 оболочка обеспечивает полную герметичность аппарата.

Выбор аппаратов по климатическому исполнению. Воздействия климатических факторов на электрические аппараты в условиях эксплуатации регламентируются ГОСТ 15150-69. Под климатическими факторами внешней среды понимаются температура и влажность окружающего аппарат воздуха, давление воздуха (высота над уровнем моря), солнечное излучение, дождь, ветер, пыль (в том числе и снежная), солевой туман, иней, гидростатическое давление воды, действие плесневых грибов, содержание в воздухе коррозионно-активных агентов. Нормальные значения климатических факторов внешней среды, принятые для использования в технике, соответствуют данной географической зоне с учетом места размещения аппарата. В технической документации на электрический аппарат всегда оговариваются значения климатических факторов, в пределах

Развернутая характеристика проектируемого предприятия с точки зрения надежности электроснабжения отдельных цехов должна быть представлена в виде таблицы 1.

Таблица 1.1 – Характеристика сред и помещений

№	Наименование цехов	Категория	Хар-ка помещений	Классификация помещений		
				Поражение эл. током	Взрыво-пожароопасность	
					ПУЭ	СНиП
	Склад металла	III	Норм.	повышенная опасность (токопроводящий пол)		
	Механический цех	II	Пыльн.	повышенная опасность (токопроводящий пол)		Д
	Кузнечно-прессовый цех	I	Пыльн., жаркое	особо опасное (токопроводящий пол, высокая температура, пыль)		Г
	Штамповочно-прессовый цех	I	Пыльн., жаркое	особо опасное (токопроводящий пол, высокая температура, пыль)		Г
	Литейный цех	I	Жаркое	особо опасное (токопроводящий пол, высокая температура)		Г
	Пожарное депо	III	Норм.	повышенная опасность (токопроводящий пол)	П-I	Г
	Гараж	III	Влажн.	особо опасное (влажное, токопроводящий пол)	П-I	В

При выполнении данного раздела необходимо воспользоваться рекомендациями [1-3].

Вопросы и задания

Для заданного района, по данным приложения А в соответствии с номером варианта, дать развернутую характеристику с точки зрения надежности электроснабжения и характеристику сред и помещений цехов. Выбрать степени защиты электрооборудования от воздействия окружающей среды.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Как классифицируются взрывоопасные помещения?
2. Как классифицируются помещения в зависимости от характера окружающей среды?
3. Как классифицируются помещения в зависимости от пожароопасности?
4. Какие помещения относятся к особо опасным?
5. На сколько зон подразделяют области со взрывоопасным горючим газом, паром и туманом?
6. Категории помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током?

Повышенный уровень

1. Какими символами обозначаются различные виды взрывозащит?
2. Требуется ли усиленная рабочая изоляция наличия заземления?
3. Каким документом регламентируется степень защиты IP?
4. Как делятся электроустановки в соответствии с защитой их от атмосферных воздействий?

Список литературы, рекомендуемый к использованию:

Более подробные сведения по данной теме изложены в [1 - 3].

Практическое занятие 2

Определение расчетной силовой нагрузки цехов промышленной зоны на напряжении 0,4 кВ

Целью занятия является получение навыков определения силовой нагрузки потребителей на различных уровнях СЭС.

В результате практического занятия студенты должны научиться определять силовую нагрузку цехов на напряжении 0,4 и 6-10 кВ.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения методик определения расчетной силовой нагрузки цехов на напряжении 0,4 кВ.

Теоретическая часть

Нагрузка потребителей задана суммарным значением без указания числа и мощности отдельных приемников, поэтому в соответствии с рекомендациями [1-2], максимальная расчетная нагрузка определяется по формуле [1]:

$$P_p = K_c \cdot P_{\text{ном}}, \quad (2.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.2)$$

где $P_{\text{ном}}$ – суммарная установленная мощность цеха, принимаемая по заданию на ВКР;

K_c – средний коэффициент спроса для приемников, учитывающий неодновременность включения, неравномерность загрузки, к.п.д. потребителей.

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности электроприемников, соответствующий средневзвешенному значению $\cos \varphi$ данного цеха.

Для примера рассмотрим определение расчётной нагрузки термического цеха с установленной мощностью 820 кВт:

$$P_p = 0,6 \cdot 820 = 492 \text{ кВт}; \quad Q_p = 492 \cdot \operatorname{tg}(0,75) = 433,9 \text{ квар};$$

Результаты расчета силовых нагрузок цехов предприятия необходимо представить в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 – Пример представления результаты определения расчетных электрических нагрузок предприятия на напряжении 0,38 кВ

№ п/п	Наименование цеха	$P_{\text{н}}, \text{ кВт}$	K_c	$\cos \varphi$	$P_p, \text{ кВт}$	$Q_p, \text{ квар}$
1	Механический	398	0,3	0,8	119,4	89,55
2	Термический	820	0,6	0,75	492	433,90
Итого НН		5753		-	2728,9	2312,87

Вопросы и задания

Определить расчетные нагрузки цехов на напряжении 0,4 кВ для заданного предприятия.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. В чем различие между коэффициентом спроса и коэффициентом использования?
2. В каких случаях рассчитывается расчетная нагрузка с использованием коэффициента спроса?
3. Что такое расчетная электрическая нагрузка?
4. Какие существуют методы определения расчетных нагрузок предприятия?
5. Какова нагрузочная способность кабелей при перегрузках?
6. По каким признакам формируются характерные группы электроприемников?
7. От каких параметров зависит коэффициент расчетной нагрузки K_p ?
8. Учитывается ли мощность освещения территории предприятия при расчете нагрузки?

Повышенный уровень

1. По каким документам определяется коэффициент спроса?
2. Чему равна постоянная времени нагрева для различных элементов системы электроснабжения?
3. От чего зависит расчетный коэффициент для определения нагрузки группы электроприемников?
4. Как учесть потери мощности при определении расчетных нагрузок?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения по данной теме изложены в [1 - 3].

Практическое занятие 3

Определение расчетной силовой нагрузки на напряжении 0,4 кВ в селитебной зоне

Целью занятия является получение навыков определения расчетной силовой нагрузки на напряжении 0,4 кВ в городских сетях.

В результате практического занятия студенты должны научиться определять силовую нагрузку на напряжении 0,4 кВ в городских сетях.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения навыков определения расчетных нагрузок селитебной зоны.

Теоретическая часть

Расчет нагрузок городской сети включает определение нагрузок отдельных потребителей (жилых домов, общественных зданий, коммунально-бытовых предприятий и т. д.) и элементов системы электроснабжения (распределительных линий, трансформаторных подстанций, распределительных пунктов, центров питания и т. д.).

На рис. 1 приведена упрощенная схема участка городской сети, а на рис. 2 дан алгоритм определения расчетных нагрузок, ее элементов (без учета потерь мощности в линиях и трансформаторах) и пояснения к выполнению отдельных пунктов алгоритма.

Если кроме нагрузок городской сети источник питает промышленные предприятия или сельскохозяйственные районы, то суммируются все нагрузки на шинах этого источника с учетом коэффициента совмещения максимумов.

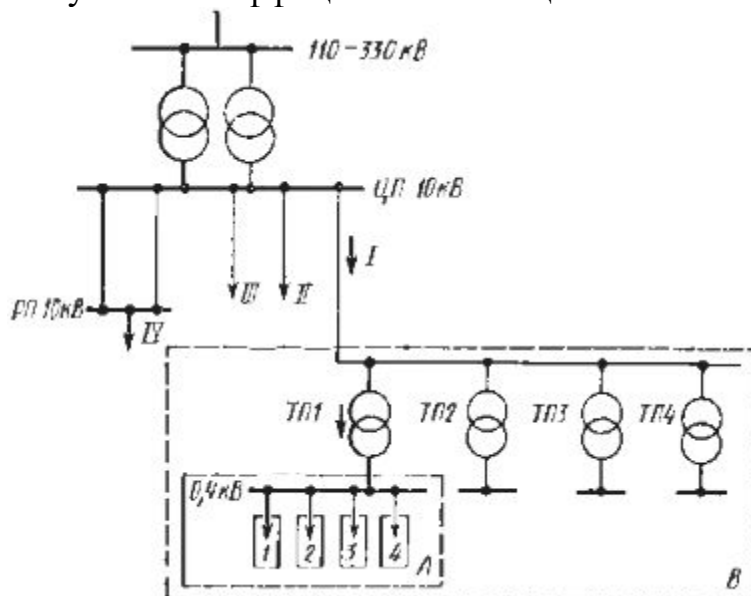


Рис. 3.1 – Возможная схема участка городской сети: ЦП – центр питания, РП – распределительный пункт, ТП – трансформаторная подстанция.

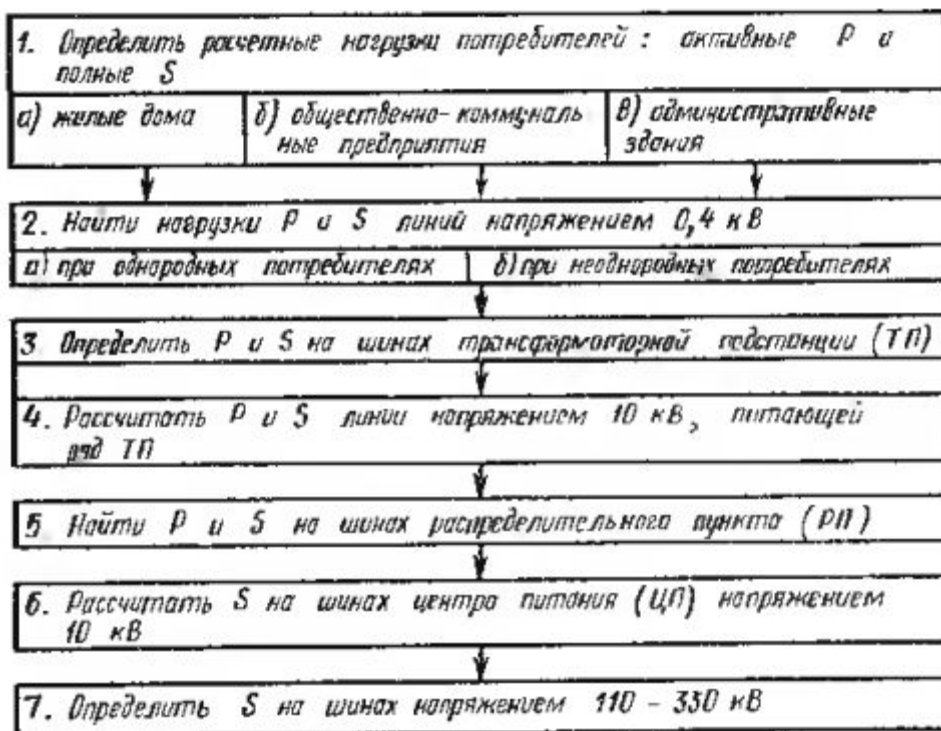


Рис. 3.2 – Алгоритм определения нагрузок участка городской сети
Пояснения, по выполнению алгоритма, приведенного на рис. 3.2.

1а. Активная нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников) определяется как

$$P_{\text{ж.д.}} = P_{\text{уд.кв.}} \cdot n + 0,9 \cdot P_{\text{с}}$$

где $P_{\text{уд.кв.}}$ — удельная нагрузка квартир, зависящих от типа кухонных плит и числа квартир (n) в доме; $P_{\text{с}}$ — нагрузка силовых электроприемников дома.

В свою очередь

$$P_c = k_{c1} \sum P_{\text{лф.ном}} + k_{c2} \sum P_{\text{дв.ном}}$$

где k_{c1} и k_{c2} — соответственно коэффициенты спроса установок лифтов и прочих электродвигателей (вентиляторов, насосов водоснабжения и др.), k_{c2} принимается равным 0,7;

$P_{\text{лф.ном}}$ и $P_{\text{дв.ном}}$ — номинальные мощности электродвигателя лифта и прочих электродвигателей (по паспортным данным);.

Полная нагрузка жилого дома и питающей его линии

$$S_{\text{ж.д}} = \frac{P_{\text{ж.д}}}{\cos \varphi}$$

где $\cos \varphi$ — коэффициент мощности линии, питающей жилой дом.

1б и 1в. Активные нагрузки общественно-коммунальных предприятий и административных зданий при ориентировочных расчетах удобно определять по укрупненным удельным нагрузкам в зависимости от их производственных показателей:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{пр.уд}} \cdot M$$

где $P_{\text{пр.уд}}$ — удельная расчетная нагрузка единицы производственного показателя (рабочего места, посадочного места, квадратного метра площади торгового зала, койко-места и т. д.);

M — производственный показатель, характеризующий пропускную способность предприятия, объем производства и т. д.

Полные нагрузки рассматриваемых предприятий и зданий находятся с учетом $\cos \varphi$. При необходимости, более точные расчеты можно выполнить на основании индивидуальных проектов внутреннего электрооборудования рассматриваемых объектов и по действующей методике определения их нагрузок.

Электрические нагрузки коммунально-хозяйственных предприятий (котельных, водопровода, канализации), а также внутригородского электрифицированного транспорта определяются по специальным методикам.

2а. Активная нагрузка линии напряжением 0,4 кВ, питающей группу однотипных жилых домов (однородных потребителей)

$$P_{\text{ли}} = P_{\text{уд.кв}} \cdot N + 0,9 \cdot P_c$$

где $P_{\text{уд.кв}}$ — удельная нагрузка квартир, зависящая от типа кухонных плит и числа квартир N , питаемых одной линией.

Полная нагрузка линии, питающей однородных потребителей, определяется с учетом их $\cos \varphi$.

2б. Активная нагрузка линии напряжением 0,4 кВ, питающей неоднородных потребителей (жилые дома с разными типами кухонных плит, общественно-коммунальные предприятия, административные здания и др.):

$$P_{\text{ли}} = P_{\text{max}} + \sum k_i \cdot P_i$$

где P_{max} — наибольшая из нагрузок, питаемых линией (нагрузка, формирующая максимум); k_i — коэффициенты совмещения, учитывающие несовпадение максимумов нагрузок отдельных потребителей относительно P_{max} ; P_i — остальные нагрузки линии.

Полная нагрузка линии, питающей неоднородных потребителей с различными $\cos\varphi$, упрощенно может быть определена как

$$S_{л.і} = \frac{P_{л.і}}{\cos \varphi_{\text{общ.}}}$$

Здесь $\cos\varphi_{\text{общ}}$ — общий коэффициент мощности, соответствующий общему коэффициенту реактивной нагрузки:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{общ}} = \frac{Q_{л.і}}{P_{л.і}}$$

где $Q_{л.і}$ — суммарная реактивная нагрузка линии, определяемая с учетом отдельных потребителей.

3. Активная и полная нагрузки трансформаторной подстанции определяются аналогично п. 2а и 2б, но при этом учитываются все потребители данного ТП. Полученная нагрузка считается приведенной к шинам напряжением 0,4 кВ трансформаторной подстанции.

4. Активная нагрузка линии напряжением 10 кВ, питающей ряд ТП:

$$P_{л.і} = k_{\text{ТП1}} \cdot P_{\text{ТП}\Sigma}$$

где $k_{\text{ТП1}}$ —коэффициент совмещения максимумов нагрузок ТП; $P_{\text{ТП}\Sigma}$ —суммарная нагрузка отдельных ТП, присоединенных к линии.

Полная нагрузка линии напряжением 10 кВ определяется с учетом коэффициента мощности в период максимума нагрузки, принятого равным 0,92 (ему соответствует $\operatorname{tg}\varphi=0,43$).

5. Активная и полная нагрузки на шинах распределительного пункта (РП) определяются аналогично п. 4, но при этом учитываются все ТП, присоединенные к данному РП.

6. Расчетная нагрузка на шинах центра питания (ЦП) напряжением 10 кВ определяется с учетом несовпадения максимумов нагрузок потребителей городских сетей, промышленных предприятий и других путем умножения суммы их нагрузок на коэффициент совмещения максимумов $k_{\text{мах1}}$ или $k_{\text{мах2}}$.

7. Нагрузка на шинах напряжением 110—330 кВ при наличии на подстанции двухобмоточных трансформаторов 110—330/10 кВ находится по нагрузке на шинах ЦП напряжением 10 кВ. При трехобмоточных трансформаторах должна учитываться дополнительная нагрузка третьей обмотки.

Вопросы и задания

Определить расчетные нагрузки на напряжении 0,4 кВ в городских сетях.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Что такое расчетная электрическая нагрузка?
2. Как рассчитывается активная расчетная нагрузка жилого дома ?
3. В каких случаях рассчитывается расчетная нагрузка с использованием коэффициента спроса?
4. Какие существуют методы определения расчетных нагрузок предприятия?

5. Как рассчитывается мощность освещения территории предприятия при расчете нагрузки?

6. Как рассчитывается активная расчетная нагрузка линии напряжением 0,4 кВ, питающей неоднородных потребителей?

Повышенный уровень

1. По каким документам определяется коэффициент спроса?

2. Чему равна постоянная времени нагрева для различных элементов системы электроснабжения?

3. Как учесть потери мощности при определении расчетных нагрузок?

4. Как рассчитывается активная расчетная нагрузка на шинах центра питания (ЦП) напряжением 10 кВ ?

5. Как рассчитывается активная расчетная нагрузка линии напряжением 10 кВ, питающей ряд ТП?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения по данной теме изложены в [1 - 3].

Практическое занятие № 4

Определение расчетной силовой нагрузки на напряжении 0,4 кВ в сельскохозяйственных сетях.

Целью занятия является получение навыков определения расчетной силовой нагрузки на напряжении 0,4 кВ в сельскохозяйственных сетях.

В результате практического занятия студенты должны научиться определять расчетную силовую нагрузку на напряжении 0,4 кВ в сельскохозяйственных сетях.

Актуальность практического занятия: знание способов расчета электрических нагрузок совершенно необходимо как при проектировании системы электроснабжения, так и при эксплуатации действующих электрических сетей, так как часто появляются новые потребители, желающие получить разрешение на подключение к действующим электрическим сетям. Методы расчета электрических нагрузок для промышленных и сельских сетей имеют свои особенности, которые также необходимо знать инженеру – электрику.

Теоретическая часть

Расчёт электрических нагрузок в сельскохозяйственных районах производится в соответствии с Методическими указаниями по расчёту электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения, разработанными Сельэнергопроектом [21]. В методических указаниях приняты два способа подсчёта нагрузок: по вероятностным характеристикам или при помощи коэффициента одновременности.

При расчете по обоим методам в соответствии с суточным графиком электрических нагрузок пользуются данными о дневном (индекс “д”) и вечернем (индекс “в”) максимумах активной, реактивной и полной нагрузок: $P_{мд}$, $P_{мв}$, $Q_{мд}$, $Q_{мв}$, $S_{мд}$, $S_{мв}$.

Нагрузки определяются обычно для дневного и вечернего максимума нагрузок. Если от сети питаются только производственные потребители, расчёт можно

выполнять для дневного максимума нагрузок, если потребители только бытовые, можно рассчитывать вечерний максимум нагрузки.

Когда речь идёт об электропитании одного потребителя, то определение расчётной нагрузки не вызывает проблем: расчётной нагрузкой следует считать максимальную нагрузку из двух указанных максимумов (вечерний или дневной).

Чаще всего объектом электропитания является группа электро-приёмников, каждый из которых работает в переменном, не зависящем от других, практически стохастическом режиме (например, электробытовая нагрузка сельских жилых домов в поселке).

При расчёте по вероятностным характеристикам (первый способ) необходимы сведения о математическом ожидании дневных и вечерних максимумов активной и реактивной нагрузок, которые условимся обозначать подчеркиванием сверху соответствующей величины $(\overline{P_D}, \overline{P_B}, \overline{Q_D}, \overline{Q_B})$.

Второй способ базируется на том, что при большом числе электроприёмников они обычно одновременно не работают. Расчетную мощность поэтому определяют как арифметическую сумму присоединённых мощностей электроприемников, умноженную на коэффициент одновременности ($K_0 \leq 1$). **Коэффициентом одновременности** называют отношение расчётной нагрузки группы из нескольких потребителей к сумме их максимальных нагрузок. Далее излагаются способы определения электрических нагрузок на вводах в жилые дома, производственные объекты, на участках линий электропередачи и сборных шинах трансформаторных подстанций.

Определение электрических нагрузок с помощью коэффициента одновременности.

Большинство расчетов по определению параметров энергосистемы связано с применением в них максимальных и минимальных значений мощности. Для сельских электрических сетей существующие методы расчета электрических нагрузок (нагрузки в сетях задаются мощностью или током) подробно изложены в [1] и в [2].

Расчётные дневная и вечерняя нагрузки на участке линии или на шинах трансформаторной подстанции:

$$\begin{aligned} P_D &= K_0 \times \dot{a}_{Di} \\ P_B &= K_0 \times \dot{a}_{Bi}, \end{aligned}$$

где K_0 – коэффициент одновременности;

P_{Di} , P_{Bi} – дневная и вечерняя нагрузки на вводе i -го потребителя или i -го участка сети.

Коэффициенты одновременности в зависимости от уровня напряжения сети принимаются по таблицам.

Если нагрузки однородных потребителей отличаются по величине более чем в четыре раза, то суммирование их производится не с помощью коэффициента одновременности, а пользуясь таблицами, в которых P – меньшая из слагаемых нагрузок, а ΔP – добавка к большей слагаемой нагрузки.

Расчётная активная нагрузка равна

$$P = P\delta + \Delta P,$$

где $P\delta$ – большая из слагаемых нагрузок.

Для расчёта электрических сетей необходимо знать значения полных мощностей на участках

$$S = P / \cos\varphi,$$

где значения $\cos\varphi$ принимают для сетей 0,38 кВ, а для сетей 10-110 кВ – в зависимости от отношения расчетной нагрузки производственных потребителей $P_{\text{п}}$ к общей расчётной нагрузке P_o .

$$P_o = P_{\text{п}} + P_{\text{кб}},$$

где $P_{\text{кб}}$ – расчётная нагрузка коммунально-бытовых потребителей.

В случае отсутствия сведений об отношении $P_{\text{п}}/P_o$ значение $\cos\varphi$ для определения полной мощности на участках сетей выше 1000 В, можно с достаточной степенью точности при учебном проектировании принимать в зависимости от отношения дневного максимума нагрузок P_d к вечернему по приложению 1.7.

В сельском хозяйстве широко распространены сезонные потребители, которые потребляют электроэнергию не круглый год, а по сезонам: осенью и летом – зернотока и пункты по переработке сельскохозяйственных продуктов; зимой и весной – теплицы и парники; весной, летом и осенью – орошение и т.д. Если в проектируемой зоне электроснабжения такие потребители есть, то расчётные нагрузки определяют с учётом коэффициентов сезонности, значения которых приведены в таблице 1.8.

Если суммарная нагрузка сезонных потребителей весной составляет более 20% мощности остальных потребителей, летом – более 30% и осенью – более 10%, то нагрузку, кроме расчётного зимнего сезона, определяют также и для других сезонов.

Мощность СД выбирается по номинальному напряжению, скорости вращения с учетом коэффициента загрузки.

Каждый установленный синхронный двигатель может потенциально являться источником реактивной мощности в зависимости от его предварительной загрузки по активной мощности.

Мощность синхронного двигателя выбирается с учетом коэффициента загрузки и обеспечения требуемого уровня надежности электроснабжения.

Для СД определяется максимальная реактивная мощность, которую СД может генерировать. Значения реактивной мощности, которую можно получить от СД, зависят от его загрузки активной мощностью и относительного напряжения на зажимах двигателя:

$$Q_{\text{СД}} = \frac{K_{\text{зСД}} P_{\text{ном}\Sigma \text{СД}} \text{tg}\varphi_{\text{СД}}}{\eta_{\text{СД}}}$$

где $P_{\text{ном}\Sigma \text{СД}}$ суммарная установленная мощность группы СД;

$\text{tg}\varphi_{\text{СД}}$, $\eta_{\text{СД}}$ номинальные значения коэффициента реактивной мощности и КПД;

$K_{\text{зСД}}$ - коэффициент наибольшей допустимой нагрузки СД по реактивной мощности, зависящий от типа двигателя, относительного напряжения и коэффициента загрузки по активной мощности.

Синхронные двигатели нормальных серий изготавливаются с «опережающим» $\cos\varphi_{\text{СД}} = 0,9$ ($\text{tg}\varphi_{\text{СД}} = 0,48$) независимо от реактивной мощности, которую предприятие может использовать. При расчете суммарной реактивной нагрузки потребителей для

СД, работающих с «опережающим» коэффициентом мощности, величина $Q_{сд}$ берется со знаком минус.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. При каких условиях необходимо суммирование нагрузок сельскохозяйственных потребителей по добавкам мощности?
2. При каких условиях возможно суммирование нагрузок сельскохозяйственных потребителей по коэффициенту одновременности?

Повышенный уровень

1. Как, зная суточные графики нагрузки за характерный зимний и летний дни построить годовой график нагрузки по продолжительности?
2. Как определить потребление электроэнергии электроустановкой за год, зная максимальную нагрузку в течение года и число часов использования максимальной нагрузки?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о способах определения силовых расчетных нагрузок представлена в [1-3].

Практическое занятие 5

Определение расчетных нагрузок высоковольтных электроприемников

Целью занятия является получение навыков определения силовой нагрузки электроприемников напряжением выше 1000 В.

В результате практического занятия студенты должны научиться определять расчетные нагрузки электроприемников напряжением выше 1000 В.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения методики определения силовой нагрузки электроприемников напряжением выше 1000 В.

Теоретическая часть

Расчетная нагрузка электроприемников напряжением выше 1 кВ, принимается равной средней мощности. Тогда расчетная нагрузка силовых приемников цеха определяется из соотношений:

$$P_{расчВН} = \sum_1^G k_{Иг} P_{номг};$$
$$Q_{расчВН} = \sum_1^G k_{Иг} P_{номг} \cdot \operatorname{tg} \varphi_g,$$

где $P_{номг}$ – активная установленная (номинальная) мощность g-го электроприемника высшего напряжения, принимаемая по исходным данным;

$\operatorname{tg} \varphi$ – соответствует характерному для приемников данной группы средневзвешенному значению коэффициента мощности;

$k_{Иг}$ – коэффициент использования g-го электроприемника напряжением выше 1 кВ [1].

Результаты расчетов необходимо представить в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты расчета высоковольтной нагрузки

Наименование цеха	Руст кВт	cos φ	Силовая нагрузка		
			кс	Рр кВт	Qр квар
Компрессорная 10 кВ СД	1100	0,85	0,8	880	-744,76

Вопросы и задания

Изучить методику определения расчетных нагрузок высоковольтных электроприемников и ответить на вопросы ПЗ. В соответствии с заданной мощностью высоковольтной нагрузки, выбрать количество, тип и реактивную мощность СД, которую он может генерировать.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. Какая нагрузка называется расчетной?
2. . Как снимаются и строятся графики нагрузки предприятия в условиях эксплуатации?
3. Как определяется максимальная нагрузка предприятия при проектировании и в условиях эксплуатации?
4. Как определяется коэффициент использования и какие факторы он учитывает?
5. Как определить число часов использования максимума нагрузки? Объяснить смысл и область применения ТМ.
6. Как определить коэффициент реактивной мощности? Его разновидности смысл и область применения?
7. Как выбирается мощность СД, если задана необходимая мощность нагрузки?
8. От чего зависит величина реактивной мощности генерируемой СД?
9. От чего зависит коэффициент наибольшей допустимой нагрузки СД по реактивной мощности?
10. Какой cosφ имеют синхронные двигатели нормальных серий?

Повышенный уровень

1. Как определяется средневзвешенное значение коэффициента мощности? Где и для чего используется $\cos\varphi_{CB}$.
2. Каковы основные нормативные документы, регламентирующие порядок определения расчетных нагрузок?
3. Чему равна постоянная времени нагрева для различных элементов системы электроснабжения?
4. Как учесть потери мощности при определении расчетных нагрузок?
5. Как определить коэффициент использования?
6. Как определить коэффициент наибольшей допустимой нагрузки СД по реактивной мощности?
7. В каком случае СД может вырабатывать реактивную мощность?
8. В каких диапазонах изменяются коэффициенты полезного действия СД?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о способах определения силовых расчетных нагрузок представлена в [1-3].

Практическое занятие 6

Расчет осветительной нагрузки и нагрузки освещения территории

Целью занятия является получение навыков расчета осветительной нагрузки и нагрузки освещения территории предприятия.

В результате практического занятия студенты должны определять величину осветительной нагрузки цехов и территории предприятия

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения методик определения осветительной нагрузки улиц различных категорий и нагрузки освещения территории.

Теоретическая часть

Активная расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по удельной нагрузке и коэффициенту спроса:

$$P_{расчОН} = K_{сОН} P_{удОН} F_{ц} ,$$

где $P_{удОН}$ – удельная осветительная нагрузка на единицу площади цеха, Вт/м²;

$F_{ц}$ – площадь пола цеха, определяемая по генплану, м²;

$K_{сОН}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки.

Газоразрядные лампы на предприятии используются как основные источники света (составляют примерно 75 % от общей мощности осветительной нагрузки), обеспечивающие нормальную работу производства, для них реактивная мощность определяется по формуле

$$Q_{расчОН} = 0,75 P_{расчОН} \operatorname{tg} \varphi_{ОН} ,$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{ОН} = 0,33$.

Для освещения наружной территории завода значения удельной осветительной нагрузки и коэффициента спроса принимаются равными $P_{уд} = 3$ Вт/м², $k_c = 1$.

Ориентировочно считается, что освещается треть наружной территории завода:

$$P_{ро\ наруж} = \frac{(F_{зав} - F_{\Sigma ц}) k_c P_{уд}}{3} ,$$

где $F_{зав}$ – площадь завода, м²;

$F_{\Sigma ц}$ – суммарная площадь всех цехов, м².

Вопросы и задания

Рассчитать осветительную нагрузку цехов и территории заданного предприятия, осветительную нагрузку улиц селитебной зоны и мощность освещения заданного сельскохозяйственного района.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. От чего зависит величина осветительной нагрузки?
2. Как определяется удельная осветительная нагрузка территории?

3. Назовите источники света и их номинальные параметры
4. Опишите принцип действия ламп накаливания.
5. В чем проявляются особенности и недостатки ламп накаливания?
6. Какие требования предъявляются к аварийному освещению?
7. Какие лампы можно использовать для аварийного освещения?
8. Как рассчитать осветительную нагрузку цехов и территории заданного предприятия?

Повышенный уровень

1. Какие типы газоразрядных ламп низкого давления Вам известны?
2. Назовите преимущества и недостатки люминесцентных ламп
3. В чем разница в расчетах рабочего и аварийного освещения?
4. Как суммируется силовая и осветительная нагрузки?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о расчетах нагрузок освещения территории можно получить в [1-3].

Практическое занятие 7

Выбор числа и мощности силовых трансформаторов в РС

Целью занятия является получение навыков выбора числа и мощности силовых трансформаторов в РС.

В результате практического занятия студенты должны выбрать число и мощность силовых трансформаторов в РС.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения методик и принципов выбора числа и мощности силовых трансформаторов в РС.

Теоретическая часть

При выборе мощности цеховых трансформаторов в промышленной зоне можно использовать следующие номинальные мощности: 400, 630, 1000, 1600, 2500 кВ·А.

С увеличением мощности трансформаторов растут токи короткого замыкания. Поэтому единичная мощность трансформаторов, питающих электроустановки до 1000 В, ограничивается допустимыми величинами тока короткого замыкания. Считают нецелесообразным применение трансформаторов с вторичным напряжением 0,4 кВ мощностью более 2500 кВ·А [5,18]. Поэтому предельная мощность трансформаторов, изготавливаемых заводами на напряжение (0,4–0,66) кВ, составляет 2500 кВ·А.

Число типоразмеров трансформаторов должно быть минимальным. Для энергоемких производств, при значительном количестве цеховых ТП, рекомендуется унифицировать единичные мощности трансформаторов.

Цеховые подстанции могут быть однотрансформаторными и двухтрансформаторными.

Выбор числа трансформаторов на ТП зависит от требуемой степени надежности электроснабжения.

Рекомендуется широкое применение однотрансформаторных подстанций для питания электроприемников III и даже II категории [11]. Однотрансформаторные

КТП можно применить и для питания электроприемников I категории, если их мощность не превышает 15–20 % мощности трансформатора и возможно резервирование подстанций на вторичном напряжении перемычками с АВР.

Двухтрансформаторные цеховые подстанции применяют при пре- обладании электроприемников I и II категории и в энергоемких цехах при удельной мощности нагрузки выше $0,5 \div 0,7 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$. Двухтрансформаторные КТП используют для питания электроприемников любой категории по надежности электроснабжения в следующих случаях:

- суточный или годовой график нагрузки цеха очень неравномерен (например, односменная работа цеха, когда выгодно в ненагруженные часы отключать один трансформатор);
- возможен дальнейший быстрый рост нагрузки;
- удельная мощность нагрузки не менее $0,4 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$.

Питание электроприемников I категории следует предусматривать от двухтрансформаторных и трехтрансформаторных подстанций. Трехтрансформаторные подстанции рекомендуется применять в тех случаях, когда имеется возможность примерно равномерно распределить подключаемую нагрузку по секциям распределительного устройства до 1 кВ подстанции. Также более двух трансформаторов используют для питания цеховых ЭП при необходимости отдельного питания силовой и осветительной нагрузки цеха; если имеются мощные ЭП, требующие блочного питания, или нагрузка цеха превышает нагрузочную способность двухтрансформаторной КТП с трансформаторами мощностью 2500 кВ·А (приблизительно $> 3500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$). Цеховые ТП с количеством трансформаторов более двух используют только при надлежащем обосновании необходимости их применения.

При выборе числа и мощности трансформаторов цеховых ТП рекомендуется:

- устанавливать трансформаторы одинаковой мощности;
- по возможности, применять трансформаторы мощностью более 1000 кВ·А при наличии группы ЭП большой мощности (например, электропечей) или значительного числа однофазных ЭП, а также при наличии ЭП с частыми пиками нагрузок (например, электросварочных установок) и в цехах с высокой плотностью нагрузки;

- стремиться к возможно большей однотипности трансформаторов цеховых ТП;

- выбирать при двухтрансформаторных ТП, а также при одно- трансформаторных ТП с магистральной схемой электроснабжения мощность каждого трансформатора с таким расчетом, чтобы при выходе из работы одного трансформатора оставшийся в работе мог нести всю нагрузку потребителей I и II- категории, потребители III категории временно отключаются. В этом случае при загрузке трансформатора на 0,7 его номинальной мощности при отключении одного из них на ТП оставшийся в работе трансформатор будет загружен до 1,4.

Количество цеховых ТП непосредственно влияет на затраты на распределительные устройства напряжением $6 \div 20 \text{ кВ}$ и внутризаводские и цеховые электрические сети. Так, при уменьшении числа ТП (т. е. при увеличении их единичной номинальной мощности) уменьшается число ячеек РУ, суммарная длина

линий и потери электроэнергии и напряжения в сетях 6÷20 кВ, но возрастает стоимость сетей напряжением 0,4 кВ и потери в них. Увеличение числа ТП, наоборот, снижает затраты на цеховые сети, но увеличивает число ячеек РУ 6÷20 кВ и затраты на сети напряжением 6÷20 кВ. При некотором количестве трансформаторов с номинальной мощностью $S_{ном.т}$ можно добиться минимума приведенных затрат при обеспечении заданной степени надежности электроснабжения. Такой вариант будет являться оптимальным, и его следует рассматривать как окончательный.

Номинальные мощности трансформаторов ($S_{ном.т}$) определяются плотностью нагрузки цехов и выбираются, как правило, одинаковыми для всей группы цехов, исходя из рациональной их загрузки в нормальном режиме и с учетом минимально необходимого, резервирования в послеаварийном режиме.

Ориентировочно выбор номинальной мощности цеховых трансформаторов производится по удельной плотности нагрузки σ :

$$\sigma = \frac{S_{расч.ц}}{F_{ц}}, \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$$

где $S_{расч.ц}$ – суммарная расчетная мощность предприятия напряжением до 1000В;
 $F_{ц}$ – площадь всех цехов предприятия.

Рекомендуемые номинальные мощности трансформаторов для различных плотностей нагрузок приведены в табл.5.1.

Минимальное возможное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{min} = \frac{P_{расч.н}}{\beta_{т} \cdot S_{н.тр}},$$

где $P_{расч.н}$ – суммарная расчетная активная нагрузка с учетом освещения, подведенная к трансформаторам в сети ниже 1000 В; $\beta_{т}$ – рекомендуемый коэффициент загрузки трансформатора; $S_{н.тр}$ – номинальная мощность одного трансформатора, МВА.

Согласно рекомендуется применять следующие коэффициенты загрузки трансформаторов:

- при преобладании нагрузок I-категории на двухтрансформаторных ТП $K_3 = 0,65-0,7$;
- при преобладании нагрузок II-категории на двухтрансформаторных ТП и взаимном резервировании на вторичном напряжении $K_3 = 0,7-0,8$;
- при преобладании нагрузок II-категории и наличии складского резерва трансформаторов, а также при нагрузках III-категории $K_3 = 0,9-0,95$.

Полученное значение N_{min} округляется до ближайшего большего целого числа.

Таблица 7.1 – Рекомендуемые номинальные мощности трансформаторов в зависимости от удельной плотности нагрузки по заводу

Удельная плотность нагрузки, σ , кВ·А/м ²	Рекомендуемая номинальная мощность трансформатора, $S_{н.тр}$, кВ·А
0,05-0,1	630
0,10-0,2	1000
0,2-0,3	1600
> 0,3	2500

В случаях, когда нагрузка не распределена, а сосредоточена на отдельных

участках цеха, выбор единичной мощности трансформаторов цеховых ТП не следует производить по критерию удельной плотности нагрузки.

При значительном количестве устанавливаемых цеховых ТП и рассредоточенной нагрузке выбор единичной мощности трансформаторов следует производить на основании технико-экономического расчета.

Мощность и количество силовых трансформаторов в селитебной зоне также определяется плотностью нагрузок и рекомендациями отраслевых нормативных документов [5]. Для многоэтажной застройки рекомендуется использовать двухтрансформаторные подстанции с трансформаторами мощностью по 630 кВА.

Для сельскохозяйственной зоны при отсутствии потребителей первой категории целесообразно использовать однострансформаторные столбовые или мачтовые подстанции загруженные на 0,95 от номинальной мощности.

Вопросы и задания

Выбрать число и мощность силовых трансформаторов в селитебной, промышленной и сельскохозяйственной зонах.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. От чего зависит величина выбор номинальных мощностей трансформаторов в селитебной зоне?
2. Как определяется номинальная мощность силовых трансформаторов в селитебной зоне?
3. Как определяется номинальная мощность силовых трансформаторов в сельскохозяйственной зоне?
4. Как определить минимально и максимально возможное число трансформаторов в промзоне?
5. Какие типы трансформаторов используются в сельскохозяйственной зоне?

Повышенный уровень

1. От каких трансформаторов должно питаться аварийное освещение?
2. Почему в РС не используются силовые трансформаторы мощностью более 2500 кВА?
3. В каких единицах задается плотность нагрузки для выбора силовых трансформаторов в промзоне и в селитебной зоне?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о расчетах нагрузок освещения территории можно получить в [1-3].

Практическая работа 8

Уточнение числа и мощности силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на стороне ниже 1000 В

Целью занятия является получение навыков уточнения числа и мощности силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на стороне ниже 1000 В.

В результате практического занятия студенты должны уметь выбирать число и мощность силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на стороне ниже 1000 В.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения методик определения мощности силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на стороне ниже 1000 В.

Теоретическая часть

Число трансформаторов N_T определяет наибольшую реактивную мощность, которая может быть передана со стороны 10 кВ в сеть низшего напряжения без увеличения числа трансформаторов:

$$\sum_{T}^{N_T} Q_T = \sqrt{(K_{з.т} S_{ном.т})^2 - (P_{расч\Sigma_H})^2}$$

при условии $Q_{расч\Sigma_a} \geq \sum_{T}^{N_T} Q_T$

Мощность компенсирующих устройств в сети напряжением до 1 кВ определяется по условию баланса реактивной мощности на шинах низшего напряжения цеховых трансформаторных подстанций. В курсовом проекте в качестве КУ напряжением до 1 кВ принимаются батареи конденсаторов, мощность $Q_{БН}$ которых определяется из уравнения баланса реактивных мощностей

$$Q_{БН} = Q_{расч\Sigma_H} - \sum_{T}^{N_T} Q_T.$$

Мощность компенсирующих устройств в сети напряжением выше 1 кВ определяется по условию баланса реактивной мощности на шинах вторичного напряжения главной понижающей подстанции. В курсовом проекте в качестве компенсирующих устройств напряжением выше 1 кВ приняты батареи конденсаторов, мощность которых

$$Q_{БВ} = Q_{КУ} - Q_{БН}.$$

Вопросы и задания

В соответствии с заданной мощностью высоковольтной нагрузки, необходимо выбрать число и мощность силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на стороне ниже 1000 В.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. Как изменяются потери напряжения при компенсации реактивной мощности?
2. Как изменяется полный ток в линии при компенсации реактивной мощности?
3. Изобразите схемы включения конденсаторов в сеть.
4. Каковы основные принципы размещения КУ в системах электроснабжения промышленных предприятий?
5. Как регулируется мощность батарей конденсаторов?
6. Как влияет установка КУ на параметры режима?

7. Перечислите особенности КРМ в сетях с резкопеременной и вентильной нагрузкой.

8. Как изменяются потери активной мощности при компенсации реактивной мощности?

Повышенный уровень

1. Как определяется суммарная мощность КУ в максимум и минимум нагрузки системы?

2. Опишите принцип действия силовых конденсаторов как источника реактивной мощности?

3. Какие схемы используются для включения конденсаторов в сеть?

4. Как регулируется мощность батарей конденсаторов?

5. Как влияет установка КУ на параметры режима?

Практическое занятие 9

Построение картограммы высоковольтных и низковольтных нагрузок завода

Целью занятия является получение навыков построения картограммы высоковольтных и низковольтных нагрузок завода.

В результате практического занятия студенты должны освоить методики картограммы высоковольтных и низковольтных нагрузок завода.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения методик построения картограммы высоковольтных и низковольтных нагрузок

Теоретическая часть

Картограммой называют план, на котором изображена средняя интенсивность распределения нагрузок приемников электроэнергии. Составим картограмму нагрузок предприятия. Для ее построения на плане указывают в соответствующем масштабе электрическую нагрузку в виде кругов, площадь которых равна нагрузке цеха

$$P_i = m \cdot \pi \cdot r_i^2,$$

где $m = \text{const}$, кВт/м²;

r_i – радиус круга в выбранном масштабе, м.

Определим масштаб построения картограммы нагрузок. Выбираем максимальную мощность нагрузки цеха: $P_{\text{MAX}} = P_{11} = 640,9$ кВт и выбираем произвольный радиус $r = 28$ м, тогда

$$m = \frac{P_{\text{MAX}}}{\pi \cdot r^2} = \frac{640,9}{\pi \cdot 28^2} = 0,26 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

В качестве центра круга выбирают центр электрической нагрузки (ЦЭН) приемника, а радиус для каждого определяем, как

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{m \cdot \pi}},$$

Сектор осветительной нагрузки определяется по формуле:

$$\alpha_O = 360 \cdot \frac{P_{P.OH}}{P_{P.BH} + P_{P.HH} + P_{P.OH}},$$

Сектор нагрузки высокого напряжения определяется по формуле:

$$\alpha_{BH} = 360 \cdot \frac{P_{P.BH}}{P_{P.BH} + P_{P.HH} + P_{P.OH}},$$

Пример изображения картограммы нагрузок представлен на рисунке 9.1.

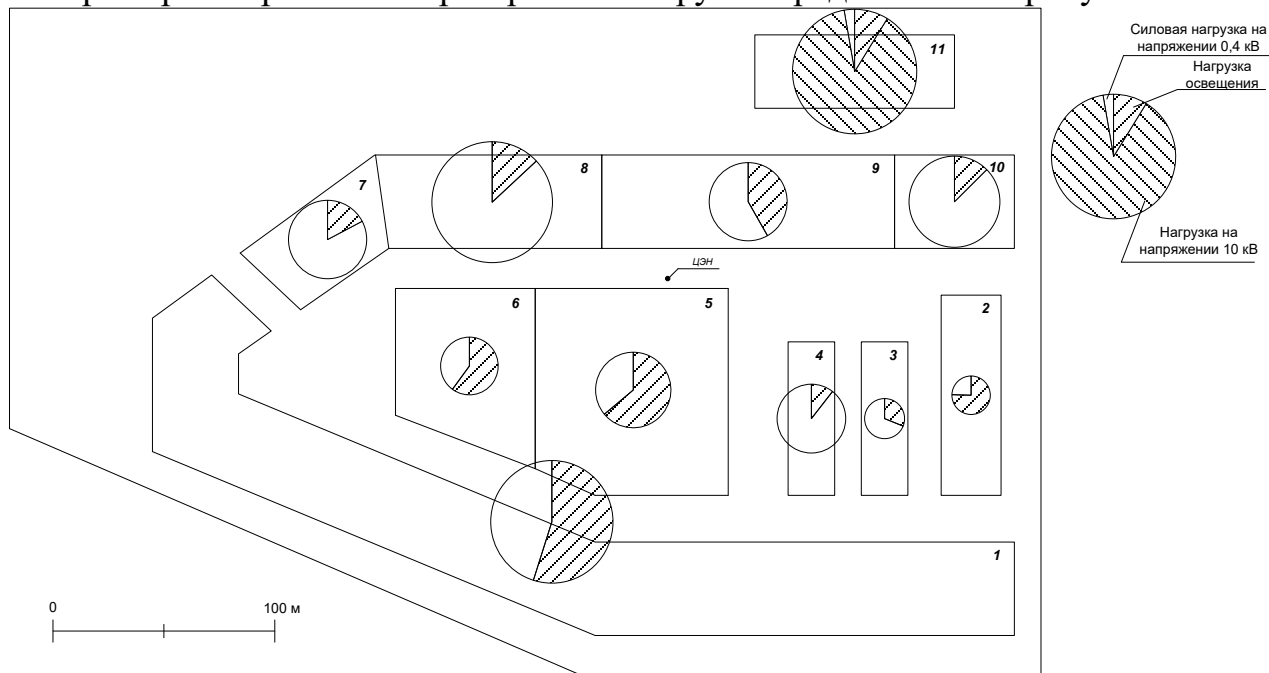


Рис. 9.1 – Картограмма электрических нагрузок завода электротехнической промышленности

Вопросы и задания

Изучить методику построения картограммы высоковольтных и низковольтных нагрузок завода. Построить картограмму нагрузок для заданного завода.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. Как выбирается масштаб для построения картограммы нагрузок?
2. Как рассчитать величину сектора осветительной нагрузки?
3. Как на картограмме представляется высоковольтная нагрузка?
4. Как построить картограмму нагрузок для заданного завода?
5. Как на картограмме выделяется силовая и осветительная нагрузка?

Повышенный уровень

1. В каком случае картограмма строится по активной мощности, а в каком по полной?
2. В каких целях используют картограмму нагрузок?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения о построении картограммы высоковольтных и низковольтных нагрузок завода можно получить в [1-3].

Практическая работа 10

Нахождение условного центра электрических нагрузок.

Целью занятия является получение навыков нахождения условного центра электрических нагрузок.

В результате практического занятия студенты должны уметь находить условный центр электрических нагрузок.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения методик нахождения условного центра электрических нагрузок.

Теоретическая часть

Рациональное размещение на территории предприятия ГПП, ТП и ГРП обуславливает оптимальные технико-экономические показатели системы электроснабжения, т. е. обеспечивает минимум приведенных затрат. Для определения местоположения ГПП, ГРП и ТП на генплан предприятия наносится картограмма электрических нагрузок для наглядного представления об ее территориальном распределении на предприятии. На картограмме нагрузки обозначаются в виде окружностей (площадь которых в масштабе соответствует расчетной мощности) с нанесением цифровых значений нагрузки с подразделением по напряжению, роду тока и характеру нагрузки.

Для каждого цеха наносится своя окружность, центр которой совпадает с центром нагрузок цеха. Центр электрических нагрузок цеха является символическим центром потребления электрической энергии цеха и определяется по правилам нахождения центра тяжести плоского тела. Круг электрической нагрузки следует разделить на секторы, соответствующие осветительной и силовой нагрузке.

Как уже отмечалось, картограмма нагрузок предприятия состоит из окружностей, и площадь ограниченная каждой из этих поверхностей $\pi \cdot r_i^2$ в выбранном масштабе m , равна расчетной нагрузке соответствующего цеха P_i :

$$P_i = \pi \cdot r_i^2 \cdot m$$

Из этого выражения находим радиус окружности

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}}$$

где m – масштаб для определения площади круга.

Сектор осветительной нагрузки определяется по формуле:

$$\alpha_0 = \frac{360 \cdot P_0}{P_p + P_0}$$

Если считать нагрузки цеха равномерно распределенными по площади цеха, то центр нагрузок можно принять приблизительно совпадающим с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Координаты центра активных и реактивных нагрузок можно определить в соответствии со следующими формулами:

$$x_{0a} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i / \sum_{i=1}^n P_i, \quad x_{0p} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot x_i / \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$y_{0a} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i / \sum_{i=1}^n P_i, \quad y_{0p} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot y_i / \sum_{i=1}^n Q_i$$

Центр активных нагрузок является определяющим для нахождения местоположения ГПП, а координаты центра реактивных нагрузок следует учитывать при рассмотрении вопросов компенсации реактивной мощности. Для низковольтной нагрузки окружности могут изображать активную или полную мощности в зависимости от степени компенсации (т. е. величины $\operatorname{tg} \varphi_{cp \ n}$). Если $\operatorname{tg} \varphi_{cp \ n} \leq 0,5$, то окружности строятся по расчетам активной мощности, при $\operatorname{tg} \varphi_{cp \ n} \geq 0,5$ – по полной мощности в соответствии со следующими формулами:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n n S_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n n S_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

Место расположения главной понизительной подстанции (ГПП) выбирают в точке, максимально приближенной к центру электрических нагрузок (ЦЭН). В этом случае высшее напряжение будет оптимально приближено к центру потребления электроэнергии, а распределительные сети – иметь минимальную протяженность. Если по каким-либо причинам расположить источник питания вблизи центра нагрузок не представляется возможным, то его смещают в сторону внешнего источника питания.

Вопросы и задания

В соответствии с заданной мощностью, необходимо определить центр электрических нагрузок в промзоне.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. Как определить место центра электрических нагрузок предприятия?
2. Как определить место центра электрических нагрузок предприятия?
3. В какую сторону смещается центр нагрузок, если его месторасположение попадает на цех?
4. В каких случаях ЦЭН определяют по активной мощности, а в каких по полной?

Повышенный уровень

1. Как построить зону рассеяния центра электрических нагрузок?
2. С какой целью определяют ЦЭН отдельно по активной и реактивной мощности?

Практическое занятие 11

Разработка вариантов схем сети 10 кВ

Целью занятия является получение навыков разработки вариантов схем сети с номинальным напряжением 10 кВ.

В результате практического занятия студенты должны получить навыки разработки вариантов схем сети с номинальным напряжением 10 Кв.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью получения навыков разработки вариантов схем сети напряжением 10 кВ.

Теоретическая часть

Характерной особенностью схем распределения электроэнергии является большая разветвленность сети и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры, что оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели и на надежность схемы электроснабжения. Схемы внутризаводского распределения электроэнергии имеют ступенчатое построение. Считается нецелесообразным применение схем с числом ступеней более 2 – 3, так как в этом случае усложняется коммутация и защита сети.

Схема распределения электроэнергии связана с технологической схемой объекта. Питание приемников электроэнергии разных параллельных технологических потоков осуществляется от разных секций шин одной подстанции. Это необходимо для того, чтобы при аварии не останавливать оба технологических потока. Взаимосвязанные технологические аппараты должны присоединяться к одному источнику питания, при исчезновении питания все приемники электроэнергии одновременно обесточиваются.

Условный центр электрических нагрузок является символическим центром потребления энергии всего предприятия. Питающие подстанции должны располагаться по возможности ближе к ЦЭН, однако РП, осуществляющие распределение электроэнергии без ее трансформации, должны располагаться на границе электроснабжаемого участка и ближе к источнику питания. Это позволяет избежать обратных перетоков мощности и тем самым сократить длину кабельных линий, питающих промышленное предприятие, и потери в них.

Схемы электроснабжения промышленных предприятий делятся на внешние и внутренние и выбираются из соображения надежности, экономичности и безопасности завода.

Большая часть электроприемников проектируемого завода относится к потребителям первой и второй категорий.

При выборе наилучшего варианта схемы проведем анализ существующих схем электроснабжения.

Схемы электроснабжения промышленных предприятий делятся на внешние и внутренние и выбираются из соображения надежности, экономичности и безопасности завода.

При построении схем электроснабжения исходят из раздельной работы линий, так как при этом снижается ток КЗ, упрощается схема первичной коммутации и релейной защиты.

Внутризаводское распределение электроэнергии выполняется по радиальной, магистральной или смешанной схеме.

Выбор схемы определяется категорией надежности потребителей электроэнергии их территориальных размещений, особенностями режимов работы.

Радиальная схема работы осуществляет питание цеховых подстанций непосредственно от источника питания или распределительного пункта. Такие схемы

надежны, просты в эксплуатации, дают возможность применения быстродействующей защиты и автоматики. Недостатком радиальных схем является большое количество используемой высоковольтной аппаратуры, что значительно удорожает строительную часть распределительного устройства и увеличивает капитальные затраты.

Магистральные схемы распределения электроэнергии принимают в том случае, когда потребителей много и радиальные схемы нецелесообразны. Основное преимущество магистральной схемы заключается в сокращении звеньев коммутации. Такие схемы целесообразно применять при расположении подстанций на территории предприятия, близком к линейному, что способствует сокращению числа коммутаций.

Недостатком магистральных схем является более низкая надежность по сравнению с радиальными.

Смешанная схема представляет собой совокупность магистральных и радиальных схем электроснабжения.

Электроприемники второй категории не требуют специального резервирования, а потому они могут питаться от одного источника. Однако перерыв в электроснабжении приводит к убыткам производства или ущербу, определяемому стоимостью простоя рабочей силы, расстройством технологического процесса, недоотпуском продукции и т. п.

На промышленных предприятиях приемников второй категории большинство, причем некоторые из них по своим характеристикам приближаются к электроприемникам первой категории, а некоторые — третьей. Учитывая степень надежности отдельных элементов системы электроснабжения, ПУЭ предусматривает питание приемников второй категории либо по одной воздушной линии или токопроводу, либо по кабельной линии, расщепленной на два кабеля.

При повреждении одного из кабелей выключатель отключает всю линию, персонал отсоединяет разъединителем поврежденный кабель с двух сторон и включает выключатель. Вся нагрузка переводится на исправный кабель.

Радиальные схемы применяются при кабельной или воздушной прокладке линий. Магистральные схемы используются при линейном («упорядоченном») размещении подстанций на территории предприятия и выполняются в виде одиночных и двойных магистралей с одно- или двусторонним питанием.

Одиночные магистрали без резервирования (рис. 11.1, а) служат для питания неответственных потребителей. Схема одиночной магистрали с двусторонним питанием (рис. 11.1, б) более надежна. В нормальном режиме подстанции могут питаться только от одного источника (при втором — резервном) или от двух источников одновременно, при этом магистраль разомкнута на одной из подстанций. Частным случаем одиночной магистрали с двусторонним питанием является кольцевая схема (рис. 11.1, в).

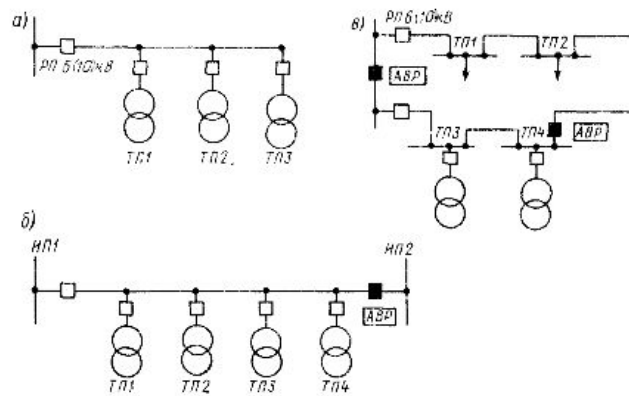


Рис. 11.1 – Схемы одиночных магистралей: а - питание от одного источника, б - с двухсторонним питанием, в – кольцевая

Схемы двойных магистралей высоконадежны и применяются при наличии нагрузок первой и второй категорий на подстанциях с двумя секциями сборных шин (рис. 11.2, а) или на двухтрансформаторных подстанциях без сборных шин высшего напряжения. Каждая магистраль рассчитана на покрытие нагрузок ответственных потребителей всех подстанций. Секционные выключатели нормально разомкнуты и оборудованы устройством АВР. Магистралы могут получать питание от второго источника. Схема войной магистралы с двусторонним питанием («встречная» магистраль) применяется при наличии двух независимых источников (рис. 11.2,б).

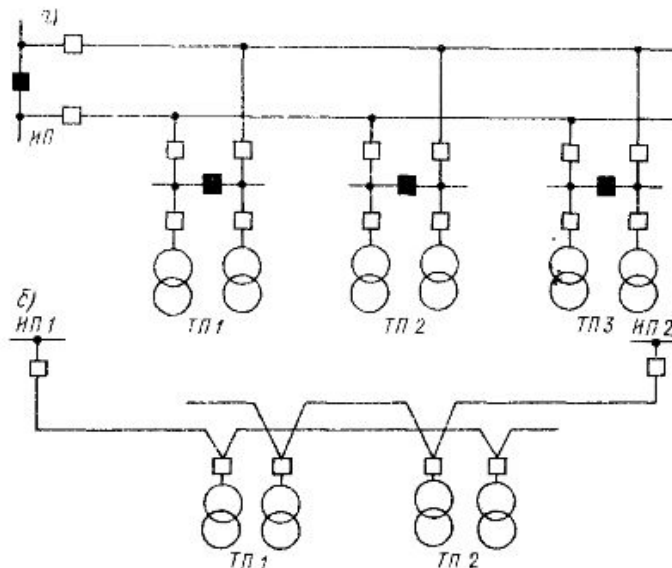


Рис. 11.2 – Схемы сквозных магистралей: а — двойная сквозная магистраль при наличии сборных шин высокого напряжения на цеховых подстанциях, б — с двусторонним питанием при отсутствии сборных шин высокого напряжения на цеховых подстанциях

Пример разработки вариантов выполнения схем внутреннего электроснабжения приведен на рисунках 11.3 и 11.4.

1. В каких случаях целесообразно использовать радиальные, а в каких магистральные схемы?
2. Как следует прокладывать трассы кабельных линий?
3. Как определяется количество ячеек, отходящих от ГПП на низком напряжении?
4. К каких цехам целесообразно располагать цеховые ТП?
5. Как располагаются ТП в цехах?
6. В каких случаях используют отдельно стоящие ТП?
7. В каких случаях применяются кабельные линии?
8. Какие существуют способы прокладки кабелей?
9. В чем состоят преимущества и недостатки кабельных линий по сравнению с воздушными?
10. Какими условиями определяется выбор способа прокладки кабеля?
11. Чем конструктивно отличаются кабели 10 кВ и 110 кВ?
12. Какие применяются типы кабельных муфт?
13. В каких случаях целесообразнее применять воздушные линии, кабельные линии и токопроводы?
14. Для ЭП какой категории предусматривается использование петлевых и радиальных двухлучевых сетей?
15. Какие ПС называют ПС глубокого ввода?
16. В каком случае целесообразно использовать радиальные и радиальные с резервированием схемы?
17. В каком случае целесообразно использовать магистральные схемы?
18. Каковы достоинства и недостатки магистральных схем?
19. В каких случаях целесообразно использовать блочные схемы.
20. Какие способы резервирования Вам известны?

Повышенный уровень

1. Какие принципы положены в основу выбора вариантов сети?
2. Как конструктивно устроены жесткие и гибкие токопроводы?
3. Какие факторы влияют на выбор схемы распределительной сети напряжением 0,4 кВ?
4. При каких факторах целесообразна установка РП?
5. От каких параметров зависит выбор типовых схем ГПП?
6. Каковы принципы построения сети, обеспечивающих требования надежности и минимума приведенных затрат?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Описание принципов разработки вариантов схем электроснабжения подробно изложено в [1-3].

Практическое занятие 12. **Технико-экономическое сравнение вариантов РС**

Целью занятия является получение навыков расчета технико-экономического сравнения вариантов РС.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета технико-экономического сравнения вариантов РС.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения методик технико-экономического сравнения вариантов РС.

Теоретическая часть

Большое распространение в технико-экономическом анализе при сравнении вариантов электросетевых объектов получили укрупненные показатели стоимости, которые рассчитываются на основе проектно-сметных данных и опыте строительства и сравнительно просто (без выполнения сметно-финансовых расчетов) позволяют определять капитальные вложения в электроэнергетические объекты.

В настоящее время укрупненные показатели стоимости приводятся в соответствующих источниках в базисных ценах, сложившихся на 01.01.2000.

Определение стоимости строительства в текущем уровне цен осуществляется с применением индексов пересчета стоимости в текущий уровень цен. Индексы представляют собой отношение стоимости продукции, работ или ресурсов в текущем уровне цен к стоимости в базисном уровне цен.

Индексы цен публикуются в письмах Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на сайте «Федерального центра ценообразования в строительстве и промышленности строительных материалов» <http://www.faufccs.ru/>.

Суммарные капиталовложения на сооружение сети K_{Σ} складываются из суммы капиталовложений по отдельным понижающим подстанциям $K_{nc\ i}$, и линиям $K_{л\ э\ n\ i}$ электрической сети:

$$K_{\Sigma} = \sum_i K_{л\ э\ n\ i} + \sum_i K_{nc\ i},$$

Капиталовложения на сооружение линии электропередачи в базисных ценах $K_{л\ э\ n}^{2000}$ длиной $l_{л\ э\ n}$ определяются в зависимости от ее номинального напряжения, количества трехфазных цепей на опоре, материала опор, марок провода по укрупненным показателям стоимости 1 км воздушных линий в базисных ценах $k_{0\ л\ э\ n\ 2000}$, приведенным в [7] и таблице П.6.1:

$$K_{л\ э\ n}^{2000} = (1 + \alpha_{л\ э\ n}) \cdot k_{0\ л\ э\ n\ 2000} \cdot l_{л\ э\ n},$$

где $\alpha_{л\ э\ n} = 0,2$ – коэффициент учитывающий затраты, сопутствующие строительству, которые составляют:

3,3% – временные здания и сооружения (ГСН 81-05-01-2001);

5,0-6,0% – прочие работы и затраты;

2,6-3,18% – содержание службы заказчика-застройщика, строительный контроль (Методические рекомендации по расчету норматива затрат на содержание службы заказчика-застройщика ОАО «ФСК ЕЭС»);

7,5-8,5% – проектно-изыскательские работы, затраты на проведение экспертизы

проектной документации и авторский надзор (при осуществлении нового строительства – 8%).

Капитальные вложения на сооружение линии электропередачи в текущем уровне цен рекомендуется определять с учетом структуры затрат и с применением индексов цен рекомендованных к применению в текущем квартале, утвержденные в письме Минстроя РФ.

$$K_{лэн}^{20XX} = K_{лэн}^{2000} \cdot c3_{\%с-м}^{лэн} \cdot u_{с-м}^{лэн} + K_{лэн}^{2000} \cdot c3_{\%прочие}^{лэн} \cdot u_{\%прочие}^{лэн},$$

где 20XX – год строительства; $c3_{\%с-м}^{лэн}$, $c3_{\%прочие}^{лэн}$ – составляющие стоимости 1 км линии электропередачи на строительно-монтажные и прочие работы и затраты, приведенные в [7] и таблице П.6.2; $u_{с-м}^{лэн}$ – индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства, определяемых с применением федеральных единичных расценок (приложение № 1 к письму Минстроя РФ – воздушная прокладка кабеля с алюминиевыми жилами без учета НДС) в зависимости от округа строительства; $u_{\%прочие}^{лэн}$ – индекс изменения сметной стоимости прочих работ и затрат (приложение № 4 к письму Минстроя РФ – электроэнергетика (строка 2) без учета НДС).

Капиталовложения на сооружение понижающей подстанции $K_{пс}^{2000}$ в базисных ценах складываются из суммарной стоимости устанавливаемых трансформаторов (автотрансформаторов) на подстанции $\sum K_{тр}$, суммарной стоимости распределительных устройств всех классов напряжения подстанции $\sum K_{р\gamma\Sigma}$, постоянной части затрат на сооружение подстанции $\sum K_{пост пс}$, суммарной стоимости ячеек выключателей на источнике питания проектируемой электрической сети $\sum K_{выкл}$; суммарной стоимости устанавливаемых на подстанции компенсирующих устройств $\sum K_{ку}$:

$$K_{пс}^{2000} = (1 + \alpha_{пс}) \cdot (\sum K_{тр} + \sum K_{р\gamma\Sigma} + \sum K_{пост пс} + \sum K_{выкл} + \sum K_{ку}),$$

$\alpha_{пс}$ - коэффициент, учитывающий затраты, сопутствующие строительству, которые составляют: 1,5-2 % – временные здания и сооружения; 8,5-9,0% – прочие работы и затраты; 2,6-3,18% – содержание службы заказчика-застройщика, строительный контроль (Методические рекомендации по расчету норматива затрат на содержание службы заказчика-застройщика ОАО «ФСК ЕЭС»); 7,5-8,5% – проектно-изыскательские работы и авторский надзор (при осуществлении нового строительства - 8%). Принимаем $\alpha_{пс} = 0,2$.

Капитальные вложения на сооружение понижающей подстанции в текущем уровне цен рекомендуется осуществлять с учетом структуры затрат и с применением индексов цен рекомендованных к применению в текущем квартале, утвержденные в письме Минстроя РФ.

$$K_{пс}^{20XX} = K_{пс}^{2000} \cdot c3_{\%с-м}^{пс} \cdot u_{с-м}^{пс} + K_{пс}^{2000} \cdot c3_{\%об}^{пс} \cdot u_{об}^{пс} + K_{пс}^{2000} \cdot c3_{\%прочие}^{пс} \cdot u_{\%прочие}^{пс},$$

где 20XX – год строительства; $c3_{\%с-м}^{пс}$, $c3_{\%об}^{пс}$, $c3_{\%прочие}^{пс}$ – составляющие стоимости строительства подстанций (%) на строительно-монтажные работы, оборудование и прочие работы и затраты,

u_{c-m}^{nc} – индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства;

$u_{об}^{nc}$ – индекс изменения сметной стоимости оборудования (приложение № 5 к письму Минстроя РФ – электроэнергетика (строка 2) без учета НДС);

$u_{\% прочие}^{nc}$ – индекс изменения сметной стоимости прочих работ и затрат (приложение № 4 к письму Минстроя РФ – электроэнергетика (строка 2) без учета НДС).

Суммарные капиталовложения в n_m однотипных трансформаторов, устанавливаемых на подстанции, определяются в зависимости от их номинального напряжения и номинальной мощности по укрупненным показателям стоимости понижающих трансформаторов $K_{mp\ 2000}$,:

$$\sum K_{mp} = \sum n_{mi} \cdot K_{mp\ 2000\ i} ,$$

укрупненные показатели стоимости линейных регулировочных трансформаторов.

Суммарные капиталовложения в распределительные устройства всех классов напряжения подстанции (как правило, на вновь проектируемых подстанциях число распределительных устройств не превышает трех – РУВН, РУСН и РУНН) складываются из стоимости распределительного устройства каждого класса напряжения:

$$\sum K_{py\Sigma} = \sum K_{py\ вн} + \sum K_{py\ сн} + \sum K_{py\ нн} .$$

Капиталовложения в распределительное устройство одного класса напряжения понижающей подстанции, состоящего из $n_{яч}$ ячеек выключателей, определяются в зависимости от его номинального напряжений и типа применяемых выключателей по укрупненным показателям стоимости ячейки выключателя $K_{выкл\ 2000}$:

$$\sum K_{py} = \sum K_{выкл\ 2000} \cdot n_{яч} .$$

Постоянная часть затрат $\sum K_{пост\ пс}$ определяется в зависимости от номинального напряжения распределительных устройств подстанции и схемы распределительного устройства высшего напряжения по укрупненным показателям стоимости постоянной части затрат:

$$\sum K_{пост\ пс} = \sum K_{пост\ пс\ 2000\ i} .$$

Суммарная стоимость ячеек выключателей на источнике питания проектируемой электрической сети $\sum K_{выкл}$ определяется аналогично капиталовложениям в распределительное устройство одного класса напряжения понижающей подстанции по выражению в зависимости от количества выключателей.

Суммарные капиталовложения устанавливаемых на подстанции батарей конденсаторов $\sum K_{ку}$, определяется в зависимости от номинальной реактивной мощности КУ по укрупненным показателям стоимости.

Базовая укрупненная стоимость шунтовой конденсаторной батареи 10(6) кВ единичной мощностью 1 Мвар в ценах 2000 года составляет 274 тыс. руб.

Выбор оптимального варианта обосновывается путем составления показателей сравнительной экономической эффективности по конкурирующим вариантам. Таким показателем является чистый дисконтируемый доход (ЧДД) [12].

Для сравнения вариантов в большинстве случаев ЧДД подсчитывается по каждому намеченному варианту, и лучшим вариантом считается тот, для которого чистый дисконтированный доход наибольший:

$$ЧДД_i = \sum_{t=1}^n \frac{D_{ti} - I_{ti} - K_{ti}}{(1+E)^t} \Rightarrow \max,$$

где i - номер варианта; D_{ti} - суммарный доход в год t ; I_{ti} - издержки в год t с учетом амортизационных отчислений; T - расчетный срок; .

В данном случае рассматриваются технически взаимозаменяемые варианты с одинаковым энергетическим эффектом, которые удовлетворяют требованиям одинаковой пропускной способности, одинаковой надежности и т.д.

В этом случае D_{ti} оказывается одинаковым, и поэтому от критерия ЧДД по формуле (1.22) можно перейти к затратному критерию минимума дисконтированных затрат [12]:

$$Z = \sum_{t=1}^T \frac{I_{ti} + K_{ti}}{(1+E)^t} \rightarrow \min.$$

где I_{ti} - ежегодные эксплуатационные издержки в t -м году;

K_{ti} - капитальные вложения, осуществляемые в t -м году (если капитальные вложения носят единовременный характер, то учитываются только на нулевом или «прединвестиционном» шаге расчетного периода т.к. капитальные вложения, как правило, предшествуют реализации проекта); E - норма дохода на капитал (норма дисконта).

T - расчетный период проекта (жизненный цикл). В нашем случае, в соответствии с заданием, расчетный период проекта равен 5 годам, однако расчеты выполнены за расчетный срок 19 лет, что соответствует сроку полной амортизации основной части производственных фондов.

В общем случае, для оценки инвестиционной привлекательности проектов норму дисконта рассчитывают по следующей формуле:

$$E = \frac{1+r}{1+i} + p - 1,$$

где r - рыночная стоимость капитала (средний процент за кредит на текущий год, который на сегодняшний момент находится в интервале $0,15 \div 0,17$);

i - объявленные правительством темпы инфляции на текущий год, приняты равными 10%;

p - поправка на риск.

Выбор оптимального варианта капиталовложений в реальных условиях ограниченности средств происходит при использовании критериев сопоставимой прибыли. Однако если речь пойдет о нахождении оптимального варианта развития энергетической системы, обеспечивающего в течение всего периода оптимизации одинаковый экономический эффект, то может быть использован критерий затратного типа, т.е. критерий производственных затрат.

Следует обратить внимание на то, что для выбора оптимального варианта вполне достаточно, если критерий будет содержать только те компоненты сопоставимых производственных затрат, которые будут различными для разных

вариантов. Компоненты производственных затрат, имеющие в различных вариантах одинаковые размеры, не оказывают влияния на принятие решения. Поэтому излишне определять их и включать в критерий принятия решения

Выбор оптимального обосновывается путем составления показателей сравнительной экономической эффективности по конкурирующим вариантам. Таким показателем являются приведенные затраты:

$$Z = E_n * K + И \text{ тыс. руб.}$$

где $E_n = 0,22$ - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;
 K - капиталовложения, тыс. руб.
 $И$ - ежегодные издержки, тыс. руб.

Наиболее экономичен вариант с наименьшими приведенными затратами. При определении сравнительной экономической эффективности учитываются только капиталовложения и издержки, не повторяющиеся в сравнительных вариантах. Не учитываются стоимость низковольтных сетей, стоимость ТП и РП, стоимость потерь энергии в трансформаторе распределительной сети.

Капиталовложения определяются по следующей формуле:

$$K = K_{л} + K_{яч} \text{ тыс. руб.,}$$

где $K_{яч}$ - стоимость одной ячейки, аходится по формуле:

$$K_{яч} = n * K_{1яч} \text{ тыс. руб.,}$$

где $K_{1яч}$ - принимается по таблице по

$$K_{л} = K_{уд} * l \text{ тыс. руб.}$$

где $K_{уд}$ - капиталовложения в 1 км линии, выбирается по ,
 l - длина линии, км.

Издержки определяются по формуле:

$$И = И_a + И_э + И_{\Delta W} \text{ тыс. руб.,}$$

где $И_a$ - затраты на амортизацию;

$И_э$ - затраты на эксплуатацию;

$И_{\Delta W}$ - издержки на возмещение потерь электроэнергии.

$$U_a = (A_{ая} / 100) * K_{я} + (A_{ал} / 100) * K_{л},$$

где A_a , $A_э$ - нормы амортизационных отчислений и отчислений на эксплуатацию выбираются по :

$$И_{\Delta W} = \Delta W * Z_{\Delta W},$$

где ΔW - потери электроэнергии за год, кВт*час/год;

$Z_{\Delta W}$ - стоимость 1 кВт*ч потерь электроэнергии.

$$\Delta W = \sum W_i,$$

$$W_i = 3 * I_i^2 * L_i * R * \tau.$$

Задание

Определить цены основного оборудования используя сайты заводов изготовителей и усреднить цены по каждому виду оборудования.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. В чем заключается различие приведенных и дисконтированных затрат?

2. Как влияет выбор значений расчетного периода и нормы дисконта на дисконтированные затраты элементов СЭС?
3. Сформулируйте принципы составления математических зависимостей затрат на этапе ТЭО и принятые допущения?
4. Как определяются средние удельные дисконтированные затраты по капиталовложениям в элементы СЭС?
5. Почему при увеличении мощности трансформаторов ТП уменьшается оптимальная степень КРМ на НН?
6. На основании каких документов принимается стоимость потерь электроэнергии на различных уровнях напряжения?
7. Чему равна цена вакуумного выключателя?
8. Чему равна 1 км кабеля СПЭ различных сечений?
9. Чему равна цена силовых трансформаторов различной мощности?
10. Чему равна цена батарей конденсаторов различной мощности?
11. Чему равна цена элегазового выключателя напряжением 110 кВ?
12. Как цена кабеля СПЭ зависит от сечения экрана?

Повышенный уровень

1. Каковы составные элементы капиталовложений на сооружение электрических сетей?
2. Что такое приведенные затраты и какие вопросы в проектах электрических сетей решаются на основе этого критерия?
3. Как охарактеризовать ежегодные эксплуатационные расходы?
4. Какова средняя цена вакуумного выключателя 10 кВ
5. Какова средняя цена выключателя нагрузки 10 кВ
6. Какова средняя цена силовых трансформаторов 10/0.4 кВ
7. Какова средняя цена кабеля из СПЭ на 10 кВ
8. Какова средняя цена кабеля из СПЭ на 0,4 кВ

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения по данному вопросу можно получить в [1 - 5].

Практическое занятие 13

Выбор сечений воздушных линий и токоведущих жил кабелей линий 10 кВ

Целью занятия является получение навыков выбора сечений токоведущих жил кабелей линий 10 кВ.

В результате практического занятия студенты должны освоить методики выбора сечений токоведущих жил кабелей линий 10 кВ.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью получения навыков выбора сечений воздушных линий и токоведущих жил кабелей линий 10 кВ

Теоретическая часть

Как показано на рисунке 1 кабель СПЭ марки АПвП состоит из следующих элементов:

1. Многопроволочная токопроводящая жила из алюминия (А);
2. Экран по жиле из экструдированного полупроводящего сшитого

полиэтилена;

3. Изоляция из сшитого полиэтилена (Пв);

4. Экран по жиле из экструдированный полупроводящего сшитого полиэтилена;

5. Экструдированное полупроводящее заполнение;

6.Слой обмотки полупроводящим полотном

7. Медный экран и отдельный слой из электропроводящих лент;

8. Межфазное заполнение из мелонаполненной невулканизированной резиновой смеси;

9. Наружная оболочка из полиэтилена (П).

Конструкция кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена представлены на рисунке 13.1.



Рис. 13.1 – Конструкция кабеля АПвП 10кВ (а) и 0,4 кВ (б)

Основная область применения – прокладки в земле (в траншеях), если кабель защищен от механических повреждений. Кабель предназначен для эксплуатации в земле независимо от степени коррозионной активности грунтов.

Сеть 0,4 кВ также выполнена силовыми кабелями марки АПвП. Токопроводящая жила кабеля выполнена из алюминия. Конструкция кабеля АПвП 0,4 кВ представлена на рисунке 13.1 (б).

Прокладку кабеля разрешается начинать только при наличии проекта производства работ (ППР), с учетом настоящих рекомендаций и действующих нормативных документов:

- СНиП 3.05.06.-85 «Электротехнические устройства»;
- Правила устройства электроустановок».

Кабели на напряжения до 10 кВ прокладывают на глубине 0,7 м от планируемой отметки при глубине траншеи 0,8 м. На дно траншеи насыпают слой песка или чистой земли, не содержащей камней толщиной не менее 0,1 м.

Все кабели номинальным напряжением свыше 1 кВ, проложенные в траншеях, должны иметь защитные покрытия из красного кирпича или бетонных плит, положенных на слой земли или песка толщиной 0,1 м. При глубине траншеи 1–2 м и напряжении до 10 кВ защита кабелей кирпичом необязательна. СНиП установлено предельное количество кабелей в одной траншее – не более шести, устройство

траншей с большим числом кабелей является не экономичным. Ширина траншеи определяется количеством, сечением и марками кабелей.

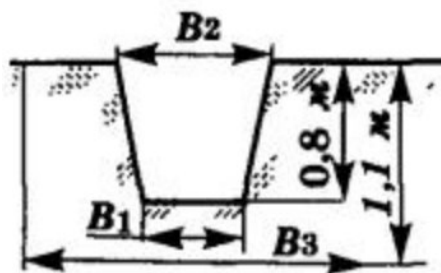


Рис. 13.2 – Размеры траншеи для прокладки кабеля 1–10 кВ:
B1 – на дне траншеи; B2 – у поверхности земли; B3 – зона отвода

Допускается совместная прокладка силовых и контрольных кабелей в одной траншее. При этом расстояние между крайними контрольным и силовым кабелем должно быть не менее 100 мм.

Между силовыми кабелями расстояние в свету должно быть не менее 100 мм.

Кабель укладывается в траншее «змейкой» с небольшим запасом, составляющим 1,5–2% общей длины траншеи, на случай возможных смещений почвы и температурных деформаций кабеля в разное время года. В месте установки соединительной муфты предусматривают расширение траншеи для устройства петли запаса и возможности вырезки поврежденной муфты и замены.

При параллельной прокладке кабелей в плоскости расстояние по горизонтали в свету между кабелями отдельной кабельной линии должно быть не менее величины наружного диаметра прокладываемого кабеля.



Рис. 13.3 – Прокладка кабеля в траншее

Вводы кабелей в здания, кабельные сооружения и другие помещения должны быть выполнены в асбоцементных, бетонных, керамических или пластмассовых трубах. Концы труб должны выступать в траншею из стены здания или фундамента (при наличии отмостки за линию последней) не менее чем на 0,6 м, и иметь уклон в сторону траншеи.

При прокладке кабелей вдоль зданий параллельно линии застройки расстояние от фундаментов зданий до ближайшего кабеля устанавливается не менее 600 мм.

Для защиты кабелей в местах пересечений с дорогами, инженерными сооружениями и естественными препятствиями, а также для изготовления кабельных блоков, должны быть применены трубы. Случай, когда требуется прокладка кабеля в

трубах, перечислены в ПУЭ. Трубы должны быть выполнены из асбоцементного, керамического, пластмассового или иного немагнитного изоляционного материала. Трубы должны быть уложены прямолинейно.

Экран кабеля должен быть заземлен на обоих концах линии. Заземление должно обеспечивать отведение токов короткого замыкания (т.е. должна быть обеспечена достаточная проводимость заземляющего проводника, экран и заземляющий проводник не должны иметь разрывов и участков с высоким электросопротивлением). Желательно также дополнительное заземление экрана по длине линии.

Выбор сечений ВЛ осуществляется в соответствии с требованиями ПУЭ. Наибольший ток одной цепи линии $I_{нб}$ рассчитывается по мощности, протекающей по линии в режиме наибольших нагрузок по выражению:

$$I_{нб} = \frac{S_{прив}}{n_{\phi} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

Расчетную токовую нагрузку определим по выражению:

$$I_p = \alpha_i I_{нб(5)},$$

где $I_{нб(5)}$ – наибольший ток одной цепи линии на пятый год ее эксплуатации; α_i – коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации линии за расчетный период.

Для линии 110 кВ значение α_i , принимается равным 1,05, что соответствует наиболее часто встречающимся темпам роста нагрузки.

Сечение проводников выбираем по экономической плотности тока. Плотность тока, зависит от числе часов использования максимума нагрузки

Выбранные сечения ВЛ должны быть проверены по нагреву, короне, механической прочности и допустимой потере напряжения.

Выбор сечения кабельных линий на напряжении 6-10 кВ производим по экономической плотности тока в зависимости от металла провода и числа часов использования максимума нагрузки по формуле:

$$F_{ЭК} = \frac{I_p}{j_{ЭК}},$$

где I_p – расчетный ток, А, определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

n – число кабелей;

$j_{ЭК} = 1,7 \text{ А/мм}^2$ – экономическая плотность тока для кабеля с алюминиевыми жилами;

S_p – полная расчетная нагрузка ТП с учетом потерь в трансформаторах 10/0,4 кВ.

Например, для участка от ГПП до ТП1:

$$I_{Пт1} = \frac{3200}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 88,08 \text{ А}, \quad F_{ЭКт13} = \frac{88,08}{1,7} = 51,81 \text{ мм}^2$$

В послеаварийном режиме ток определяется как:

$$I_P^{П/AB} = \frac{S_P^{П/AB}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ}};$$

$$I_P^{П/AB} = \frac{3200}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 176,16 \text{ А}.$$

Выбираем сечение кабеля равное 50 мм² с допустимым током 175 А.

Сечение округляем до ближайшего (большего или меньшего) стандартного с учетом технических ограничений, а также исходя из анализа удельной стоимости 1 км ВЛ.

Выбранные сечения проверяются по нагреву в нормальном и послеаварийном режимах, по механической прочности, по короне и допустимой потере напряжения.

Для проверки по длительно допустимому нагреву определим допустимый ток по нагреву с учетом поправки на температуру воздуха.

Например, для провода АС 185:

$$I'_{\text{допА2}} = 510 \cdot 1,05 = 535,5 \text{ А}.$$

где $k_T = 1,05$ для средней июльской температуры Урала;

$I_{\text{дл. доп}}$ – допустимый длительный ток для неизолированных проводов марок АС-150 равный 510 А.

Для двухцепных радиально-магистральных линий ток послеаварийного режима определяется по выражению: $I_{\text{нбав}} = 2 \cdot I_{\text{нб}}$:

Потери напряжения в кабельных линиях 6-10 кВ:

$$\Delta U_{\text{н}} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{ном}}};$$

где Р - поток активной мощности по участку, кВт;

Q поток реактивной мощности по участку, квар;

R – активное сопротивление кабеля, Ом;

X – реактивное сопротивление кабеля, Ом.

Задание

Выбрать сечение двухцепной воздушной линии длиной 30+NB км, с номинальным напряжением 110 кВ, если известно, что по линии протекает максимальная активная мощность равная 10_NB МВт, и реактивная, равная 5+NB Мвар.

Выбрать сечение кабельной линии, напряжением 10 кВ, выполненной 4 кабелями марки АПвП, длиной по 1200 м, по которой протекает нагрузка 3000+10*NB кВА.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Какие конкурирующие факторы имеют место при выборе площади сечения по экономическим соображениям?.
2. Как производится выбор площади сечения проводников линий по нормативной экономической плотности тока?
3. Исходя из каких условий находится расчетный ток, по которому выбираются площади сечения проводников по экономическим

соображениям?

4. Как определяются потери напряжения в СЭС?.
5. Что такое допустимая потеря напряжения?
6. Как проверяются выбранные сечения кабелей по допустимой потере напряжения?
7. В каких сетях и почему выбор проводников линий производят по допустимой потере напряжения?
8. Какие условия должны соблюдаться при выборе проводников линий по условиям их нагревания?
9. Как изменяется допустимая плотность тока в зависимости от площади сечения проводника?

Повышенный уровень

1. Какому экономическому критерию соответствует экономическая плотность тока?
2. Как можно определить продолжительность использования максимума нагрузки?
3. Какие требования ГОСТ 13109-97 предъявляет к допустимым отклонениям напряжения?
4. В чем состоят недостатки применения нормативной экономической плотности при выборе площади сечения проводников линий?
5. В чем сущность выбора площади сечения проводников по экономическим интервалам нагрузки?
6. Как определить граничное значение тока, при котором целесообразно переходить от одной площади сечения проводников к другой?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения по данному ПЗ изложены в [1-3].

Практическое занятие 14.

Расчет потерь электроэнергии сравниваемых вариантов сети

Целью занятия является получение навыков расчета потерь электроэнергии сравниваемых вариантов сети.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета потерь электроэнергии сравниваемых вариантов сети.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения расчета потерь электроэнергии сравниваемых вариантов сети.

Теоретическая часть

Метод числа часов наибольших потерь мощности состоит в расчете потерь электроэнергии по формуле:

$$\Delta W_{nj} = k_d k_k \Delta P_{\max} T_j \tau_o,$$

где $\Delta P_{\max}$ - потери мощности в режиме наибольшей нагрузки сети;

τ_o - относительное число часов наибольших потерь мощности, определенное по графику суммарной нагрузки сети за расчетный интервал.

Относительное число часов наибольших потерь мощности определяется по формуле:

$$\tau_o = \sum_{i=1}^m P_i^2 \Delta t_i / (P_{\max}^2 T_j) ,$$

где $P_{\max}$ - наибольшее значение из m значений P_i в расчетном интервале.

Коэффициент k_k в формуле (2.13) принимается равным 1,03.

Допускается определять относительное число часов наибольших потерь мощности за расчетный интервал по формуле:

$$\tau_o = \tau_c \cdot \tau_M \cdot \tau_N$$

где τ_c - относительное число часов наибольших потерь мощности, рассчитанное по формуле (1.25) для суточного графика дня контрольных замеров.

Значения τ_M и τ_N рассчитывается по формулам:

$$\tau_M = \frac{D_p + k_w^2 D_{н.р}}{D_M} ;$$

$$\tau_N = \sum_{i=1}^{N_j} W_{Mi}^2 / (N_j W_{M.p}^2),$$

где $W_{M.p}$ - отпуск электроэнергии в сеть в расчетном месяце.

При расчете потерь за месяц $\tau_N = 1$.

При отсутствии графика нагрузки значение τ_o определяется по формуле:

$$\tau_o = \frac{k_3 + 2 k_3^2}{3} .$$

Вопросы и задания

Для сети, рассмотренной в практическом занятии № 2 с постоянными суточными графиками узловых нагрузок за летний и зимний период представленными в таблицах 15.1- 15.1, рассчитать нагрузочные потери электроэнергии за год методом максимальных нагрузок.

Вопросы и задания

Рассчитать годовые потери электроэнергии в фидерах распределительной сети напряжением 6 кВ, представленных на рисунках 15.2 – 15.4. Параметры схем представлены в таблицах 15.1-15.3 , нагрузки распределительных трансформаторов (РТ) заданы коэффициентом загрузки в таблице 15.4. Номера отключенных трансформаторов для каждого варианта представлены в таблице 1.14. $\cos=0,7$

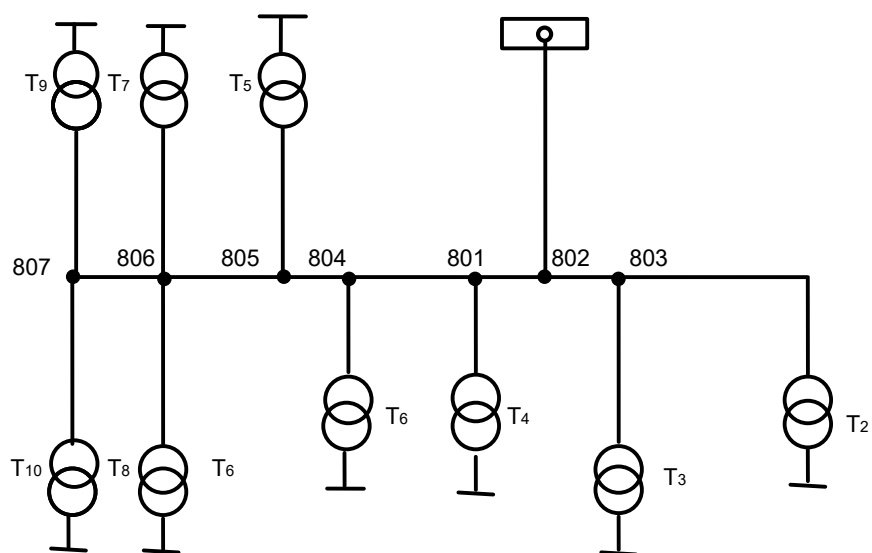


Рис. 14.1 – Схема № 1 распределительной сети напряжением 6 кВ
Таблица 14.1 – Параметры схемы № 1

Ветвь		Длина ветви км	Марка провода	Мощность трансформатора кВА
Начало	Конец			
100	802	0,18	АС-50	-
801	802	1,12	АС-50	-
802	803	0.44	АС-50	-
803	3	0.27	АС-50	60
803	2	0.18	АС-50	160
802	4	0.56	АС-50	160
4	6	1.04	АС-50	250
6	804	0.22	АС-50	-
804	806	1.29	АС-50	-
806	807	0.40	АС-35	-
807	9	0.36	АС-35	60
807	10	0.52	АС-35	60
806	8	0.25	АС-50	100
806	7	1.24	АС-50	100
804	805	1.16	АС-50	-
805	5	0.17	АС-25	60

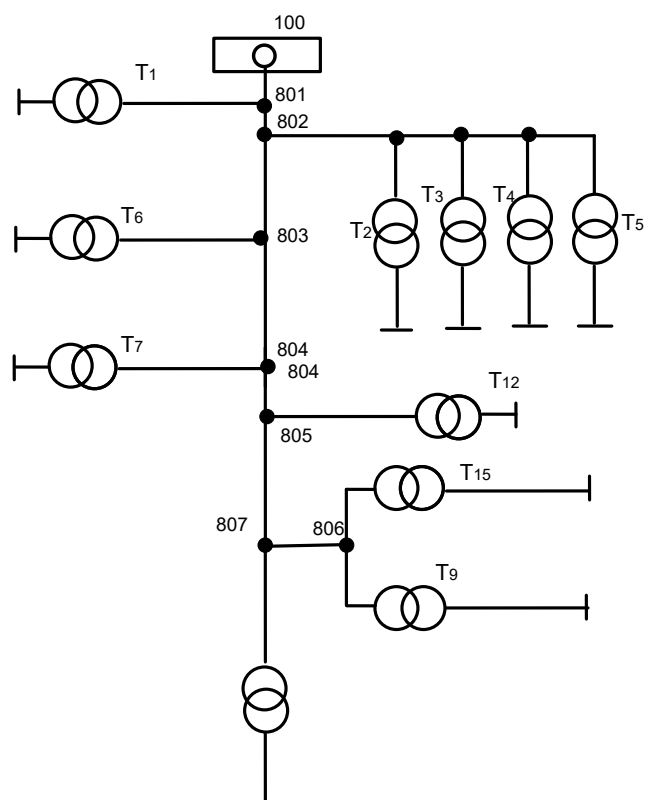


Рис. 14.2 – Схема № 2 распределительной сети напряжением 6 кВ

Таблица 14.2 – Параметры схемы № 2

Ветвь		Длина ветви, км	Марка провода	Мощность трансфор- матора кВА
№ нач.	№ кон.			
1	2	3	4	5
100	801	2.1	АС-70	-
801	1	0.22	АС-50	160
801	802	1.64	АС-70	-
802	2	0.57	АС-50	60
2	3	0.56	АС-50	60
2	3	0.56		
4	5	1.3	АС-50	60
802	803	1.82	АС-70	-
803	804	0.51	АС-70	100
3	4	2.07	АС-50	60
804	805	0.38	АС-50	-
805	807	2.31	АС-25	60
805	806	0.52	АС-50	-
806	15	1.47	АС-25	60
806	9	0.09	АС-25	60
804	7	1.76	АС-25	60
803	6	0.55	АС-25	100
804	12	0.12	АС-50	60

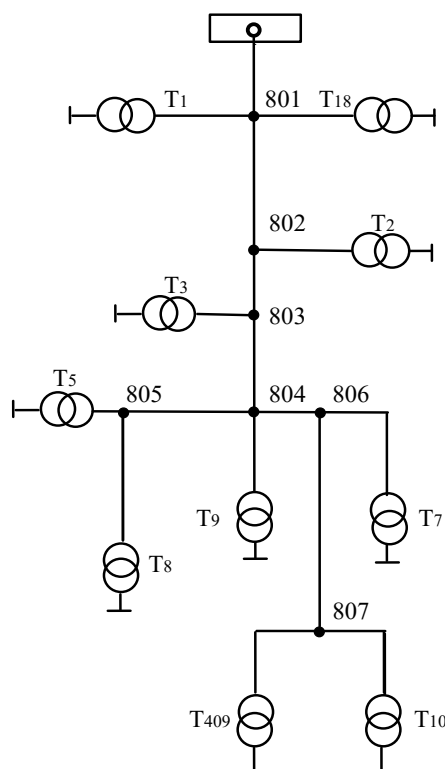


Рис. 14.3 – Схема № 3 распределительной сети напряжением 6 кВ

Таблица 14.3 – Параметры схемы 3

Ветвь		Длина ветви, км	Марка провода	Мощность трансформатора кВА
№ нач.	№ кон.			
100	801	2.0	АС-70	-
801	1	0.22	АС-50	160
801	802	1.64	АС-70	-
802	2	0.57	АС-25	60
802	3	0.56	АС-50	60
3	803	0.77	АС-50	160
801	18	1.82	АС-70	160
803	804	0.51	АС-50	250
803	805	0.38	АС-50	-
805	7	2.31	АС-50	160
805	8	0.52	АС-50	-
9	10	1.47	АС-25	60
8	9	0.09	АС-50	-
604	5	1.76	АС-25	60
9	409	0.55	АС-50	100

Таблица 14.4 – Параметры схем и загрузки распределительных трансформаторов

По первой цифре варианта			Номера отключаемых трансформаторов выбираются по второй цифре номера варианта									
Nвар	N схемы	K _з	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0.20	9	7	5	2	3	4	6	10	8	2
1	2	0.30	1	2	3	4	5	807	15	9	7	6
2	3	0.40	1	18	2	3	804	5	803	409	10	7
3	1	0.50	2	3	4	6	10	8	2	9	7	5
4	2	0.22	807	15	9	7	6	1	2	3	4	5
5	3	0.35	3	804	5	803	409	10	7	1	180	2
6	1	0.45	6	10	8	2	9	7	5	2	9	4
7	2	0.56	7	6	1	2	3	4	5	307	15	9
8	3	0.60	5	303	409	10	7	1	10	2	3	803
9	1	0.65	2	8	10	8	4	3	2	5	7	9

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. Как определяются потери холостого хода трансформаторов в сети 6-10 кВ?
2. Как расположить методы расчета переменных технических потерь электроэнергии в сети 6-10 кВ в порядке убывания их точности?
3. Как рассчитывается коэффициент формы суммарной нагрузки сети в методе средних нагрузок?
4. Как определяются нагрузочные потери электроэнергии по методу средних нагрузок?
5. В чем суть метода средних нагрузок?
6. Как учесть балансовую принадлежность при использовании метода средних нагрузок?
7. Как определить математическое ожидание нагрузки в узле сети
8. Каким образом можно зафиксировать значение максимальной нагрузки ЭЭС?
9. Как получить максимальные нагрузки сети?
10. Как рассчитать коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети при отсутствии графика нагрузки?
11. Как рассчитать число часов наибольших потерь мощности при использовании метода числа часов наибольших потерь мощности?
12. Как рассчитывается относительное число часов наибольших потерь мощности при отсутствии графика нагрузки?

Повышенный уровень

1. В чем сущность метода «эквивалентного сопротивления»?
2. Каким способом рассчитываются нагрузки распределительных трансформаторов?
3. Какие уровни напряжения следует задавать в центрах питания при расчетах потерь электроэнергии методом средних нагрузок?
4. По каким данным и как рассчитывается коэффициент формы в методе средних нагрузок?
5. Как задать нагрузки в узлах при использовании метода числа часов наибольших потерь мощности?
6. Какие способы определения относительного числа часов наибольших потерь мощности Вам известны?
7. Как определить максимальную нагрузку сети за базовый период?
8. Какие рабочие и нерабочие дни необходимо выбрать для определения k_w ?
9. Каким образом можно получить нагрузки узлов в режиме максимальных нагрузок?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения по данному вопросу можно получить в [1 - 5].

Практическое занятие 15

Расчет токов короткого замыкания и выбор аппаратов защиты и оборудования на РП и ТП

Целью занятия является получение навыков расчета токов короткого замыкания и выбора аппаратов защиты и оборудования на РП и ТП.

В результате практического занятия студенты должны освоить методики расчета токов короткого замыкания и выбора аппаратов защиты и оборудования на РП и ТП..

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью расчета токов короткого замыкания и выбора аппаратов защиты и оборудования на РП и ТП.

Теоретическая часть

Расчет токов короткого замыкания проводится для выбора отключающих аппаратов и проверки условий устойчивости элементов схемы по термическому и электродинамическому действию токов короткого замыкания (КЗ), а также при расчете релейной защиты.

Составим схему замещения для расчета токов КЗ на стороне 10 кВ, которая путем преобразования сводится к такому виду, чтобы между источником питания и точкой короткого замыкания находилось только одно результирующее сопротивление. Схема замещения приведена на рисунке 15.1.

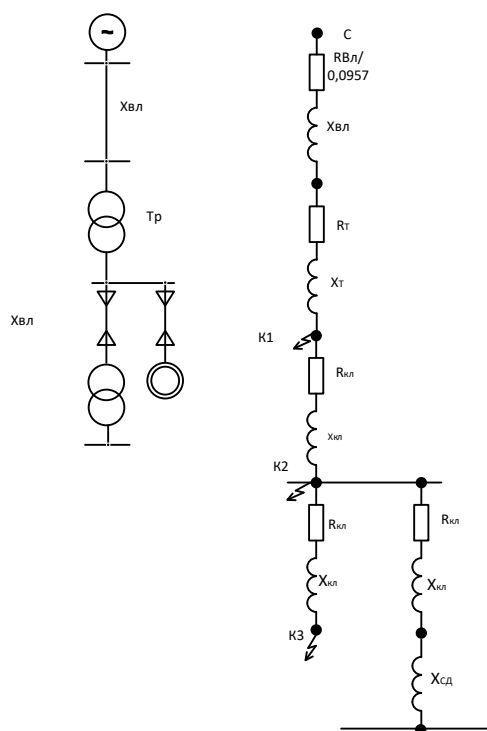


Рис. 15.1 – Исходная схема и схема замещения

Исходя из того, что расчетные токи КЗ находятся на двух разных ступенях напряжения, расчет будем выполнять в относительных единицах, для чего за базисную мощность принимаем $S_B = 100$ МВ·А; за базисные напряжения принимаем $U_{B1} = 115$, $U_{B2} = 10,5$ кВ. Определяем базисный ток:

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B},$$

$$I_{B1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,026 \text{ кА} \quad I_{B2} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,51 \text{ кА}.$$

Определим сопротивление элементов схемы замещения в относительных единицах.

Для системы примем $R_c = 0$, а $X_c = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 25 \cdot 115} = 0,02 \text{ о.е.}$

Для воздушной двухцепной линии Л1:

$$R_{*Л} = R_{уд} \cdot L \cdot \frac{S_B}{2 \cdot U_{CP.H}^2} = 0,422 \cdot 60 \cdot \frac{100_B}{2 \cdot 115^2} = 0,191 \text{ о.е.},$$

$$X_{*Л} = X_{уд} \cdot L \cdot \frac{S_B}{2 \cdot U_{CP.H}^2} = 0,444 \cdot 60 \cdot \frac{100_B}{2 \cdot 115^2} = 0,202 \text{ о.е.}$$

Для трансформаторов на ГПП:

$$R_T = \frac{22 \cdot 100}{1000 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2} = 0,176 \text{ о.е.} \quad X_T = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{2,5 \cdot 2} = 2,1 \text{ о.е.}$$

Для синхронных двигателей:

$$X_{CD}'' = \frac{X_d''}{S_{номCD}} \cdot \frac{S_B}{1,6} = \frac{0,2 \cdot 100}{1,6} = 12,5 \text{ о.е.} \quad R_{CD} = 0,15 \cdot 0,2 = 0,03 \text{ о.е.}$$

Для кабельной линии к СД:

$$R_{*Л} = R_{уд} \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_{CP.H}^2} = 0,025 \cdot \frac{100}{10,5 \cdot 10,5} = 0,0224 \text{ о.е.},$$

$$X_{*Л} = X_{уд} \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_{CP.H}^2} = 0,01932 \cdot \frac{100}{10,5 \cdot 10,5} = 0,005 \text{ о.е.}.$$

Для кабельной линии к цеху:

$$R_{КЦ} = 0,025 \cdot \frac{100}{2 \cdot 10,5 \cdot 10,5} = 0,0298 \text{ о.е.}, \quad X_{КЦ} = 0,00552 \cdot \frac{100}{2 \cdot 6,3^2} = 0,0229 \text{ о.е.}$$

Суммарное активное сопротивление до точки К1 равно 0,457 о.е., а суммарное индуктивное 14,83. Соотношение X/R больше 3, следовательно активным сопротивлением можно пренебречь.

Значение тока КЗ в точке К1 равно:

$$I_{K1} = \frac{I}{X_{\Sigma 1}} = \frac{5,51}{0,457} = 12,06 \text{ кА}.$$

Определяем суммарное сопротивление со стороны системы и со стороны синхронного двигателя до точки К2:

$$X_{\Sigma C} = 13,58 \text{ о.е.}, \quad X_{\Sigma CD} = 12,5 \text{ о.е.}$$

Определяем токи в точке К2 отдельно от системы и от синхронного

двигателя:

$$I_{CK2} = \frac{1}{X_{\Sigma C}} I_{\delta 2} = \frac{1}{1,05} \cdot 5,51 = 5,21 \text{ кА.}$$

$$I_{CDK2} = \frac{1}{X_{\Sigma CD}} I_{\delta 2} = \frac{1}{12,5} \cdot 5,51 = 0,44 \text{ кА.}$$

Суммарный ток в точке К2.

$$I_{K2} = I_{CK2} + I_{CDK2} = 5,21 + 0,44 = 5,66 \text{ кА}$$

Определяем с помощью коэффициентов распределения результирующее сопротивление до точки К3:

$$X_{\text{ЭKB2}} = \frac{X_{\Sigma C} * X_{\Sigma CD}}{X_{\Sigma C} + X_{\Sigma CD}} = \frac{1,055 \cdot 12,51}{1,055 + 12,512} = 0,973 \text{ о.е.}$$

$$K_{P1} = \frac{X_{\text{ЭKB2}}}{X_{\Sigma C}} = \frac{0,973}{1,055} = 0,922 ; \quad K_{P2} = \frac{X_{\text{ЭKB2}}}{X_{\Sigma CD}} = \frac{0,973}{12,505} = 0,078.$$

$$X_{PE33} = X_{\text{ЭKB2}} + X_{Л2} = 0,922 + 0,0229 = 0,996$$

$$X_{PE313} = \frac{X_{\text{ЭKB2}}}{X_{\Sigma C}} = \frac{0,996}{0,922} = 1,08 ; \quad X_{\text{рез}23} = \frac{X_{\text{ЭKB3}}}{X_{\Sigma CD}} = \frac{0,996}{0,078} = 12,8.$$

Определим токи, кА, в точке К3 отдельно от системы и от синхронного двигателя:

$$I_{CK3} = \frac{1}{X_{PE313}} I_{\delta 2} = \frac{1}{1,08} \cdot 5,51 = 5,098 \text{ кА.}$$

$$I_{CDK3} = \frac{1}{X_{PE323}} I_{\delta 2} = \frac{1}{12,8} \cdot 5,51 = 0,43 \text{ кА.}$$

Суммарный ток К3 в точке К3:

$$I_{K3} = 5,098 + 0,43 = 5,529 \text{ кА.}$$

Определяем ударный ток в точке К1. Находим ударный коэффициент по кривой [2] в зависимости от соотношения X_{Σ} / R_{Σ} :

Определяем ударный ток в точке К2 и К3.

$$i_{y\delta 2} = 1,41 * 5,53 * 1,8 = 14,03 \text{ кА.}$$

В связи с тем, что источником питания является энергосистема, то периодическая составляющая трехфазного тока в момент КЗ $I_{\text{Пт}} = I_{\text{П0}}$.

Расчет токов КЗ необходим для проверки защитных аппаратов по отключающей способности, проверки защит по чувствительности действия и шинопроводов (ШМА, ШРА) по термической и электродинамической стойкости.

С этой целью рассчитываются токи трехфазного короткого замыкания ($I_K^{(3)}$) на выходе защитных аппаратов, токи однофазного КЗ ($I_K^{(1)}$) в конце защищаемой зоны аппарата защиты, ток трехфазного КЗ и ударный (i_y) в начале шинопровода.

При расчетах токов КЗ в электроустановках до 1 кВ необходимо учитывать:

1. индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, включая силовые трансформаторы, проводники, трансформаторы тока, реакторы, токовые катушки автоматических выключателей;

2. активные сопротивления элементов короткозамкнутой цепи;
3. активные сопротивления различных контактов и контактных соединений;
4. значения параметров синхронных и асинхронных электродвигателей.

При расчетах токов КЗ рекомендуется учитывать:

- 1) сопротивление электрической дуги в месте КЗ;
- 2) изменение активного сопротивления проводников короткозамкнутой цепи вследствие их нагрева при КЗ;
- 3) влияние комплексной нагрузки (электродвигатели, преобразователи, термические установки, лампы накаливания) на ток КЗ, если номинальный ток электродвигателей нагрузки превышает 1,0 % начального значения периодической составляющей тока КЗ, рассчитанного без учета нагрузки.

Токи КЗ рекомендуется рассчитывать в именованных единицах.

Следует использовать шкалу средних номинальных напряжений: 37; 24; 20; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,525; 0,4; 0,23 кВ.

Сопротивления всех элементов схемы замещения выражать в миллиомах.

При электроснабжении электроустановки от энергосистемы через понижающий трансформатор начальное действующее значение периодической составляющей трехфазного тока КЗ в килоамперах без учета подпитки от электродвигателей рассчитывают по формуле:

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}},$$

где $U_{\text{ср.НН}}$ – среднее номинальное напряжение сети, в которой произошло короткое замыкание, В; $r_{1\Sigma}$, $x_{1\Sigma}$ – соответственно суммарное активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности цепи до точки КЗ, мОм.

Значение периодической составляющей тока однофазного КЗ от системы в килоамперах рассчитывают по формуле

$$I_{\text{к}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}},$$

где $r_{0\Sigma}$ и $x_{0\Sigma}$ – суммарное активное и суммарное индуктивное сопротивление нулевой последовательности относительно точки КЗ, мОм.

Для определения суммарных сопротивлений до точки КЗ необходимо составить расчетную схему, на которой приводятся технические характеристики цехового трансформатора (тип, схема соединения обмоток, номинальная мощность, номинальные напряжения обмоток, напряжение КЗ трансформатора и мощность потерь при КЗ), марка кабелей, сечения и длины линий, типы и номинальные токи коммутационно-защитных аппаратов, точки КЗ.

Вопросы и задания

Рассчитать токи короткого замыкания в СЭС заданного района.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Какие условия принимаются при составлении расчетной схемы электроустановок напряжением до 1 кВ?
2. Перечислите способы ограничения токов КЗ.
3. Какая точка на расчетной схеме электроустановки выбирается в качестве расчетной?
4. Как выбираются и пересчитываются базисные условия для различных ступеней напряжения электроэнергетической системы?
5. Зависит ли результат расчета тока КЗ от выбора базисных условий?
6. Назовите отличия принципиальной схемы, расчетной схемы и схемы замещения.
7. На чем основаны точное и приближенное приведения параметров элементов коротко замкнутой цепи в схемах замещения?
8. Что такое коэффициенты распределения? Объясните их физическую сущность.
9. Как выполняется преобразование и упрощение эквивалентных схем?
10. По каким параметрам выбираются все электрические аппараты?
11. Какие виды проверок по условиям КЗ применяются в электроустановках напряжением выше 1 кВ?
12. Какие виды проверок по условиям КЗ применяются в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Повышенный уровень

1. Какие сопротивления учитываются при расчете токов КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ?
2. Из какого условия при расчете токов КЗ допускается исходить при питании электрической сети напряжением до 1 кВ через понижающий трансформатор?
3. Как происходит выбор расчетного момента возникновения КЗ?
4. От чего зависит значение и характер изменения апериодической составляющей тока КЗ?

5. Почему в сетях до 1 кВ рассчитывается наименьший из токов однофазного КЗ?

6. Объясните сущность расчетных кривых, от каких параметров они зависят?

7. Какое время принимается в качестве расчетной продолжительности КЗ при проверке электрических аппаратов и проводников на термическую стойкость при КЗ

8. При каких условиях обеспечивается надежная селективность последовательно включенных предохранителей?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения по данному вопросу можно получить в [1 - 3].

Практическое занятие 16.

Проверка кабелей по термической стойкости к токам КЗ и выбор сечений экранов кабелей из СПЭ

Целью занятия является получение навыков проверки кабелей по термической стойкости к токам КЗ и выбор сечений экранов кабелей из СПЭ.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику проверки кабелей по термической стойкости к токам КЗ и условия выбора сечений экранов кабелей из СПЭ.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью получения навыков проверки кабелей по термической стойкости к токам КЗ и выбора сечений экранов кабелей из СПЭ.

Теоретическая часть

Проверка сечений по термической стойкости проводится после расчетов токов КЗ, тогда минимальное термически стойкое токам КЗ сечение кабеля определяется как:

$$F_{\text{КЗ MIN}} = \frac{I_{\text{ПО}} \cdot \sqrt{t_{\text{П}}}}{K_{\text{T}}},$$

где $I_{\text{ПО}}$ – установившееся значение тока КЗ, А;

$t_{\text{П}}$ – приведенное время КЗ, принимаем по [4] равным 0,065;

K_{T} – температурный коэффициент, учитывающий ограничение допустимой температуры нагрева жил кабелей, принимаем по [12] $K_{\text{T}} = 65 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$.

Задание

Освоить методику проверка сечений кабелей и экранов на стойкость к протеканию токов КЗ и выбрать сечения экранов кабелей 6-10 и 0,4 кВ.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. С какой целью выполняется проверка сечений по термической стойкости?

2. Как выбираются сечения экранов кабелей?

Повышенный уровень

1. Чему равно приведенное время КЗ?
2. Как выбираются места заземления экранов?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения по данному вопросу можно получить в [1 - 5].

Практическое занятие 17.

Выбор в электрооборудования РС

Целью занятия является получение навыков выбора электрооборудования РС

В результате практического занятия студенты должны освоить методику выбора электрооборудования РС.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью получения навыков выбора электрооборудования РС.

Теоретическая часть

Все основные элементы системы электроснабжения должны удовлетворять следующим условиям:

- удовлетворять условиям работы в нормальном режиме и быть устойчивыми при коротких замыканиях и перенапряжениях;
- отвечать технико-экономической целесообразности их установки;
- соответствовать роду установки и условиям окружающей среды;
- класс изоляции аппаратов, изоляторов, проводов должен соответствовать номинальному напряжению сети.

Все оборудование выбирается по номинальным параметрам и проверяется на динамическую и термическую устойчивость при токах короткого замыкания [1].

На шинах 10,5 кВ и секционный выключатель выбираем ячейки комплектных распределительных устройств серии К-104АТ с вакуумным выключателем ВВ/AST-10-12,5/630У1. Данные камеры предназначены для комплектования распределительных устройств напряжением 10 кВ переменного трехфазного тока частотой 50 Гц систем с изолированной или заземленной через дугогасительный реактор нейтралью. Рабочий ток, протекающий через выключатель, определим по формуле, А:

$$I_p = \frac{S_{p\Gamma\Pi\Pi}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (17.1)$$

Таблица 17.1 – Проверка условий выбора вакуумного выключателя

Условие выбора	Расчетные величины	Каталожные данные
$U_{\text{уст.}} \leq U_{\text{ном}}, \text{ кВ}$	10	10
$I_{\text{кз}} \leq I_{\text{откл.}}, \text{ кА}$	11,62	12,5

$i_{уд.} \leq I_{max.доп.}, \text{ кА}$	29,58	32
$I_p \leq I_{ном}, \text{ А}$	434,83	630

В распределительном пункте РП-1 для подключения асинхронных двигателей выбираем ячейку КСО 393-АТ с выключателем серии ВВ/AST-10-20/1000У1.

Таблица 17.2 – Проверка условий выбора выключателя

Условие выбора	Расчетные величины	Каталожные данные
$U_{уст.} \leq U_{ном}, \text{ кВ}$	10	10
$I_{кз} \leq I_{откл.}, \text{ кА}$	12,2	20
$i_{уд.} \leq I_{max.доп.}, \text{ кА}$	21,4	32
$I_p \leq I_{ном}, \text{ А}$	106	1000

Автоматический выключатель предназначен для автоматического размыкания электрических цепей при ненормальных режимах и для редких оперативных переключений при нормальных режимах работы.

Условия выбора:

1. По напряжению установки $U_{уст.} \leq U_{ном}, \text{ кВ}$;
2. По току отключения – $I_{п.о} \leq I_{откл.п}, \text{ А}$;
3. По конструкции и роду установки.

Быстродействующие автоматы благодаря токоограничивающему эффекту на электродинамическую стойкость не проверяются и по термической стойкости проверяются только селективные автоматы. Выбираем автоматический воздушный выключатель типа ВА-СЭЩ-АС08 («Электроцит Самара»).

Таблица 17.3 – Проверка условий выбора автоматического выключателя

Условие выбора	Расчетные величины	Каталожные данные
$U_{уст.} \leq U_{ном}, \text{ кВ}$	0,4	0,4
$I_{кз} \leq I_{откл.}, \text{ кА}$	14,398	65

На линиях электропередачи возникают волны перенапряжения, в результате прямых ударов молний в провода либо перекрытий воздушных промежутков при ударе молнии в опору. Эти волны перенапряжений доходят до подстанции и вызывают кратковременное перенапряжение на оборудовании. Они могут вызывать повреждение изоляции.

Для предотвращения этого и защиты оборудования используются нелинейные ограничители перенапряжений.

Для защиты от атмосферных перенапряжений и кратковременных внутренних напряжений изоляции ВЛ и трансформаторов на сторонах ВН, НН устанавливают ограничители перенапряжений типа:, ОПН-10.

Для защиты на низкой ОПН–КР/TEL–10/12/УХЛ1.

Таблица 17.4 – Каталожные данные ОПН

Тип	U _{ном} , кВ	U _{доп} , кВ	I _{ном.раз} , кА

Предохранитель – аппарат, предназначенный для автоматического однократного отключения электрической цепи при КЗ или перегрузке.

Отключение цепи предохранителем осуществляется путем расплавления плавкой вставки, которая нагревается протекающим по ней током защищаемой цепи. После отключения цепи плавкая вставка должна быть заменена вручную.

Условия выбора:

1. По напряжению установки $U_{уст.} \leq U_{ном}$, кВ;
2. По конструкции и роду установки;
3. По току отключения – $I_{п.о} \leq I_{откл.п}$, А;

Разъединитель – это коммутационный аппарат, предназначенный для создания видимого разрыва в электрической цепи без нагрузки.

Выбор и проверка разъединителя производится аналогично выключателей, но без учета отключаемого тока.

Таблица 17.5 – Проверка условий выбора разъединителя

Условие выбора	Расчетные величины	Каталожные данные
РВЗ-10/400 МУХЛ2		
$U_{уст.} \leq U_{ном}$, кВ	10	12
$I_{кз} \leq I_{откл.}$, кА	106	400
$i_{уд.} \leq I_{мах.доп.}$, кА	31,05	40

В РУ шины крепятся на опорных, проходных и подвесных изоляторах. Жесткие шины крепятся на опорах изоляторах, выбор которых производится по следующим условиям:

1. По номинальному напряжению: $U_{уст.}=10,5$ кВ= $U_{ном}=10,5$ кВ;
2. По допускаемой нагрузке $F_{расч} \leq F_{доп}$, Н;

Выбираем опорные изоляторы ОСК 4-10-В02-1.

Допустимая нагрузка на головку изолятора, Н:

$$F_{доп} = 0,6 \cdot F_{разр}, \quad (17.2)$$

где $F_{разр}$ – разрушающая нагрузка на изгиб принимаемая 4 кН,

$$F_{доп} = 0,6 \cdot 4000 = 2400 \text{ Н.}$$

Выбор измерительных трансформаторов тока

Расчетная сила, действующая на изолятор, Н:

$$F_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot \frac{i_{2y}^2}{a} \cdot l \cdot 10^{-7}, \quad (17.3)$$

$$F_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot \frac{29580}{1} \cdot 2,5 \cdot 10^{-7} = 378,9 \text{ Н.}$$

Выбираем проходной изолятор ИПП-10/2000-12,5 УХЛ1.

Аналогично производятся расчеты для проходного изолятора.

Таблица 17.6 – Проверка условий выбора изолятора

Условие выбора	Расчетные величины	Каталожные данные
ОСК 4-10-В02-1		
Ууст.= Уном, кВ	10	10
Грасч. ≤ Гдоп, Н	58,4	4000
ИПП-10/2000-12,5 УХЛ1		
Ууст.= Уном, кВ	10	10
Грасч. ≤ Гдоп, Н	58,4	12500

Условие 2 соблюдается, изоляторы выбраны правильно.

Выбор трансформаторов тока (ТА) производится по следующим условиям:

1. По напряжению электроустановки, кВ;
2. По рабочему току, А;

3 По электродинамической стойкости, кА;

4. По термической стойкости В_к, кА²·с.

Таблица 17.7 – Проверка условий выбора ТТ

Условие выбора	Расчетные величины	Каталожные данные
110 кВ		
Ууст. ≤ Уном, кВ	110	110
Іраб. max ≤ Іном, А	79,42	100
$i_{уд.} \leq I_{дин}, \text{А};$	25,91	30
$B_k \leq t_T \cdot (k_T \cdot I_{ном})^2, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	17,88	676
10,5 кВ		
Ууст. ≤ Уном, кВ	10	10
Іраб. max ≤ Іном, А	434,83	450
$i_{уд.} \leq I_{дин}, \text{А};$	31,04	80
$B_k \leq t_T \cdot (k_T \cdot I_{ном})^2, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	12,15	992,25

Таблица 17.8 – Вторичная нагрузка трансформатора тока

Прибор	Тип	Нагрузка фазы, ВА		
		А	В	С
Амперметр	Э351	0,5	0,5	0,5
Ваттметр	Д365	0,5	-	0,5

Счетчик активной энергии	И680	2,5	-	2,5
Счетчик реактивной энергии	И673	2,5	-	2,5
Итого		6	0,5	6

Выбор измерительных трансформаторов напряжения осуществляется:

1. По напряжению установки $U_{уст.} \leq U_{ном}$, кВ;
2. По вторичной нагрузке $S_2 \leq S_{2ном}$, ВА.

Выбираем трансформатор ЗНОЛП-10 У2, имеющий номинальную мощность в классе точности 0,5, необходимом для присоединения счетчиков, 120 В·А.

Таблица 17.9 – Вторичная нагрузка трансформатора тока

Условие выбора	Расчетные величины	Каталожные данные
$U_{уст.} \leq U_{ном}$, кВ	10	10
$S_2 \leq S_{2ном}$, ВА	36,08	75

Таблица 17.10 – Вторичная нагрузка трансформатора напряжения

Наименование прибора	Тип	Потребляемая мощность	$\cos \varphi$	Число приборов	P, Вт	Q, квар
Вольтметр Электромагнитный	Э-762	9,00	1,00	3	27	–
Счетчик	С-303	1,75	0,38	20	13,3	32,4
Итого:					40,3	32,4

Полная расчетная нагрузка от приборов на ТН составит:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\Sigma P^2 + \Sigma Q^2} = \sqrt{40,3^2 + 32,4^2} = 51,7 \text{ ВА} ; < 120 \text{ ВА}.$$

В качестве общедомовых вводно-распределительных устройств (ВРУ-0) целесообразно применить силовые распределительные щиты серии ПР8513, устанавливаемые на наружной стене зданий.

На ВРУ размещены вводный дифференциальный автоматический выключатель, общедомовой счётчик, трансформаторы тока, аппараты защиты питающих линий.

Задание

Выбрать оборудование для части сети, заданной преподавателем.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. С какой целью выполняется проверка сечений по термической стойкости?
2. Как выбираются сечения экранов кабелей?

Повышенный уровень

1. Чему равно приведенное время КЗ?
2. Как выбираются места заземления экранов?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения по данному вопросу можно получить в [1 - 5].

Практическое занятие 18

Разработка однолинейной схемы проектируемой сети

Целью занятия является разработка однолинейной схемы проектируемой сети.

В результате практического занятия студенты должны освоить методики разработки однолинейной схемы проектируемой сети.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью получения навыков разработки однолинейной схемы проектируемой сети

Теоретическая часть

Электрические схемы (обозначаются Э) подразделяются на схемы электрические принципиальные (Э3), схемы электрические структурные (Э1), схемы электрические функциональные (Э2), схемы электрические соединений (Э4), схемы электрические подключения (Э5) и схемы электрические общие (Э6).

Общие правила выполнения схем устанавливают ГОСТ 2.701-84 и ГОСТ 2.702-75.

При графическом оформлении принципиальной схемы необходимо учитывать следующие правила и рекомендации.

Схемы выполняются для изделий, находящихся в отключенном положении. Элементы схем показывают УГО, установленными стандартами ЕСКД. Размеры УГО приведены в ГОСТ 2.147-68, ГОСТ

2.128-74, ГОСТ 2.130-13, ГОСТ 2.155-74. Элементы, размеры которых в указанных стандартах не установлены, необходимо изображать на схеме в размерах, в которых они выполнены в этих стандартах.

Все размеры графических обозначений допускается пропорционально изменять.

Элементы типа реле, трансформаторов и других изделий, содержащих большое количество контактов, могут быть изображены на схеме двумя способами: совмещенным и разнесенным. При совмещенном способе (рис. 2) составные части элементов или устройств изображаются на схеме в непосредственной близости друг к другу, при разнесенном (рис. 3) – в различных местах для большей наглядности отдельных цепей.

Схемы рекомендуется выполнять строчным способом: УГО устройств и их составных частей, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи – рядом, в виде параллельных горизонтальных или вертикальных строк. Строки нумеруют арабскими цифрами (рис. 3).

1. Схемы выполняют в многолинейном или однолинейном изображении (рис. 4). При многолинейном изображении каждую цепь

показывают отдельной линией, а элементы – отдельными УГО; при однолинейном – идентичные цепи изображают одной линией, а одинаковые элементы – одним условным графическим обозначением [Электротехнический справочник: В 3-х т. Т. 3. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии (Под общ. Ред. Профессоров МЭИ: И.Н. Орлова (гл. ред.) и др.) 7-е изд., испр. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 2005. 880 с.].

Каждый элемент схемы электрической принципиальной должен иметь позиционное буквенно – цифровое обозначение в соответствии с ГОСТ 2.710 – 81. Порядковые номера элементам присваивают начиная с единицы в пределах группы элементов, имеющих одинаковые буквенные обозначения (R1, R2 и т.д., DD1, DD2 и т.д.). [ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. М.: Издательство стандартов, 2005.–31 с.].

Порядковые номера присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз, в направлении слева направо. позиционное обозначение проставляют рядом с графическим обозначением элемента с его правой стороны или над ним. При изображении на схеме элемента разнесенным способом его позиционное обозначение проставляют около каждой части (например DD1.1, DD1.2 и т.д.). Обязательным документом, выпускаемым совместно со схемой электрической принципиальной, является перечень элементов (ПЭЗ). В соответствующих ГОСТах определены правила его выполнения.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное расположение составных частей (например, компонентов на плате) не учитывается или учитывается лишь приближенно. Электрические элементы и устройства на схеме изображают в состоянии, соответствующему обесточенному (например нормально замкнутые или нормально разомкнутые контакты реле).

При выполнении схемы устанавливается просвет между соседними линиями УГО не менее 1 мм, между отдельными УГО не менее 2 мм, между соседними линиями связи (цепями) не менее 3 мм.

Очевидно, что линии соединений должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков, в виде исключения для некоторых схем (мультивибраторы, триггеры и т.д.) допускается выполнение линий связи под углом 45°. Линии должны иметь минимальное количество изломов и взаимных пересечений.

Номера действующих ГОСТов, определяющих правила выполнения схем приведены в Таблице 18.1.

Таблица 18.1 ГОСТы, определяющие правила выполнения схем

Номер ГОСТа	Название
ГОСТ 2.701	Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
ГОСТ 2.702	Правила выполнения электрических схем.
ГОСТ 2.705	Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками.

Схема РП - одинарная система шин (СШ), разделенная на 2 секции секционным выключателем (СВ), установленным в ячейке 2. Отходящие кабельные линии присоединены к СШ с помощью стационарных ячеек КСО (камера стационарная одностороннего обслуживания) с малообъемными масляными выключателями ВПМП-10. На рис. 1 указаны также типы приводов выключателей (ППВ-10). Кроме того, в стационарных ячейках установлены измерительные трансформаторы тока ТТ (в двух крайних фазах) и разъединители с одним заземляющим ножом и без такового. В отдельных ячейках (1 и 4) установлены измерительные трансформаторы напряжения ТН-1 и ТН-2 серии НАМИ-6. Для защиты силовых трансформаторов от КЗ и перегрузки, а ТН от КЗ установлены предохранители серий ПК-6, ПКТ-6. В ячейках ТП вместо выключателей установлены выключатели нагрузки типа ВН-16. Поскольку вся сеть выполнена кабелями, то средства защиты от перенапряжений на РП отсутствуют.

Следует обратить внимание, что, с целью обеспечения безопасности при ремонтах, с обеих сторон каждого выключателя установлены разъединители. Ближайший к шинам - называют шинным, а к линии - линейным. Линейные разъединители снабжены заземляющими ножами. Их назначение - заземление отключенных кабельных линий при ремонте, чтобы со стороны РП не было подано питание на обесточенную линию. Главные и заземляющие ножи разъединителей имеют механическую блокировку. Шинные разъединители снабжают заземляющими ножами со стороны выключателя с целью заземления последнего при ремонтах. Заземление сборных шин обычно осуществляют с помощью заземляющих ножей, установленных в ячейках ТН.

В настоящее время силовые малообъемные масляные выключатели морально устарели по причине недостаточной надежности, и их активно заменяют вакуумными и элегазовыми выключателями. Обычно для защиты силовых трансформаторов до 630 кВА используют выключатели нагрузки с предохранителями, а в цепях трансформаторов 1000 кВА и выше устанавливают силовые выключатели с устройствами РЗА.

Часто РП выполняют с ячейками КРУ (комплектное распределительное устройство с выключателями на выкатных тележках). В таких КРУ имеются разъединители втычного типа. Один контакт такого разъединителя смонтирован на выкатной тележке, а другой - в самом КРУ. Эксплуатация и ремонт выключателей КРУ более удобны, чем в ячейках КСО, так как можно выкатить тележку в проход между ячейками и производить работы, не находясь в стесненных, потенциально более опасных условиях.

Шины ГПП, РП, ТП1, ТП2 и ТП3 секционированы (принцип глубокого секционирования). Секционные аппараты нормально разомкнуты и на них предусмотрено устройство АВР. При аварии любого элемента (линии или трансформатора) он отключается, срабатывает устройство АВР на секционном аппарате, который, включаясь, обеспечивает питание потребителей по параллельному элементу схемы, используя ее перегрузочную способность.

На ТП4, ТП5 и ТП6 установлено по одному трансформатору. Для питания приемников второй категории между ТП4 и ТП5 на стороне 0,4 кВ выполнена перемычка. Пропускная способность низковольтных перемычек, кабельных или шинных (при схеме блока трансформатор — магистраль), между подстанциями, если необходимо по условиям надежности, принимается 15—30 % от мощности трансформатора.

Принципиальные схемы питающей сети выполняют в однолинейном изображении в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД на правила выполнения электротехнических схем приведенных выше.

2. ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. — Взамен ГОСТ 2.702-69. Введен 01.07.1977.—М.: Издательство стандартов, 2005.—31 с.

3. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. — Взамен ГОСТ 2.721-68, ГОСТ 2.783-69. Введен 01.07.1975. — М.: Издательство стандартов, 2003. — 22 с

В прил. П.1 - П.3. приведены некоторые условные обозначения, применяемые при оформлении планов размещения электрооборудования и электрических схем электроснабжения. В прил. П.4 - П.7 приведены примеры оформления однолинейных электрических схем, планов размещения электрооборудования.

Однолинейная схема сети комплектуется из комплектных распределительных устройств серий 300 и 200 и комплектных трансформаторных ПС промышленного или городского типа.

Пример задания однолинейной схемы показан на рисунке.

Задание

Для выбранного варианта сети составить однолинейную схему и нанести на нее условные графические обозначения оборудования

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. По каким параметрам выбираются выключатели?
2. По каким параметрам выбираются разъединители?
3. По каким параметрам выбираются трансформаторы тока?
4. По каким параметрам выбираются трансформаторы напряжения?
5. По каким параметрам выбираются опорные изоляторы?
6. По каким параметрам выбираются ограничители перенапряжений?
7. Как обозначается на принципиальной схеме щит освещения?
8. Как обозначаются сборные шины на электрических схемах?
9. Как обозначаются шинопроводы на электрических схемах?

Повышенный уровень

1. В каких случаях на ГПП и РП используют КРУ?
2. Какие коммутационные аппараты используют для подключения БСК?
3. Какие коммутационные аппараты используют для подключения цеховых ТП?
4. Как делятся КРУ по конструктивному исполнению?
5. Какие недостатки КРУ выкатного исполнения Вам известны?
6. Какие параметры сети необходимо знать для выбора типовой схемы ПС?
7. Как обозначается на принципиальной схеме щит освещения?
8. В чем разница между КСО серии 300 и КСО серии 200?
9. В каких случаях используют КРУ, а в каких КСО?

10. В каких случаях РП размещают в отдельных помещениях?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения об однолинейных схемах изложены в [1-2].

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем Электронный ресурс : Учебник / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 400 с. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-5-7782-2463-6
2. Лыкин, А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : Учебное пособие / Лыкин А. В. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 227 с. – Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – ISBN 978-5-7782-2262-5
3. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей Электронный ресурс: Учебное пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин ; ред.

В. Т. Федин. – Проектирование распределительных электрических сетей, 2020-06-02. – Минск: Высшая школа, 2009. – 365 с. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-985-06-1597-8

Дополнительная литература

1. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети : учебник для вузов / В. И. Идельчик. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 592с. : ил. – Гриф: Доп. МО. – Библиогр.: с. 585-586. – ISBN 5-283-01012-0

2. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов н/Д : Феникс ; Красноярск : Издательские проекты, 2006. – 720 с. : ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 667-671. – ISBN 5-222-08485-X (Феникс). – ISBN 5-98399-023-3 (Издательские проекты)

3. Горбунова, Л.Н. Теоретические основы электротехники Электронный ресурс: учебное пособие / С.А. Гусева / Л.Н. Горбунова. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015. – 117 с. – Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – ISBN 978-5-9642-0269-1

1
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЗАВОДА ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Цех электролиза	150	5 - 100	14000
2	Цех регенерации	80	1 - 30	1700
3	Разливочный цех	30	5 - 50	880
4	Склад глинозема	30	10 - 30	370
5	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ	10	10 - 30	250
	б) синхр. двигат. 6 кВ	4	720	2880
6	Насосная:			
	а) 0,4 кВ	12	10 - 30	300
	б) синхр. двигат. 6 кВ	8	500	4000
7	Литейный цех	60	1 - 50	1800
8	Кузнечно-механический цех	40	10 - 80	550
9	См. данные цеха			
10	Котельная	40	1 - 80	800
11	Склад горючего	3	10	30
12	Склад хлорной извести	5	5-10	40
13	Энергоцех	40	1 - 40	350
14	Заводоуправление, столовая	30	1 - 30	350
15	Гараж автомашин	15	1 - 20	150

II
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ АВИАЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Цех черного литья	120	20 - 100	2800
2	Цех цветного литья			
	а) эл. дуг. печи 5 т	2	по каталогу	по каталогу
	б) 0,4 кВ	80	10 - 20	1600
3	Цех обработки блоков двигателей	50	1,0 - 50	1200
4	Цех обработки поршней	100	1 - 28	720
5	Цех сборки и испытаний двигателей	50	5 - 100	2100
6	Штамповочный цех двигателей самолета	80	5 - 120	1800
7	Термический цех	100	1 - 80	1300
8	Инструментальный цех	50	1 - 40	500
9	Цех сборки самолетов	100	2 - 80	1400
10	См. данные цеха			
11	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ	10	10 - 40	250
	б) синх. двиг. 10 кВ	4	1000	4000
12	Заводоуправление, ЦЗЛ	50	1 - 100	800
13	Цех стального литья:			
	а) 0,4 кВ	100	1 - 100	2500
	б) электродуговые печи 10 т	4	по каталогу	по каталогу

III
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Отделение первич. дробления	15	10 – 30	310
2	Отделение втор. дробления	11	10 – 50	270
3	Отделение сырьевых мельниц	60	20 – 50	2200
4	Шлакоосушительное отделение	16	5 - 40	350
5	Холодный конец печного отдел.	35	20 – 150	2150
6	Горячий конец печного отделения	29	50 – 150	1850
7	Объединенный склад	30	10 – 80	1920
8	Отделение цементных мельниц	20	10 - 100	1250
9	Компрессорная, 10 кВ	4	1250	5000
10	Цементные силосы и упаковочная	15	20 - 80	690
11	Отделение силосов сырьевой муки	20	14-100	1250
12	См. данные цеха			
13	Котельная	45	10 - 80	1370
14	Материальный склад	14	3,8 - 28	126
15	Цех сортировки и хранения мелющихся тел	10	5 – 14	80
16	Столовая	35	1 - 30	580
17	Заводоуправление	35	1 - 20	200
18	Гараж	23	1 - 10	125

IV
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ МЕЛАНЖЕВОГО КОМБИНАТА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Прядильный цех	250	1 - 40	4500
2	Ткацкий цех № 1	200	10 - 50	3800
3	Ткацкий цех № 2	200	1 - 50	4000
4	Красильный цех	100	3 - 40	4000
5	Котельная	50	10 - 20	1800
6	Механический цех	30	1 - 50	550
7	Электроремонтный цех	25	3,8 - 20	350
8	См. данные цеха			
9	Центральный склад	10	3 - 20	70
10	Заводоуправление	40	1 - 40	350
11	Гараж	20	1 - 20	280
12	Насосная			
	а) 0,4 кВ	20	1 – 25	150
	б) синхр. двигат 6 кВ	4	750	3000

V
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ХИМЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Заводоуправление, столовая	30	1 - 40	420
2	Цех хлора и каустика	100	10 - 100	2800
3	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ	20	1 - 28	150
	б) синхр. двигат. 6 кВ	4	1250	5000
4	Цех хлорофоса	100	1 - 40	2100
5	Материальный склад	10	1 - 10	52
6	Насосная:			
	а) 0,4 кВ	10	10 - 20	100
	б) синхр. двигат. 6 кВ	2	1000	2000
7	Цех метилхлорида № 1	50	1 - 40	1600
8	Цех метилхлорида № 2	50	1 - 40	1700
9	Котельная	90	1 - 80	590
10	См. данные цеха			
11	Склад готовой продукции	6	1,0 - 14	50
12	Цех сульфата аммония № 1	40	1 - 28	50
13	Цех сульфата аммония № 2	50	1 - 80	1680
14	Цех сжигания газов	30	10 - 50	840
15	Цех синильной кислоты № 2	40	7 - 40	1090
16	Цех сульфата аммония № 2	30	1 - 50	900

VI
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ МЯСОКОМБИНАТА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Колбасный завод	130	1 - 50	2800
2	Гофтера	25	1 - 28	450
3	Холодильник № 1	20	20 - 80	950
4	Завод пер-вич. обработки продуктов	70	10-40	2100
5	Лайвоток	20	1 - 20	200
6	Завод технических фабрикатов	50	3 - 40	1100
7	Завод сывотки	30	3 - 28	450
8	ЦВХУ:			
	а) 0,4 кВ	40	10 - 50	1300
	б) синхр. двигат. 10 кВ	4	1000	4000
9	Конденсатная	20	1 - 40	370
10	Институт научно-исслед.	30	1 - 40	500
11	Машиносчетная станция	20	10 - 30	240
12	Холодильник № 2	20	10 - 50	600
13	Заводоуправление	20	1 - 10	120
14	Ремонтно-механический цех	30	1 - 20	350
15	Энергоцех	20	10 - 40	370
16	См. данные цеха			
17	Прачечная	15	1 - 20	150

VII
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., Р _н	Суммарная, Р _н
1	Насосная станция	6	40 - 120	480
2	Заводоуправление	15	1 - 40	180
3	Столовая	30	1 - 40	210
4	Цех хранения мелющих тел	10	1 - 10	40
5	Ремонтно-механический цех	30	1 - 30	350
6	См. данные цеха			
7	Цех обжига	100	1 - 150	7000
8	Электрофильтры к печам	10	10 - 150	600
9	Склад клинкера	20	1 - 30	290
10	Цех дробления гипса	40	10 - 20	500
11	Цементный склад	15	10 - 50	280
12	Электрофильтры к барабану	4	20 - 25	85
13	Компрессорная			
	а) 0,4 кВ	10	10 - 20	150
	б) синхр. двигат. 10 кВ	4	1250	5000
14	Цех помола:			
	а) 0,4 кВ	35	10 - 100	2000
	б) синхр. двигат. 10 кВ	4	1000	4000
15	Сырьевой цех:			
	а) 0,4 кВ	25	10 - 100	1400
	б) синхр. двигат. 10 кВ	4	1500	6000
16	Склад известняка	10	1 - 40	170
17	Котельная	30	1 - 80	350
18	Цех первичного дробления	20	1 - 150	620
19	Химводоочистка	7	10	70
20	Цех вторичного дробления	20	1 - 150	510

VIII
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЗАВОДА
ПРОДОЛЬНОСТРОГАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., Р _н	Суммарная, Р _н
1	Механический цех мелких станков	300	1 - 40	4500
2	Механический цех крупных станков	100	1 - 80	2500
3	Механический цех уникальных станков	40	1 - 150	2800
4	См. данные цеха			
5	Сборочный цех	50	1 - 50	800
6	Чугунолитейный цех	150	1 - 20	4000
7	Цех цветного литья	50	1 - 80	1500
8	Заготовительно-сварочный цех	50	1 - 80	800
9	Термический цех	30	1 - 80	970
10	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ	15	10 - 80	300
	б) синхр. двигат. 10 кВ	4	1250	5000
11	Модельный цех	30	1 - 30	180
12	Заводоуправление, столовая	40	1 - 40	350
13	Главный магазин	10	1 - 10	50
14	Электроцех	30	1 - 40	200

IX
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОАППАРАТНО-
ГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Цех магнитных станций	280	1 - 100	6500
2	Заготовит. сварочный цех	200	10 - 100	8200
3	Цех пластмасс	100	1 - 120	2100
4	Цех нормалей	70	1 - 50	1850
5	Аппаратный цех	100	10 - 80	1700
6	Штамповочный цех	100	10 - 100	3800
7	Цех асбоцементных плит	50	10 - 40	850
8	Склад готовой продукции	15	1 - 20	85
9	Склад металлических отходов	15	1 - 14	70
10	Гальванический цех	50	10 - 40	1200
11	См. данные цеха			
12	Станция нейтрализации	10	10	100
13	Очистка кислотной канализации	3	10	30
14	Насосная	8	40 - 100	560
15	Столовая	30	1 - 40	270
16	Электроцех	25	1 - 40	150
17	Заводоуправление	20	1 - 20	130
18	Градирная	2	10 - 20	30
19	Склад кислот	2	10	20
20	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ б) синхр. двигатели 6 кВ	15 4	10 - 40 720	200 2880

X
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЗАВОДА СРЕДНЕГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Цех металлопрокатный	75	5 - 100	1800
2	Механосборочный цех	150	2 - 70	1400
3	Литейный цех:			
	а) 0,4 кВ б) эл. дуговые печи 10 т	100 2	20 - 120 см. по каталогу	2800 см. по каталогу
4	Котельная	30	5 - 60	850
5	Кузнечно-прессовый цех	85	10 - 100	250
6	См. данные цеха			
7	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ б) синхр.двигат. 6 кВ	10 3	10 - 50 750	200 2250
8	Термический цех	150	1 - 150	2100
9	Механический цех	40	1 - 40	830
10	Заготовительно-сварочный	90	1 - 50	850
11	Склад	20	1 - 15	200
12	Заводоуправление, столовая	35	2 - 40	350
13	Транспортный цех	20	1 - 20	170

XI
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ВАГОНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Обливочный цех	30	0,57-20,9	200,1
2	Цех колесных пар	58	0,6-95	770,6
3	Ремонтно- механический цех	65	0,5-291,8	1520
4	Механический цех	135	0,4-223,1	2290,2
5	Вагоносборочный цех № 1	62	0,6-63,8	920,2
6	Малярный цех	13	0,96-62	210,5
7	Вагоносборочный цех № 2	16	0,9-29,2	191,7
8	Полускатнотележный цех	104	0,55-74,3	2130,2
9	Ремонтно-заготовительный цех	89	0,4-208	1600,2
10	Кузнечно-прессовой цех	48	0,5-30	580,4
11	Бытовой корпус	20	1-20	130
12	Блок вспомогательных устройств	70	1-40	320
13	Деревообрабатывающий цех	101	0,6-61	1140,2
14	Компрессорная	10	10-50	200
15	Административный корпус	20	1-20	150

XII
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ МОТОРНОГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Главный корпус:			
	а) Механическое отделение	750	2-70	11600
	б) Кузнечное отделение	185	10-100	2750
	в) Механосборочное отделение	300	2-70	4860
2	Лабораторно-бытовой корпус	70	2-40	654
3	Инструментально-механич. цех	80	1-40	2240
4	Транспортный цех	60	1-20	707
5	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВт	10	10-50	250
	б) СД 6 кВт	4	12-50	5000
6	Ремонтно-механический цех	50	1-40	1450
7	Сварочно-сборочное отделение	50	1-80	1045
8	Деревообрабатывающий цех	40	1-30	450
9	Электроремонтный цех	30	1-10	260
10	Заготовительный и термич. цех	50	10-40	860
11	Администр.-бытовой корпус	35	2-40	350
12	Сталелитейный цех			
	а) 0,4 кВт	100	20-120	2880
	б) дуговые печи 10 т.	2	см. по каталогу	см. по каталогу
13	Кузнечно-прессовое отделение	120	10-100	1060
14	Цех ширпотреба	20	1-40	340
15	Цех консервации и комплектации	90	1-50	1895
16	Заводоуправление и проходная	35	2-10	290
17	Цех топливной аппаратуры	300	1-40	4852
18	Экспериментальный цех	35	1-40	445
19	Гальванический участок	25	1-10	250
20	Склад готовой продукции	20	1-15	140

XIII
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ КОТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., $P_{\text{п}}$	Суммарная, $P_{\text{н}}$
1	Заводоуправление	20	1-10	31,7
2	Котельный цех 1	150	5-100	1660
3	Котельный цех 4	200	5-100	2260
4	Котельный цех 6	130	5-100	1320
5	Аэродинамический цех			
	а) 0,4 кВ	20	10-40	320
	б) СД 6 кВ	3	800	2400
6	Паросиловой цех	50	5-50	1450
7	Котельный цех 5	220	5-100	2420
8	Кузнечно-прессовой цех	120	10-80	1460
9	Арматурный цех	75	5-100	1720
10	Компрессорная	40	10-30	900
11	Инструментальный цех	100	3-40	1285
12	Котельный цех 2	280	5-100	2800
13	Автомобильный цех	45	3-30	480
14	Литейный цех	200	20-500	12280
15	Ремонтный цех	70	3-30	920
16	Тарный цех	50	3-30	720
17	Турбокомпрессорная:			
	а) 0,4 кВ	30	10-40	480
	б) СД 6 кВ	5	630	3150
18	Котельный цех 3	400	5-100	4960
19	Котельный цех 7	80	5-100	800
20	Механический цех	40	5-50	617,3

XIV
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., $P_{\text{п}}$	Суммарная, $P_{\text{н}}$
1	Сталелитейный:			
	а) 0,4 кВ	100	20-120	2800
	б) электродуговые печи 10 т.	4	см. по каталогу	см. по каталогу
2	Термообрубный цех	100	20-120	7853
3	Ремонтно-инструментальный цех	120	5-20	4297
4	Механосборочный цех	250	1-40	17611
5	Механический цех	150	5-20	2790,1
6	Склад крепителей	2	6	12
7	Шлакоудаление	2	24	48
8	Скrapopазделочный цех	26	5-24,7	381
9	Склад ГСМ и ЛВЖ	2	8	16
10	Склад стройматериалов	2	4	8
11	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ	20	1-28	150
	б) 6 кВ	6	570	3420
12	Склад масел	4	5	20
13	Кислородная станция	15	13,3	199,5
14	Склады ДОЦ и ИЗЛ	40	3-30	908
15	Модельный цех	17	1-44,1	580
16	Насосная станция перекачки			
	а) 0,4 кВ	10	1-20	100
	б) 6 кВ	2	1000	2000
17	Столовая	20	2,8-10	159,6
18	Заводоуправление	30	1-5	15
19	Цех безрельсового транспорта	25	1-8,7	208,8
20	Проходная	5	1-3	9

XV
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО
ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Литейный цех	73	5-100	2369,1
2	Главный корпус	136	1-150	6956,5
3	Механический цех	53	1-40	1513,8
4	Котельная	32	10-120	1825,9
5	Блок вспомогательных цехов	35	1-40	1007,9
6	Компрессорная 1	14	10-80	464,5
7	Компрессорная 2	14	10-80	464,5
8	Насосная 1	40	1-30	729,5
9	Насосная 2	35	1-45	1247,2
10	Административно - бытовой корпус	6	1-40	204,8
11	Склад ОКС	6	1-14	50
12	Склад угля	5	1-12	46
13	Склад лакокрасочных материал.	7	1-16	48
14	Склад мшалаита	4	1-10	36
15	Склады	8	1-12	41

XVI
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ КОМБИНАТА «ХИМВОЛОКНО»

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Главный материальный склад	10	1-14	60
2	Цех рекуперации	80	1-80	1600
3	Бензохранилище	4	1-14	40
4	Участок лакировки	100	1-40	4000
5	Целлофановый цех	40	1-80	1200
6	Химически цех № 1	50	1-50	1600
7	Гараж	20	1-28	260
8	Склад готовой продукции	10	3-20	80
9	Штапельное производство	200	1-50	4000
10	Цех кристаллизации	30	1-50	380
11	Компрессорная № 1	20 2	1-28	150
	а) 0,4 кВ б) СД 6 кВ		1000	2000
12	Механический цех	30	1-40	600
13	Заводоуправление	40	1-40	380
14	Цех эластик	20	1-150	2100
15	Компрессорная № 2	80 2	1-40	200
	а) 0,4 кВ б) СД 6 кВ		1000	2000
16	Химический цех № 2	50	1-80	1700
17	Кислотный цех	40	1-50	1000
18	Корпус бытовой	20	1-5	20
19	Вискозно-корд. производство	48	10-28	1230
20	Роторный корпус	30	1-40	360

XVII
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЗАВОДА ГЕОФИЗИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Заводоуправление	30	1-17	210
2	Цех сборки	100	5-147	4700
3	Цех метрологии	40	5-250	6000
4	Гальваника	60	10-225	1500
5	Кузнечный цех	60	10-275	10500
6	Заготовительно - сварочный цех	200	10-200	20200
7	Штамповочный	50	5-176	3800
8	Ремонтно-механический цех	102	5-160	1635
9	Электроцех	50	3-170	3500
10	Энерго-механическая служба	42	5-219	5000
11	Литейный цех	10	10-650	3500
12	Очистные сооружения	10	10-170	700
13	Компрессорная	25	5-250	2000
14	Намоточный цех	4	5-30	80
15	Склад ОМТС	6	5-20	60
16	Гараж	10	3-28	180
17	Овощехранилище	5	5-20	60

XVIII
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ЗАВОДА

Номер по Плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество во эл. присоедине- нии, кВ	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., Р _н	Суммар- ная, Р _н
1	Кузнечно-прессовый цех	169	1,1-150	11764
2	Механосборочный цех	240	1,1-157	18703
3	Литейный цех	225	1,1-150	16164
4	Металлопрокатный цех	360	0,6-145,7	22937
5	Инструментальный цех	86	1,1-10	379
6	Заводоуправление	201	0,6-6,6	661
7	Цех консервации и упаковки	173	0,6-10,1	836
8	Заготовительно-сварочный цех	68	0,6-30	785
9	Термический цех	287	1,1-150	27532
10	Механический цех	135	0,6-41	2276
11	Автотранспортный цех	17	0,6-3,6	220
12	Инженерный корпус	167	0,3-15	726
13	Котельная	49	0,4-108	934
14	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ	15	2,2-52	273
	б) 10 кВ	3	400	1200
15	Насосная оборотного водоснабжения	20	6-92	1929
16	Насосно-фильтровальная станция	30	1,1-20	221
17	Насосная производственного оборотного водоснабжения	34	6-40	549
18	Градирная	1	90	90
19	Станция очистки масел	15	7,75-54	373
20	Склад химикатов	2	4	8
21	Склад ГСМ и ЛВЖ	16	1,6-20	94
22	Склад готовой продукции	12	0,5-7,2	25
23	Блок складов	17	4,2-7,5	43
24	Столовая	20	3,7-53	297

XIX
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ МЕХАНИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Механосборочный цех	557	1-60	10160
2	Бытовые помещения	10	1-10	51,3
3	Заводоуправление	15	0,5-5	68,9
4	Механический цех	228	1-30	2709
5	Опытно-экспериментальный цех	205	10-100	4962
6	Цех сварки биметаллов	261	1,5-100	6150
7	Цех новых материалов	324	10-170	7020
8	Блок складов	26	3-35	114,8
9	Открытый склад	1	40,5	40,5
10	Автокомпрессорная станция 10 кВ:	10	1-28	150
	а) 0,4 кВ	2	см. по каталогу	см. по каталогу
	б) СД 10 кВ	2	1,5-20	41,5
11	Кислородно-газификационная станция	7	20-75	198,3
12	Очистные сооружения вод	9	10-100	211,6
13	Насосная ст. оборотного водоснабж-я	2	75	177
14	Авт. насосная станция противопожарного водоснабжения	5	1-10	27,7
15	Овощехранилище	2	1-10	22
16	Градирия № 1	2	1-10	22
17	Градирия № 2	32	5-80	330,7
18	Столовая			

XX
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ МЕХАНИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Цех режущего инструмента	149	1-34	2523
2	Цех эксплуатационного инструмента	200	1-80	2004
3	Инструментальный цех	190	2-51	1637
4	Электроремонтный цех	447	1-40	1860
5	Модельно-кокильный цех	250	3-40	1506
6	Ремонтно-механический цех	81	3-60	600
7	Административно-бытовой корпус	315	1-31	2340
8	Блок складов	100	2-40	871
9	Цех нестандартного оборудования	56	1-40	203,3
10	Столовая	23	2-53	192,6

XXI
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЗАВОДА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., Р _н	Суммарная, Р _н
1	Электроцех	30	1-10	380
2	Инструментальный цех	60	1-10	1000
3	Цех термообработки	50	1-40	1800
4	Цех нестандартного оборудования	30	1-40	400
5	Токарно-автоматный цех	250	2-70	2470
6	Сборочный цех	60	2-70	800
7	Штамповочный цех	150	5-40	2000
8	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ	10	10-50	450
	б) 6 кВ	4	1250	5000
9	Гальванический цех	250	1-20	4344
10	Механический цех	150	2-70	2600
11	Заводоуправление	50	1-10	160
12	Столовая - бытовая	35	1-20	320
13	ЦЗЛ - бытовые	50	1-10	300
14	Кузнечно-прессовый цех	150	10-100	3800
15	Склады	20	1-10	60
16	Тарный цех	30	1-20	200
17	Литейный цех:			
	а) 0,4 кВ	100	20-120	2800
	б) дуговые печи 5 т.	2	см. по каталогу	см. по каталогу

XXII
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЗАВОДА ХИМИЧЕСКИХ
ПРЕПАРАТОВ

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., Р _н	Суммарная, Р _н
1	Цех №1	150	1-50	4200
2	Цех №2	60	1-50	1000
3	Цех №3	100	1-50	3500
4	Ремонтно-механический	52	0,12-90	730
5	Электроцех	20	0,12-10	150
6	Котельная	20	1-50	280
7	Компрессорная			
	а) 0,4 кВ	10	10-50	200
	б) 6 кВ	3	550	1650
8	Цех №8	10	1-50	600
9	Цех обессоливания	10	1-10	50
10	Цех столярный	20	3,8-10	50
11	Кислородная станция	20	5,5-20	100
12	Цех водоснабжения	15	1-20	150
13	ЦЗЛ	3	3	9
14	КИПиА	5	1-5,5	40
15	Гараж	10	1-5,5	50
16	Столовая	10	1-5,5	30
17	Заводоуправление	10	0,7-3,8	50
18	Склады	10	0,7-3,8	70
19	ОТК здравпункт	3	3	9
20	Цех вторичного дробления	20	1 - 150	510

XXIII
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ КОТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Склад ГСМ	15	1-10	70
2	Склад вспомогательный	5	1-4	10
3	Склад тарного хранения	7	1-5	30
4	Автотранспортный цех	25	15-17	250
5	Склад цемента	30	3-10	250
6	Корпус 21-ЦМС	50	3-10	200
7	Инженерно-лабораторный корпус	40	3-10	250
8	Заводоуправление	30	1-7	100
9	Корпус административно-бытовой	30	1-10	160
10	Комбинат общественного питания	30	1-10	160
11	Овощехранилище	15	1-7	30
12	Склад арматуры	10	3-7	90
13	Кислородная станция	10	3-70	200
14	Градирня	6	3-7	40
15	Станция газификации	15	3-10	200
16	Корпус тарный	30	2,5-20	160
17	Корпус 3-Западный	300	1,5-30	3000
18	Склад тарного хранения ²	40	3-10	250
19	Корпус 4-КПЦ	200	1-10	600
20	Литейный цех	160	1-160	2500
21	Склад мазута	20	3-7	70
22	Испытательная станция	25	1-70	300
23	Склад готовой продукции	30	3-7	100
24	Корпус 2-Восточный	250	3-70	1200
25	Корпус 1-Главный	300	3-160	5000
26	Заготовительный цех	50	3-30	800

XXIV
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ МЕХАНИЧЕСКОГО ЗАВОДА

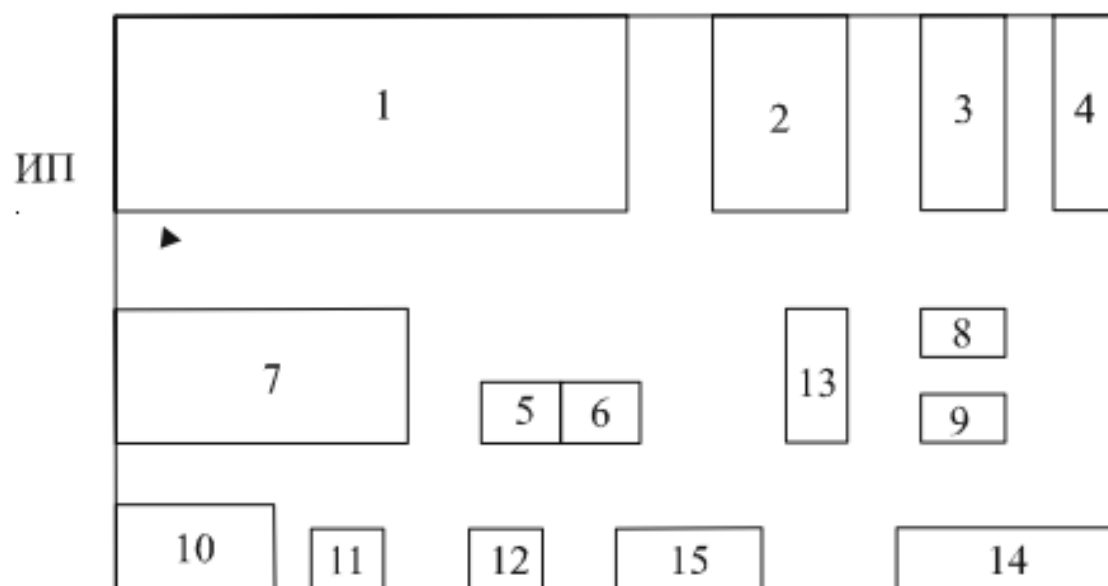
Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Электроцех	50	0,6-30	380
2	Инструментальный цех	95	1,5-28	1000
3	Цех термообработки	40	15-80	1800
4	Цех нестандартного оборудования	27	15-20	400
5	Токарно-автоматный цех	210	1,6-28	2470
6	Сборочный цех	38	0,6-30	800
7	Штамповочный цех	100	1,6-50	2000
8	Механический цех	1777	1-30	2600
9	Гальванический цех	120	1,5-200	2344
10	Компрессорный цех	6	77	450
11	Кузнечный цех	137	2,5-90	3800
12	Литейный цех	76	0,6-170	1689
13	Тарный цех	20	1-30	200
14	Склады	6	1-20	60
15	Заводоуправление	21	0,6-18	160
16	Столовая	32	1-14	320
17	Бытовые ЦЗЛ	29	1-20	300
18	Проходная			

XXV
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО
ЗАВОДА

Номер по плану	Наименование цехов и нагрузок	Количество эл. приемников	Установленная мощность, кВт	
			Одного эл. прием., P_n	Суммарная, P_n
1	Литейный цех	73	1-120	2270
2	Штамповочный цех	100	10-100	2000
3	Гальванический цех	120	10-40	2340
4	Механический цех № 2	86	1-30	970
5	Кузнечно-прессовый цех	137	1-80	3800
6	Механический цех № 1	53	1-90	1420
7	Электроремонтный цех	92	1-40	1100
8	Компрессорная № 1: а) 0,4 кВ	20	1-28	150
	б) СД 10 кВ	4	1250	5000
9	Компрессорная № 2: а) 0,4 кВ	20	1-28	150
	б) СД 10 кВ	4	1250	5000
10	Насосная № 1	40	10-160	730
11	Насосная № 2	35	10-200	1200
12	Административно-бытовой корпус	36	1-40	390
13	Склады	6	1-20	60

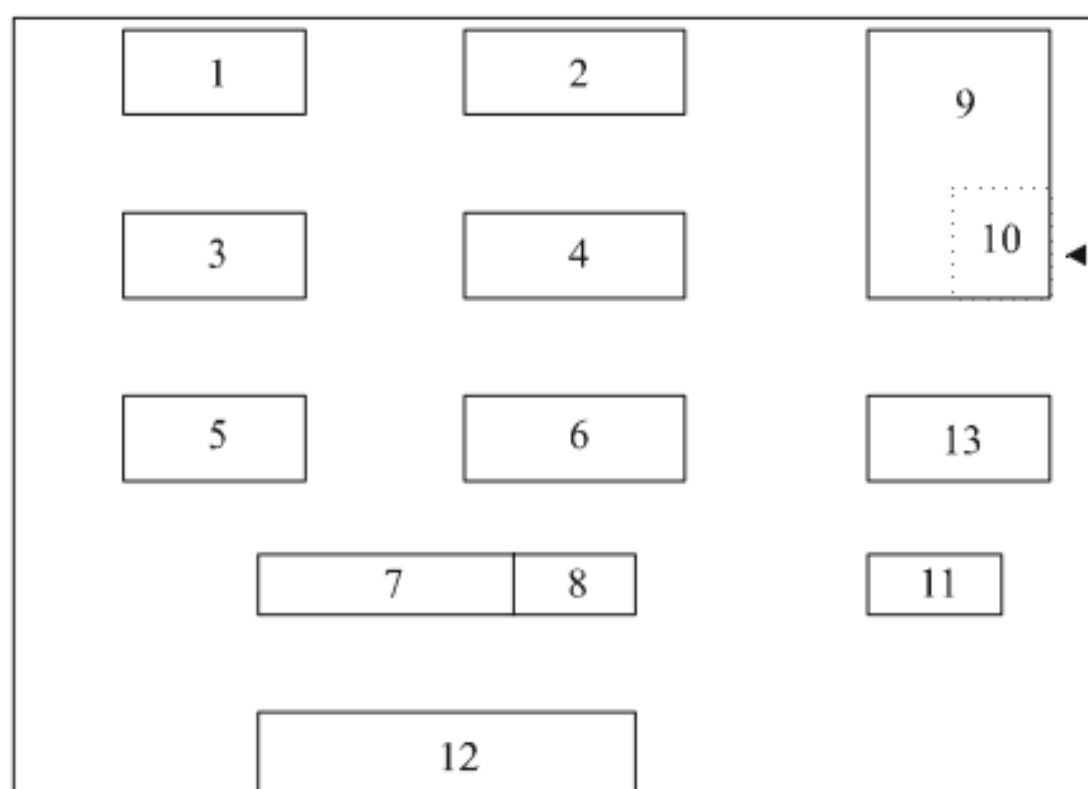
ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ ЗАВОДОВ

I

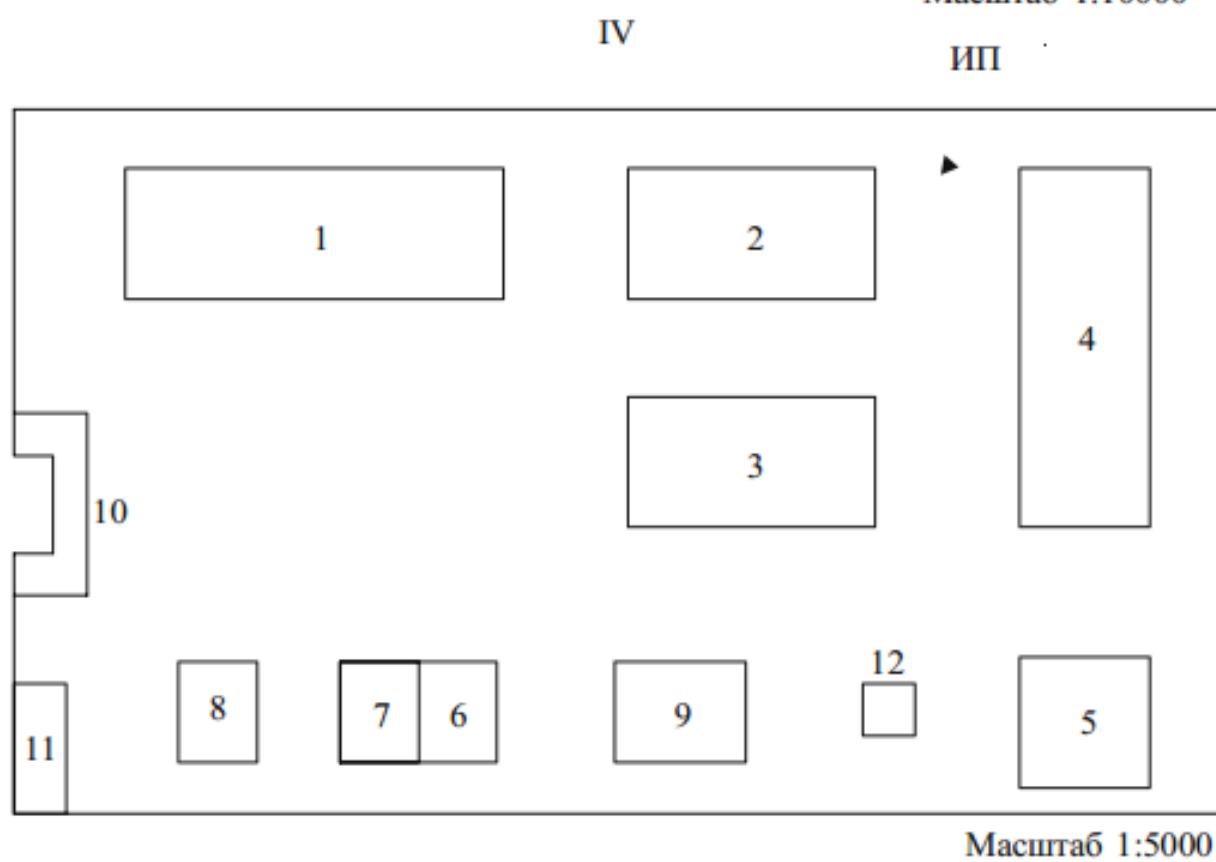
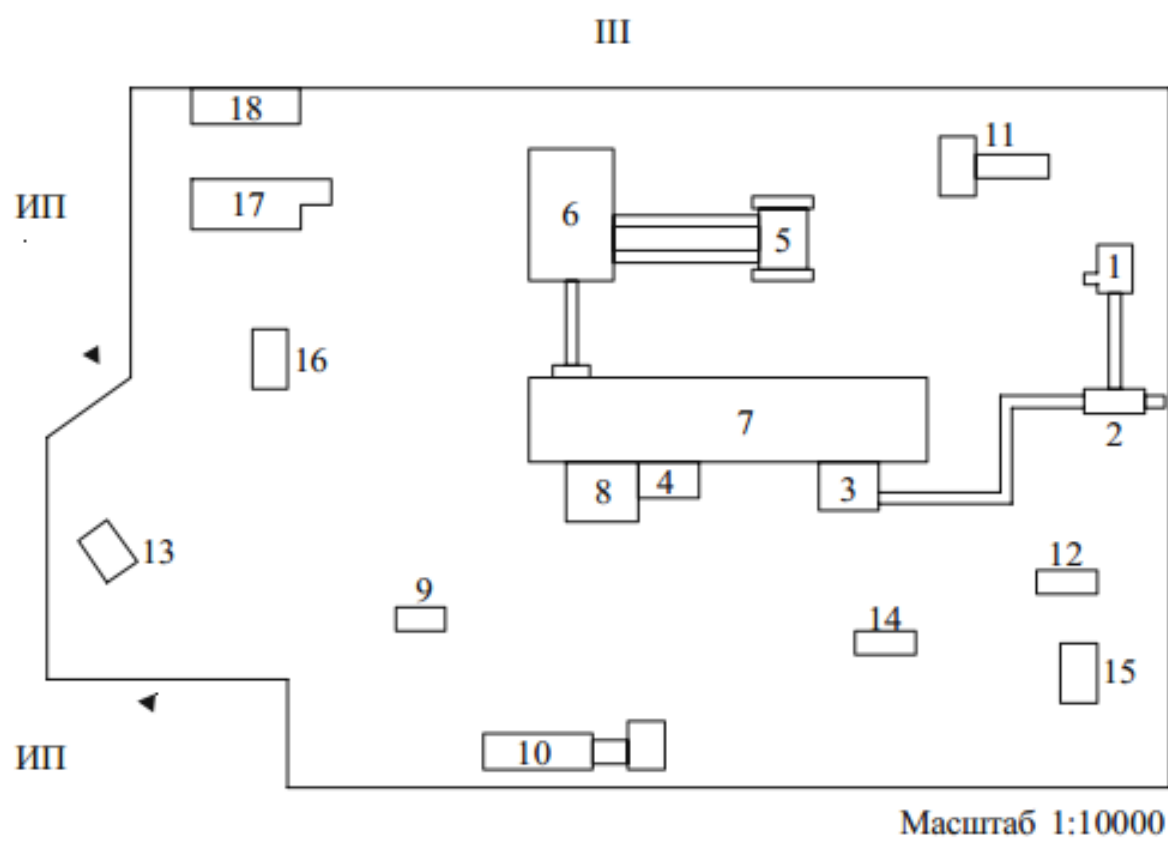


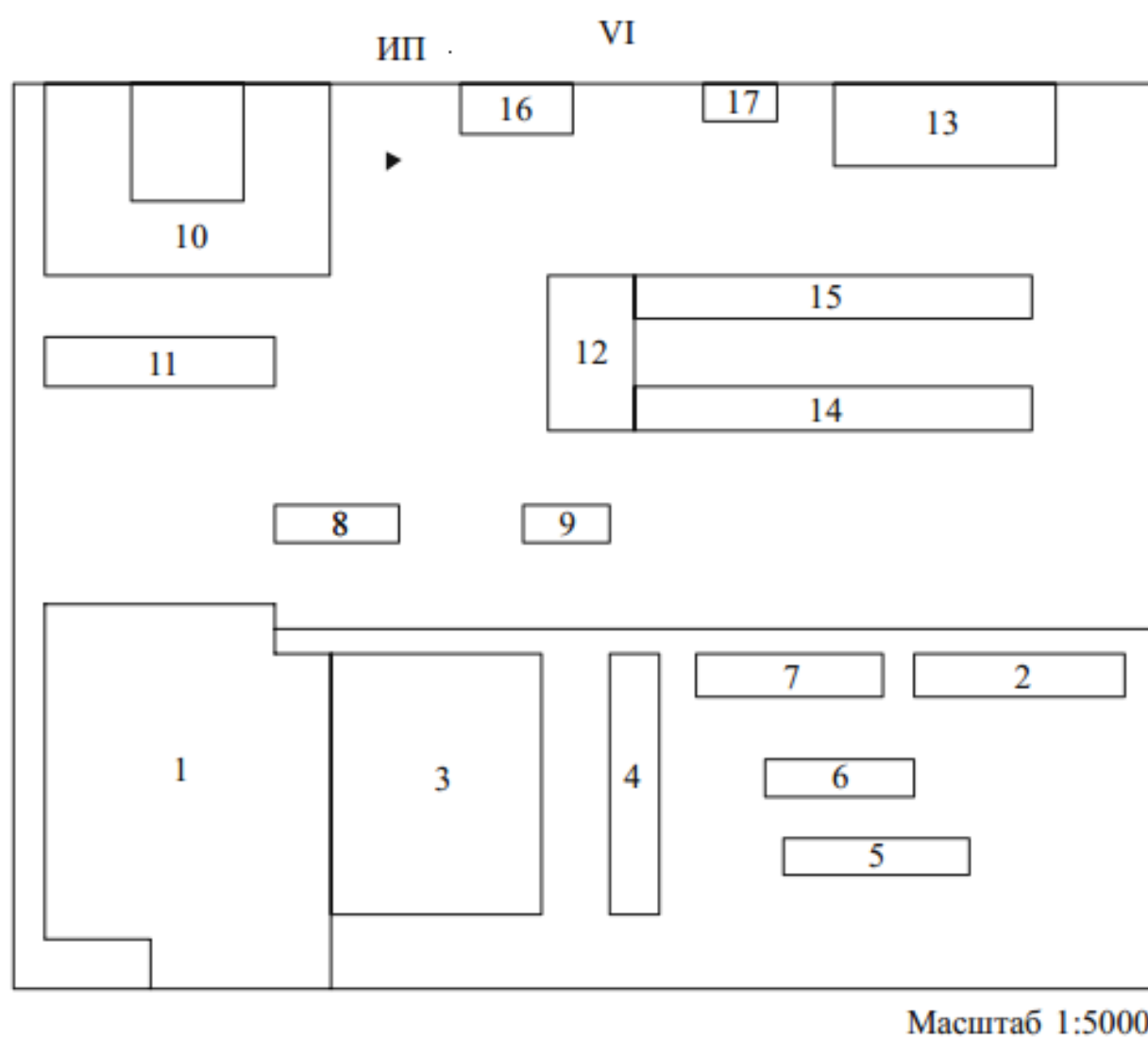
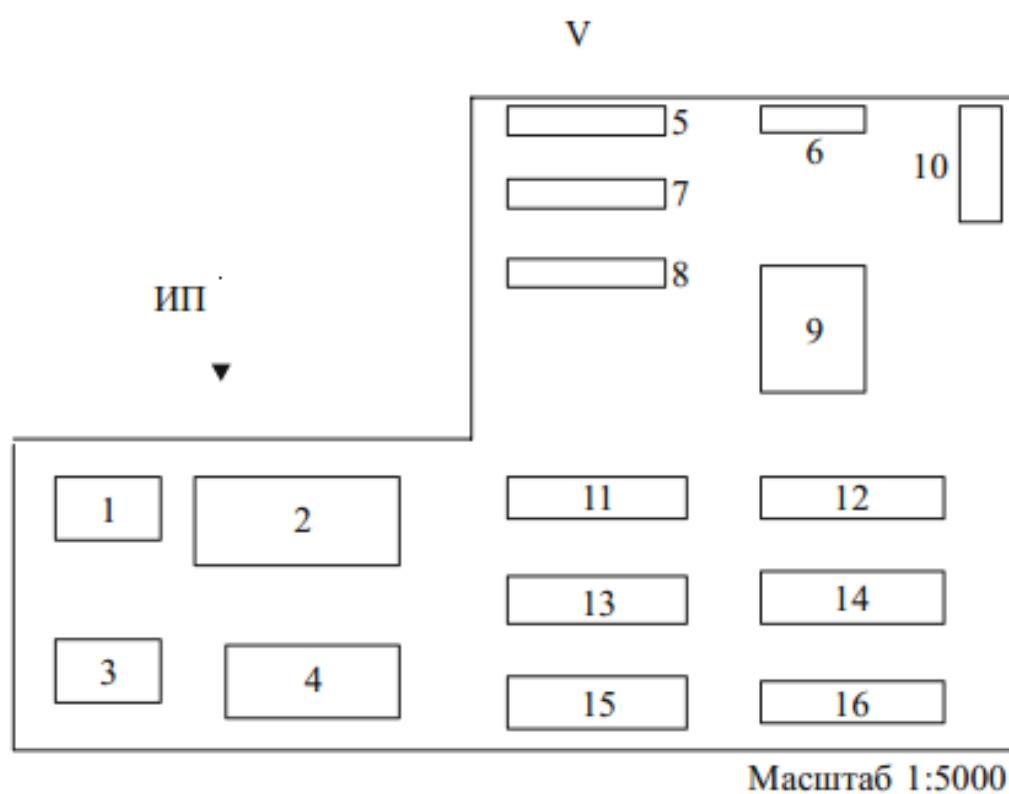
Масштаб 1:5000

II

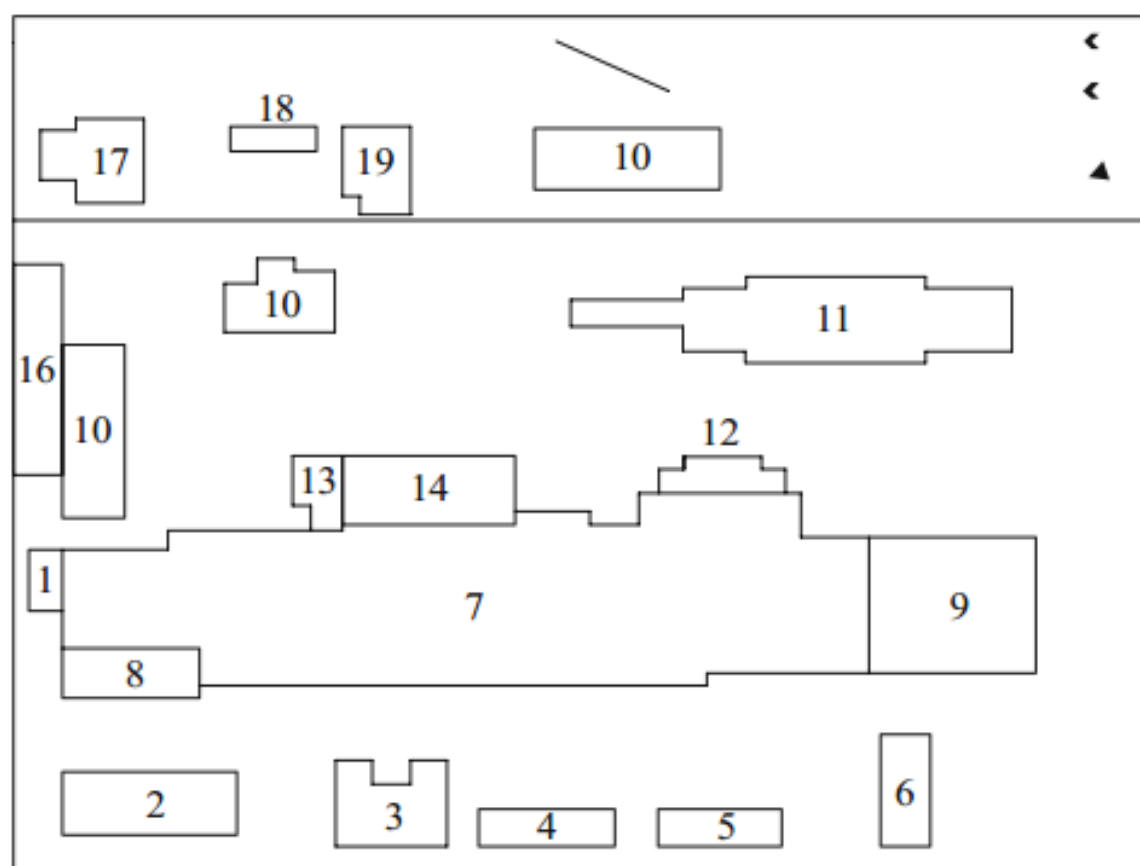


Масштаб 1:5000





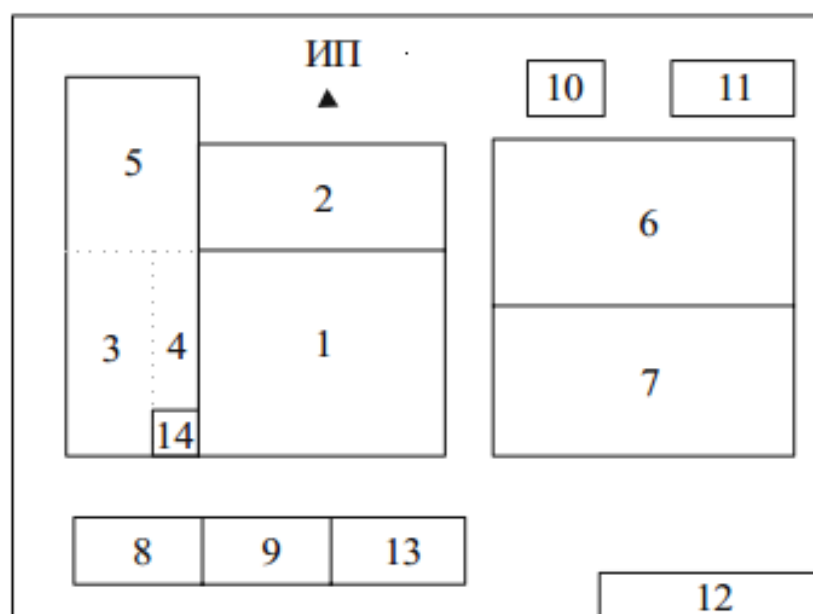
VII



ИП

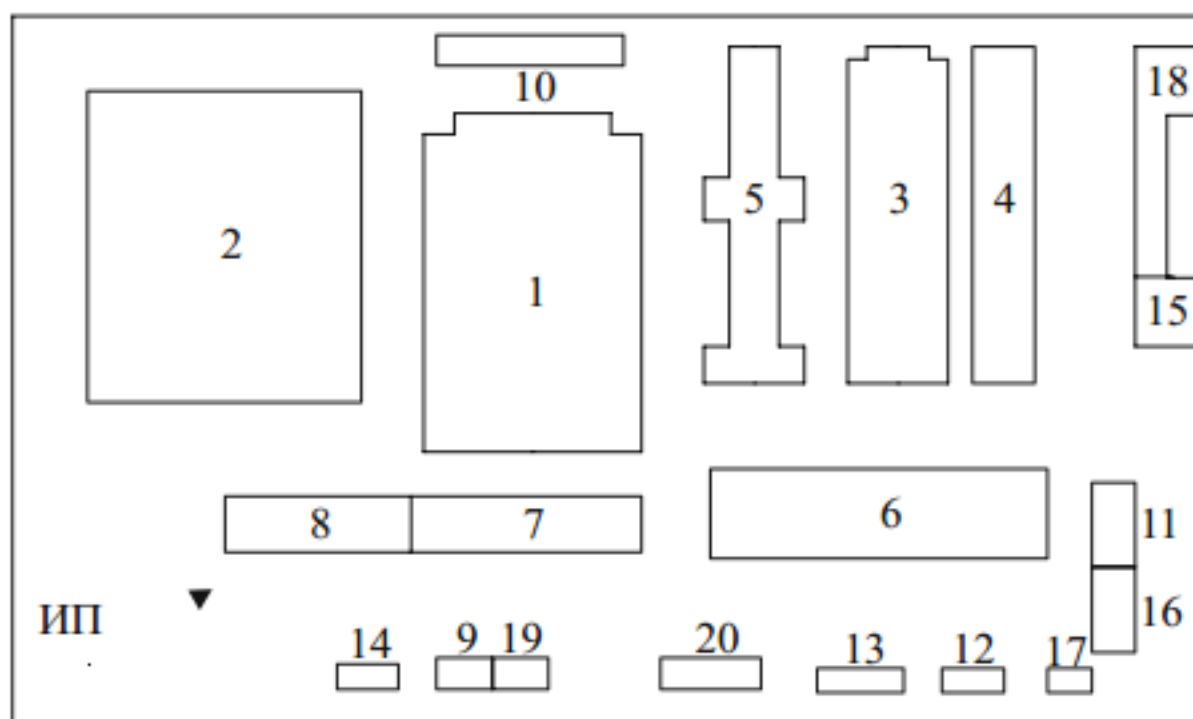
Масштаб 1:5000

VIII



Масштаб 1:5000

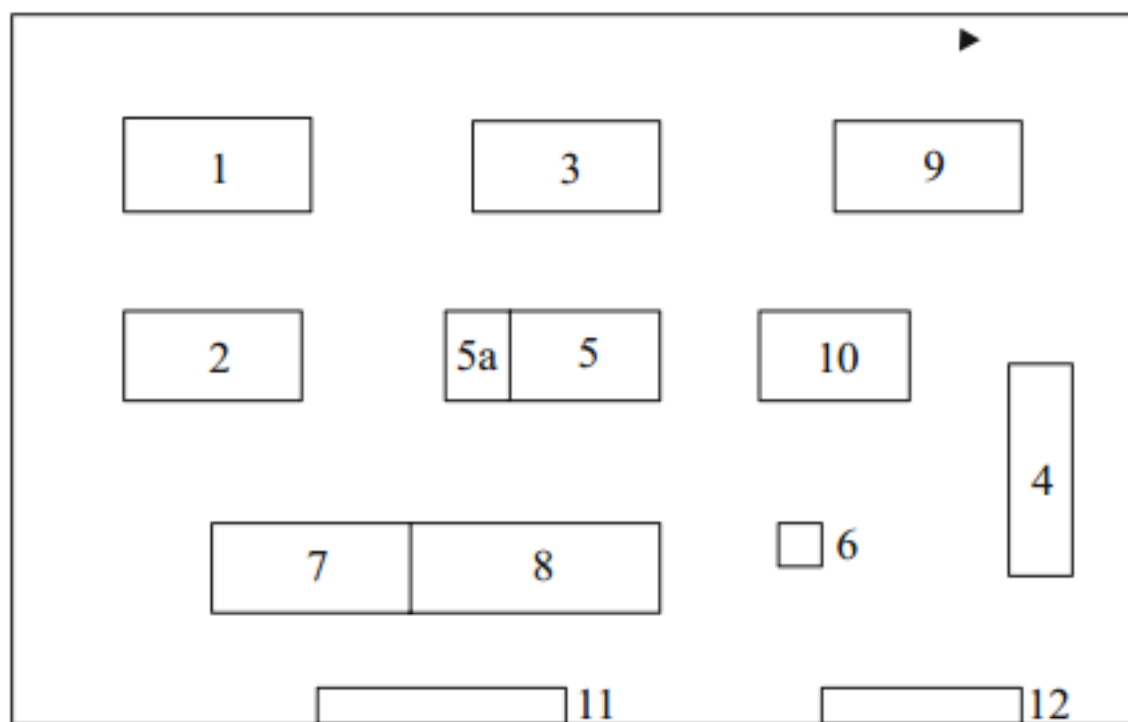
IX



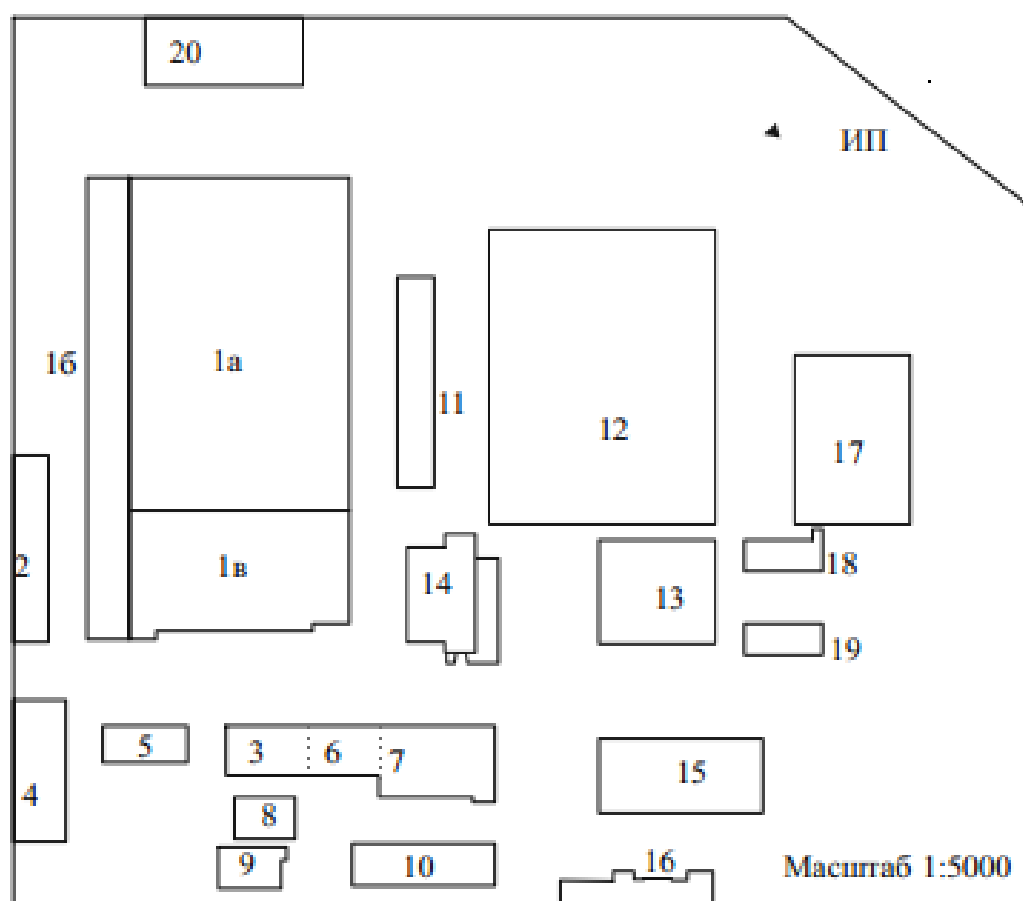
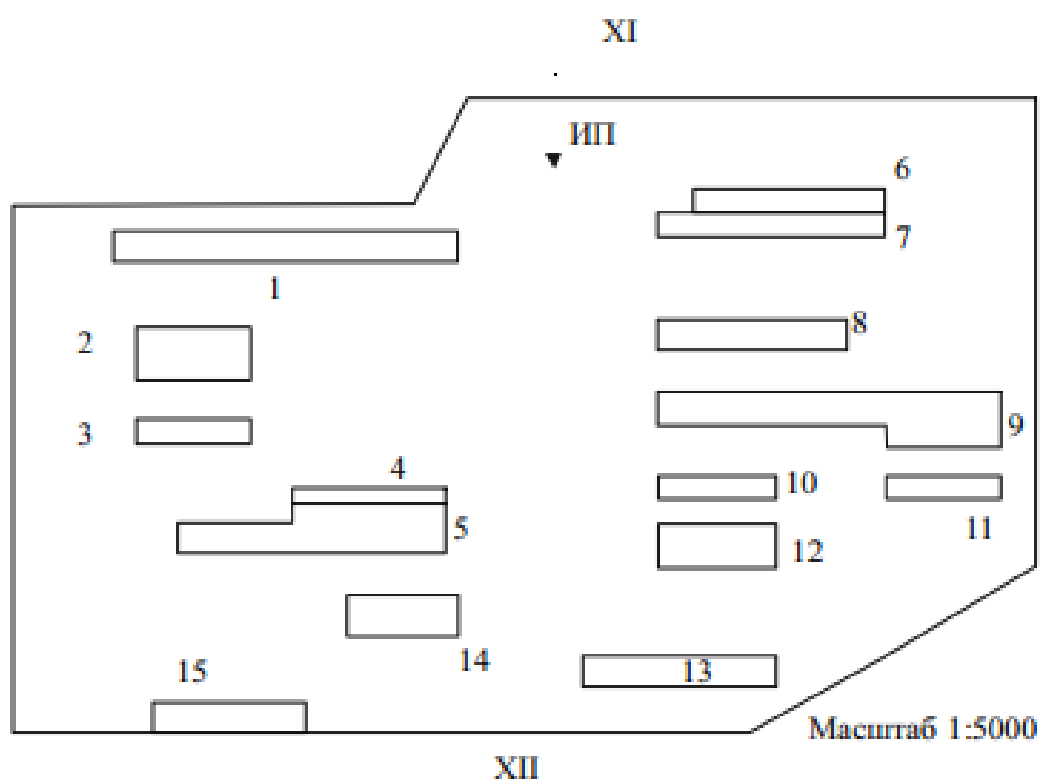
Масштаб 1:5000

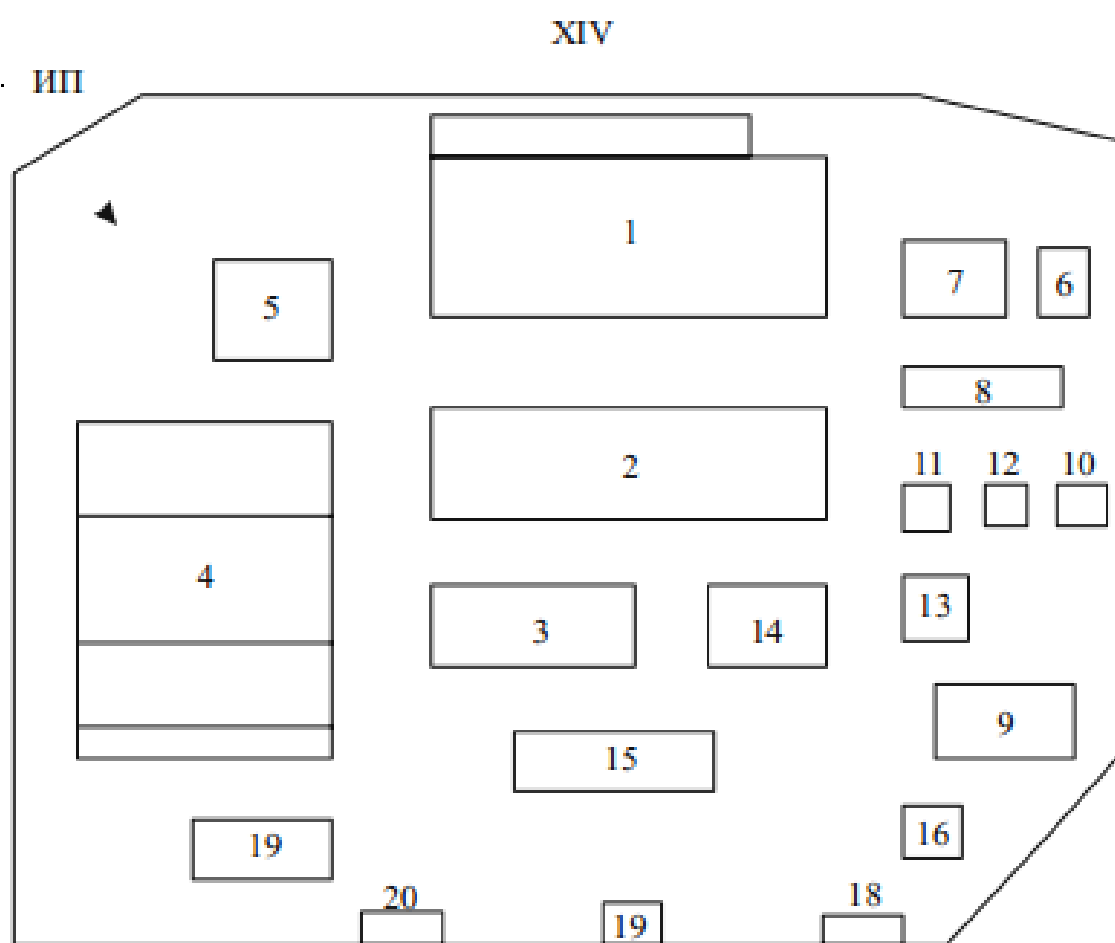
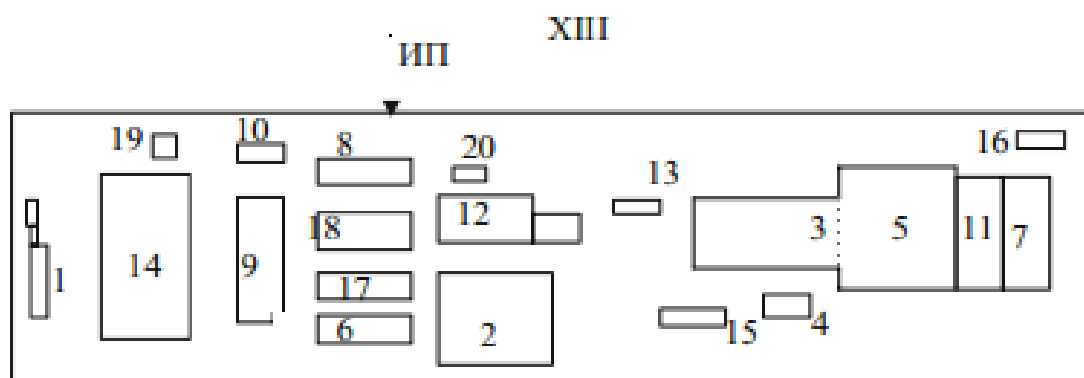
X

ИП



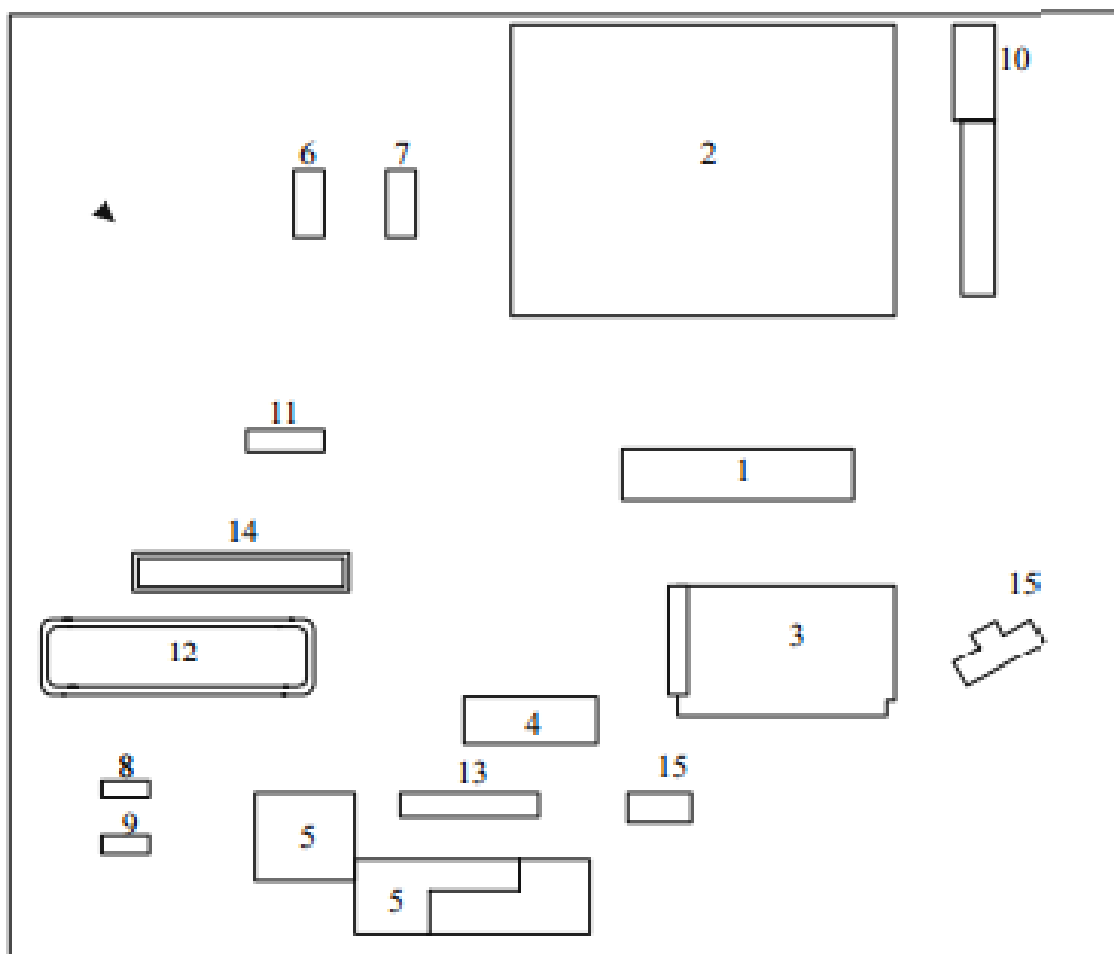
Масштаб 1:5000





XV

ИП



Масштаб 1:5000

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

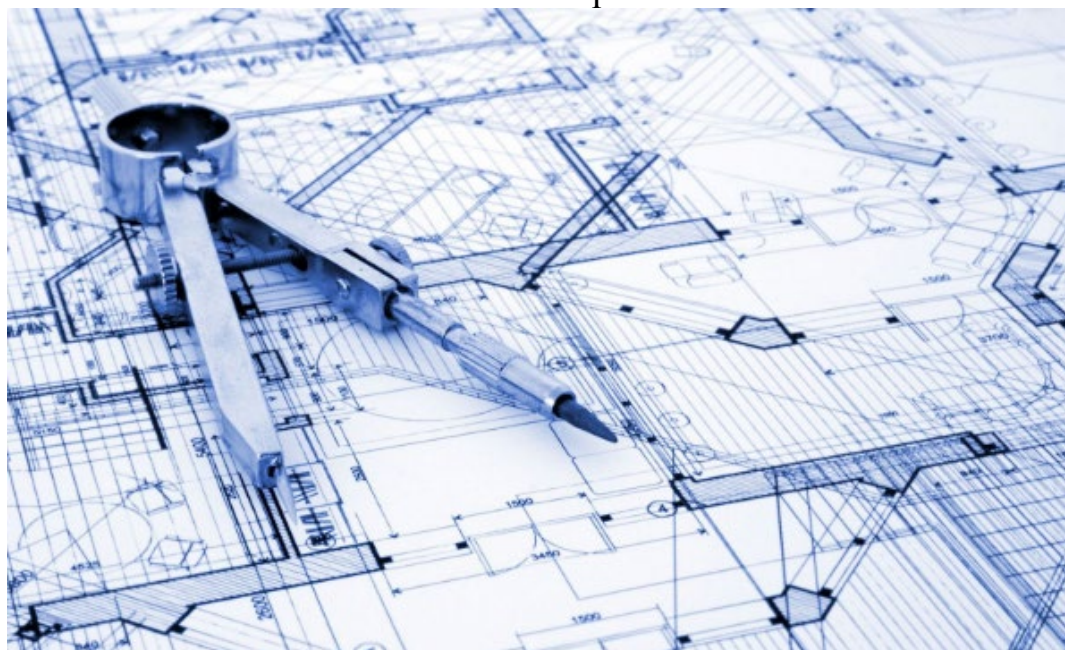
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсового проекта
по дисциплине

«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ»

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

бакалавр



Ставрополь, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Цель, задачи	4
1 Тематика и содержание курсовых проектов	6
2 Содержание и объем расчетно-пояснительной записки	16
3 Рекомендации по выполнению разделов курсового проекта	19
4 Рекомендации по организации работ над проектом	91
5 Порядок защиты и ответственность студента за выполнение задания по курсовому проекту	92
7 Рекомендуемая литература	93
Приложение А	95
Приложение Б	176

Введение

Изучение дисциплины «Основы проектирования электроэнергетических систем» заканчивается разработкой курсового проекта, который является одним из основных этапов подготовки бакалавра по направлению 13.03.02 и представляет собой самостоятельную работу, при выполнении которой студент должен применить знания, полученные в процессе обучения в университете.

В результате изучения дисциплины студенты должны научиться оценивать и представлять результаты расчетов, формулировать технические задания на проектирование и использовать средства автоматизации при проектировании, разрабатывать конкурентоспособные варианты выполнения распределительной сети высокого напряжения, проводить технико-экономическое обоснование различных вариантов выполнения сети, выбирать оборудование для СЭС и т.д.

Цель и задачи курсового проектирования

Целью курсового проектирования является формирование знаний и навыков по основам проектирования городских, промышленных и сельских распределительных электрических сетей,. А также приобретение опыта самостоятельного решения конкретных инженерных задач, связанных с вопросами проектирования распределительных сетей.

Основными задачами дисциплины являются: изучение основ построения и проектирования современных распределительных электрических сетей, методов их расчета и анализа:

- изучение современных нормативных материалов по проектированию распределительных электрических сетей;
- освоение принципов разработки схем распределительных сетей;
- изучение способов конструктивного исполнения распределительных электрических сетей и сетей наружного освещения;
- изучение способов и получение навыков определения электрических нагрузок;
- освоение подходов к выбору сечений проводов и кабелей, оборудования ТП и РП;
- изучение способов и средств оценки и повышения качества электроэнергии;
- освоение методов расчета параметров элементов распределительных сетей;
- изучение способов выполнения расчетов потокораспределения в сети;
- получение навыков выбора трассы линий, схем и оборудование ТП и РП;
- получение навыков расчета токов КЗ. и выбора защитных аппаратов;
- изучение способов и средств регулирования напряжения и средств компенсации реактивной мощности;

- получение опыта технико-экономического обоснования вариантов сооружения электрической сети.

Выполнение его является одним из основных этапов подготовки студентов к выполнению ВКР:

- в систематизации, закреплении и расширении теоретических знаний студента по специальности, и применение их при решении конкретных инженерно-технических задач в практике проектирования, развитие творческого мышления студентов и навыков самостоятельной работы, овладение методиками инженерно-технических и экономических расчетов при проектировании электроэнергетических систем;

- в выявлении подготовленности студента к самостоятельной работе в условиях современного производства.

При учебном проектировании электроэнергетических систем студентами решаются следующие задачи:

- самостоятельное и глубокое изучение основ дисциплины;
- приобретение навыков решения основных задач проектирования;
- обобщение и расширение знаний при изучении данной дисциплины, а также специальных и общепрофессиональных дисциплин;
- обучение студентов критически мыслить и подходить к решению задач осознанно, на основе детального анализа;
- приобретение навыков пользования справочной и научной литературой, ГОСТами, каталогами и типовыми проектами.

Наряду с задачами синтеза решаются задачи анализа, так как невозможно принять решение без детального анализа отдельных вопросов. Например, выбор схем электроснабжения возможен лишь на основе детального анализа нагрузок, их характеристик, возможных напряжений сети, схем отдельных подстанций и возможных вариантов схем электрической сети, которые могут быть использованы в данных условиях. Поэтому задачами проекта является также научить студента критически мыслить и подходить к решению задач осознанно, на основе детального анализа.

Курсовое проектирование является комплексной задачей, в которой все элементы являются звеньями общей цепочки. Однако учет всех влияний в сложных современных динамически развивающихся системах практически невозможен. Поэтому студент должен учиться делать возможные допущения, пренебрегать второстепенными вопросами, и уметь найти главное звено. Для уменьшения количества ошибок, оптимизации и качественного представления результатов расчетов, рекомендуется составлять сводные таблицы и использовать ПЭВМ.

Проект должен отвечать требованиям действующих ГОСТов, норм ЕСКД, учитывать правила устройств электроустановок (ПУЭ), правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, а также основываться на применении международной системе единиц (СИ).

1 ТЕМАТИКА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

1.1 Общие положения

Электрическая энергия нашла широкое применение во всех отраслях экономики благодаря ее значительным преимуществам перед другими видами энергии, обусловленными относительной простотой получения, передачи и преобразования. Электрическая энергия используется на промышленных, добывающих и перерабатывающих предприятиях, предприятиях агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства, на транспорте, в строительстве, быту и т.д. (в дальнейшем – на предприятиях).

Предприятия (потребители электрической энергии) получают ее от распределительной сетевой компании и собственных электростанций по распределительным сетям. Непосредственными приемниками электрической энергии на предприятиях являются электродвигатели, сварочные агрегаты, высокочастотные и осветительные установки, нагреватели, выпрямительные устройства и радиоэлектронная аппаратура, которые могут быть включены в распределительную сеть одного напряжения или в электрические сети разных напряжений.

Электроэнергетическая система должна обеспечивать:

- надежность электроснабжения;
- качество передаваемой электроэнергии как вида продукции;
- безопасность электротехнического и неэлектротехнического персонала при эксплуатации сетей и электроустановок;
- экономичность, то есть минимум приведенных затрат на сооружение и эксплуатацию сетей и установок;
- изменение конфигурации сетей в связи с изменением технологии производства;
- минимальные потери электроэнергии в сетях;
- экологичность, т.е. уменьшение вредного воздействия на окружающую среду.

Для устранения непроизводительных потерь времени при выполнении курсового проекта пособие содержит рекомендации по его реализации, пример выполнения отдельного задания и необходимые справочные данные.

Одним из важнейших этапов проектирования является качественная оценка промежуточных результатов для устранения ошибок в последующих расчетах, что осуществляется на консультациях с руководителем проекта. При этом наряду с задачами синтеза решаются задачи анализа, так как невозможно принять решение без анализа отдельных вопросов. Например, выбор схем электроснабжения возможен лишь на основе анализа нагрузок, их характеристик, напряжений сети, схем подстанций и вариантов схем электрической сети, которые могут быть использованы в данных условиях. Поэтому выполнение курсового проекта предоставляет возможность студенту научиться критически мыслить и подходить к решению задач осознанно, на основе детального анализа.

Перед началом работы над курсовым проектом студент совместно с руководителем составляет задание на курсовое проектирование по

установленной форме. Только после подписи задания студентом, руководителем и утверждения заведующим кафедрой, студент считается приступившим к выполнению курсового проекта;

Основные обязанности руководителя:

- помощь в разработке задания на курсовое проектирование;
- рекомендации студенту по подбору необходимой литературы, методов расчета, информационных и программных средств по теме проекта;
- проведение регулярных консультаций по графику, согласованному со студентами;
- проверка качества выполнения курсового проекта;
- присутствие на защите проекта.

После ознакомления с проектом и отзывом руководителя заведующий кафедрой решает вопрос о допуске студента к защите и подписывается на титульном листе расчетно-пояснительной записки.

Помимо соблюдения основных правил, надо помнить еще и об эстетике оформления работы, так как оформление расчетно-пояснительной записки во многом определяет впечатление, которое производит работа. За принятые в курсовом проекте решения, выполненные расчеты и выводы отвечает автор проекта.

Тема курсового проекта на титульном листе и в задании должна формулироваться в строгом соответствии с приказом ректора университета.

В расчетно-пояснительной записке должны быть представлены все необходимые расчёты с указанием и оценкой методов расчета и расчётных формул. В одном примере это должно быть сделано подробно, а в остальных случаях все материалы должны быть сведены в таблицы. В пояснительной записке следует привести схемы и дать чёткое обоснование принятых решений по всем выполненным вопросам задания.

Пояснительная записка должна начинаться с задания на курсовой проект с исходными данными на проектирование. К ней прилагается список литературы, которой пользовался студент при работе над проектом. Содержание пояснительной записки и краткие указания по выполнению отдельных разделов задания рассмотрены ниже.

1 Формулировка задания

В проектируемом районе рельеф территории спокойный, слабоволнистый, климат континентальный. Среднегодовое количество осадков до 500 мм. Преобладающее направление ветра восточное. Среднегодовая температура почвы +10°C.

Инженерно-экологические условия территории района благоприятны для строительства пяти, девятиэтажных и шестнадцатиэтажных зданий. В районе имеются детские сады, школы, прачечная, кинотеатры, столовая и т.д.

Для транспортного обслуживания застройки имеется сеть подъездов и проездов к группам зданий. Ширина проезжей части – 6 м.

Система водоснабжения района хозяйственно-пожарная. Типовые сети – подземные в непроходных каналах. Для застройки микрорайона приняты типовые проекты с улучшенной планировкой кварталов.

В квартирах микрорайона для четного варианта установлены электроплиты мощностью до 8,5 кВт, для нечетного принять тип плит – газ.

Источником питания в проекте является шины 10 кВ подстанции с неограниченной мощностью. На шинах ЦП обеспечено встречное автоматическое регулирование напряжения.

Мощность короткого замыкания на шинах центра питания 2000+НВ, МВА.

Напряжение в центре питания $1,1 U_{ном}$.

Ежегодно в эксплуатацию вводится по одной очереди сначала селитебная зона, потом промышленная и сельскохозяйственная.

Характеристика местности – Северный Кавказ.

Удельное сопротивление грунта $\rho = 100 \text{ Ом м}$

Дополнительные материалы и сведения, необходимые для выполнения проекта, рекомендуется студенту выбрать самостоятельно и согласовать их с руководителем проекта.

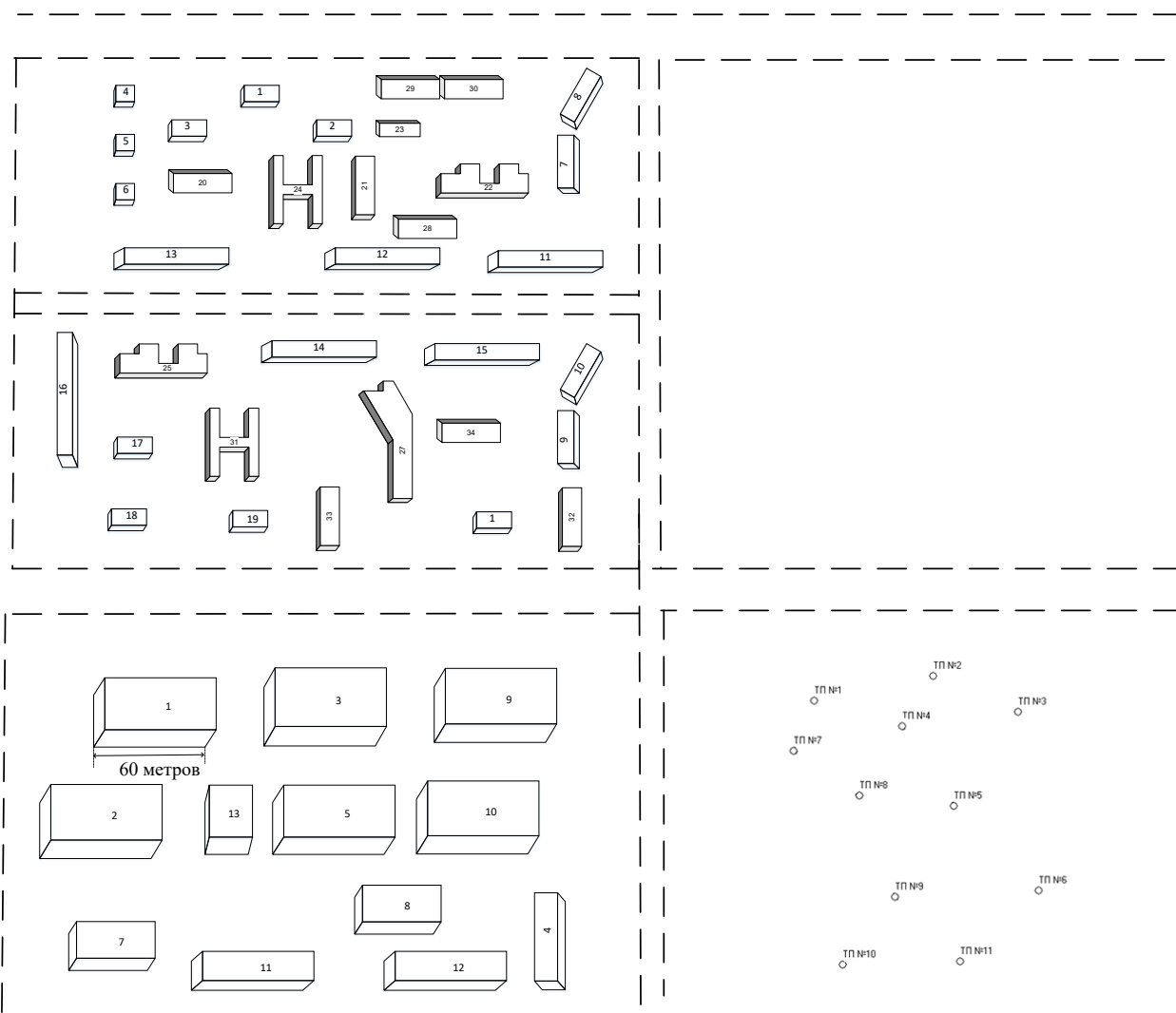


Рисунок 1 – Ситуационный план проектируемого района

Список объектов селитебной зоны представлен в таблице 3.1. Данные по объектам выбираются по второй цифре номера варианта по таблице 3.2.

Таблица 3.1 – Характеристики селитебной зоны

Номера зданий	Наименование зданий	Этажей
1 – 3	многосекционный жилой дом	9
4-6	многосекционный жилой дом	9
7-10	многосекционный жилой дом	16
11-15	многосекционный жилой дом	5
16	многосекционный жилой дом	9
17-19	многосекционный жилой дом	16

Таблица 3.2 – Данные по объектам 1 очереди

№ объекта	Вторая цифра номера варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-3	9/54	9/36	9/54	9/36	9/54	9/36	9/54	9/72	9/54	9/36
4-6	9/36	9/36	9/36	9/36	9/36	9/36	9/36	9/36	9/36	9/36
7-10	16/192	16/192	16/192	16/192	16/192	16/192	16/192	16/192	16/192	16/192
11-15	9/216	9/216	9/216	9/216	9/216	9/216	9/216	9/216	9/216	9/216
16	16/162	16/216	16/162	16/216	16/162	16/216	16/162	16/216	16/162	16/216
17-19	16/128	16/128	16/128	16/128	16/128	16/128	16/128	16/128	16/128	16/128

В числителе количество этажей, в знаменателе число квартир.

Таблица 15 – Характеристики общественных зданий

Номера зданий	Наименование зданий	Характеристики зданий									
		Вторая цифра номера варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	Магазин промтоварный	250 кв.м	300 кв.м	350 кв.м	200 кв.м	150 кв.м	220 кв.м	250 кв.м	330 кв.м	400 кв.м	380 кв.м
21	Магазин продовольственный	250 кв.м	300 кв.м	350 кв.м	200 кв.м	150 кв.м	220 кв.м	300 кв.м	370 кв.м	400 кв.м	420 кв.м
22	Детские ясли-сад	200 мест	280 мест	270 мест	300 мест	250 мест	320 мест	270 мест	350 мест	290 мест	260 мест
23	Магазин овощи, цветы, спорткульттовары	1435 кв.м	1250 кв.м	1100 кв.м	1500 кв.м	1345 кв.м	1200 кв.м	1500 кв.м	1250 кв.м	1100 кв.м	1500 кв.м
24	Школа	1568 учащихся	1500 учащихся	1650 учащихся	1478 учащихся	1265 учащихся	1375 учащихся	1265 учащихся	1478 учащихся	1265 учащихся	1375 учащихся
25	Детский ясли-сад	200 мест	280 мест	270 мест	300 мест	250 мест	320 мест	320 мест	270 мест	300 мест	250 мест
26*	Встроенная парикмахерская в жилом доме №1	6 раб. мест	4 раб. мест	5 раб. мест	7 раб. мест	8 раб. мест	3 раб. мест	5 раб. мест	8 раб. мест	3 раб. мест	5 раб. мест
27	Кинотеатр	400 мест	600 мест	450 мест	500 мест	550 мест	350 мест	500 мест	450 мест	500 мест	550 мест
28	Кафе-столовая	50 мест	40 мест	60 мест	70 мест	80 мест	90 мест	50 мест	40 мест	60 мест	70 мест
29,30	Общежитие	360 мест	300 мест	400 мест	450 мест	400 мест	420 мест	300 мест	400 мест	450 мест	400 мест
31	Школа	1568 учащихся	1500 учащихся	1650 учащихся	1478 учащихся	1265 учащихся	1375 учащихся	1650 учащихся	1568 учащихся	1500 учащихся	1650 учащихся
32	Промтоварный магазин с кондиционированием	1478 кв.м	1265 кв.м	1375 кв.м	1568 кв.м	1500 кв.м	1650 кв.м	1568 кв.м	1375 кв.м	1568 кв.м	1500 кв.м
33	Гостиница	1500 мест	1700 мест	1300 мест	1300мест	1500 мест	1200 мест	1550 мест	1600 мест	1300 мест	1500 мест
34	Столовая	80 мест	90 мест	50 мест	40 мест	60 мест	70 мест	90 мест	90 мест	50 мест	40 мест

Таблица 3.2 – Данные по объектам 2 очереди промышленной зоны (завода среднего машиностроения)

№ цеха на плане	Наименование цеха	Установленные мощности на напряжении 0,4 кВ (вторая цифра номера варианта)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Цех металлопрокатный	1800	1850	1900	1950	2000	1850	1900	1950	2000	2200
2	Механосборочный цех	1400	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	1200
3	Литейный цех 0,38 кВ	2800	2500	2650	2950	3000	2900	2800	2700	2600	2500
4	Котельная	850	800	750	700	650	800	750	700	650	600
5	Кузнечно-прессовый цех	550	200	300	400	500	200	300	400	500	550
7	Компрессорная 0,38 кВ	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
7	Компрессорная 10 кВ	3100	2600	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1900	1800
8	Термический цех	2100	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	2200
9	Механический цех	850	800	750	700	850	800	750	700	750	700
10	Заготовительно-сварочный	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
11	Склад	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	Заводоуправление столовая	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
13	Транспортный цех	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180

Предприятие работает в две смены, кроме компрессорной работающей в три смены.

Таблица 3.31 – Базовые данные по объектам сельскохозяйственной зоны – 3 очередь

№ п.п.	Наименование	Кол-во	Дневной максимум			Вечерний максимум		
			Р _д , кВт	Q _д , квар	S _д , кВА	Р _в , кВт	Q _в , квар	S _в , кВА
ТП №1								
1	Участковая ветеринарная лечебница	1	20	10	22,36	10	4	10,77
2	Приемный пункт молокозавода мощностью 10 т/смену	1	45	40	60,207	45	40	60,207
3	Котельная с котлами КВ-300М или Д721	1	5	4	6,403	5	4	6,403
4	Склад рассыпных и гранулированных кормов емкостью 200 т	1	20	12	23,323	1	0	1
5	Столовая на 25 мест	1	5	3	5,83	2	0	2
ТП №2								
1	Производство молока 200 коров	4	35	30	46,097	25	20	32,015
ТП №3								
1	Производство молока 200 коров	2	35	30	46,097	25	20	32,015
2	Молочный блок при коровнике на 6т/сутки	1	20	20	28,284	20	20	28,284
3	Телятник с родильным отделением на 120 телят	1	5	3	5,83	8	5	9,433
4	Коровник без механизации процессов на 200 коров с электронагревателем на 200 коров	1	18	0	18	18	0	18
ТП №4								
1	Помещение для ремонтного и откормочного молодняка на 170-180 голов	2	1	0	1	3	0	3
2	Коровник привязного содержания механизированной уборки навоза на 200 коров	1	6	6	8,485	6	6	8,485
3	Телятник с родильным отделением на 230 телят	1	6	4	7,211	10	6	11,661
4	Кормоцех фермы КРС на 800-1000 голов	1	50	45	67,268	50	45	67,268
ТП №5								
1	Сельский жилой дом (квартира) с плитой на газе, жидком или твердом топливе	12	0,7	0,32	0,769	2	0,75	2,136
2	Сельский совет с отделением связи	1	7	3	7,615	3	0	3
3	Сельская амбулатория на 3 врачебных должности	1	10	3	10,44	10	3	10,44
4	Начальная школа на 160 учащихся	1	11	0	11	4	0	4

Продолжение таблицы 1.1.

5	Магазин на 4 рабочих места, продовольственный	1	10	5	11,18	10	5	11,18
6	Котельная с двумя котлами "Универсал-6" для отопления и горячего водоснабжения	1	15	10	18,027	15	10	18,027
ТП №6								
1	Сельский жилой дом (квартира) с плитой на газе, жидком или твердом топливе	10	0,7	0,32	0,769	2	0,75	2,136
2	Магазин на 4 рабочих места, промтоварный	1	6	0	6	6	0	6
3	Материально-технический склад	1	3	2	3,605	1	0	1
4	Гараж с профилакторием на 25 автомашин	1	30	25	39,051	15	12	19,209
ТП №7								
1	Сельский жилой дом (квартира) с плитой на газе, жидком или твердом топливе	6	0,7	0,32	0,769	2	0,75	2,136
2	Оборудование для прессования кормов ОПК-3,0У	1	135	120	180,62	135	120	180,62 3
3	Сенажная башня	2	10	8	12,806	0	0	0
4	Склад рассыпных и гранулированных кормов емкостью 520 т	1	35	22	41,34	10	5	11,18
ТП №8								
1	Комбикормовый цех производительностью 10-15 т/смену	1	65	60	88,459	65	60	88,459
2	Столярный цех	1	15	10	18,027	1	0	1
3	Мельница вальцовая производительностью 6 т/сутки	1	15	10	18,027	1	0	1
4	Гараж с профилакторием на 25 автомашин	1	30	25	39,051	15	12	19,209
5	Центральная ремонтная мастерская на 25 тракторов	1	45	40	60,207	25	20	32,015
ТП №9								
1	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 1000-2000 т	1	20	18	26,907	10	5	11,18
2	Столовая с электронагревательным оборудованием на 35 мест	1	20	10	22,36	10	4	10,77

Продолжение таблицы 1.1.

3	Общежитие на 24 места	1	4	0	4	12	4	12,649
4	Административное здание (контора колхоза-совхоза) на 15-25 рабочих мест	1	15	10	18,027	8	0	8
ТП №10								
1	Пункт приготовления травяной муки на базе агрегата АВМ-1,5А	1	300	270	403,608	300	270	403,608
2	Котельная с котлами КВ-300М или Д721	1	5	4	6,403	5	4	6,403
3	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 500 т	1	10	10	14,142	5	3	5,83
ТП №11								
1	Дробилка кормов ДБ-5-1	1	40	35	53,15	0	0	0
2	Измельчитель грубых кормов "Волгарь-5"	1	22	20	29,732	0	0	0
3	Комплект машин и оборудования зерноочистительного агрегата ЗАВ-20	1	25	25	35,355	26	23	34,713
4	Склад рассыпных и гранулированных кормов емкостью 200 т	1	20	12	23,323	1	0	1
5	Склад рассыпных и гранулированных кормов емкостью 360 т	1	30	18	34,985	5	0	5
6	Гараж с профилакторием на 10 автомашин	1	20	18	26,907	10	8	12,806

Таблица 3.5 – Данные по росту нагрузок по потребителям сельхозрайона по вариантам

Таблица 3.2 – Данные по объектам 3 очереди сельскохозяйственной зоны

Наименование ТП	Коэффициент роста нагрузки (вторая цифра номера варианта)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ТП1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2
ТП2	1,3	1,1	1,3	1,1	1,3	1,1	1,3	1,1	1,3	1,1
ТП3	1,0	1,1	1,2	1,0	1,1	1,2	1,0	1,1	1,2	1,1
ТП4	1,4	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,3
ТП5	1,3	1,2	1,1	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1,3	1,5
ТП6	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2
ТП7	1,3	1,2	1,1	1,3	1,3	1,2	1,1	1,3	1,3	1,2
ТП8	1,1	1,3	1,1	1,3	1,1	1,3	1,3	1,7	1,1	1,3
ТП9	1,1	1,3	1,2	1,1	1,3	1,5	1,1	1,3	1,8	1,1
ТП10	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,9
ТП11	1,3	1,2	1,1	1,3	1,5	1,5	1,3	1,2	1,1	1,3

Таблицы 3.1 – Исходные данные для выполнения ТЭС

3. Единые тарифы на услуги по передаче ЭЭ по распределительным сетям Ставропольского края на период с января по июнь 2016 г.

Виды тарифов по группам потребителей	По уровням напряжения			
	ВН	СН-1	СН-2	НН
1 Группа «Прочие» (все, кроме населения)				
1.1 Одноставочный тариф, руб/кВт·ч	1,30	1,70	2,36	3,81
1.2 Двухставочный тариф, в том числе:				
– ставка за содержание эл.сетей, руб/кВт·ч	768,63	814,23	1081,44	1401,42
– ставка за оплату технологического расхода (потерь) в эл.сетях, руб/кВт·ч	7,52	30,20	54,87	89,95

1.2 Темы курсовых проектов и исходные данные

Типовыми темами курсового проекта могут быть:

1 Проектирование распределительной сети

Для каждого студента тема определяется заданием, выдаваемым ему руководителем курсового проекта.

Тема курсового проекта дается каждому учащемуся индивидуально. Задание утверждается на заседании кафедры.

По заданной теме необходимы следующие данные:

Генеральный план предприятия с расположением всех, как основных, так и вспомогательных цехов (корпусов) и сооружений, с нанесением на нем всех наземных и подземных коммуникаций, таких как: линии железных и шоссейных дорог, трассы различных трубопроводов и т.п.

Ситуационный план расположения предприятия и источников питания с характеристикой местности (район климатических условий по гололеду, ветру, высота над уровнем моря и другие характеристики).

Генеральный план микрорайона города с расположением всех жилых и общественных зданий.

Для отдельных крупных электроприемников напряжением выше 1000 В даются все необходимые характеристики по каждому электроприемнику: P_n , U_n , $\cos \varphi_n$, число фаз, режим работы и т.п.

Характеристики источников питания: их мощность, номинальное напряжение, значение расчетных сопротивлений относительно питающих шин или мощности короткого замыкания.

Режим работы предприятия: число рабочих смен в сутки, число рабочих дней в году и длительность одной рабочей смены, или годовой фонд рабочего времени $T_{\text{гр}}$ и годовой коэффициент сменности по энергоиспользованию – α или продолжительность максимума активной – $T_{\text{ма}}$ и реактивной мощностей $T_{\text{мр}}$.

2 СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

2.1 Объем курсового проекта

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие разделы:

- введение;
- характеристика окружающей среды и технологического процесса и условий проектирования;
- определение расчетных нагрузок микрорайона города;
- определение расчетных нагрузок промышленного района;
- определение суммарной нагрузки;
- определение центра электрической нагрузки;
- выбор номинальных напряжений;
- определение мощности и количества трансформаторов в микрорайоне города;
- определение мощности и количества трансформаторов в промышленном районе;
- определение расчетных нагрузок ТП;
- выбор компенсирующих устройств на напряжении 0,4 кВ;
- разработка вариантов схем сети с учетом надежности электроснабжения;
- рассмотрение целесообразности использования РП и ГПП;
- выбор марки и сечения кабелей 10 кВ с проверкой по нагреву, потерям напряжения и термической стойкости к токам КЗ;
- выбор марки и сечения кабелей 0,4 кВ кВ;
- технико-экономическое сравнение вариантов выполнения сети;
- расчет режимов распределительной сети 10 кВ;
- расчет токов КЗ в сети 10 кВ;
- выбор электрических аппаратов распределительных устройств;
- расчет режимов распределительных сетей 0,4 кВ;
- релейная защита и автоматика;
- измерение и учет электроэнергии;
- проектирование защитного заземления ТП;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения.

2.2. Требования к оформлению расчётно-пояснительной записки

Расчетная часть курсового проекта выполняется в виде пояснительной записки в полном соответствии с правилами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Текст пояснительной записки должен быть лаконичным, логически связанным, расчеты после подробного изложения примера сводятся в таблицы указанной формы. Следует избегать изложения общеизвестных положений, например, по конструкции, принципу действия устройств и т. п.

В пояснительной записке должны быть приведены рисунки и схемы, иллюстрирующие суть изложения. Формулы должны быть вписаны аккуратно. Ссылка на использованные источники информации должны даваться в квадратных скобках. В них указывается номер источника информации в библиографическом списке.

Объем расчетно-пояснительной записки должен составлять 40-50 страниц, текст выполняют с использованием компьютера на одной стороне листа белой бумаги, формата А4, шрифт – Times New Roman 14-го размера, межстрочный интервал – 1,5. Номер страницы проставляют в правом нижнем углу листа. Страницы текстового материала следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему документу. Титульный лист текстового документа включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют. Расстояние от края бумаги до границ текста следует оставлять: в начале строк – 30 мм; в конце строк – 10 мм; от верхней или нижней строки текста до верхнего или нижнего края бумаги – 20 мм. Размер абзацного отступа должен быть одинаковым по всему тексту работы и равным 12,5 мм.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего курсового проекта, обозначенные арабскими цифрами. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Нумерация пунктов должна состоять из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой. Заголовок разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа, с прописной буквы, без точки в конце, не подчеркивая. Заголовки структурных элементов располагают симметрично тексту и отделяют от текста интервалом в одну строку. Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 2 интервалам. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 1 интервалу.

Список использованных источников должен быть оформлен в соответствии с ГОСТом «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

2.3 Требования к графической части проекта

Графическая часть курсового проекта выполняется с соблюдением соответствующих государственных стандартов и содержит 2-3 листа формата А1.

В графической части необходимо отразить вопросы, необходимые для защиты КП.

2.4 Защита курсового проекта

Полностью оформленные материалы курсового проекта представляются студентом руководителю в сроки, установленные графиком проектирования для курсового проекта. После проверки, а при необходимости и после доработки, проект представляется к защите. Защита курсового проекта происходит в присутствии комиссии в составе трех человек: руководителя

проекта и преподавателей дисциплин цикла. При защите студент должен сделать краткий доклад по результатам работы и ответить на предложенные ему вопросы.

На защиту курсового проекта отводится до 20 минут. Это время включает в себя доклад автора дипломного проекта (не более 5-7 мин), который должен содержать:

- обоснование необходимости разработки проекта;
- основные сведения об источниках питания и потребителях;
- главные этапы проектирования и методы решения задач, которые при этом были использованы;
- заключение.

Во время доклада необходимо грамотно использовать представленный графический материал курсового проекта, делая ссылки на принципиальные схемы, таблицы и т.п.

Вопросы, задаваемые на защите, могут касаться как проекта в целом, так и его деталей, а также быть чисто теоретическими, задаваемыми с целью проверки глубины знаний студента.

3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1 Введение

Во введении расчетно-пояснительной записки необходимо отразить перспективы развития распределительных сетей и отразить проблемы их развития.

Раздел «Введение» в пояснительной записке не нумеруется. Остальные разделы и подразделы внутри разделов должны нумероваться арабскими цифрами. Номер подраздела состоит из номера раздела и порядкового номера подраздела, разделенных точкой.

3.2 Характеристика окружающей среды и условий проектирования

В данном разделе необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- характеристику и инженерно-экологические условия проектируемого района сети;
- перспективы его развития;
- требования к надежности электроснабжения;
- характеристику источников электроснабжения, общую характеристику электроприемников (ЭП);
- расстояние от источника питания до потребителя и т.д.

Степень ответственности установки, номинальные токи и напряжение приемников, размещение нагрузки являются определяющими факторами при выборе конструктивного выполнения сети. Большую роль играют также требования технической эстетики.

Важными факторами, влияющими на выбор конструкции сетей и способов их выполнения, являются условия окружающей среды, степень возгораемости строительных материалов и конструкций зданий и сооружений. В соответствии с противопожарными требованиями строительные материалы и конструкции разделяются на три группы по степени возгораемости: негорючие, труднотгораемые, тгораемые. Кроме того, строительные конструкции характеризуются пределом огнестойкости, определяемым временем в часах.

При выборе конструкций сетей необходимо учитывать условия окружающей среды в помещениях, где размещается технологическое и связанное с ним электротехническое оборудование. Условия в помещениях, влияющие на выбор конструкции сетей, определяются температурой воздуха, влажностью, наличием агрессивных газов и пыли, возможностью возникновения условий взрыво- или пожароопасности.

Для химически активных сред оборудования и материалы должны выбираться с учетом конкретных веществ, применяемых в технологическом процессе производства. Наиболее эффективным средством защиты электроустановок от разрушающего действия химически активных средств является максимально возможное и экономически целесообразное

территориальное удаление электрооборудования от источников выделения химических веществ.

В ряде производств, применяются вещества, которые могут вызвать опасность пожаров или взрывов. Такие производства могут создавать постоянно или в редких случаях условия в окружающей среде, когда нагретые поверхности, искры или открытый огонь могут вызвать пожар, взрыв и разрушение установки.

Степень обеспечения надежности электроснабжения электроприемников жилых и общественных зданий отражена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Степень обеспечения надежности электроснабжения электроприемников жилых и общественных зданий

Здания и сооружения	Степень обеспечения надежности электроснабжения
Жилые дома:	
противопожарные устройства (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре), лифты, аварийное освещение, огни светового ограждения	I
Комплекс остальных электроприемников:	
жилые дома с электроплитами (кроме 1-8-квартирных домов)	II
дома 1-8-квартирные с электроплитами	III
дома св. 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе	II
дома до 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе	III
на участках садоводческих товариществ	III
Общежития общей вместимостью, чел.:	
до 50	III
св. 50	II
Отдельно стоящие и встроенные центральные тепловые пункты (ЦТП), индивидуальные тепловые пункты (ИТП) многоквартирных жилых домов	I
Здания учреждений управления, проектных и конструкторских организаций, научно-исследовательских институтов:	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации и лифтов	I
Комплекс остальных электроприемников:	
здания с количеством работающих св. 2000 чел. независимо от этажности, здания высотой более 16 этажей, а также здания учреждений областного, городского и районного значения с количеством работающих св. 50 чел.	I
здания с количеством работающих св. 50 чел., а также здания областного, городского и районного значения до 50 чел.	II
здания с количеством работающих до 50 чел.	III
Здания лечебно-профилактических учреждений*:	
электроприемники операционных и родильных блоков, отделений анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, кабинетов лапароскопии, бронхоскопии и ангиографии, противопожарных устройств и охранной сигнализации, эвакуационного освещения и больничных лифтов	I

комплекс остальных электроприемников	II
Учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования:	
федерального и республиканского подчинения:	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации, лифтов	I
комплекс остальных электроприемников	II
комплекс электроприемников учреждений краевого, областного, городского и районного подчинения	II
Библиотеки и архивы:	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации зданий с фондом св. 1000 тыс. ед. хранения	I
комплекс остальных электроприемников	II
комплекс электроприемников зданий с фондом, тыс. ед. хранения:	
св. 100 до 1000	II
до 100	III
Учреждения образования, воспитания и подготовки кадров:	
электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации	I
комплекс остальных электроприемников	II
Предприятия торговли**:	
электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации, лифтов универсамов, торговых центров и магазинов	I
комплекс остальных электроприемников	II
Предприятия общественного питания**:	
электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации	I
комплекс остальных электроприемников	II
Предприятия бытового обслуживания:	
комплекс электроприемников салонов-парикмахерских с количеством рабочих мест св. 15, ателье и комбинатов бытового обслуживания с количеством рабочих мест св. 50, прачечных и химчисток производительностью св. 500 кг белья в смену, бань с числом мест св. 100	II
то же, парикмахерских с количеством рабочих мест до 15, ателье и комбинатов бытового обслуживания с количеством рабочих мест до 50, прачечных и химчисток производительностью до 500 кг белья в смену, мастерских по ремонту обуви, металлоизделий, часов, фотоателье, бань и саун с числом мест до 100	III
Гостиницы, дома отдыха, пансионаты и турбазы:	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации и лифтов	I
комплекс остальных электроприемников	II
Музеи и выставки:	
комплекс электроприемников музеев и выставок федерального значения	I
музеи и выставки республиканского, краевого и областного значения:	

электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации	I
комплекс остальных электроприемников	II
комплекс электроприемников музеев и выставок местного значения и краеведческих музеев	III
Конференц-залы и актовые залы, в том числе со стационарными кинопроекторными установками и эстрадами во всех видах общественных зданий, кроме постоянно используемых для проведения платных зрелищных мероприятий	В соответствии с категорией электроприемников зданий, в которые встроены указанные залы
* Для электроприемников ряда медицинских помещений, например операционных, реанимационных (интенсивная терапия), палат для недоношенных детей, может потребоваться третий независимый источник. Необходимость третьего независимого источника определяется заданием на проектирование в зависимости от типа применяемого медицинского оборудования. ** Для временных сооружений, выполняемых в соответствии с 7.12 ПУЭ, а также встроенных помещений площадью до 100 м² - III категория электроснабжения. Примечания 1 Схемы питания противопожарных устройств и лифтов, предназначенных для перевозки пожарных подразделений, должны выполняться в соответствии с требованиями 7.8 - 7.10 настоящего свода правил, независимо от их категории надежности. 2 В комплекс электроприемников жилых домов входят электроприемники квартир, освещение общедомовых помещений, лифты, хозяйственные насосы и др. В комплекс электроприемников общественных зданий входят все электрические устройства, которыми оборудуется здание или группа помещений. 3 Категория электроснабжения может быть повышена по заданию заказчика.	

Перед началом проектирования необходимо выполнить анализ условий присоединения объекта электроснабжения к энергосистеме.

При выборе схемы присоединения электрической сети проектируемого района к энергосистеме следует обеспечить гибкость системы, т. е. её приспособляемость к разнообразным режимам распределения мощности, возникающим в процессе работы. Надо учитывать возможные резкие изменение режима работы электрической сети при внезапных отключениях отдельных элементов системы вследствие аварийного повреждения оборудования, кабелей и т. д. Следует считаться с необходимостью отключения элементов системы для ремонтных работ, испытаний, осмотров и других эксплуатационных надобностей.

Необходимо стремиться к тому, чтобы источники внешнего электроснабжения обеспечивали потребность в энергии во всё возрастающих размерах в течение длительного времени без каких-либо коренных изменений, как отдельных элементов, так и системы в целом. Проектирование схемы присоединения электрической сети микрорайона к энергосистеме должно выполняться с выявлением очередности развития на срок не менее 10 лет и возможности последующего ее расширения.

При реальном проектировании условия присоединения объекта электроснабжения к энергосистеме изучаются и формулируются на этапе предпроектного анализа с учетом перспектив развития сети внешнего электроснабжения города, расположения действующих и строящихся электрических подстанций 110 и 35 кВ, особенностей генерального плана, места расположения, состава и характеристик потребителей электроэнергетики.

Расчет электрических нагрузок следует выполнять согласно РД 34.20.185-94 «Инструкции по проектированию городских электрических сетей», СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» с использованием типовых проектов и проектно-аналогов общественных зданий и сооружений.

По надежности электроснабжения электроприемники противопожарных устройств, лифты зданий относятся к 1 категории (в соответствии с ПУЭ, СП31-110-2003, РД34.20.18).

Условия присоединения РС к сетям сетевой компании должны быть представлены в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Условия присоединения проектируемого района к РСК

Источник питания	Разные секции шин ПС
Напряжение источника питания	10 кВ
Питающие линии	кабельных линий 10 кВ
Расстояние до источника питания	1,46 км
Мощность к.з. на шинах источника питания	3500 МВА
Предельно допустимое потребление реактивной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы	$\text{tg}=0,38$
Удельное сопротивление грунта	$\rho=100 \text{ Ом м}$
Общая нагрузка на шинах источника питания	20000 кВт

3.3 Определение расчётных нагрузок проектируемой сети

Определение расчетных нагрузок микрорайона города (первой очереди строительства)

Под расчётной нагрузкой принимается такое значение нагрузки, неизменной во времени, которое оказывает на оборудование такое же тепловое воздействие на рассматриваемый элемент СЭС, что и реально изменяющаяся во времени нагрузка за некоторый временной интервал $3T_0$.

T_0 – постоянная времени нагрева для рассматриваемого элемента СЭС. Наименьшее значение времени приходится на провода. $T_0=10$ мин. У остальных элементов это время больше. Максимальная средняя нагрузка за интервал времени $\Theta_{\text{опт}} = 3T_0$ принимается равной расчетной нагрузке $I_{\text{расч}}$, в этом и заключается принцип максимума средней нагрузки.

Расчетная (максимальная) нагрузка - необходима для определения требуемых сечений питающих линий с учетом нагрева и экономической

плотности тока, для определения потерь мощности и отклонений напряжения в сетях, выбора мощности питающих трансформаторов, расчета защиты. Расчетная нагрузка приравнивается к постоянной во времени величине нагрузке, которая эквивалентна переменной нагрузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию на изоляцию. За расчетную принимается максимальная из средних нагрузок длительностью 30 мин.

Расчет нагрузок на разных уровнях электроснабжения и в сетях различного назначения производится различными методами в зависимости от исходных данных и требований точности. Обычно расчет ведут от низших уровней к высшим.

Расчет электрических нагрузок потребителей проводится в соответствии с требованиями и методикой [1], с учетом изменений и дополнений, представленных в [3].

Расчетные электрические нагрузки на вводах в жилые здания определяются на основе сведений о количестве квартир, энергоносителях для приготовления пищи и количестве и номинальной мощности двигателей лифтовых установок.

Если в отдельных случаях отсутствуют сведения о количестве квартир в жилом здании, то это может быть ориентировочно рассчитано исходя из типовых решений, при которых в многосекционных жилых зданиях на одном этаже каждой жилой секции располагается 4 жилых квартиры, а в зданиях башенного типа - 8 квартир на каждом этаже. Число секций многосекционного жилого здания может быть приблизительно определено исходя из размеров жилого здания по его фронтальной части и средней длины одной жилой секции в 20—25 м. При отсутствии конкретных сведений о количестве лифтовых установок и мощности их двигателей можно ориентировочно принять мощность электрических двигателей санитарно-технических устройств $P_{ct} = 0,05$ кВт на квартиру.

Основными расчетными режимами для жилых зданий при отсутствии массовой установки бытовых кондиционеров воздуха, а также при централизованном теплоснабжении являются вечерний зимний максимум и ночной минимум нагрузок.

Расчетная электрическая нагрузка питающих линий, вводов и на шинах РУ-0,4 кВ ТП от электроприемников квартир $P_{кв}$, кВт, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле:

$$P_{кв} = P_{кв\ у\delta} \cdot n, \quad (3.1)$$

где $P_{кв\ у\delta}$ - удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир (домов), присоединенных к линии (ТП), типа кухонных плит, принимается по таблице 3.3, кВт/квартиру;

n – количество квартир присоединенных к линии ТП.

Удельные электрические нагрузки установлены с учетом того, что расчетная неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам трехфазных линий и вводов не превышает 15%;

п - число квартир, присоединенных к линии (ТП).

Таблица 3.3 – Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартиру

№ п.п.	Потребители электроэнергии	Удельная расчетная электрическая нагрузка при количестве квартир													
		1-5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1	Квартиры с плитами на природном газе ¹	4,5	2,8	2,3	2	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	3,4	2,9	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1	0,92	0,84	0,76
	Электрическими, мощностью 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
2	Летние домики на участках садовых 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

¹ В зданиях по типовым проектам.

Примечания

1 Удельные расчетные нагрузки для числа квартир, не указанного в таблице, определяются путем интерполяции.

2 Удельные расчетные нагрузки квартир **учитывают** нагрузку освещения общедомовых помещений (лестничных клеток, подполий, технических этажей, чердаков и т.д.), а также нагрузку слаботочных устройств и мелкого силового оборудования (щитки противопожарных устройств, автоматики, учета тепла и т.п., зачистные устройства мусоропроводов, подъемники для инвалидов).

3 Удельные расчетные нагрузки приведены для квартир средней общей площадью 70 м² (квартиры от 35 до 90 м²) в зданиях по типовым проектам.

4 Расчетную 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 (таблицы 6.2 и 6.3).

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

6 Удельные расчетные 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 (кроме элитных квартир).

7 Для определения при необходимости значения утреннего или дневного максимума нагрузок следует применять коэффициенты: 0,7 - для жилых домов с электрическими плитами и 0,5 - для жилых домов с плитами на газообразном и твердом топливе.

8 Электрическую нагрузку жилых зданий в период летнего максимума нагрузок можно определить, умножив значение 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 и 0,8 - для квартир с электрическими плитами.

9 Расчетные данные, приведенные в таблице, могут корректироваться для конкретного применения с учетом местных условий. При наличии документированных и утвержденных в установленном порядке экспериментальных данных расчет нагрузок следует производить по ним.

10 Нагрузка иллюминации мощностью до 10 кВт в расчетной нагрузке на вводе в здание учитываться не должна.

Расчетная нагрузка питающих линии, вводов и на шинах РУ-0,4 кВ ТП от электроприемников квартир повышенной комфортности $P_{p.кв}$ определяется по формуле, кВт,

$$P_{p.кв} = P_{кв} \cdot n \cdot K_o,$$

где $P_{кв}$ – нагрузка электроприемников, квартир повышенной комфортности;

n – количество квартир;

K_o – коэффициент одновременности для квартир повышенной комфортности, таблица 3.4.

Таблица 3.4 – Коэффициенты одновременности для квартир повышенной комфортности K_o

Характеристики квартир	K_o 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	0,12	0,11

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома, определяется по формуле:

$$P_{p.ж.д.} = P_{кв} + 0,9 \cdot P_c,$$

где $P_{кв}$ – расчётная нагрузка электротехников квартир, приведенная к вводу жилого дома, кВт;

P_c – расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт.

При расчете электрических нагрузок жилых зданий кроме нагрузки необходимо учесть расчетную нагрузку силовых электроприемников P_c , кВт, приведенную к вводу жилого дома, которая определяется по формуле:

$$P_C = P_{n.\Lambda} + P_{ni} \quad (3.2)$$

Мощность лифтовых установок $P_{p.\Lambda}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{p.\Lambda} = K_{cl} \cdot \sum_1^{n_\Lambda} P_{ni},$$

где K_{cl} – коэффициент спроса, определяемый по таблице 3.5 в зависимости от количества лифтовых установок и этажности зданий;

n_Λ – число лифтовых установок, питаемых линией;

P_{ni} – установленная мощность основного электродвигателя i -го лифта по паспорту, кВт.

Таблица 3.5 – Значения коэффициентов спроса

Nп/п	Число лифтовых установок	K_{cl} для домов высотой, этажей	
		До 12	12 и выше
1	2-3	0,8	0,9
2	4-5	0,7	0,8
3	6	0,65	0,75
4	10	0,5	0,6
5	20	0,4	0,5
6	25 и св.	0,35	0,4

Примечание: коэффициенты спроса для числа лифтовых установок, не указанных в таблице, определяются интерполяцией.

Таблица 3.6 – Данные для выбора мощности лифтов

Основные параметры лифта			Основные характеристики потребителей		
	Грузоподъемность, кг	Скорость, м/с	Электропривод	КПД,	Прочее электрооборудование
			Мощность кВт	%	Мощность, кВт
Пассажирские и грузопассажирские лифты	400	0,5	5	71	1,75
	400	0,63	3,0	73	1,5
	400	0,71	3,0	73	1,5
	400	1,0	5 (7,5)*	71	1,75
	400	1,6	8 (11)*	85	1,75
	500	1,0	7,0	84	1,75
	630	0,5	6,5	80,5	1,5
	630	1,0	70	70	1,75
	630	1,6	13 (15)**	83	2,0
	1000	1,0	9,0	88	2,0
	1000	1,6	18,4	83	2,0
	400	2,0	9,0		1,75
	630	2,0	13,5		1,75
	1000	2,0	17,5		1,75
Больничные лифты	500	0,5	5	80,5	0,5

Расчетная нагрузка линий питания электродвигателей санитарно-технических устройств определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса, принимаемого по таблице 3.7.

Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств $P_{ст}$, кВт, определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса K_c

Таблица 3.7 – Значения K_c для санитарно-технических устройств

№ п.п.	Удельный вес установленной мощности работающего сантехнического и холодильного оборудования, включая системы кондиционирования воздуха в общей установленной мощности работающих силовых электроприемников, %	K_c при числе электроприемников ¹										
		2	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200
1	100-85	1 (0,8)	0,9 (0,75)	0,8 (0,7)	0,75	0,7	0,65	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5
2	84-75	-	-	0,75	0,7	0,65	0,6	0,6	0,6	0,55	0,55	0,5
3	74-50	-	-	0,7	0,65	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45
4	49-25	-	-	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
5	24 и менее	-	-	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,4

¹ В скобках приведены коэффициенты спроса для электродвигателей единичной мощностью св. 30 кВт.

Примечания

1 Определение коэффициента спроса для числа присоединенных электроприемников, не указанного в таблице, производится интерполяцией.

2 В установленную мощность резервные электроприемники не включаются.

Мощность резервных электродвигателей, а также электроприемников противопожарных устройств, при расчете электрических нагрузок не учитывается.

Необходимые справочные сведения для расчетов электрических нагрузок жилых зданий (квартир) и коттеджей на перспективу представлены в [1].

Удельные расчетные нагрузки в РМ-2696 приведены для квартир общей площадью 60м². При общей площади квартир более 60м² удельную нагрузку следует увеличивать на 1% на каждый квадратный метр дополнительной площади в домах с плитами на природном газе и на 0,5% в домах с электрическими плитами.

В обоих случаях увеличение удельной нагрузки не должно превышать 25% значений, приведенных в таблице 3.1 РМ- 2696.

Удельные расчетные нагрузки не учитывают общедомовую силовую нагрузку, осветительную и силовую нагрузку встроенных (пристроенных) помещений

Расчетные реактивные составляющие нагрузок жилых зданий определяются по активным нагрузкам и соответствующим коэффициентам реактивной мощности.

Таблица 3.8 – Значения коэффициентов реактивной мощности

Питающие линии электроприемников жилых зданий и соответствующие им коэффициенты мощности приводятся ниже:	
квартиры с электрическими плитами.....	0,98
то же, с бытовыми кондиционерами воздуха.....	0,93
квартиры с плитами на природном, сжиженном газе и твердом топливе.....	0,96
то же, с бытовыми кондиционерами воздуха.....	0,92
общего освещения в общежитиях коридорного типа.....	0,95
хозяйственных насосов, вентиляционных установок и других санитарно-технических устройств.....	0,8
лифтов.....	0,65
Коэффициент мощности распределительной линии, питающей один электродвигатель, следует принимать по его каталожным данным.	
Коэффициент мощности групповых линий освещения с разрядными лампами следует принимать по <u>6.30</u> .	

Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов следует принимать по таблице 3 приложения А;

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.3)$$

Полная мощность нагрузки МКД и питающей его линии определяется по формуле:

$$S = P / \cos \varphi \quad (3.4)$$

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности.

Следует иметь в виду, что при коммунально-бытовых потребителях (магазины, сберегательные банки, парикмахерские и т. п.), встроенных в жилые здания или пристроенных к ним, осуществляются отдельные вводные распределительные устройства 0.38 кВ (ВРУ-0,38) для жилой и общественной частей здания. Соответственно отдельно определяются их расчетные нагрузки.

Расчетные активные и реактивные нагрузки общественных зданий определяются по таблице 8 .

Коэффициент мощности для расчета силовых сетей общественных зданий рекомендуется принимать по таблице 6.12.

Таблица 3.9 – Коэффициент мощности для расчета силовых сетей общественных зданий

Здания и сооружения	Коэффициент мощности
Предприятия общественного питания:	
полностью электрифицированные	0,98
частично электрифицированные (с плитами на газообразном и твердом топливе)	0,95
Продовольственные и промтоварные магазины	0,85
Ясли-сады:	
с пищеблоками	0,98
без пищеблоков	0,95
Общеобразовательные школы:	
с пищеблоками	0,95
без пищеблоков	0,9
Фабрики-химчистки с прачечными самообслуживания	0,75
Учебные корпуса профессионально-технических училищ	0,9
Учебно-производственные мастерские по металлообработке и деревообработке	0,6
Гостиницы:	
без ресторанов	0,85
с ресторанами	0,9
Здания и учреждения управления, финансирования, кредитования и государственного страхования, проектные и конструкторские организации	0,85
Парикмахерские и салоны-парикмахерские	0,97
Ателье, комбинаты бытового обслуживания	0,85
Холодильное оборудование предприятий торговли и общественного питания, насосов, вентиляторов и кондиционеров воздуха при мощности электродвигателей, кВт:	
до 1	0,65
от 1 до 4	0,75
свыше 4	0,85
Лифты и другое подъемное оборудование	0,65
Вычислительные машины (без технологического кондиционирования воздуха)	0,65
Коэффициенты мощности для расчета сетей освещения следует принимать с лампами:	
люминесцентными	0,92
накаливания	1,0
ДРЛ и ДРИ с компенсированными ПРА	0,85
то же, с некомпенсированными ПРА	0,3 - 0,5
газосветных рекламных установок	0,35 - 0,4

Ориентировочные расчеты электрических нагрузок общественных зданий допускается выполнять по укрупненным удельным электрическим нагрузкам, приведенным в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Удельные электрические нагрузки общественных зданий

N п.п.	Здание	Единица измерения	Удельная нагрузка
<i>Предприятия общественного питания</i>			
1	Полностью электрифицированные с количеством посадочных мест:	кВт/место	1,04
2	до 400	То же	0,86
3	св. 400 до 1000	"	0,75
4	" 1000	"	0,75
5	Частично электрифицированные (с плитами на газообразном топливе) с количеством посадочных мест:	"	0,81
6	до 400	"	0,69
7	св. 400 до 1000	"	0,56
8	" 1000	"	0,56
<i>Продовольственные магазины</i>			
9	Без кондиционирования воздуха	кВт/м торгового зала	0,23
10	С кондиционированием воздуха	То же	0,25
<i>Промтоварные магазины</i>			
11	Без кондиционирования воздуха	"	0,14
12	С кондиционированием воздуха	"	0,16
<i>Общеобразовательные школы</i>			
13	С электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/1 учащегося	0,25
14	Без электрифицированных столовых, со спортзалами	То же	0,17
15	С буфетами, без спортзалов	"	0,17
16	Без буфетов и спортзалов	"	0,15
17	Профессионально-технические училища со столовыми	"	0,46
18	Детские ясли-сады	кВт/место	0,46
<i>Кинотеатры и киноконцертные залы</i>			
19	С кондиционированием воздуха	То же	0,14
20	Без кондиционирования воздуха	"	0,12
21	Клубы	"	0,46
22	Парикмахерские	кВт/рабочее место	1,5
<i>Здания или помещения учреждений управления, проектных и конструкторских организаций</i>			
23	С кондиционированием воздуха	кВт/м общей площади	0,054
24	Без кондиционирования воздуха	То же	0,043
<i>Гостиницы</i>			
25	С кондиционированием воздуха	кВт/место	0,46
26	Без кондиционирования воздуха	То же	0,34
27	Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха	"	0,36
28	Фабрики химчистки и прачечные самообслуживания	кВт/кг вещей	0,075
29	Детские лагеря	кВт/м жилых помещений	0,023
Примечания			
1 Поз.1-6 гр.4 - удельная нагрузка не зависит от наличия кондиционирования воздуха.			
2 Поз.15, 16 гр.4 - нагрузка бассейнов и спортзалов не учтена.			
3 Поз.21, 22, 25, 27 гр.4 - нагрузка пищеблоков не учтена. Удельную нагрузку пищеблоков следует принимать как для предприятий общественного питания с учетом количества посадочных мест, рекомендованного нормами для соответствующих зданий, и 6.21 настоящего свода правил.			
4 Поз.23, 24 гр.4 - удельную нагрузку ресторанов при гостиницах следует принимать как для предприятий общественного питания открытого типа.			
5 Для предприятий общественного питания при числе мест, не указанном в таблице, удельные нагрузки определяются интерполяцией.			

Допускается на основе данных [1,3] определение активных нагрузок района города в целом выполнять по укрупненным удельным нагрузкам на 1 м² жилой площади или на одного жителя и по соответствующим суммарным характеристикам жилой площади или населения.

Расчетная электрическая нагрузка линии до 1 кВ при смешанном питании потребителей жилых домов и общественных зданий (помещений), $P_{p.\partial}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{p.\partial} = P_{p.MAX} + \sum_1^n P_{Pi} \cdot k_{\gamma} . \quad (3.5)$$

где $P_{p.MAX}$ - наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии, кВт;

P_{Pi} - расчетные нагрузки других зданий, питаемых по линии, кВт;

k_{γ} - коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий (помещений) или жилых домов (квартир и силовых электроприемников) принимается данным таблицы 9

Электрические нагрузки взаиморезервируемых линий (трансформаторов) при ориентировочных расчетах допускается определять умножением суммы расчетных нагрузок линий (трансформаторов) на коэффициент 0,9.

		образ- ном топ- ливе							двух- смен- ные							
Жилые дома с плитами: электрическими на твердом и газообразном топливе	- 0,9	0,9 -	0,6 0,6	0,7 0,7	0,6 0,5	0,4 0,3	0,6 0,4	0,6 0,5	0,8 0,8	0,7 0,7	0,8 0,7	0,4 0,4	0,7 0,6	0,6 0,5	0,7 0,5	0,9 0,9
Предприятия общественного питания (столовые, кафе и рестораны)	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
Общеобразова- тельные школы, средние учебные заведения, профессионально- технические 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 полутора- 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
Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	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	0,6	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 бытового обслуживания, предприятия коммунального 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	-
Примечания 1 При нескольких нагрузках, имеющих равное или близкое к равному наибольшее значение, расчет следует выполнять относительно той нагрузки, при которой получается наибольшим. 2 Для гаражей, автостоянок и тепловых пунктов жилого дома с электрическими и газовыми плитами коэффициент участия в максимуме нагрузки равен 0,9.																

Более точный расчет электрической нагрузки микрорайона в целом или его частей, включающих группы нескольких зданий, определяются по суммарному количеству квартир, лифтовых установок жилых зданий, общественных зданий определенного назначения с учетом при этом соответствующих коэффициентов, характеризующих несовпадение максимумов нагрузок потребителей (расчетные нагрузки на одну квартиру, коэффициенты спроса, участия в максимуме и др.).

Для районов Крайнего Севера удельные электрические нагрузки при соответствующих обоснованиях, могут быть увеличены.

Летний максимум электрических нагрузок при применении бытовых кондиционеров воздуха в южных зонах следует определять введением к данным

Для застроек 1-2 этажа при расчетной температуре, °С

от 33 до 37 1,3

свыше 37.....1,4

Для застроек 3 этажа и выше при расчетной температуре, °С

от 33 до 37 1,1

свыше 37.....1,2

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

Расчетные электрические нагрузки общественных зданий (помещений) следует принимать по проектам электрооборудования этих зданий; промышленным предприятий - по проектам электроснабжения предприятий или по соответствующим аналогам.

$$P_{од} = P_{γ.д.од} \cdot n \quad (3.6)$$

где $P_{γ.д.од}$ – удельная нагрузка общественных зданий, отнесенная к (количеству учащихся, одному квадратному метру) таблица 8 приложения А.

В качестве электрических источников света в городах используются газоразрядные лампы и лампы накаливания.

Электрические нагрузки наружного освещения улиц и площадей определяется согласно СНиП по естественному и искусственному освещению [6] и “Инструкции по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов” [7].

Расчетная нагрузка от наружного и внутриквартального освещения кВт/км.

$$P_{ОСВ} = P_{ОСВ.НАГ} + P_{ОСВ.ВН} \quad (3.7)$$

где $P_{ОСВ.НАГ}$ - нагрузка освещения магистральных улиц.

$$P_{ОСВ.НАГ} = P_{γ.д.ОСВ} \cdot 1/2 \cdot \Pi \quad (3.8)$$

П - периметр микрорайона.

$P_{\gamma.\delta.OCB} = 40$ кВт/км – для улиц.

$$P_{OCB.BH} = P_{\gamma.\delta.OCB} \cdot F \cdot (1 - K_Z) \quad (3.9)$$

где $P_{\gamma.\delta.OCB} = 1,2$ кВт/га, $K_Z = 0,2$.

F - площадь микрорайона (га).

Реактивная мощность осветительной нагрузки:

$$Q_{OCB} = P_{OCB} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.10)$$

где $\operatorname{tg} \varphi = 0,62$.

Полная мощность осветительной нагрузки:

$$S_{OCB} = \sqrt{P_{OCB}^2 + Q_{OCB}^2} \quad (3.11)$$

3.4 Определение расчетных нагрузок промышленного района (2 очередь строительства)

На стадии проектного задания и при других ориентировочных расчетах СЭС промпредприятий, при отсутствии данных о числе электроприемников и их мощности, об удельном потреблении электроэнергии на единицу продукции или удельной плотности нагрузок на 1 м² площади цеха, расчетная нагрузка определяется по средним величинам коэффициента спроса по формуле:

$$P_{расч} = K_C \cdot P_{НОМ} \quad (3.12)$$

Значения коэффициента спроса зависят от технологии производства и приводятся в отраслевых инструкциях и справочниках [5].

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

Активная расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по удельной нагрузке и коэффициенту спроса:

$$P_{расчОН} = K_{сОН} p_{удОН} F_{ц} \quad (3.13)$$

где $p_{удОН}$ – удельная нагрузка осветительных приемников (ламп);

$F_{ц}$ – площадь пола цеха, определяемая по генплану;

$K_{сОН}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки.

Лампы накаливания на предприятиях в основном используются в качестве аварийного освещения, которое служит для временного продолжения работы или для эвакуации людей из помещения при внезапном отключении рабочего освещения. Для ламп накаливания $\operatorname{tg} \varphi_{л.н} = 0$.

Газоразрядные лампы на предприятии используются как основные источники света (составляют примерно 75 % от общей мощности осветительной нагрузки), обеспечивающие нормальную работу производства, для них реактивная мощность определяется по формуле

$$Q_{расчОН} = 0,75 P_{расчОН} \operatorname{tg} \varphi_{ОН}, \quad (3.14)$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{ОН} = 0,33$.

Расчетный максимум нагрузки выбираемого j -го элемента (кабель, провод, шинопровод, трансформатор, аппарат и т.д.), питающего определенную группу как силовых, так и осветительных электроприемников напряжением до 1 кВ, представляется как сумма расчетной силовой и осветительной нагрузки:

$$\begin{aligned} P_{расчj} &= P_{расчННj} + P_{расчОНj}; \\ Q_{расчj} &= Q_{расчННj} + Q_{расчОНj}; \\ S_{расчj} &= \sqrt{(P_{расчj})^2 + (Q_{расчj})^2}. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Для определения расчетного максимума нагрузки может быть соблюден следующий порядок расчета.

1. Выявляются номинальные параметры электроприемников, входящих в группу, а также их коэффициенты использования. Резервные и работающие эпизодически приемники не учитываются. Также можно пренебречь электроприемниками малой мощности, если их мощность составляет менее 5 % от суммарной номинальной мощности ЭП совокупности. Определяется постоянная времени нагрева выбираемого j -го элемента T_{0j} .

2. Определяются и суммируются средние активные и реактивные нагрузки рабочих силовых приемников электроэнергии данного элемента. Определяется групповой коэффициент использования $K_{иj}$ и эффективное число электроприемников $n_{эj}$. По справочным данным находятся расчетные коэффициенты $K_{рj}$ активной и $L_{рj}$ реактивной нагрузок для выбираемого j -го элемента. Подсчитывается максимальная силовая расчетная нагрузка $P_{расч ННj}$ и $Q_{расч ННj}$.

3. Определяются расчетные активные $P_{расч ОНj}$ и $Q_{расч ОНj}$ реактивные нагрузки осветительных приемников, питающихся от j -го элемента.

4. Суммируются расчетные силовые и осветительные нагрузки j -го элемента и определяется полная расчетная мощность $S_{расчj}$.

Расчетная нагрузка электроприемников напряжением выше 1 кВ (высокого напряжения – ВН), т. е. активная нагрузка синхронного двигателя (СД) и асинхронного двигателя (АД), а также реактивная нагрузка АД, подключенных к распределительной подстанции напряжением (6...10) кВ, принимается равной средней мощности. Тогда расчетная нагрузка (активная $P_{расч вн}$ и реактивная ($Q_{расч вн}$) группы из G силовых приемников цеха определяется из соотношений

$$\begin{aligned} P_{расчВН} &= \sum_1^G k_{Иг} P_{номг}; \\ Q_{расчВН} &= \sum_1^G k_{Иг} P_{номг} \cdot \operatorname{tg} \varphi_g \end{aligned} \quad (3.16)$$

где $P_{номg}$ – активная установленная (номинальная) мощность g -го электроприемника высшего напряжения, принимаемая по исходным данным; $tg\varphi_g$ соответствует характерному для приемников данной группы средневзвешенному значению коэффициента мощности;

k_{IIg} – коэффициент использования g -го электроприемника напряжением выше 1 кВ.

Для СД определяется максимальная реактивная мощность, которую СД может генерировать. Значения реактивной мощности, которую можно получить от СД, зависят от его загрузки активной мощностью и относительного напряжения на зажимах двигателя:

$$Q_{CD} = \frac{K_{зQCD} P_{ном\Sigma CD} tg\varphi_{CD}}{\eta_{CD}} \quad (3.17)$$

где $P_{ном\Sigma CD}$ – суммарная установленная мощность группы СД;

$tg\varphi_{CD}$, η_{CD} – номинальные параметры СД: коэффициент реактивной мощности и КПД;

$K_{зQCD}$ – коэффициент наибольшей допустимой нагрузки СД по реактивной мощности, зависящий от типа двигателя, относительного напряжения и коэффициента загрузки по активной мощности.

Синхронные двигатели нормальных серий изготавливаются с «опережающим» $\cos\varphi_{CD} = 0,9$ ($tg\varphi_{CD} = 0,48$) независимо от реактивной мощности, которую предприятие может использовать. При расчете суммарной реактивной нагрузки потребителей для СД, работающих с «опережающим» коэффициентом мощности, величина Q_{CD} берется со знаком минус.

Суммарные потери активной и реактивной мощности в трансформаторах цеховых подстанций и цеховых сетях напряжением до 1 кВ приближенно принимаются равными соответственно 3 и 10 % от полной трансформируемой мощности $S_{расч\Sigma H}$:

$$\Delta P_{\Pi} = 0,03 \cdot S_{расч\Sigma H}; \Delta Q_{\Pi} = 0,1 \cdot S_{расч\Sigma H}, \quad (3.18)$$

где

$$S_{расч\Sigma H} = \sqrt{(P_{расч\Sigma H})^2 + (Q_{расч\Sigma H})^2}; \quad (3.19)$$

$$P_{расч\Sigma H} = \sum P_{расч HH} + \sum P_{расч OH}; \quad (3.20)$$

$$Q_{расч\Sigma H} = \sum Q_{расч HH} + \sum Q_{расч OH}. \quad (3.21)$$

Потери активной и реактивной мощности в кабелях высшего напряжения в предварительных расчетах не учитываются вследствие их малой значимости.

Значения коэффициента одновременности максимумов для шин ГПП K_{0max} принимаются по справочным данным [1] в зависимости от величины

средневзвешенного коэффициента использования $K_{и.ПП}$ всей группы ЭП, подключенной к шинам источника питания.

Реактивная мощность $Q_э$, поступающая от питающей энергосистемы к шинам низшего напряжения, определяется, исходя из условий задания на КП и вычисленной выше активной мощности предприятия P_{pn} :

$$Q_э = P_{pn} \cdot \operatorname{tg} \varphi_c, \quad (3.22)$$

где $\operatorname{tg} \varphi_c = 0,4$ – коэффициент реактивной мощности, задаваемый энергосистемой.

Расчетная нагрузка, по которой определяется питающих линий:

$$S_{p \text{ ГПП}} = \sqrt{P_{PP}^2 + Q_э^2} \quad (3.23)$$

Для определения суммарной нагрузки необходимо сложить нагрузку микрорайона города и нагрузку промзоны с учетом коэффициента одновременности.

При поиске рациональных путей построения системы электроснабжения городского микрорайона МКД определяются общие принципы ее выполнения, номинальные значения напряжений, конфигурация сетей принятых напряжений, размещение центров питания (ПС и ТП), очередность сооружения отдельных элементов системы, схемы электроснабжения (т. е. электрических связей между всеми элементами системы). Система электроснабжения микрорайона должна базироваться на корректно выбранных значениях электрических параметров элементов системы и обоснованном количестве ступеней трансформации энергии.

3.5 Определение расчетных нагрузок сельхозрайона (3 очередь строительства)

Определение нагрузок производится для каждого участка сети. Если расчетные нагрузки отличаются по величине не более чем в четыре раза, то их суммирование ведется методом коэффициента одновременности, в противном случае суммирование нагрузок ведется методом надбавок по формулам:

$$P_p = \Delta P_{\max} + \sum P_i \quad (3.24)$$

$$Q_p = \Delta Q_{\max} + \sum Q_i \quad (3.25)$$

где $P_{\max}; Q_{\max}$ – наибольшие из суммируемых нагрузок, кВт, квар;

$\Delta P_i, \Delta Q_i$ – надбавки от i -х нагрузок, кВт, квар.

Суммирование нагрузок ведётся методом надбавок или коэффициента одновременности аналогично и результаты расчётов заносятся в таблицу 3.12.

Таблица 3.12 – Результаты расчёта нагрузок на ТП

Номер ТП	Рд, кВт	Qд, квар	Сд, кВА	Рв, кВт	Qв, квар	Св, кВА
1	2	3	4	5	6	7
ТП №1	85,5	63,4	106,441	58,6	63,4	86,333
ТП №2	127,8	109	167,969	90,7	109	141,8
ТП №3	98,7	75,5	124,265	81,7	75,5	111,243

ТП №4	62	53,4	81,826	67,2	53,4	85,833
ТП №5	50,3	20,4	54,279	46,7	20,4	50,961

Если от сети питаются только производственные потребители то расчет выполняется по данным дневного максимума, а если потребители только бытовые, то можно рассчитывать лишь вечерний режим.

Таблица 3.13 – Коэффициент мощности и реактивной мощности сельскохозяйственных потребителей и ТП напряжением 10/0,4 кВ при максимуме нагрузки

Потребитель, трансформаторный пункт	Дневной		Вечерний	
	cosφ	tgφ	cosφ	tgφ
Животноводческие и птицеводческие помещения	0,75	0,88	0,85	0,62
То же, с электронагревом	0,92	0,43	0,96	0,29
Отопление и вентиляция животновод. помещений	0,99	0,15	0,99	0,15
Кормоцехи	0,75	0,88	0,78	0,8
Зерноочистительные тока, зернохранилища	0,7	1,02	0,75	0,88
Установки орошения и дренажа почвы	0,8	0,75	0,8	0,75
Парники и теплицы на электрообогреве	0,92	0,43	0,96	0,29
Мастерские, тракторные станы, гаражи	0,7	1,02	0,75	0,88
Мельницы, маслобойки	0,8	0,75	0,85	0,62
Цехи по переработке сельхоз. 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	0,48	0,93	0,4
Жилые дома с электроплитами и водонагревателями	0,92	0,43	0,96	0,29
Трансформаторные пункты напряжением 10/0,4 кВ с нагрузкой потребителей:				
Производственных	0,7	1,02	0,75	0,88
Коммунально-бытовые	0,9	0,48	0,92	0,43
Смешанные	0,8	0,75	0,83	0,67

Таблица 3.14 – Зависимость годового числа часов использования максимальной нагрузки от расчетной

Расчетная нагрузка, кВт	Число часов использования максимальной нагрузки при нагрузке потребителей		
	Коммунально-бытовые	Производственных	Смешанные
До 10	900	1100	1300
10–20	1200	1500	1700
20–50	1600	2000	2200
50–100	2000	2500	2800
100–250	2350	2700	3200
Более 250	2600	2800	3400

Расчетные нагрузки распределительных сетей определяются с учетом коэффициентов одновременности, как и в сети 0,38 кВ:

Число ТП	2	3	5	10	20	25 и более
Коэффициент одновременности	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65

Таблица 3.15 – Добавки мощностей для суммирования нагрузок в сетях напряжением 6–35 кВ

Р	Р _{доб}	Р	Р _{доб}	Р	Р _{доб}	Р	Р _{доб}
1	+0,6	80	+59,5	280	+220	580	+465
2	+1,2	90	+67,0	300	+235	600	+483
4	+2,5	100	+74,5	320	+251	650	+525
6	+3,7	110	+82	340	+267	700	+570
8	+5,0	120	+90	360	+283	750	+610
10	+6,3	130	+98	380	+299	800	+650
15	+9,7	140	+106	400	+315	850	+695
20	+13,0	150	+115	420	+332	900	+740
25	+1,5	160	+123	440	+348	950	+785
30	+20,4	170	+131	460	+365	1000	+830
35	+24,4	180	+139	480	+382	1100	+918
40	+28,4	190	+147	500	+400	1200	+1005
45	+32,4	200	+155	520	+416	1300	+1093
50	+36,5	220	+170	540	+432	1400	+1182
60	+44,0	240	+186	560	+448	1500	+1270
70	+52,0	260	+204				

3.6 Выбор класса номинального напряжения системы электроснабжения

Задача выбора напряжения в системе электроснабжения довольно сложна, т.к. её решение требует учёта многих особенностей рассматриваемого района электроснабжения: характеристик источников питания, их размещения по территории района, плотности нагрузки, конструктивных особенностей отдельных элементов системы электроснабжения, показателей смежных ступеней системы и т. д.

На основе расчёта оптимального радиуса распределения при том или ином вторичном напряжении требуется провести анализ целесообразности применения нескольких ступеней напряжения..

С выбором напряжения непосредственно связаны вопросы определения схемы и параметров отдельных элементов электроснабжения. Например, оптимальное число подстанций в системе зависит от соотношения

напряжений электроснабжающей и распределительной сетей, а также их конструктивного выполнения.

В результате выбор напряжений, по существу, связан с решением общей проблемы рационального построения системы электроснабжения. Вместе с тем, зачастую напряжение для конкретных систем определяется однозначно, так как оно диктуется напряжением существующих источников питания.

Выбор напряжений участков электрической сети объекта определяется путем технико-экономического сравнения вариантов. При выборе окончательного проектного решения, принимаемого на основе сравнения вариантов, необходимо отдавать предпочтение варианту с более высоким напряжением. В большинстве случаев проектировщик определяет напряжения в пределах двух ближайших по шкале номинальных значений напряжения, для которых и проводится сравнение вариантов. В ряде случаев исходные данные для проектирования приводят к однозначному определению номинального напряжения без детальных технико-экономических расчетов.

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

В питающих и распределительных сетях предприятий средней мощности и городов применяются номинальные напряжения 6 и 10 кВ. Как правило, следует применять напряжение 10 кВ как более экономичное, чем напряжение 6 кВ. Напряжение 6 кВ применяется при преобладании на объекте электроприемников с напряжением 6 кВ. В ряде случаев электроснабжение электроприемников с напряжением 6 кВ осуществляется по питающим линиям напряжением 10 кВ с последующей трансформацией на напряжение 6 кВ непосредственно для данных электроприемников.

Напряжение 660 В как внутрицеховое целесообразно на тех предприятиях, на которых по условиям расположения цехового технологического оборудования или окружающей среды нельзя или затруднительно приблизить цеховые трансформаторные подстанции к питаемым ими электроприемникам. Напряжение 660 В целесообразно также на предприятиях с большой удельной плотностью электрических нагрузок, концентрацией мощностей и большим числом двигателей мощностью (200...600) кВт. Наиболее целесообразно сочетание напряжения 660 В с первичным напряжением 10 кВ. Необходимо учитывать, что при применении напряжения 660 В возникает необходимость и в сетях напряжением 380 В для питания небольших электродвигателей и светотехнических установок. Наиболее широко применяется и является основным напряжение 380/220 В.

За низшую ступень напряжения применяем 380/220 В, как самое оптимальное для питания бытовой и осветительной нагрузки.

3.7 Определение центров электрической нагрузки

Рациональное размещение на территории предприятия ГПП, ТП и ГРП обуславливает оптимальные технико-экономические показатели системы электроснабжения, т. е. обеспечивает минимум приведенных затрат. Для определения местоположения ГПП, ГРП и ТП на генплан предприятия наносится картограмма электрических нагрузок для наглядного представления об ее территориальном распределении на предприятии. На картограмме нагрузки обозначаются в виде окружностей (площадь которых в масштабе соответствует расчетной мощности) с нанесением цифровых значений нагрузки с подразделением по напряжению, роду тока и характеру нагрузки.

Для каждого цеха наносится своя окружность, центр которой совпадает с центром нагрузок цеха. Центр электрических нагрузок цеха является символическим центром потребления электрической энергии цеха и определяется по правилам нахождения центра тяжести плоского тела. Круг электрической нагрузки следует разделить на секторы, соответствующие осветительной и силовой нагрузке.

Как уже отмечалось, картограмма нагрузок предприятия состоит из окружностей, и площадь ограниченная каждой из этих поверхностей $\pi \cdot r_i^2$ в выбранном масштабе m , равна расчетной нагрузке соответствующего цеха P_i :

$$P_i = \pi \cdot r_i^2 \cdot m \quad (3.26)$$

Из этого выражения находим радиус окружности

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}} \quad (3.27)$$

где m – масштаб для определения площади круга.

Сектор осветительной нагрузки определяется по формуле:

$$\alpha_0 = \frac{360 \cdot P_0}{P_p + P_0} \quad (3.28)$$

Если считать нагрузки цеха равномерно распределенными по площади цеха, то центр нагрузок можно принять приближенно совпадающим с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Координаты центра активных и реактивных нагрузок можно определить в соответствии со следующими формулами:

$$x_{0a} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i / \sum_{i=1}^n P_i, \quad x_{0p} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot x_i / \sum_{i=1}^n Q_i \quad (3.29)$$

$$y_{0a} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i / \sum_{i=1}^n P_i, \quad y_{0p} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot y_i / \sum_{i=1}^n Q_i \quad (3.30)$$

Центр активных нагрузок является определяющим для нахождения местоположения ГПП, а координаты центра реактивных нагрузок следует учитывать при рассмотрении вопросов компенсации реактивной мощности. Для низковольтной нагрузки окружности могут изображать активную или полную мощности в зависимости от степени компенсации (т. е. величины $\operatorname{tg} \varphi_{cp}$

н). Если $tg\varphi_{cp} \leq 0,5$, то окружности строятся по расчетам активной мощности, при $tg\varphi_{cp} \geq 0,5$ – по полной мощности в соответствии со следующими формулами:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n nS_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n nS_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (3.31)$$

Место расположения главной понизительной подстанции (ГПП) выбирают в точке, максимально приближенной к центру электрических нагрузок (ЦЭН). В этом случае высшее напряжение будет оптимально приближено к центру потребления электроэнергии, а распределительные сети – иметь минимальную протяженность. Если по каким-либо причинам расположить источник питания вблизи центра нагрузок не представляется возможным, то его смещают в сторону внешнего источника питания

3.8 Определение мощности и количества трансформаторов в микрорайоне города

Все вновь проектируемые распределительные электрические сети до 1 кВ жилых районов городов и населенных пунктов должны выполняться при напряжении 0,38 кВ трехфазными четырехпроводными проводниками с глухим заземлением нейтрали.

Проектирование системы электроснабжения микрорайона должно проводиться исходя из требований обеспечения комплексного - централизованного электроснабжения всех потребителей, расположенных в зоне действия электрических сетей рассматриваемого источника питания, а также комплексного подхода к выбору схем электроснабжения потребителей с учетом возможностей и экономической целесообразности технологического резервирования.

Проектирование этих сетей осуществляется совместно с выбором мощности и количества, устанавливаемых в трансформаторных подстанциях 10/0,38 кВ (ТП) трансформаторов, что обусловлено тесной технологической взаимосвязью схемы и параметров сетей 0,38 кВ и ТП и их технико-экономическими показателями. При этом существенное значение имеет задача обеспечения обоснованной надежности электроснабжения потребителей. Специфические требования к надежности электроснабжения потребителей жилых районов определены в [1-2].

Большая часть приемников и потребителей электроэнергии жилых районов города относится ко II категории, перерыв в электроснабжении которых связан с нарушением нормальной деятельности значительного количества городских жителей, но не приводит к тяжелым последствиям при ограничении длительности этого перерыва. Потребители II категории должны обеспечиваться сетевым резервом, ввод которого разрешается производить

действиями оперативного персонала. Лишь единичные электроприемники или их группы в жилых районах относятся к I категории по требованиям надежности электроснабжения. Основным решением задачи обеспечения надежности электроснабжения потребителей, содержащих электроприемники I категории, является применение АВР в ТП, на вводах к потребителю и электроприемнику.

В некоторых случаях отсутствуют резервные линии 0,38 кВ и АВР электроприемника, если имеются резервные установки, например, по две лифтовых установки в каждой секции многоэтажных зданий [5].

Для потребителей III категории перерыв электроснабжения допускается на время, ремонта или замены поврежденного элемента, но не более одних суток.

Сведения о составе потребителей, относящихся к соответствующим категориям по надежности, имеются в [1]. Отмеченные положения обуславливают специфику выбора количества и мощности трансформаторов ТП, увязанные со схемой и параметрами электрической сети 0,38 кВ.

Понятие мощности ТП может иметь две интерпретации, первой из которых является наибольшая расчетная нагрузка такой подстанции, а вторая—установленная мощность трансформаторов подстанции, равная суммарной номинальной мощности трансформаторов одной ТП.

При проектировании в первую очередь определяется (по техническим и технико-экономическим соображениям и расчетам) наибольшая расчетная нагрузка ТП. Далее в зависимости от требований к надежности электроснабжения и схемных решений по сетям 10 и 0,38 кВ, а также с учетом допустимых систематических и кратковременных перегрузок трансформаторов, выбирается количество и номинальная мощность последних. Тип ТП 10/0,38 кВ маркируется в зависимости от установленной мощности трансформаторов, конструкций линий (кабельные, воздушные) и иных характеристик (отдельно стоящее здание, комплектная и др.), см. [8].

Основным фактором, влияющим на экономически целесообразную мощность городских и поселковых ТП, является поверхностная плотность электрической нагрузки (G_p) в рассматриваемом жилом районе [1].

Здесь подразумевается плотность активной нагрузки, приведенная к шинам 0,38 кВ ТП и определяемая суммарной активной расчетной нагрузкой ($P_{мр.х.}$) и площадью микрорайона ($F_{мр.}$), км²:

$$G_p = P_{п.мр.} / F_{м.р.}, \text{ ; } \text{ МВТ / км}^2. \quad (3.32)$$

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

В инструкции [1] приведены рекомендации экономически целесообразных мощностей ТП 10/0,38 кВ жилых районов городов и

населенных пунктов. При $G_{p.m.n.} < 5 \text{ МВт/км}^2$ рекомендуется осуществлять однотрансформаторные ТП с трансформаторами 160—400 кВА. Это соответствует требованиям к надежности электроснабжения потребителей, поскольку указанные плотности нагрузки соответствуют малоэтажной застройке (до 5 этажей), при $G_{p.m.n.} = 5 \text{ МВт/км}^2$ в [1] не дается однозначных рекомендаций о числе трансформаторов в ТП.

По требованиям надежности электроснабжения на основе [1] однотрансформаторные ТП могли бы применяться в широком диапазоне жилой застройки зданиями до 16 этажей.

Вместе с тем, зависимость экономической мощности ТП от плотности нагрузки в сочетании со спецификой эксплуатации трансформаторов жилой застройки может обуславливать целесообразность применения двухтрансформаторных ТП ориентировочно при $G_p = 5 > 8—10 \text{ МВт/км}^2$.

На основе [4] и с применением соответствующих технико-экономических характеристик может быть получено ориентировочное расчетное выражение экономически целесообразной мощности отдельностоящих ТП 10/0,38 кВ в следующем виде:

В районах многоэтажной застройки (9 этажей и выше) при плотности нагрузки 1 МВт/км^2 и более, целесообразно устанавливать в городских ТП по 2 трансформатора по 630 кВА.

Следовательно, двухтрансформаторные ТП могут применяться не только по требованиям надежности электроснабжения, но и по условиям экономичности с учетом условий эксплуатации, а также облегчения электроаппаратуры на стороне 0,38 кВ.

При взаимном резервировании трансформаторов городских и поселковых ТП по стороне 0,38 кВ выбор номинальной мощности этих трансформаторов производится с учетом допустимой нагрузки в послеаварийных режимах до 180%.

В схемах СЭС, где отсутствует такое резервирование трансформаторов (мощностью до 630 кВА), допускаются систематические нагрузки до 170% [1].

Таким образом, в зависимости от номинальной мощности количества трансформаторов в одной ТП и с учетом допустимых перегрузок трансформаторов устанавливается необходимое количество ТП микрорайона, обеспечивающее обоснованно надежное электроснабжение всех потребителей электроэнергии.

Экономически целесообразное расположение ТП на территории микрорайонов приблизительно соответствует центру нагрузок, питаемых каждой подстанцией.

Центр нагрузок определяется аналогично центру тяжести на плоскости, где расположены силы веса некоторой группы масс. ТП должна располагаться вблизи внутриквартальных проездов на расстоянии не менее 7 м от зданий, но

не должна сооружаться в центральных частях зон озеленения, отдыха, спортивных площадок и т. п.

Если одно из зданий рассматриваемой зоны имеет существенно большую расчетную нагрузку, то ТП следует располагать вблизи такого здания.

Если мощность ТП и их количество в микрорайоне выбирается на основе количественного технико-экономического анализа, то в составе учитываемых показателей должны предусматриваться не только собственно ТП, но и питающиеся от них СЭС 0,38 кВ, а также и сети 10 кВ.

Место расположения ТП необходимо выбрать как можно ближе к центру электрических нагрузок. Координаты центра электрических нагрузок выбирается с учетом концепции развития города в пределах расчетного срока и системы напряжений в энергосистеме: 35-110-220-500 кВ или 35-110-330-750 кВ.

Напряжение системы электроснабжения города должно выбираться с учетом наименьшего количества ступеней трансформации энергии. Для большинства городов на ближайший период развития города целесообразной является система напряжений 35-110/10 кВ; для крупнейших и крупных городов – 500/220-110/10 кВ или 330/110/10 кВ.

В крупнейших и крупных городах использование напряжения 35 кВ должно быть ограничено.

В проектах, предусматривающих перевод сетей на промышленное напряжение, новое оборудование и кабели должны приниматься на новое номинальное напряжение.

Городские электрические сети выше 1 кВ до 35 кВ должны выполняться трехфазными. Режим работы нейтрали и компенсация ёмкостного тока в этих сетях должны приниматься согласно требованиям ПУЭ.

Сети до 1 кВ должны выполняться с глухим заземлением нейтрали напряжением 0,38/0,22 кВ.

В городских и распределительных сетях следует применять 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 электроприемников и в сетях 6 кВ переводимых на напряжение 10 кВ, с соответствующим переключением обмоток для возможности применения трансформаторов в сети 6 кВ.

3.9 Определение мощности и количества трансформаторов в промышленном районе

При выбранной единичной мощности цеховых трансформаторов число их в целом по предприятию зависит от степени компенсации реактивной

мощности в сетях напряжением до 1 кВ и допустимых перегрузок в нормальных и возможных послеаварийных режимах.

Количество цеховых ТП непосредственно влияет на затраты на распределительные устройства напряжением 6÷20 кВ и внутризаводские и цеховые электрические сети. Так, при уменьшении числа ТП (т. е. при увеличении их единичной номинальной мощности) уменьшается число ячеек РУ, суммарная длина линий и потери электроэнергии и напряжения в сетях 6÷20 кВ, но возрастает стоимость сетей напряжением 0,4 кВ и потери в них. Увеличение числа ТП, наоборот, снижает затраты на цеховые сети, но увеличивает число ячеек РУ 6÷20 кВ и затраты на сети напряжением 6÷20 кВ. При некотором количестве трансформаторов с номинальной мощностью $S_{ном.т}$ можно добиться минимума приведенных затрат при обеспечении заданной степени надежности электроснабжения. Такой вариант будет являться оптимальным, и его следует рассматривать как окончательный.

Номинальные мощности трансформаторов ($S_{ном.т}$) определяются плотностью нагрузки цехов и выбираются, как правило, одинаковыми для всей группы цехов, исходя из рациональной их загрузки в нормальном режиме и с учетом минимально необходимого, резервирования в послеаварийном режиме.

Ориентировочно выбор номинальной мощности цеховых трансформаторов производится по удельной плотности нагрузки σ :

$$\sigma = \frac{S_{расч.п}}{F_{ц}}, \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$$

где $S_{расч.п}$ — суммарная расчетная мощность предприятия напряжением до 1000 В;

$F_{ц}$ — площадь всех цехов предприятия.

Рекомендуемые номинальные мощности трансформаторов для различных плотностей нагрузок приведены в табл.3.16.

Минимальное возможное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{min} = \frac{P_{расч.п}}{\beta_T \cdot S_{н.тр}},$$

где $P_{расч.п}$ — суммарная расчетная активная нагрузка с учетом освещения, подведенная к трансформаторам в сети ниже 1000 В; β_T — рекомендуемый коэффициент загрузки трансформатора; $S_{н.тр}$ — номинальная мощность одного трансформатора, МВА.

Согласно рекомендуется применять следующие коэффициенты загрузки трансформаторов:

- при преобладании нагрузок I -категории на двухтрансформаторных ТП $K_3 = 0,65-0,7$;
- при преобладании нагрузок II-категории на двухтрансформаторных ТП и взаимном резервировании на вторичном напряжении $K_3 = 0,7-0,8$;

- при преобладании нагрузок II-категории и наличии складского резерва трансформаторов, а также при нагрузках III-категории $K_3 = 0,9 - 0,95$.

Полученное значение $N_{\min}$ округляется до ближайшего большего целого числа.

Таблица 3.16 – Рекомендуемые номинальные мощности трансформаторов в зависимости от удельной плотности нагрузки по заводу

Удельная плотность нагрузки, $\square$, $\text{kV} \cdot \text{A} / \text{m}^2$	Рекомендуемая номинальная мощность трансформатора, $S_{\text{н.тр}}$, $\text{kV} \cdot \text{A}$
0,05-0,1	630
0,10-0,2	1000
0,2-0,3	1600
$\square$ 0,3	2500

В случаях, когда нагрузка не распределена, а сосредоточена на отдельных участках цеха, выбор единичной мощности трансформаторов цеховых ТП не следует производить по критерию удельной плотности нагрузки.

При значительном количестве устанавливаемых цеховых ТП и рассредоточенной нагрузке выбор единичной мощности трансформаторов следует производить на основании технико-экономического расчета.

Мощность и количество силовых трансформаторов в селитебной зоне также определяется плотностью нагрузок и рекомендациями отраслевых нормативных документов [5]. Для многоэтажной застройки рекомендуется использовать двухтрансформаторные подстанции с трансформаторами мощностью по 630 кВА.

Для сельскохозяйственной зоны при отсутствии потребителей первой категории целесообразно использовать однострансформаторные столбовые или мачтовые подстанции загруженные на 0,95 от номинальной мощности.

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

$$N_{\min} = \frac{P_{\text{расч}\Sigma\text{н}}}{(K_{\text{з.т}} S_{\text{ном.Т}})}; \quad N_{\max} = \frac{P_{\text{расч}\Sigma\text{н}}}{(K_{\text{з.т}} S_{\text{ном.Т}})}. \quad (3.33)$$

Полученные по (4.23) величины $N_{\min}$, $N_{\max}$ должны быть округлены до ближайшего большего целого числа.

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

Варианты числа трансформаторов:

$$N_{\tau} = N_{\min}, \dots, N_{\min} + \Delta N_{\tau}, \dots, N_{\max}; \quad \Delta N_{\tau} = 1, 2, \dots, (N_{\max} - N_{\min}). \quad (3.34)$$

3.10 Определение загрузки ТП

Расчетные нагрузки ТП выбираются с учетом коэффициентов загрузки, выбранных по условиям обеспечения надежности электроснабжения.

Реактивная мощность Q_T , протекающая через один трансформатор цеховой ТП, определяется по условию минимума потерь активной мощности без учета активных сопротивлений кабельных линий сети напряжением 10 кВ для группы из N_T трансформаторов с одинаковой номинальной мощностью:

$$Q_m = \frac{(Q_{расч\Sigma n} - Q_{БНм})}{N_m}. \quad (3.35)$$

В этом случае можно определить число трансформаторов N_w , необходимое для каждого подразделения w (цеха) предприятия:

$$N_w = \frac{P_{н.цw}}{\sqrt{K_{э.т}^2 S_{ном.т}^2 - Q_m^2}}, \quad (3.36)$$

где $P_{н.ц w}$ – активная (силовая напряжением до 1 кВ и осветительная) расчетная нагрузка цеха;

w – подразделения завода.

Проверкой может служить $\sum N_w = N_T$.

Ориентируясь на взаимное расположение цехов на генплане и значения N_w , необходимо подобрать ареал нагрузок, для которых сумма N_w дает целое число трансформаторов, причем в первую очередь для нагрузок первой категории.

Активную нагрузку ТП в соответствии с [1] определяют по формуле:

$$P_{ТП} = P_{уд.кв} \cdot n_{кв} + \left(K_c' \cdot \sum P_l + n_{кв} \cdot 0,05 \cdot K_c'' \right) + K_i \cdot P_{об.зд}, \quad (3.37)$$

коэффициент участия в максимуме нагрузки для общественных зданий по таблице 9 приложения А.

где $P_{уд.кв}$ – удельная нагрузка жилых зданий таблица 2 приложения А

$P_{об.зд}$ – расчетная нагрузка общественных зданий, кВт;

$n_{кв}$ – количество квартир в жилых домах, присоединенных к ТП;

K_c – коэффициент спроса лифтовых установок таблица 4 приложения А.

K_i – коэффициент участия в максимуме нагрузки.

K_c'' – коэффициент спроса санитарно технических устройств таблица 5 приложения А.

Реактивную нагрузку ТП определяют по следующему выражению:

$$Q_{ТП} = P_{уд.кв} \cdot n_{кв} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{кв} + \left(K_c' \cdot \sum P_l \cdot \operatorname{tg} \varphi_l + n_{кв} \cdot 0,05 \cdot \operatorname{tg} \varphi_{с.т.} \cdot K_c'' \right) + K_i \cdot P_{об.зд} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{об.зд},$$

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности таблица 6 приложения А.

Расчетная нагрузка ТП определяется следующим образом:

Определяем полную мощность

$$S_{ТП} = \sqrt{P_{ТП}^2 + Q_{ТП}^2} . \quad (3.39)$$

Определяем коэффициент загрузки трансформаторов.

$$K_3 = S_{ТП.i} / S_{ТР.ном.i}, \quad (3.40)$$

Для трансформаторов промзоны загрузку трансформаторов следует представить в виде таблицы 3.10.

Таблица 3.17 – Результаты выбора трансформаторов

ТП1	2х1600		
№	Р _р , кВт	Q _р , квар	S _{рΣ} ,кВА
10	1288,80	1131	1715
14	220,54	221,49	312,56
5	403,20	301	503,04
4	93,20	68,29	116
Потери ХХ	6,6	38	38,57
Потери КЗ	7,4	40	40,68
КЗ.т	0,8		
Итого	2019,74	1800	2705,16

Потери активной и реактивной мощности трансформаторов при их параллельной работе определяются по формулам [4]:

$$\Delta P_T = n \cdot \Delta P_x + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_k \cdot k_3^2, \quad (3.41)$$

$$\Delta Q_T = \frac{n \cdot I_{xx}}{100} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_k \cdot S_p^2}{100 \cdot S_{ном.т}}, \quad (3.42)$$

где ΔP_{xx} – потери мощности холостого хода трансформатора, кВт;

$\Delta P_{кз}$ – потери мощности короткого замыкания трансформатора, кВт;

S_p – фактическая или расчетная нагрузка трансформатора, кВА;

I_{xx} – ток холостого хода трансформатора, %;

U_k – напряжения КЗ трансформатора, %.

3.11 Выбор компенсирующих устройств на стороне 0,38 кВ

Число трансформаторов N_T определяет наибольшую реактивную мощность, которая может быть передана со стороны 10 кВ в сеть низшего напряжения без увеличения числа трансформаторов:

$$\sum_{N_T} Q_T = \sqrt{(K_{з.т} S_{ном.т})^2 - (P_{расч\Sigma})^2} \text{ при условии } Q_{расч\Sigma} \geq \sum_{N_T} Q_T \quad (3.43)$$

Мощность компенсирующих устройств в сети напряжением до 1 кВ определяется по условию баланса реактивной мощности на шинах низшего напряжения цеховых трансформаторных подстанций. В курсовом проекте в качестве КУ напряжением до 1 кВ принимаются батареи конденсаторов,

мощность Q_{BH} которых определяется из уравнения баланса реактивных мощностей

$$Q_{BH} = Q_{расч\Sigma n} - \sum_T^N Q_T. \quad (3.44)$$

Мощность компенсирующих устройств в сети напряжением выше 1 кВ определяется по условию баланса реактивной мощности на шинах вторичного напряжения главной понижающей подстанции. В курсовом проекте в качестве компенсирующих устройств напряжением выше 1 кВ приняты батареи конденсаторов, мощность которых

$$Q_{BB} = Q_{KV} - Q_{BH}. \quad (3.45)$$

3.12 Разработка вариантов схем сети с учетом надежности электроснабжения

Электрические сети 10 кВ осуществляют электроснабжение значительных районов городов и некрупных населенных пунктов в целом от источников питания (ИП). Сказанное определяет значительные электрические нагрузки сетей 10 кВ и высокие требования к надежности их работы.

Сети 10 кВ выполняются, как правило, кабельными с применением трехжильных кабелей. Как известно, нейтраль данных электросетей при относительно малой суммарной протяженности линий одного ИП (до 12—18 км), может быть изолированной, но, обычно, это — компенсированная дугогасящими реакторами нейтраль [1].

Структура городских электросетей может быть: а) однозвеньеовой, когда непосредственно к шинам 10 кВ ИП подключена распределительная сеть, питающая ТП 10/0,38 кВ; б) двухзвеньеовой, когда от шин ИП отходят питающие линии, подающие электроэнергию, к распределительным пунктам, к шинам которых присоединена распределительная сеть 10 кВ.

Из литературы известно, что при плотностях электрических нагрузок (ориентировочно) более 5 МВт/км² и в радиусе 3-4 км от ИП сооружение РП по чисто экономическим соображениям не оправдывается [4]. При меньших плотностях нагрузки, а также по условиям удобства эксплуатации сети и снижения размеров распределительных устройств 10 кВ ИП применяется создание двухзвеньеовых структур городских электросетей.

Поэтому в учебном проектировании выбор структуры электросети может осуществляться как на основе качественного (по данным литературы), так и количественного анализа.

Сечения жил кабелей сетей 10(6)-20 кВ выбираются по экономической плотности тока [1], а также по техническим ограничениям термической стойкости к токам коротких замыканий [3, 6], допустимому нагреву в нормальных и послеаварийных режимах и по допустимым потерям напряжений [1].

Если трассам кабельных линий 10 кВ, совпадают или пересекают улицы, желательны усовершенствованные конструкции прокладок кабелей, позволяющие осуществлять их ремонт без вскрытия поверхности улиц. Линии внутри жилых кварталов прокладываются кабелем в траншеях.

Условия необходимой пропускной способности и надежности электроснабжения обуславливают принципиальную технологическую взаимосвязанность схем и основных параметров линий 10 кВ и 0,38 кВ, а также ТП. Поэтому осуществленный ранее выбор схемы и мощности ТП и схемы СЭС 0,38 кВ фактически предопределяет схемные решения по СЭС 10 кВ. Так, как правило, сочетаются петлевые схемы 0,38 и 10 кВ, радиально-магистральные резервированные («двухлучевые») схемы СЭС указанных напряжений при двухтрансформаторных ТП.

Следует стремиться к полному использованию пропускной способности кабелей рассматриваемых здесь СЭС, в связи, с чем в нормальных режимах по каждому из кабелей целесообразно питать 5—6 трансформаторов 10/0,38 кВ (не менее 4-х).

Как и в СЭС 0,38 кВ здесь также целесообразна обоснованная унификация сечений жил кабелей. Для сетей 10 кВ могут быть даны следующие рекомендации: использовать 3 – х жильные кабели максимальных сечений но не более 3 – х типоразмеров на линию.

При магистральных автоматизированных РЭС с двухтрансформаторными ТП обязательно питание групп ТП по линиям 10 кВ, идущим от двух независимых ИП.

В состав питающих сетей (ПС) 10 кВ входят питающие кабельные линии (ПЛ) и распределительные пункты (РП). В [1,4] подчеркивается обязательность в каждом конкретном случае технико-экономических обоснований двухзвеньевого принципа построения электросетей 10 кВ городов.

В составе такого технико-экономического обоснования может выбираться и мощность (проходная) РП. Исследования и действующие нормы проектирования подчеркивают экономическую оправданность осуществления лишь крупных РП; так по [2] в ПС 10 кВ мощность РП не должна быть ниже 7 МВт, а экономически целесообразными являются РП мощностью 12 МВт.

При указанной мощности РП и при существующей шкале номинальных сечений жил кабелей выполнение ПС возможно только по радиальной схеме, когда КЛ связывают секции шин ИП с секциями шин одного РП.

По требованиям надежности электроснабжения указанные РП относятся к I категории [4]. В [3, 4, 6] приведены рекомендуемые схемы таких ПС. В настоящее время по соображениям надежности электроснабжения наиболее применяемой схемой ПС 10 кВ является ее вариант с двумя ПЛ, подключенным к двум независимым ИП, работающими раздельно при разомкнутом секционном выключателе с АВР на шинах РП.

В случае необходимости увеличения пропускной способности радиальных схем ПС достигается выполнением питания каждой секции двумя ПЛ.

Экономически необоснованно располагать РП на границе питаемого им района. Его следует располагать между границей и центром нагрузок района со смещением к центру нагрузок. Как правило, экономически обоснованно совмещать РП с одной из ТП 10/0,38 кВ, сооружая распределительно-трансформаторный пункт (РТП) [4, 6].

Допускают применение РП при нагрузке на их шинах не менее 7 МВт при напряжении 10 кВ

Основным принципом построения распределительной сети для электроприемников I категории является двухлучевая схема с двухсторонним питанием с АВР на напряжении 0,4 кВ двухтрансформаторных ТП при условии подключения взаиморезервируемых линий 10(6) — 20 кВ к разным независимым источникам питания и устройства АВР непосредственно на вводе 0,4 кВ электроприемника (рис. 2).

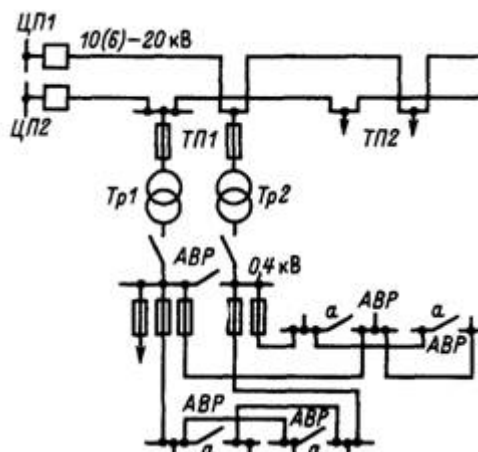


Рис. 3.1 Двухлучевая схема распределительной сети 10(6) — 20 кВ (ТП двухтрансформаторные)

При этом в каждой ТП устанавливаются два трансформатора, каждый из которых питается по самостоятельной линии 10(6) — 20 кВ. Выбор сечения распределительных линий 10(6) — 20 кВ и мощности трансформаторов производится исходя из условий взаимного резервирования. Сеть 0,4 кВ выполняется в соответствии с категорией электроприемников, как правило, в пределах одной ТП, так как параллельная работа трансформаторов при их питании от независимых источников недопустима. Схема приемников I категории в данном случае содержит дублирование всех элементов сети, включая вводы 0,4 кВ к электроприемникам. По существу, схема питания состоит из двух не связанных друг с другом частей. При повреждении любого элемента одной независимой части сети питание приемников I категории переключается на вторую независимую часть.

Для жилых и общественных зданий с электрическими плитами и всех зданий высотой 9 этажей и более при питании от одно- трансформаторных ТП предусматривают резервирование по сети напряжением 0,4 кВ от других ТП. Рекомендуется также предусматривать взаимное резервирование линий напряжением 0,4 кВ, питающих в нормальном режиме отдельно силовую и осветительную нагрузку.

Особенности выполнения системы электроснабжения приемников I категории в других случаях определяются местными условиями. В частности, целесообразно рассматривать питание электроприемников I категории от разных ТП, связанных разными распределительными линиями напряжением 10(6)—20 кВ, присоединенными к независимым источникам, предусматривая необходимые резервы в пропускной способности элементов системы в зависимости от нагрузки электроприемников I категории.

Основным принципом построения распределительной сети для электроприемников II категории является сочетание петлевых линий напряжением 10(6) —20 кВ, обеспечивающих двухстороннее питание каждой ТП, и петлевых линий напряжением 0,4 кВ для питания потребителей. При этом петлевые линии напряжением 0,4 кВ могут присоединяться к одной или разным ТП. Схема петлевой сети напряжением 10(6) —20 кВ и 0,4 кВ приведена на рис. 3. Распределительные линии 10(6) —20 кВ своими концами опираются на ЦП1 и ЦП2, за счет чего создается возможность двухстороннего питания каждой ТП. В нормальном режиме линии 10(6) —20 кВ работают с размыканием вблизи точек естественного токораздела (Р1 и Р2). В результате в нормальном режиме каждая петлевая линия 10(6) —20 кВ состоит из двух частей: одна линия из Л и Л[, другая линия из Л2 и Л"г При этом каждая линия питает определенное число ТП, например линия Л1 питает ТП4 и 7775.

Из рис. 3.2 следует, что распределительные линии 0,4 кВ, питающие приемники II категории (а и б), выполняются петлевыми.

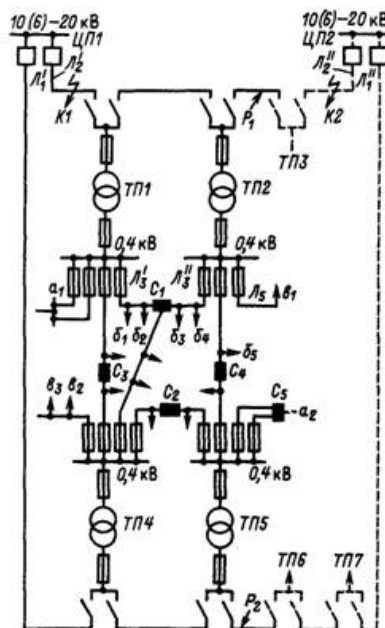


Рис. 3.3. Петлевая (полузамкнутая) схема распределительной сети 10(6)-20 и 0,4 кВ

Для приемников III категории (в) предусмотрена радиальная нерезервированная сеть. Двухстороннее питание потребителей II категории реализуется различными способами.

Следует подчеркнуть, что петлевые линии 0,4 кВ содержат специальные распределительные устройства — так называемые соединительные пункты (С), С2 и т. д.), конструкция которых предусматривает возможность установки предохранителей на подходящих к нему линиях. В нормальном режиме распределительная сеть 0,4 кВ работает с разрывом в соединительных пунктах, в результате чего каждый трансформатор питает определенный район сети 0,4 кВ.

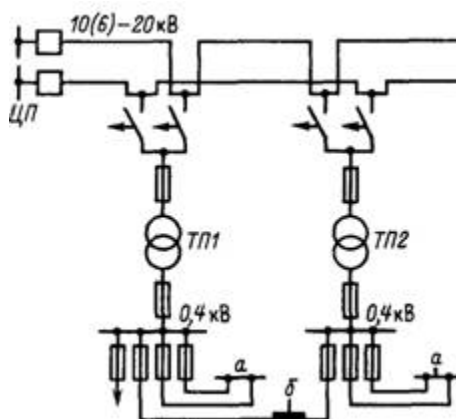


Рис. 3.4 Двухлучевая схема распределительной сети 10(6) — 20 кВ (ТП однострансформаторные)

Отмеченные условия нормального режима должны быть использованы для выбора исходных параметров рассматриваемого участка петлевой сети.

Например, сечение линии Л | определяется нагрузкой ТП4 и ТП5, сечение линии Л 3 должно соответствовать нагрузке потребителей б1 и б2 и т. д. Выбранные параметры следует проверить по условиям, которые возникают при нарушениях нормального режима. Применительно к рис. 3 сечение петлевых линий 10(6)-20 кВ (Л\ - Л\ и Л2 - Л2) должно удовлетворять условию одностороннего питания ТП, связанных с этими линиями. В частности, сечение линии Л'г — Л"2 следует проверить по суммарной нагрузке ТП1, ТП2 и ТП3, что, в свою очередь, может быть обусловлено наиболее тяжелыми режимами при повреждении петлевой линии на одном из головных участках (в точке К1 или К2). Сечение линий в этом режиме определяется с учетом перегрузочной способности кабелей.

Допускается перегрузка трансформаторов: аварийная в резервируемых распределительных сетях на 1,7 — 1,8 номинальной мощности; систематическая в нерезервируемых распределительных сетях на 1,5—1,7 номинальной мощности.

Следует отметить, что допускают использование атоматизированных схем (двух- лучевых и др.) для питания электроприемников II категории, если их применение приводит к увеличению приведенных затрат на сооружение сети не более чем на 5 %.

Основным принципом построения распределительной сети для электроприемников III категории является сочетание петлевых резервируемых линий напряжением 10(6) — 20 кВ для двухстороннего питания каждой ТП и радиальных нерезервируемых линий 0,4 кВ к потребителям. Резервирование сети напряжением 10(6)—20 кВ воздушными линиями может не предусматриваться.

Таким образом, часть рис. 3, охватывающая сети 10(6) — 20 кВ, может остаться без изменения, а сеть 0,4 кВ вместо петлевой выполняется радиальными нерезервируемыми линиями, так же как электропитание потребителей еh в2, в3 на рис. 3.

Помимо наиболее часто применяемых схем действующие нормативные документы предусматривают возможность и других вариантов. В частности, рекомендуется применение двухлучевой (многолучевой) схемы с устройством АВР на напряжении 0,4 кВ, представляющей собой сочетание распределительных линий напряжением 10(6) — 20 кВ, ТП на два трансформатора, подключаемых к разным линиям 10(6) — 20 кВ, и распределительных линий напряжением 0,4 кВ, связанных с разными трансформаторами. При этом распределительные линии и трансформаторы взаимно резервируют друг друга. Устройство АВР предусматривается на шинах напряжением 0,4 кВ ТП.

Двухлучевую (многолучевую) схему, содержащую взаиморезервируемые распределительные линии 10(6) — 20 кВ с устройством АВР, применяют также на одном из двух вводов каждой, как правило, однотрансформаторной ТП (рис. 4). При этом распределительная сеть

напряжением 0,4 кВ выполняется в основном по петлевой схеме с подключением линий к одной (нагрузка а) или разным ТП (нагрузка б).

Для электроснабжения районов с электроприемниками I и II категорий на напряжении 10(6)—20 кВ рекомендуют применять комбинированную петлевую — двухлучевую схему с двухсторонним питанием. Перспективным является внедрение замкнутых сетей 0,4 кВ, при которых обеспечивается параллельная работа трансформаторов сети (рис. 5). Распределительная сеть 10(6) — 20 кВ выполняется радиальными линиями одностороннего питания. Резервирование отдельных элементов сети при их повреждении происходит автоматически через замкнутую сеть 0,4 кВ за счет использования соответствующих средств защиты и автоматики.

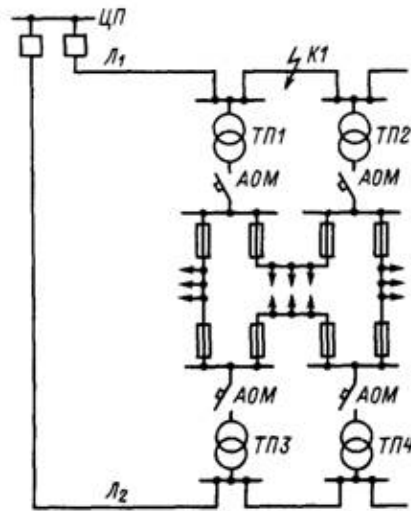


Рис 3.5 Упрощенный вариант замкнутой сети 0,4 кВ

Обязательным условием замкнутых сетей 0,4 кВ является подключение к стороне низкого напряжения каждого параллельно работающего трансформатора так называемого автомата обратной мощности (АОМ). При возникновении повреждений в распределительной сети 10(6) — 20 кВ, например в точке К1, возможна его подпитка через трансформаторы ТП1 и ТП2, замкнутую сеть и трансформаторы ТП3 и ТП4, именно для предотвращения этого и нужны автоматы обратной мощности, реагирующие на изменение направления энергии.

Параметры отдельных элементов замкнутой сети определяются условиями нормального режима. В частности, сечение линии У/, определяется суммарной нагрузкой 777/ и 7772, а линии Лг — нагрузкой ТП3 и ТП4. Что касается определения нагрузки трансформаторов, то следует исходить из естественного токораспределения нагрузки по элементам сети. Наиболее тяжелым послеаварийным режимом сети является вывод из работы одной распределительной линии 10(6) — 20 кВ. Таким образом, для сети рис. 5 сечения распределительных линий 10(6) — 20 и 0,4 кВ и мощности трансформаторов в ТП должны удовлетворять условиям поочередного выхода

из работы линий Л и Л2.

Следует отметить, что надежность электроснабжения потребителей в городских сетях представляется достаточно высокой, что определяется низким уровнем повреждаемости оборудования. Основная доля нарушений питания возникает в кабельных линиях; недоотпуск энергии увеличивается по мере приближения поврежденного элемента сети к источнику питания. Поэтому при построении сетей основное внимание уделяется резервированию кабельных линий 6-10 кВ.

Повреждение оборудования и трансформаторов в городских сетях — явление редкое. В частности, отключение распределительной линии 6—10 кВ из-за повреждения ТП можно ожидать 1 раз в 100 лет и более.

3.13 Рассмотрение целесообразности использования РП и ГПП

При разработке схем электроснабжения в зависимости от соотношения расчетных нагрузок и удаленности от центра питания могут использоваться различные схемы с РП 10 кВ или рассматриваться вариант сооружения ГПП и питания от него нагрузки микрорайона.

3.14 Выбор марки и сечения кабелей 10 кВ с проверкой по нагреву, потерям напряжения и термической стойкости к токам КЗ

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

Важным критерием рационального построения сетей являются экономическая плотность тока $J_{эк.}$, устанавливающая оптимальное соотношение между затратами цветного металла и потерями электрической энергии в линии. Сечение кабеля по условию экономической плотности тока определяется по следующей формуле, мм²:

$$F_{эк} = I_{раб} / J_{эк.}, \quad (3.46)$$

где $I_{раб}$ - расчетный ток линии. А;

$J_{эк.}$ - экономическая плотность тока, принимаем по таблице 15 приложения А.

Расчетный ток линии принимается из условия нормальной работы и при его определении не учитывается увеличение тока в линии при авариях или ремонтах в каких-либо элементах сети. Полученные сечения кабеля округляются до ближайшего стандартного сечения. При определении сечения жил кабеля учитывается, что:

а) расчетные нагрузки сетей 10 кВ определяются суммированием нагрузок ТП с введением коэффициента совмещения K_y , принимаемого по таблице 10 приложения А.

б) минимальное допустимое сечение жил кабеля для распределительных сетей 10 кВ принимается равным 70 мм², согласно рекомендациям.

Расчетная токовая нагрузка в линии определяем следующим образом:

$$I_p = \frac{S_{p.l}}{\sqrt{3}U_H} \quad (3.47)$$

где S_p - расчетная полная нагрузка потребителей, питающихся по данной линии, кВт, определяемая по выражению:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (3.48)$$

U_H - номинальное напряжение сети, кВ;

Потери напряжения в нормальном режиме для участка определяются по формуле, кВ:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{ном}} \quad (3.49)$$

Потери напряжения в нормальном режиме процентах определяется по выражению, %:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_{ном}} \cdot 100\%. \quad (3.50)$$

Послеаварийные потери напряжения для участка определяются по формуле, кВ:

$$\Delta U_{ав} = \frac{2 \cdot (P \cdot R + Q \cdot X)}{U_{ном}} \quad (3.51)$$

Послеаварийные потери напряжения в процентах определяется по выражению, %:

$$\Delta U_{ав\%} = \frac{\Delta U}{U_{ном}} \cdot 100\%. \quad (3.52)$$

Максимальные потери напряжения в нормальном режиме должны быть меньше 5%.

Максимальные потери напряжения в послеаварийном режиме должны быть <10%. В сети 0,4 кВ расчеты проводятся аналогичным путем.

Проверка сечений по термической стойкости проводится после расчетов токов КЗ, тогда минимальное термически стойкое токам КЗ сечение кабеля определяется как:

$$F_{КЗ\text{ MIN}} = \frac{I_{по} \cdot \sqrt{t_{п}}}{K_T},$$

где $I_{по}$ – установившееся значение тока КЗ, А;

$t_{п}$ – приведенное время КЗ, принимаем по [4] равным 0,065;

K_T – температурный коэффициент, учитывающий ограничение допустимой температуры нагрева жил кабелей, принимаем по [12]
 $K_T = 65 \text{ A} \cdot \text{c}^{1/2} / \text{мм}^2$.

3.15 Выбор марки и сечения кабелей 0,4 кВ

Линии до 1 кВ в сетях с глухим заземлением нейтрали должны быть проверены, согласно требованиям гл. ПУЭ, на обеспечение надежного автоматического отключения поврежденного участка при однофазных коротких замыканиях.

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 от номинального напряжения сети.

Выбор сечений кабеля производится по условиям нагрева с проверкой по допустимой потере напряжения в нормальном и послеаварийном режимах и с проверкой выбранного сечения по условиям срабатывания защитного аппарата при однофазном замыкании на землю.

Сечение проводов, кабелей и шин выбирается с учетом следующих требований:

- 1) провода, кабели, шины не должны нагреваться сверх допустимой температуры при протекании по ним расчетного тока нагрузки;
- 2) отклонения напряжения на зажимах электроприемников должны превышать (-2.5+5%) для осветительной нагрузки и $\pm 5\%$ силовой;
- 3) провода, кабели и шины должны обладать достаточной для данного вида сети механической прочностью;
- 4) отклонения напряжения из-за кратковременного отклонения (наброса или сброса) нагрузки должны соответствовать значения установленным ГОСТ 13109-87;
- 5) аппараты защиты должны обеспечивать защиту всех участков сети от коротких замыканий;

Условия выбора сечения кабеля по нагреву:

$$I_{\text{дл}} < I_{\text{доп}},$$

где $I_{\text{дл}}$ – длительный рабочий ток линии;

$I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток по условию нагрева кабеля.

Длительный рабочий ток линии

$$I_{\text{дл}} = S / (\sqrt{3} \cdot U) \quad (3.53)$$

где S – передаваемая по кабелю полная мощность, кВА;

U – линейное напряжение сети, кВ.

Кабели прокладываются в траншеях, в земле (при переходе под домами и при пересечении кабелей – в трубах)

Допускается перегрузка кабеля на 10%,

$$k_z = I_n / I_{\text{доп}}, \quad (3.54)$$

При встречном регулировании напряжения в центре питания у электроприемников обеспечиваются надлежащие уровни напряжения от шин ТП до ввода в здание 5 % в нормальном режиме, в послеаварийном режиме потери напряжения увеличиваются до 10 % / 8 /.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{нн}}} , \quad (3.55)$$

где P – активная нагрузка линии, кВт;

Q – реактивная нагрузка линии, квар;

$U_{\text{нн}}$ – номинальное напряжение сети, В;

P и Q - активная и реактивная мощность нагрузки.

3.16 Техничко-экономическое сравнение вариантов выполнения сети

Большое распространение в технико-экономическом анализе при сравнении вариантов электросетевых объектов получили укрупненные показатели стоимости, которые рассчитываются на основе проектно-сметных данных и опыте строительства и сравнительно просто (без выполнения сметно-финансовых расчетов) позволяют определять капитальные вложения в электроэнергетические объекты.

В настоящее время укрупненные показатели стоимости приводятся в соответствующих источниках в базисных ценах, сложившихся на 01.01.2000.

Определение стоимости строительства в текущем уровне цен осуществляется с применением индексов пересчета стоимости в текущий уровень цен. Индексы представляют собой отношение стоимости продукции, работ или ресурсов в текущем уровне цен к стоимости в базисном уровне цен.

Индексы цен публикуются в письмах Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на сайте «Федерального центра ценообразования в строительстве и промышленности строительных материалов» <http://www.faufccs.ru/>.

Суммарные капиталовложения на сооружение сети K_{Σ} складываются из суммы капиталовложений по отдельным понижающим подстанциям $K_{\text{пс } i}$, и линиям $K_{\text{лн } i}$ электрической сети:

$$K_{\Sigma} = \sum_i K_{\text{лн } i} + \sum_i K_{\text{пс } i} ,$$

Капиталовложения на сооружение линии электропередачи в базисных ценах $K_{\text{лн}}^{2000}$ длиной $l_{\text{лн}}$ определяются в зависимости от ее номинального напряжения, количества трехфазных цепей на опоре, материала опор, марок провода по укрупненным показателям стоимости 1 км воздушных линий в базисных ценах $k_{0 \text{ лн } 2000}$, приведенным в [7] и таблице П.6.1:

$$K_{\text{лн}}^{2000} = (1 + \alpha_{\text{лн}}) \cdot k_{0 \text{ лн } 2000} \cdot l_{\text{лн}} ,$$

где $\alpha_{\text{лн}} = 0,2$ – коэффициент учитывающий затраты, сопутствующие

строительству, которые составляют:

3,3% – временные здания и сооружения (ГСН 81-05-01-2001);

5,0-6,0% – прочие работы и затраты;

2,6-3,18% – содержание службы заказчика-застройщика, строительный контроль (Методические рекомендации по расчету норматива затрат на содержание службы заказчика-застройщика ОАО «ФСК ЕЭС»);

7,5-8,5% – проектно-изыскательские работы, затраты на проведение экспертизы проектной документации и авторский надзор (при осуществлении нового строительства – 8%).

Капитальные вложения на сооружение линии электропередачи в текущем уровне цен рекомендуется определять с учетом структуры затрат и с применением индексов цен рекомендованных к применению в текущем квартале, утвержденные в письме Минстроя РФ.

$$K_{л\pi}^{20XX} = K_{л\pi}^{2000} \cdot c_{\%c-m}^{л\pi} \cdot u_{c-m}^{л\pi} + K_{л\pi}^{2000} \cdot c_{\%прочие}^{л\pi} \cdot u_{\%прочие}^{л\pi},$$

где 20XX – год строительства; $c_{\%c-m}^{л\pi}$, $c_{\%прочие}^{л\pi}$ – составляющие стоимости 1 км линии электропередачи на строительно-монтажные и прочие работы и затраты, приведенные в [7] и таблице П.6.2; $u_{c-m}^{л\pi}$ – индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства, определяемых с применением федеральных единичных расценок (приложение № 1 к письму Минстроя РФ – воздушная прокладка кабеля с алюминиевыми жилами без учета НДС) в зависимости от округа строительства; $u_{\%прочие}^{л\pi}$ – индекс изменения сметной стоимости прочих работ и затрат (приложение № 4 к письму Минстроя РФ – электроэнергетика (строка 2) без учета НДС).

Капиталовложения на сооружение понижающей подстанции $K_{пс}^{2000}$ в базисных ценах складываются из суммарной стоимости устанавливаемых трансформаторов (автотрансформаторов) на подстанции $\sum K_{тр}$, суммарной стоимости распределительных устройств всех классов напряжения подстанции $\sum K_{р\psi\sum}$, постоянной части затрат на сооружение подстанции $\sum K_{пост пс}$, суммарной стоимости ячеек выключателей на источнике питания проектируемой электрической сети $\sum K_{выкл}$; суммарной стоимости устанавливаемых на подстанции компенсирующих устройств $\sum K_{ку}$:

$$K_{пс}^{2000} = (1 + \alpha_{пс}) \cdot (\sum K_{тр} + \sum K_{р\psi\sum} + \sum K_{пост пс} + \sum K_{выкл} + \sum K_{ку}),$$

$\alpha_{пс}$ – коэффициент, учитывающий затраты, сопутствующие строительству, которые составляют: 1,5-2 % – временные здания и сооружения; 8,5-9,0% – прочие работы и затраты; 2,6-3,18% – содержание службы заказчика-застройщика, строительный контроль (Методические рекомендации по расчету норматива затрат на содержание службы заказчика-застройщика ОАО «ФСК ЕЭС»); 7,5-8,5% – проектно-изыскательские работы и авторский надзор (при осуществлении нового строительства - 8%). Принимаем $\alpha_{пс} = 0,2$.

Капитальные вложения на сооружение понижающей подстанции в текущем уровне цен рекомендуется осуществлять с учетом структуры затрат и с применением индексов цен рекомендованных к применению в текущем квартале, утвержденные в письме Минстроя РФ.

$$K_{nc}^{20XX} = K_{nc}^{2000} \cdot c3_{\%c-m}^{nc} \cdot u_{c-m}^{nc} + K_{nc}^{2000} \cdot c3_{\%об}^{nc} \cdot u_{об}^{nc} + K_{nc}^{2000} \cdot c3_{\%прочие}^{nc} \cdot u_{\%прочие}^{nc},$$

где 20XX – год строительства; $c3_{\%c-m}^{nc}$, $c3_{\%об}^{nc}$, $c3_{\%прочие}^{nc}$ – составляющие стоимости строительства подстанций (%) на строительномонтажные работы, оборудование и прочие работы и затраты,

u_{c-m}^{nc} – индекс изменения сметной стоимости строительномонтажных работ по видам строительства;

$u_{об}^{nc}$ – индекс изменения сметной стоимости оборудования (приложение № 5 к письму Минстроя РФ – электроэнергетика (строка 2) без учета НДС);

$u_{\%прочие}^{nc}$ – индекс изменения сметной стоимости прочих работ и затрат (приложение № 4 к письму Минстроя РФ – электроэнергетика (строка 2) без учета НДС).

Суммарные капиталовложения в n_m однотипных трансформаторов, устанавливаемых на подстанции, определяются в зависимости от их номинального напряжения и номинальной мощности по укрупненным показателям стоимости понижающих трансформаторов K_{mp}^{2000} :

$$\sum K_{mp} = \sum n_{mi} \cdot K_{mp}^{2000i},$$

укрупненные показатели стоимости линейных регулировочных трансформаторов.

Суммарные капиталовложения в распределительные устройства всех классов напряжения подстанции (как правило, на вновь проектируемых подстанциях число распределительных устройств не превышает трех – РУВН, РУСН и РУНН) складываются из стоимости распределительного устройства каждого класса напряжения:

$$\sum K_{py\Sigma} = \sum K_{py\text{ вн}} + \sum K_{py\text{ сн}} + \sum K_{py\text{ нн}}.$$

Капиталовложения в распределительное устройство одного класса напряжения понижающей подстанции, состоящего из $n_{яч}$ ячеек выключателей, определяются в зависимости от его номинального напряжений и типа применяемых выключателей по укрупненным показателям стоимости ячейки выключателя $K_{выкл}^{2000}$:

$$\sum K_{py} = \sum K_{выкл}^{2000} \cdot n_{яч}.$$

Постоянная часть затрат $\sum K_{пост\ nc}$ определяется в зависимости от номинального напряжения распределительных устройств подстанции и схемы распределительного устройства высшего напряжения по укрупненным показателям стоимости постоянной части затрат:

$$\sum K_{\text{пост пс}} = \sum K_{\text{пост пс } 2000i} \cdot$$

Суммарная стоимость ячеек выключателей на источнике питания проектируемой электрической сети $\sum K_{\text{выкл}}$ определяется аналогично капиталовложениям в распределительное устройство одного класса напряжения понижающей подстанции по выражению в зависимости от количества выключателей.

Суммарные капиталовложения устанавливаемых на подстанции батарей конденсаторов $\sum K_{\text{ку}}$, определяется в зависимости от номинальной реактивной мощности КУ по укрупненным показателям стоимости.

Базовая укрупненная стоимость шунтовой конденсаторной батареи 10(6) кВ единичной мощностью 1 Мвар в ценах 2000 года составляет 274 тыс. руб.

Выбор оптимального варианта обосновывается путем составления показателей сравнительной экономической эффективности по конкурирующим вариантам. Таким показателем является чистый дисконтируемый доход (ЧДД) [12].

Для сравнения вариантов в большинстве случаев ЧДД подсчитывается по каждому намеченному варианту, и лучшим вариантом считается тот, для которого чистый дисконтированный доход наибольший:

$$\text{ЧДД}_i = \sum_{t=1}^n \frac{D_{ti} - I_{ti} - K_{ti}}{(1+E)^t} \Rightarrow \max,$$

где i - номер варианта; D_{ti} - суммарный доход в год t ; I_{ti} - издержки в год t с учетом амортизационных отчислений; T - расчетный срок; .

В данном случае рассматриваются технически взаимозаменяемые варианты с одинаковым энергетическим эффектом, которые удовлетворяют требованиям одинаковой пропускной способности, одинаковой надежности и т.д.

В этом случае D_{ti} оказывается одинаковым, и поэтому от критерия ЧДД по формуле (1.22) можно перейти к затратному критерию минимума дисконтированных затрат [12]:

$$Z = \sum_{t=1}^T \frac{I_{ti} + K_{ti}}{(1+E)^t} \rightarrow \min.$$

где I_{ti} - ежегодные эксплуатационные издержки в t -м году;

K_{ti} - капитальные вложения, осуществляемые в t -м году (если капитальные вложения носят единовременный характер, то учитываются только на нулевом или «прединвестиционном» шаге расчетного периода т.к. капитальные вложения, как правило, предшествуют реализации проекта); E - норма дохода на капитал (норма дисконта).

T - расчетный период проекта (жизненный цикл). В нашем случае, в соответствии с заданием, расчетный период проекта равен 5 годам, однако

расчеты выполнены за расчетный срок 19 лет, что соответствует сроку полной амортизации основной части производственных фондов.

В общем случае, для оценки инвестиционной привлекательности проектов норму дисконта рассчитывают по следующей формуле:

$$E = \frac{1+r}{1+i} + p - 1,$$

где r – рыночная стоимость капитала (средний процент за кредит на текущий год, который на сегодняшний момент находится в интервале $0,15 \div 0,17$);

i – объявленные правительством темпы инфляции на текущий год, приняты равными 10%;

p – поправка на риск.

Выбор оптимального варианта капиталовложений в реальных условиях ограниченности средств происходит при использовании критериев сопоставимой прибыли. Однако если речь пойдет о нахождении оптимального варианта развития энергетической системы, обеспечивающего в течение всего периода оптимизации одинаковый экономический эффект, то может быть использован критерий затратного типа, т.е. критерий производственных затрат.

Следует обратить внимание на то, что для выбора оптимального варианта вполне достаточно, если критерий будет содержать только те компоненты сопоставимых производственных затрат, которые будут различными для разных вариантов. Компоненты производственных затрат, имеющие в различных вариантах одинаковые размеры, не оказывают влияния на принятие решения. Поэтому излишне определять их и включать в критерий принятия решения

3.17 Расчет режимов распределительной сети 10 кВ

Расчеты режимов сетей предполагают определение потоков мощности по линиям сети и напряжений в узлах. При проектировании городских электрических сетей знание потокораспределения необходимо не только для определения технически обоснованных параметров их элементов, но и для осуществления режима, соответствующего наименьшим потерям электроэнергии. Как правило, рассчитываются режимы сети при наибольших и наименьших нагрузках потребителей, а также наиболее тяжелые послеаварийные режимы при наибольших нагрузках. При отсутствии необходимых данных допускается проводить расчеты режима наименьших нагрузок по нагрузкам, равным 25—30% от наибольшей.

Потокораспределение в рассматриваемых здесь сетях допускается определять без учета потерь мощности.

Для всех сетей 0,38—10 кВ в нормальных режимах следует обеспечивать режимы, возможно близкие к режимам минимальных потерь электроэнергии.

Выполнение этого условия соответствует одинаковой нагрузке параллельных участков линий (при одинаковых сечениях жил кабелей или проводов) и трансформаторов.

Для петлевых кабельных сетей 0,38 кВ, питающихся от шин одной и той же однотрансформаторной ТП, целесообразен замкнутый режим (с предохранителей слабой связи на ВРУ — 0,38 кВ в точке потококораздела).

Петлевые сети 0,38 кВ, как правило, в нормальных режимах работают разомкнутыми. Петлевые сети 10 кВ обычно случаях работают разомкнутыми.

Для выбора узла расключения петлевой схемы, в первую очередь, необходимо определить экономически целесообразное потококораспределение. Данное потококораспределение рассчитывается по комплексным значениям нагрузок узлов и с учетом только активных сопротивлений линий (в предположении замкнутого режима петлевой линии). Расчет производится при наибольших нагрузках потребителей. -

Размыкание контура следует выполнить по линии, несущей наименьшую нагрузку в указанном выше режиме (размыкание на линейном разъединителе на одном из ее присоединений к ТП).

После выбора участка размыкания сети необходимо определить потококораспределение, соответствующее данному состоянию сети с учетом несовпадений максимумов нагрузок отдельных потребителей.

Расчетными послеаварийными режимами петлевых сетей являются отключения головных участков.

Расчетными контрольными узлами по напряжению являются: а) наиболее электрически близкие к ИП и наиболее электрически удаленные ТП 10/0,38 кВ; б) вводы наиболее близких к ТП и наиболее удаленных электроприемников 0,38 кВ.

Напряжение на электроприемниках может быть определено на основе известного рабочего уровня напряжения на шинах 10 кВ ИП и с учетом потерь напряжения в линиях 10 и 0,38 кВ и трансформаторах ТП от ИП до рассматриваемых электроприемников. Следует подчеркнуть, что при этом должны учитываться потери напряжения во внутридомовых сетях 380 В, которые составляют 2—3% для зданий в 5—15 этажей, 3—4% для зданий в 16—22 этажа; для общественных и промышленных зданий 3—4%. Уровень напряжения на ИП обычно либо указывается в задании на курсовой проект, либо определяется исходя из требований [1,2]. Для городской электрической сети применение встречного регулирования напряжения на ИП является необходимым мероприятием по обеспечению нормированных отклонений напряжения у потребителей. В общем случае на ИП, питающих жилые районы городов, должно осуществляться встречное регулирование напряжения в диапазоне (0—2) ... (5—6)%. Расчет основных режимов проектируемой электрической сети производится с помощью программы «RERS PC». Методика расчета приведена в [13].

Расчет режимов распределительной сети 10 кВ должен быть выполнен

по любой промышленной программе, реализующей данную функцию.

Для примера представлены результаты расчета установившегося режима сети, рассчитанной по с помощью ПК «RERS PC».

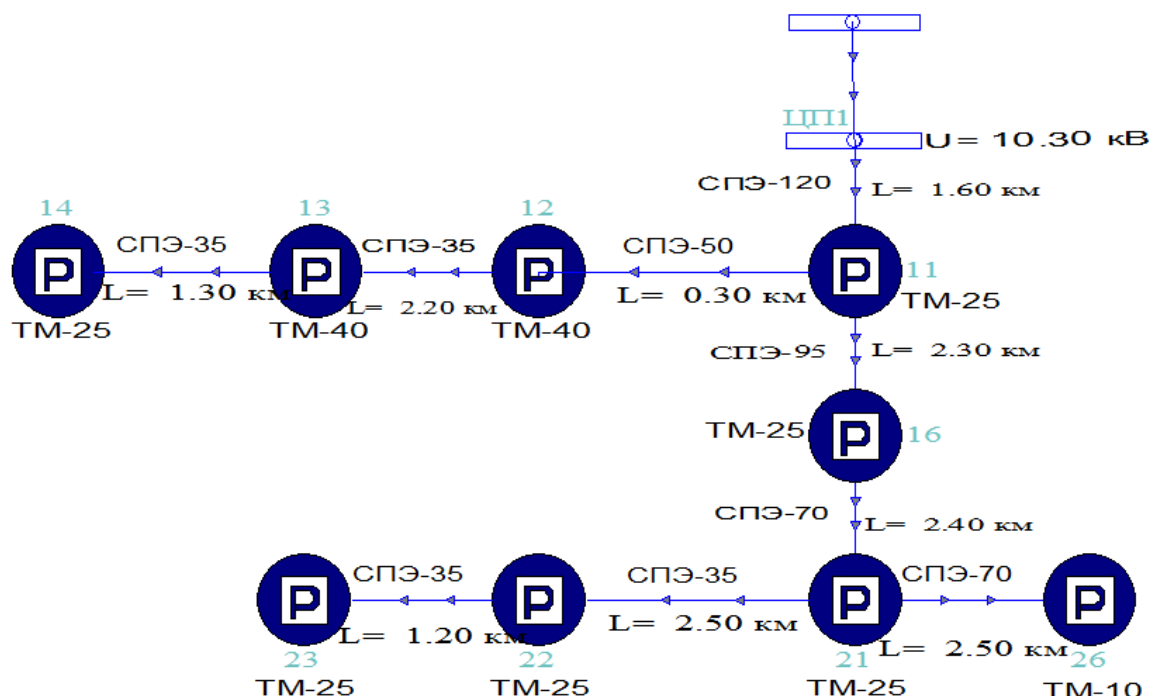


Рисунок 3.6 – Схема установившегося режима сети, питающейся от ЦП₁
Обобщенная информация о схеме

Суммарная активная мощность нагрузки	1905 кВт
Суммарная реактивная мощность нагрузки	804.977 квар
Суммарная активная мощность генерации	1980.57 кВт
Суммарная реактивная мощность генерации	951.046 квар
Активная мощность головного участка	1980.57 кВт
Реактивная мощность головного участка	951.046 квар
Ток головного участка	123.154 А
Коэффициент мощности головного участка	0.901457
Напряжение головного участка.	3 кВ
Суммарная протяженность участков	16.3 км
Суммарная мощность трансформаторов	3250 кВА
Количество ветвей	40
Количество трансформаторов	13
Наибольшее отклонение напряжения	3 %
Наибольший коэффициент загрузки линии	41.747 %
Наибольший коэффициент загрузки трансформатора	74.3578 %

Информация по узлам

Имя узла	Напряжение	Отклонение	Ток	Активная нагрузка	Реактивная мощность
			U	нагрузки	нагрузки, мощность
				нагрузки,	нагрузки, квар
	кВ	%	А	кВт	квар

ЦП1	10.300000	0.030000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11-Шина ВН	10.206207	0.020621	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11-Шина НН	0.401608	0.004021	188.1804	120.00000	52.293999	
11-Обмотка ВН т-ра	10.206207	0.020621	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11-Обмотка НН т-ра	0.401608	0.004021	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12-Шина ВН	10.192291	0.019229	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12-Шина НН	0.399354	-0.001615	402.7421	255.00000	112.16200	
12-Обмотка ВН т-ра	10.192291	0.019229	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12-Обмотка НН т-ра	0.399354	-0.001615	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
13-Шина ВН	10.108813	0.010881	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
13-Шина НН	0.396230	-0.009426	401.9897	255.00000	105.28800	
13-Обмотка ВН т-ра	10.108813	0.010881	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
13-Обмотка НН т-ра	0.396230	-0.009426	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
14-Шина ВН	10.090478	0.009048	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
14-Шина НН	0.395456	-0.011361	236.9858	150.00000	62.039001	
14-Обмотка ВН т-ра	10.090478	0.009048	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
14-Обмотка НН т-ра	0.395456	-0.011361	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16-Шина ВН	10.118457	0.011846	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16-Шина НН	0.397269	-0.006828	213.4963	135.00000	57.931000	
16-Обмотка ВН т-ра	10.118457	0.011846	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16-Обмотка НН т-ра	0.397269	-0.006828	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
21-Шина ВН	10.028619	0.002862	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
21-Шина НН	0.392108	-0.019730	262.8451	165.00000	68.127502	
21-Обмотка ВН т-ра	10.028619	0.002862	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
21-Обмотка НН т-ра	0.392108	-0.019730	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22-Шина ВН	9.960696	-0.003930	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22-Шина НН	0.391273	-0.021818	213.3522	135.00000	51.779999	
22-Обмотка ВН т-ра	9.960696	-0.003930	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22-Обмотка НН т-ра	0.391273	-0.021818	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
23-Шина ВН	9.943462	-0.005654	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
23-Шина НН	0.389217	-0.026958	242.7147	150.00000	65.367996	
23-Обмотка ВН т-ра	9.943462	-0.005654	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
23-Обмотка НН т-ра	0.389217	-0.026958	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
26-Шина ВН	10.013275	0.001328	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
26-Шина НН	0.391124	-0.022189	96.41900	60.000000	25.817499	
26-Обмотка ВН т-ра	10.013275	0.001328	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
26-Обмотка НН т-ра	0.391124	-0.022189	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	10.300000	0.030000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16-Обмотка ВН т-ра	10.118457	0.011846	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16-Обмотка НН т-ра2	0.397269	-0.006828	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
21-Обмотка ВН т-ра2	10.028619	0.002862	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
21-Обмотка НН т-ра2	0.392108	-0.019730	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
26-Обмотка ВН т-ра2	10.013275	0.001328	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
26-Обмотка НН т-ра2	0.391124	-0.022189	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11-Шина ВН2	10.206207	0.020621	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11-Шина НН2	0.401608	0.004021	188.1804	120.00000	52.293999	
11-Обмотка ВН т-ра2	10.206207	0.020621	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11-Обмотка НН т-ра2	0.401608	0.004021	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16-Шина ВН2	10.118457	0.011846	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16-Шина НН2	0.397269	-0.006828	213.4963	135.00000	57.931000	
21-Шина ВН2	10.028619	0.002862	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
21-Шина НН2	0.392108	-0.019730	262.8451	165.00000	68.127502	
26-Шина ВН2	10.013275	0.001328	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
26-Шина НН2	0.391124	-0.022189	96.41900	60.000000	25.817499	

Информация по ветвям

Имя ветви	Ток, А	Поток Р, кВт	Поток Q, квар	Потери Р, кВт	Потери Q, квар	Потери холос- того хода, кВт	Потери на на-магни-чивание, квар	Кэф. заг-рузки
11-Р.ВН	7.7252	122.10	61.149	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000	0.077
11-Р.НН	188.18	119.99	52.294	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000	1.881
11-Т1	188.18	122.10	61.149	1.0330	2.9663	1.0753	5.88909	54.62

12-Р.ВН	16.362 258.58 128.71 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.163
12-Р.НН	402.74 254.99 112.16 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 4.027
12-Т1	402.74 258.58 128.71 2.7185 8.0136 0.8645 8.54387 72.21
13-Р.ВН	16.320 258.55 121.67 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.163
13-Р.НН	401.98 254.99 105.28 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 4.019
13-Т1	401.98 258.55 121.67 2.7065 7.9782 0.8507 8.40752 71.43
14-Р.ВН	9.6692 152.67 72.447 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.096
14-Р.НН	236.98 149.99 62.039 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 2.369
14-Т1	236.98 152.67 72.447 1.6281 4.6751 1.0469 5.73306 67.59
цп1-11	123.15 1980.5 951.04 18.418 7.8624 0.0000 0.00000 41.74
11-12	42.349 675.03 323.69 1.0346 0.2033 0.0000 0.00000 24.19
12-13	25.989 415.41 194.77 3.8696 0.6018 0.0000 0.00000 19.25
13-14	9.6692 152.99 72.496 0.3164 0.0492 0.0000 0.00000 7.162
16-Р.ВН	8.7341 137.37 67.511 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.087
16-Р.НН	213.49 134.99 57.931 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 2.134
16-Т1	213.49 137.37 67.511 1.3250 3.8046 1.0546 5.77536 61.22
21-Р.ВН	10.701 168.02 79.516 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.107
21-Р.НН	262.84 164.99 68.127 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 2.628
21-Т1	262.84 168.02 79.516 1.9986 5.7388 1.0316 5.64968 74.35
22-Р.ВН	8.7147 137.34 61.173 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.087
22-Р.НН	213.35 134.99 51.780 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 2.133
22-Т1	213.35 137.34 61.173 1.3211 3.7935 1.0225 5.59944 60.14
23-Р.ВН	9.9004 152.72 75.831 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.099
23-Р.НН	242.71 149.99 65.368 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 2.427
23-Т1	242.71 152.72 75.831 1.7074 4.9026 1.0153 5.56047 68.20
11-16	65.356 1042.8 497.18 9.4313 3.3009 0.0000 0.00000 25.13
16-21	47.889 758.70 358.86 7.3150 1.9649 0.0000 0.00000 22.27
21-22	18.611 292.62 137.40 2.2549 0.3507 0.0000 0.00000 13.78
22-23	9.9004 153.02 75.878 0.3062 0.0476 0.0000 0.00000 7.333
26-Р.ВН	3.9376 61.249 30.205 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.039
26-Р.НН	96.418 59.999 25.817 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.964
26-Т1	96.418 61.249 30.205 0.8977 1.8436 0.3523 2.54439 68.29
21-26	7.8753 122.70 60.466 0.2060 0.0553 0.0000 0.00000 3.662
<Без имени>	123.15 1980.5 951.04 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.000
16-Т12	213.49 137.37 67.511 1.3250 3.8046 1.0546 5.77536 61.22
3	262.84 168.02 79.516 1.9986 5.7388 1.0316 5.64968 74.35
26-Т12	96.418 61.249 30.205 0.8977 1.8436 0.3523 2.54439 68.29
11-Т1 2	188.18 122.10 61.149 1.0330 2.9663 1.0753 5.88909 54.62
<Без имени>	188.18 119.99 52.294 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 1.881
<Без имени>	7.7252 122.10 61.149 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.077
<Без имени>	7.7252 122.10 61.149 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.077
<Без имени>	8.7341 137.37 67.511 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.087
<Без имени>	213.49 134.99 57.931 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 2.134
<Без имени>	10.701 168.02 79.516 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.107
<Без имени>	262.84 164.99 68.127 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 2.628
<Без имени>	10.701 168.02 79.516 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.107
<Без имени>	8.7341 137.37 67.511 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.087
<Без имени>	96.418 59.999 25.817 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.964
<Без имени>	3.9376 61.249 30.205 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.039
<Без имени>	3.9376 61.249 30.205 0.0000 0.0000 0.0000 0.00000 0.039

Информация о потерях активной мощности

	Абсолютные	Относительные	Относительные	
	кВт	в % к суммарным	в % к Р_г	

Суммарные	75.572	100.000	3.816	
В линиях	43.153	57.102	2.179	
В тр-рах	32.419	42.898	1.637	
в т.ч. холостого хода	11.828	15.652	0.597	
в т.ч. нагрузочные	20.591	27.247	1.040	

Информация о потерях реактивной мощности

	Абсолютные	Относительные	Относительные	

	квар	в % к суммарным	в % к Q _г
Суммарные	146.068	100.000	15.359
В линиях	14.437	9.883	1.518
В тр-рах	131.632	90.117	13.841
в т.ч. холостого хода	73.561	50.361	7.735
в т.ч. нагрузочные	58.070	39.756	6.106

3.18 Расчет токов КЗ в сети 10 кВ

Для вычисления токов КЗ составляется схема замещения, соответствующая нормальному режиму работы системы электроснабжения, в которой указываются сопротивления (активные и индуктивные) всех элементов схемы и их характеристики, например напряжение, длина кабельных линий, мощность трансформаторов и их напряжение короткого замыкания в процентах, вероятные точки для расчетов токов трехфазного тока КЗ.

Считать, что цех или предприятие питаются от источника неограниченной мощности, ЭДС его неизменна.

Расчет токов КЗ в относительных единицах. Все расчетные данные приводятся к базисному напряжению и базисной мощности. За базисные напряжения принимают номинальные напряжения $U_{ном} = 0,4; 0,69; 6,3; 10,5; 21; 37$ и 115 кВ. За базисную мощность можно выбрать мощность $S_{\delta} = 100$ МВА.

Базисный ток и мощность короткого замыкания определяются соответственно следующими формулами

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta}}; S_k = \frac{S_{\delta}}{z_{*\delta}} \quad (3.56)$$

Базисные реактивные и активные сопротивления элементов схемы замещения в относительных единицах:

а) воздушные линии и кабели

$$x_{\delta*} = x_0 l \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} \quad r_{\delta*} = r_0 l \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} \quad (3.57)$$

где x_0, r_0 – удельные индуктивное и активное сопротивления (Ом/км). Значения удельных индуктивных и активных сопротивлений кабелей с алюминиевыми и медными жилами приведены в справочниках.

б) сопротивление электродвигателей:

$$x_{\delta} = x S_{ном} / U_{ном}^2 \quad (3.58)$$

где $x_d'' = 0,2$ для синхронных и асинхронных двигателей.

в) для трансформаторов (при $S_{ном} \geq 630$ кВА)

$$x_{\delta*} = \frac{x_m \%}{100} \frac{S_{\delta}}{S_{ном}}$$

г) для трансформаторов (при $S_{ном} \leq 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$)

$$x_{\delta*} = \sqrt{U_{\kappa}^2 - r_{*}^2} \frac{S_{\delta}}{S_{ном}}; \quad r_{\delta*} = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{ном}} \frac{S_{\delta}}{S_{ном}} \quad (3.59)$$

где ΔP_{κ} — потери короткого замыкания в трансформатора, кВт.

Ток трехфазного КЗ

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{I_{\delta}}{z_{\delta}} = \frac{I_{\delta}}{\sqrt{x_{*\Sigma}^2 + r_{*\Sigma}^2}} \quad (3.60)$$

Ударный ток к.з. определяется по формуле:

$$i_y = k_y \sqrt{2} I_{\kappa} \quad (3.61)$$

где k_y - ударный коэффициент

Мощность короткого замыкания

$$S_{\kappa} = \frac{S_{\delta}}{z} \quad (3.62)$$

Расчет токов короткого замыкания проводится для выбора отключающих аппаратов и проверки условий устойчивости элементов схемы по термическому и электродинамическому действию токов короткого замыкания (КЗ), а также при расчете релейной защиты.

Преобразование расчетной схемы сводится к такому виду, чтобы между источником питания и точкой короткого замыкания находилось только одно результирующее сопротивление.

Схема замещения приведена на рисунке 3.7.

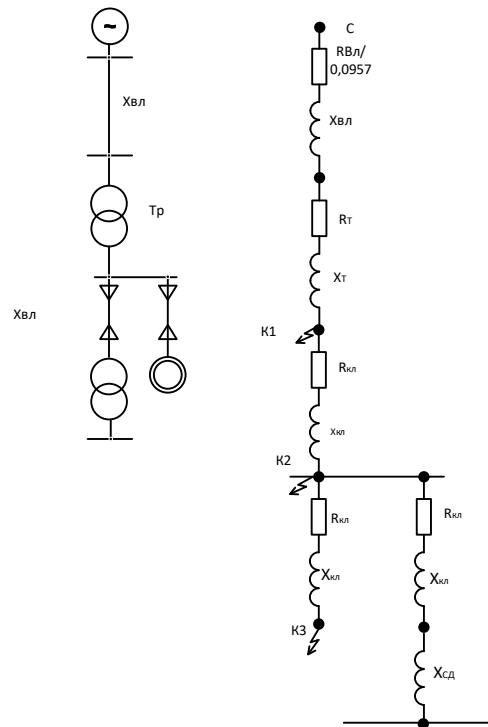


Рисунок 3.7 – Исходная схема и схема замещения

Исходя из того, что расчетные токи КЗ находятся на двух разных ступенях напряжения, расчет будем выполнять в относительных единицах, для чего за базисную мощность принимаем $S_B = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; за базисные напряжения принимаем $U_{B1} = 115$, $U_{B2} = 10,5 \text{ кВ}$. Определяем базисный ток:

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B},$$

$$I_{B1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,026 \text{ кА} \quad I_{B2} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,51 \text{ кА}.$$

Определим сопротивление элементов схемы замещения в относительных единицах.

Для системы примем $R_C = 0$, а $X_C = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 25 \cdot 115} = 0,02 \text{ о.е.}$

Для синхронных двигателей:

$$X_{CD}'' = \frac{X_d''}{S_{номCD}} \cdot \frac{S_B}{1,6} = \frac{0,2 \cdot 100}{1,6} = 12,5 \text{ о.е.} \quad R_{CD} = 0,15 \cdot 0,2 = 0,03 \text{ о.е.}$$

Для кабельной линии к СД:

$$R_{*Л} = R_{уд} \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_{ср.н}^2} = 0,025 \cdot \frac{100}{10,5 \cdot 10,5} = 0,0224 \text{ о.е.},$$

$$X_{*Л} = X_{уд} \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_{ср.н}^2} = 0,01932 \cdot \frac{100}{10,5 \cdot 10,5} = 0,005 \text{ о.е.}.$$

Для кабельной линии к цеху:

$$R_{\text{кц}} = 0,025 \cdot \frac{100}{2 \cdot 10,5 \cdot 10,5} = 0,0298 \text{ о.е.}, X_{\text{кц}} = 0,00552 \cdot \frac{100}{2 \cdot 6,3^2} = 0,0229 \text{ о.е.}$$

Если соотношение X/R больше 3, можно пренебречь активным сопротивлением.

Значение тока КЗ в точке К1 равно:

$$I_{\text{к1}} = \frac{I}{X_{\Sigma}} = \frac{5,51}{0,457} = 12,06 \text{ кА.}$$

Находим ударный коэффициент по кривой [2] в зависимости от соотношения X_{Σ} / R_{Σ} :

В связи с тем, что источником питания является энергосистема, то периодическая составляющая трехфазного тока в момент КЗ $I_{\text{пт}} = I_{\text{п0}}$.

3.19 Выбор электрических аппаратов распределительных устройств

Токоведущие части (шины, кабели) и все виды аппаратов (выключатели, разъединители, предохранители, измерительные трансформаторы для электроустановок) должны выбираться в соответствии с вычисленными максимальными расчетными величинами (токами, напряжениями, мощностями отключения) для нормального режима и короткого замыкания. Для их выбора сравнивают указанные расчетные значения с допустимыми.

Для выбора токоведущих частей и высоковольтного оборудования составляют таблицу сравнения указанных расчетных и допустимых значений. Для обеспечения надежной безаварийной работы расчетные значения должны быть меньше допустимых.

Выбор высоковольтных выключателей. Выбор выключателей производится по отключающей способности, с учетом параметров восстанавливаемого напряжения. Отключающую способность выключателей проверяют с учетом периодической (i_n) и апериодической (i_a) составляющих тока к. з. в момент размыкания дугогасящих контактов, соответствующий времени t отключения выключателя:

$$I_n \leq I_{\text{ном.откл}} \quad (3.63)$$

$$i_a \leq \sqrt{2} \beta_{\text{ном}} I_{\text{ном.откл}} \quad (3.64)$$

где $I_{\text{ном.откл}}$ — номинальный ток отключения выключателя;

β — нормированное относительное значение апериодической составляющей тока отключения, при расчетной продолжительности протекания тока к.з. $\tau = t_{\text{з.мин}} + t_{\text{с.в}}$

где $t_{\text{з.мин}} = 0,01$ с — минимальное время действия релейной защиты;

$t_{\text{с.в}}$ — собственное время действия выключателя (паспортное значение),

время от момента подачи команды на отключение до начала размыкания дугогасительных контактов.

Высоковольтные аппараты проверяются также на термическую и динамическую стойкость к токам к. з., для чего должны быть выполнены условия

$$\left\{ \begin{array}{l} B \leq I_T^2 t_T \\ i_y \leq i_{дин} \\ I'' \leq I_{н.ном} = I_{ном.откл} \end{array} \right. \quad (4.45)$$

где B — тепловой импульс тока к. з. с учетом периодической I_n и аperiodической i_a составляющих тока к. з., определяемых моментом времени t_k действия тока к.з. Для высоковольтных распределительных сетей промышленных предприятий тепловой импульс тока к.з. равен:

$$B \leq I_n^2 t_k \quad (3.65)$$

Рекомендуется выбирать малообъемный, масляный выключатель с указанием типа привода и стоимости выключателя. Если в курсовом проекте выбирается более одного выключателя, с целью сокращения объема пояснительной записки и избежания повторений подробный выбор выключателя приводится один раз, для остальных данные приводятся в сводной таблице.

Выбор высоковольтных предохранителей Их выбирают по конструктивному выполнению, номинальному напряжению и току, предельно отключаемому току $I_{откл}$ и мощности отключения $S_{откл}$.

Предельно отключаемые ток и мощность выбирают по каталогу.

Выбор разъединителей. Их выбирают по номинальному току, напряжению и конструктивному выполнению с проверкой на динамическую и термическую стойкость, путем сравнения соответствующих расчетных и каталожных данных. Разъединители и отделители на отключаемую способность не проверяют.

Выбор трансформаторов тока. Прежде чем приступить к выбору трансформаторов тока (ТТ), необходимо определить нагрузку вторичной цепи, т.е. число и тип измерительных приборов, данные о длине и сечении соединительных проводов.

ТТ выбирают по номинальному току и напряжению, нагрузке первичной и вторичной катушек классу точности и допускаемой погрешности и проверяют на динамическую и термическую стойкость к токам к. з

Номинальная мощность вторичной обмотки выбранного трансформатора тока должна быть не менее суммы мощности потребляемой

приборами $S_2 \geq S_{\text{приб}}$

Выбор трансформаторов напряжения. Их выбирают по номинальным параметрам, классу точности и нагрузке, определяемой мощностью, которая потребляется катушками электроизмерительных приборов, подключенных к данному трансформатору. Условие выбора:

$$S_{\text{ном}} \geq S_2 \geq \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} \quad (3.66)$$

Условия выбора рубильников:

по напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}} \quad (3.67)$$

по току нагрузки

$$I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}; I_{\text{тах}} \leq I_{\text{ном}} \quad (3.68)$$

по конструктивному выполнению;

по электродинамической стойкости

$$i_y \leq i_{\text{дин}} \quad (3.69)$$

по термической стойкости

$$B \leq I_T^2 t_T \quad (3.70)$$

Выбор автоматических выключателей. Автоматические выключатели выбираются по следующим условиям:

1. Номинальное напряжение;

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.уст}}, \quad (3.71)$$

где $U_{\text{ном.уст}}$ номинальное напряжение установки.

2. Номинальный ток расцепителя;

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{р.ф}} \geq I_{\text{р.тах}}, \quad (3.72)$$

где $I_{\text{р.тах}}$ - рабочий максимальный ток; $I_{\text{р.ф}}$ - расчетный ток форсированного (послеаварийного) режима.

3. Номинальный ток автоматического выключателя;

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном}}, \quad (3.73)$$

4. Ток срабатывания расцепителя:

а) выбор тока срабатывания по пиковому току

$$I_{\text{сраб}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}}, \quad (3.74)$$

где $I_{\text{пик}}$ - кратковременный пиковый ток в линии при пуске двигателя.

Для автоматов типа АЗ100:

$$I_{сраб} \geq 1,5 \cdot I_{ник}, \quad (3.75)$$

б) проверка тока срабатывания расцепителя на отключение тока однофазного КЗ

для сетей в не взрыво- и не пожароопасных помещениях для автомата, имеющего обратно зависимую характеристику:

$$I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{сраб}; \quad (3.76)$$

для автомата, имеющего только электромагнитный расцепитель:

$$I_K^{(1)} \geq 1,1 \cdot I_{сраб}; \quad (3.77)$$

5. Отключающая способность выключателя:

$$I_K^{(3)} < I_{откл}; \quad (3.78)$$

где $I_{откл}$ - предельный ток, отключаемый автоматическим выключателем;

$I_K^{(3)}$ - ток трехфазного КЗ.

6. Динамическая стойкость токам трехфазного КЗ:

$$i_{дин} > i_y^{(3)}. \quad (3.79)$$

где $i_{дин}$ - ток электродинамической стойкости, $I_y^{(3)}$ - ударный ток трехфазного КЗ.

Выбор предохранителей напряжением до 1 кВ. Предохранители напряжением до 1 кВ выбираются по следующим условиям:

1. Номинальное напряжение

$$U_{ном} \geq U_{ном.уст}, \quad (3.80)$$

2. Номинальный ток плавкой вставки $I_{ном.вст}$ выбирается по двум условиям:

по длительному максимальному току линии $I_{р.мах}$:

$$I_{ном.вст} \geq I_{р.мах}, \quad (3.81)$$

по пусковому $I_{пуск}$ (или пиковому $I_{ник}$) току:

$$I_{ном. вст} \geq I_{пуск} / (1,6 \div 2) \quad (3.82)$$

3. Номинальный ток предохранителя:

$$I_{ном.пр} \geq I_{ном.вст}, \quad (3.83)$$

Если в сети установлено несколько последовательно включенных предохранителей, то при коротком замыкании в какой-либо точке сети перегорать должен ближайший к точке короткого замыкания предохранитель.

Для получения селективного действия большинства типов предохранителей напряжением до 1 кВ необходимо выбирать плавкие вставки с номинальными токами, отличающимися не менее, чем на две ступени

Выбор кабеля:
по напряжению установки;

$$U_{уст} \leq U_{ном} \quad (3.84)$$

по конструкции;

по экономической плотности тока (для кабелей напряжением выше 1 кВ);

$$F_{эк} = \frac{I}{j_{эк}} \quad (3.85)$$

где I – расчетный ток кабеля, А;

$j_{эк}$ — экономическая плотность тока А/мм² (определяется по справочникам).

Расчетное сечение округляется до ближайшего стандартного сечения.

по допустимому току;

$$I_{max} \leq k_1 k_2 I_{дон} \quad (3.86)$$

где k_1 - поправочный коэффициент на температуру земли, определяется по ПУЭ;

k_2 - поправочный коэффициент на число работающих рядом кабелей, определяется по ПУЭ;

$I_{дон}$ - допустимый ток для данного сечения (определяется по справочникам).

3.20 Расчет режимов распределительных сетей 0,4 кВ

Электрический расчёт распределительной сети напряжением 0,4 кВ заключается в составлении расчётной схемы 0,4 кВ, вычислении потоков активной и реактивной и полной мощности по участкам.

В электрических расчетах распределительных сетей напряжением до 35 кВ могут быть допущены некоторые упрощения, не оказывающие существенного влияния на точность расчетов, например ёмкостную и активную проводимость линии принимают равными нулю. Следовательно, можно считать, что схемы замещения линий распределительных сетей состоят из последовательно соединенных активных и индуктивных сопротивлений. В этом случае можно выбрать сечения линий по допустимой потере напряжения. В дальнейшем необходимо выполнить проверку полученных сечений по нагреву.

3.21 Релейная защита и автоматика

Электроэнергетические системы характеризуются непрерывностью во времени производства и потребления электроэнергии, быстротечностью протекания электромагнитных возмущающих воздействий, возникающих при повреждениях электрооборудования. В таких условиях надлежащее качество и надежность электроснабжения могут быть обеспечены только при применении устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗА). Устройства РЗА предназначены для быстрой автоматической локализации поврежденного электрооборудования или линии системы электроснабжения, автоматического восстановления напряжения на неповрежденных участках и предотвращения ненормальных режимов.

Для распределительных сетей промышленного предприятия предусмотрены устройства релейной защиты от междуфазных замыканий и от однофазных замыканий на землю. Наиболее распространенным видом защиты является максимальная токовая защита (МТЗ). От междуфазных замыканий защиту рекомендуется выполнять в двухфазном исполнении и включать её в одни и те же по всей сети данного напряжения для отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения. В зависимости от чувствительности защита может быть выполнена одно-, двух- или трехрелейной.

Замыкание на землю одной фазы в сетях с изолированной нейтралью или нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор, не является аварийным режимом. Поэтому защиту выполняют действующей на сигнал, и только когда это необходимо по требованиям безопасности, на отключение. В сетях простой конфигурации допускается применение только одного общего устройства неизбирательной сигнализации, контролирующего состояние изоляции в системе данного напряжения. В протяженных сетях сложной конфигурации необходимо также предусматривать избирательную защиту на каждом присоединении.

В сетях напряжением до 1 кВ защиту выполняют плавкими предохранителями и автоматическими выключателями, снабженными устройствами релейной защиты в виде токовой отсечки, МТЗ или двухступенчатой токовой защиты.

Релейная защита трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций включает в себя следующие виды:

- защита от межфазных коротких замыканий на стороне высшего напряжения;
- защита от однофазных замыканий на стороне низкого напряжения;
- от перегрузки;
- газовая защита для защиты от повреждений внутри трансформатора..

Для защита от межфазных коротких замыканий на стороне высшего напряжения устанавливают предохранители (в случае применения выключателей нагрузки), а также максимальная токовая защита, иногда по

условию обеспечения селективности, устанавливается токовая отсечка. От перегрузки устанавливается максимальная токовая защита.

Для защиты от однофазных замыканий на стороне низкого напряжения – автоматические выключатели или специальная защита нулевой последовательности, установленная в нулевом проводе на стороне 0,4 кВ.

Кабельные линии электропередач, имея большую протяженность, подвержены различным видам повреждений. Кабельные линии, проложенные в земле, могут повреждаться из-за ухудшения условий охлаждения, коррозии оболочек кабеля, осадки при земляных работах. Эти повреждения могут вызвать короткое замыкание между фазами или на землю. Защита от однофазных замыканий на землю должна устанавливаться с действием на сигнал.

В соответствии с ПУЭ на одиночных кабельных линиях 10 кВ с односторонним питанием должны предусматриваться следующие устройства релейной защиты [13]:

- защита от многофазных замыканий без выдержки времени (токовая отсечка);
- МТЗ с выдержкой времени, согласованной со смежным участком;
- защита от замыканий на землю.

Для кабельных линий напряжением выше 1 кВ применяют МТЗ и ТО, ниже 1 кВ – предохранители и автоматические выключатели. Для защиты отходящих линий устанавливаются автоматические выключатели. На отходящих линиях с шин ТП устанавливаются автоматические выключатели серии ВА-СЭЩ-АС08.

Согласно ПУЭ на асинхронном двигателе в РП устанавливают следующие виды защиты [13]:

- защита от многофазных замыканий на линейных водах и в обмотке статора;
- защита от однофазных замыканий на землю на линейных выводах и в обмотке статора;
- защита от токов перегрузки;
- защита от потери питания и понижения напряжения.

Защита от многофазных замыканий устанавливается на всех без исключения синхронных и асинхронных электродвигателях и предназначена для отключения электродвигателя при многофазных в КЗ в его обмотке статора и на линейных выводах (т. е. тех выводах, к которым подключена питающая линия, соединяющая электродвигатель с выключателем).

Защита от перегрузки устанавливается в случаях, когда возможны технологические перегрузки электродвигателей или тяжелые условия пуска и самозапуска (время пуска более 20 с). Устанавливают максимальную токовую защиту с действием на сигнал.

От однофазных замыканий на землю на линейных выводах обмотки статора защита применяется в случае, если ток срабатывания защиты превышает 10 А для электродвигателей мощностью до 2 МВт и 5 А для электродвигателей мощностью

выше 2 МВт. Устанавливается токовая защита нулевой последовательности или токовая направленная защита нулевой последовательности.

Для электродвигателей номинальной мощностью до 4000 кВт применяется токовая двухрелейная отсечка без выдержки времени с реле, включенными на фазные токи. Для электродвигателей номинальной мощностью 4000 кВт и более применяется продольная дифференциальная токовая защита без выдержки времени. Эта же защита; может применяться на электродвигателях меньшей мощности, если применение токовой отсечки не обеспечивает требуемой чувствительности, а со стороны нулевых выводов обмотки статора имеются или могут быть установлены трансформаторы тока. На распределительном пункте устанавливаем защиту для двигателей

Для обеспечения бесперебойности электроснабжения потребителей первой и второй категорий предусмотрим установку АВР.

Устройство автоматического ввода (включения) резерва (АВР) предназначено для бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии при отключении рабочего источника питания, путем подключения к резервной линии питания. Устройство АВР обеспечивает автоматическое восстановление основного питания при восстановлении рабочего источника питания. АВР широко используются в системах электроснабжения на промышленных предприятиях, объектах связи и транспорта для обеспечения надежности электроснабжения потребителей I –й и II –й категории. Устройство АВР предусматривается:

- на ГПП в секционной перемычке на стороне 10 кВ;
- на ЦТП в секционной перемычке на стороне 0,4 кВ;
- в цехе в перемычке между РП.

Для защиты проводов и жил кабелей от токов к.з. и токов перегрузки в сетях напряжением до 1 кВ. устанавливаются плавкие предохранители и автоматические выключатели. Предпочтение следует отдавать автоматическим выключателям.

3.23 Проектирование защитного заземления ТП

Трансформаторы подстанции работают с изолированной нейтралью на стороне 10 кВ и заземленной на стороне 0,4 кВ. При расчете защитного заземления необходимо учесть протяженность электрически связанных кабельных линий напряжением 10 кВ, удельное сопротивление грунта, климатический район и наличие естественных заземлителей т.

Применяемые в электроустановках заземляющие устройства по своим нормативным, гарантированным и расчетным характеристикам должны соответствовать условиям работы данной электроустановки.

Заземляющее устройство электроустановки и связанные с ним конструкции должны быть стойкими в отношении воздействия окружающей среды или защищены от этого воздействия.

Заземляющее устройство электроустановки должно удовлетворять требованиям действующих директивных документов о запрещении загрязнения окружающей среды вредным или мешающим загрязнением окружающей среды вредным или мешающим влиянием электрических полей.

При опасности возникновения электрокоррозии или почвенной коррозии должны предусматриваться соответствующие мероприятия по защите заземляющего устройства, железобетонных фундаментов производственных зданий и сооружений, оборудования, трубопроводов и других подземных коммуникаций.

В электропомещениях с установками напряжением до 1 кВ допускается применение неизолированных и изолированных токоведущих частей без защиты от прикосновения, если по местным условиям такая защита не является необходимой (например, для защиты от механических воздействий). При этом доступные прикосновению части должны быть расположены так, чтобы нормальное обслуживание не было сопряжено с опасностью прикосновения к ним.

Для заземления электроустановок, территориально приближенных одна к другой допускается применять одно общее заземляющее устройство.

Требуемые сопротивления заземляющих устройств должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях.

В электроустановках до 1 кВ переменного тока с заземленной нейтралью должно быть выполнено зануление (система *TN*).

Расчет защитного заземления имеет целью определить число вертикальных заземлителей и их размеры; размещение заземлителей; длины соединительных горизонтальных проводников и их сечения. Расчет заземления может производиться как по допустимому сопротивлению растекания тока заземлителя, так и по допустимым напряжениям прикосновения и шага. В настоящее время расчет заземлителей производится в большинстве случаев по допустимому сопротивлению заземлителя. При этом в основном применяется способ коэффициента использования (когда земля считается однородной) и реже - способ наведенных потенциалов (когда земля принимается двухслойной).

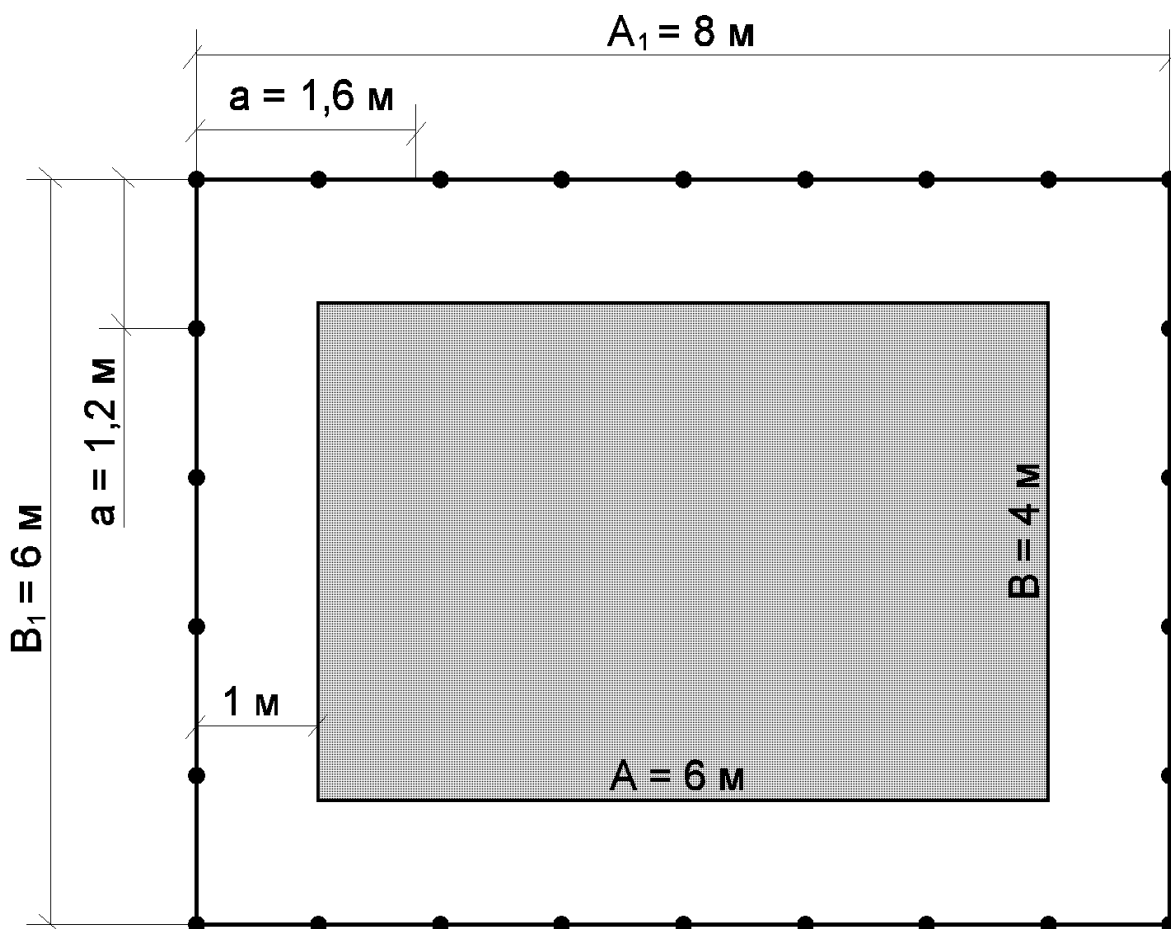


Рисунок 3.8 – План заземляющего устройства подстанции

Продольные заземлители должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5–0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8–1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены друг к другу, а

расстояние между основаниями или фундаментами двух рядов не превышает 3,0 м.

Поперечные заземлители следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5–0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними рекомендуется принимать увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. При этом первое и последующие расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11,0; 13,5; 16,0; 20,0 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6 х 6 м.

Горизонтальные заземлители следует прокладывать по краю территории, занимаемой заземляющим устройством так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур.

Если контур заземляющего устройства располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей, присоединенных к внешнему горизонтальному заземлителю напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной 3–5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований, предъявляемых к его сопротивлению или к напряжению прикосновения, дополнительно к требованиям следует:

- прокладывать заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле на глубине не менее 0,3 м;

- прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (в четырех направлениях) вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей.

При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами.

Расчет заземления выполняется на ЭВМ по программе ZZ. Исходные данные представлены на рисунке 4.3. Исполнение заземлителя представлено на рисунке 3.8. Результаты расчета представлены в таблице 3.9.

Заземление v3.0

Вертикальный заземлитель

1,8 длина вертикального заземлителя, м

1xL расстояние между заземлителями, м

12 диаметр (ширина) вертикального заземлителя, мм

0,7 заглубление вертикального заземлителя, м

1 толщина верхнего слоя грунта, м

Материал вертикального заземления

☐ Полосовой ☒ Пруток

Сезонный климатический коэффициент

Климатические зоны: ☐ I ☐ II ☐ III ☒ IV

1,2

Красноярский и Ставропольский края, Астраханская область.

Коэффициент спроса вертикального заземлителя

☐ Устанавливать в ручную

Горизонтальный заземлитель

40 ширина (диаметр) соединительной полосы (прутка), мм

Расположение заземлителей

☒ По контуру ☐ В ряд

Материал горизонтального заземлителя

☒ Полосовой ☐ Пруток

Сезонный климатический коэффициент

Климатические зоны: ☐ I ☐ II ☐ III ☒ IV

1,5

Коэффициент спроса горизонтального заземлителя

☐ Устанавливать в ручную

Удельное сопротивление грунта, Ом*м

песок при залегании грунтовых вод до 5м
почва (чернозем и др.)
супесь влажная, мергель
суглинок полутвердый или лессовидный

315 верхний слой, ом*м

песок при залегании грунтовых вод до 5м
почва (чернозем и др.)
супесь влажная, мергель
суглинок полутвердый или лессовидный

315 нижний слой, ом*м

Нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом

Напряжение сети, В

☐ 220/127 ☐ 380/220 ☐ 660/380 ☒ Выше 1000 В

4

Вид заземления

☒ Рабочее заземление нулевой точки трансформатора(генератора)
☐ Повторное заземление нулевого провода на вводе в объект
☐ Повторное заземление нулевого провода

Расчет Шаговое U
Расчет R одн U прикосн
Расчет R ест Грунт
Выбор S г.з.ш Автор
Помощь Закрыть

Рисунок 3.9 – Исходные данные для расчета по программе ZZ

Конструктивное исполнение заземлителя представлено на рисунках 3.10.

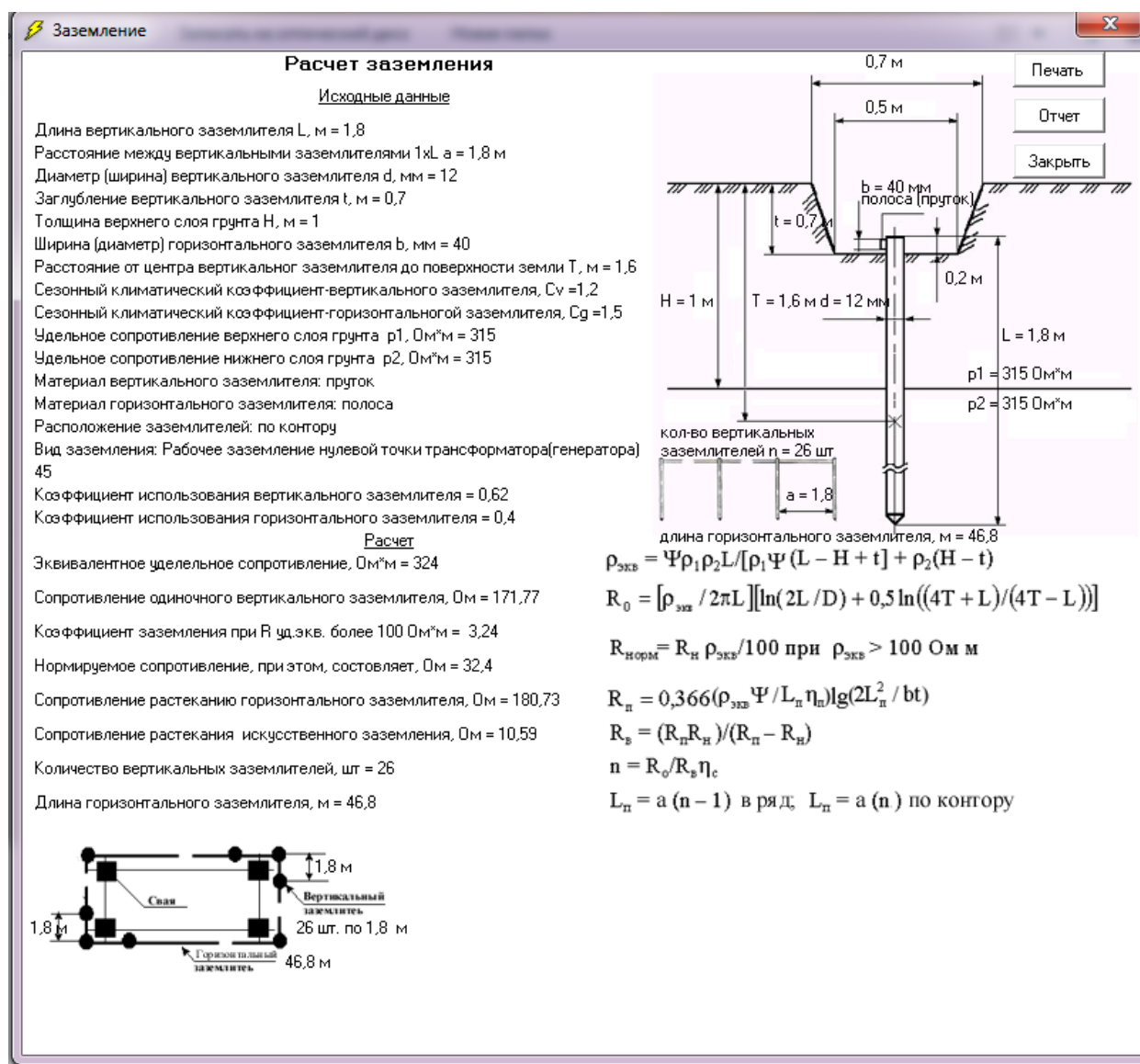


Рисунок 3.10 – Исполнение заземлителя

Заземляющее устройство КТП-СЭЩ-Г должно иметь сопротивление не более 4 Ом в любое время года. Возможно, выполнение вертикальных заземлителей из мелкосортной стали диаметром более 16 мм. При этом должны быть предусмотрены дополнительно 4 заземлителя с расположением их равномерно по контуру и лучу заземляющего устройства.

Заземлению подлежат нейтраль и корпус трансформатора, разрядники 10 и 0,4 кВ, а также все другие металлические части, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции.

Таблица 3.17 – Результаты расчета заземляющего устройства

Заземление

Расчет заземления

Исходные данные

Длина вертикального заземлителя $L, \text{ м} = 1,8$
 Расстояние между вертикальными заземлителями $1 \times L, \text{ м} = 1,8$
 Диаметр (ширина) вертикального заземлителя $d, \text{ мм} = 12$
 Заглубление вертикального заземлителя $t, \text{ м} = 0,7$
 Толщина верхнего слоя грунта $H, \text{ м} = 1$
 Ширина (диаметр) горизонтального заземлителя $b, \text{ мм} = 40$
 Расстояние от центра вертикального заземлителя до поверхности земли $T, \text{ м} = 1,6$
 Сезонный климатический коэффициент-вертикального заземлителя, $C_v = 1,2$
 Сезонный климатический коэффициент-горизонтальной заземлителя, $C_g = 1,5$
 Удельное сопротивление верхнего слоя грунта $\rho_1, \text{ Ом}\cdot\text{м} = 315$
 Удельное сопротивление нижнего слоя грунта $\rho_2, \text{ Ом}\cdot\text{м} = 315$
 Материал вертикального заземлителя: пруток
 Материал горизонтального заземлителя: полоса
 Расположение заземлителей: по контуру
 Вид заземления: Рабочее заземление нулевой точки трансформатора(генератора)
 45
 Коэффициент использования вертикального заземлителя = 0,62
 Коэффициент использования горизонтального заземлителя = 0,4

Расчет

Эквивалентное удельное сопротивление, $\text{Ом}\cdot\text{м} = 324$
 Сопротивление одиночного вертикального заземлителя, $\text{Ом} = 171,77$
 Коэффициент заземления при R уд. экв. более $100 \text{ Ом}\cdot\text{м} = 3,24$
 Нормируемое сопротивление, при этом, составляет, $\text{Ом} = 32,4$
 Сопротивление растеканию горизонтального заземлителя, $\text{Ом} = 180,73$
 Сопротивление растекания искусственного заземления, $\text{Ом} = 10,59$
 Количество вертикальных заземлителей, шт = 26
 Длина горизонтального заземлителя, $\text{м} = 46,8$

кол-во вертикальных заземлителей $n = 26$ шт
 длина горизонтального заземлителя, $\text{м} = 46,8$

$$\rho_{\text{экв}} = \Psi \rho_1 \rho_2 L / [\rho_1 \Psi (L - H + t) + \rho_2 (H - t)]$$

$$R_0 = [\rho_{\text{экв}} / 2\pi L] [\ln(2L/D) + 0,5 \ln((4T + L)/(4T - L))]$$

$$R_{\text{норм}} = R_n \rho_{\text{экв}} / 100 \text{ при } \rho_{\text{экв}} > 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$R_n = 0,366 (\rho_{\text{экв}} \Psi / L_n \eta_n) \lg(2L_n^2 / bt)$$

$$R_s = (R_n R_n) / (R_n - R_n)$$

$$n = R_0 / R_s \eta_c$$

$$L_n = a (n - 1) \text{ в ряд; } L_n = a (n) \text{ по контуру}$$

3.22 Измерение и учет электроэнергии

В соответствии с требованием ПУЭ и ПТЭЭ различают расчетный и технический учет электроэнергии. Расчетным учетом электроэнергии называется учет выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее. Счетчики устанавливаемые для расчетного учета называют расчетными счетчиками. Для организации системы учета электроэнергии используем электронные счетчики.

Техническим (контрольным) учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии внутри электростанции, не связанный с денежными расчетами с электроснабжающей организацией. Технический учет осуществляется контрольными счетчиками.

На вводе жилого дома устанавливаются трехфазные счетчики для учета электроэнергии, идущей на общедомовые нужды. В квартирах устанавливаются однофазные расчетные счетчики для учета потребляемой электроэнергии.

В РП, предназначенных для городских электрических сетей, установка счетчиков на линиях 10 кВ и на силовом трансформаторе не требуется.

На отходящих от РП линиях 10 кВ устанавливаются амперметры, по одному на каждой линии. В РП также устанавливаются вольтметры с переключателем для фазного и линейного контроля напряжения на каждой секции шин 10 кВ.

Для контроля режима работы сети используются телемеханические устройства. Способ действия рассматриваемых устройств базируется на преобразовании контролируемых сигналов в электрические импульсы, которые передаются между контролируемым пунктом (КП) и диспетчерским пунктом (ДП) по каналу связи. На КП и ДП устанавливается необходимая преобразовательная аппаратура.

По характеру выполняемых функций системы телемеханики делятся на:

- * системы телесигнализации (ТС);
- * системы телеизмерения (ТИ);
- * системы телеуправления (ТУ).

С помощью ТС осуществляется передача сигналов о повреждениях, о положении контролируемых объектов и аварийно - предупредительная сигнализация.

Система ТИ обеспечивает передачу контролируемых величин на ДП непрерывно или по вызову.

Система ТУ служит для передачи различных команд телеуправляемым объектам.

В распределительных сетях преимущественно используются системы ТС, и в небольшом объеме системы ТИ. Для распределительных сетей применение систем ТУ является нецелесообразным. Исключается применение устройств телемеханики всех видов для ТП.

Телемеханизация РП предусматривает:

- 1) Индивидуальную телесигнализацию положения всех выключателей 10кВ;
- 2) Телеизмерение нагрузки всех питающих и отходящих линия 10 кВ;
- 3) Телеизмерение напряжения на каждой секции шин 10 кВ;
- 4) Телесигнализацию общих аварийно - предупредительных сигналов: «земля» в сети 10 кВ;
 - работа автоматики;
 - неисправность на РП.

Для размещения аппаратуры выделено место в помещении собственных нужд РП. От шин собственных нужд РП предусматриваются две линии для питания аппаратуры телемеханики.

Структура построения АСКУЭ бытовых потребителей приведена на рисунке 3.18.

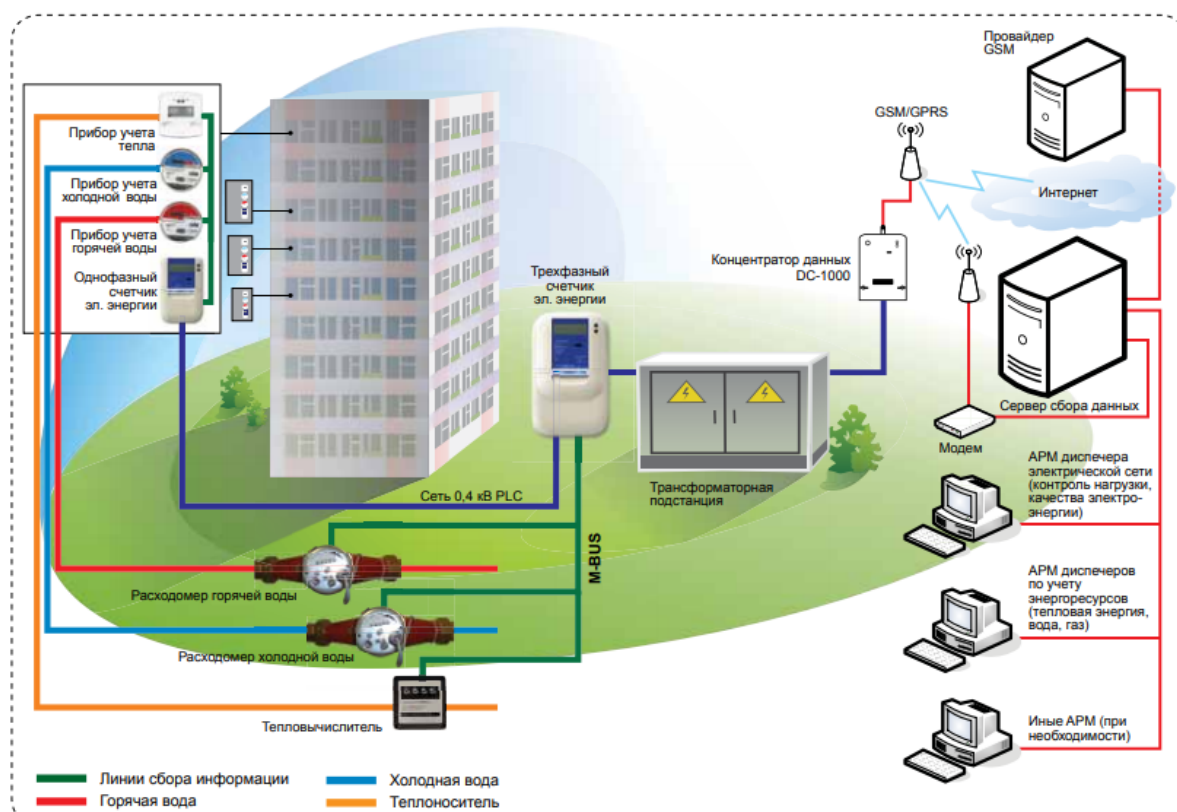


Рисунок 3.18 – Структура построения АСКУЭ бытовых потребителей

3.24 Заключение

В этом разделе кратко излагается реальный итог проектирования, приводятся результаты, характеризующие технический и экономический эффект.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ НАД ПРОЕКТОМ

Успешное выполнение проекта в срок, а также его качества во многом зависят от того, как будет организована работа над ним.

Работа над проектом требует достаточно обширной эрудиции студента в разрабатываемых вопросах, поэтому необходимо изучать и использовать в проекте специальную техническую литературу, указываемую в программе, приведенную в данных указаниях и рекомендуемую дополнительно руководителем курсового проекта.

Рекомендуется записывать все используемые литературные источники, справочники и т.п. с указанием авторов, точного названия, издательства, года издания, глав и страниц, а также краткого содержания изучаемого вопроса, указав разделы проекта, в которых были использованы полученные сведения. Такие записи дают возможность студенту лучше продумать соответствующие технические положения и предпосылки, а также облегчают составление и написание пояснительной записки и раздела литературы.

При самостоятельной работе над проектом все возникающие неясные вопросы рекомендуется записывать в тетрадь, куда затем следует записать ответы на них и литературу, в которой был выяснен ответ. Во всех случаях студент должен сначала постараться самостоятельно решить и выяснить эти вопросы с помощью соответствующих литературных источников, а затем уже обратиться к руководителю за консультацией, изложив ему при этом свою точку зрения. Наличие таких записей облегчает студенту подготовку к защите проекта, а также работу над курсовым проектом.

Для сокращения времени, затрачиваемого на составление и написание пояснительной записки, рекомендуется писать её параллельно с выполнением соответствующих разделов проекта, что несколько разгружает последний период проектирования. Чертежи по проекту следует выполнять параллельно с исполнением соответствующих разделов проекта.

После завершения проекта студент сдает руководителю на проверку пояснительную записку и чертежи.

Выполнение проекта следует начать сразу после получения задания (1–2 недели семестра или триместра). Порядок разработки разделов КП приведен в четвертом разделе настоящих методических указаний. Работу следует завершить до начала зачетной недели.

5. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ СТУДЕНТА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Защита курсовых проектов проводится в сроки, устанавливаемые кафедрой и деканатом, в комиссиях, назначаемых заведующим кафедрой.

Защита – это важный и ответственный момент в подготовке инженеров, поэтому ей следует уделять серьезное внимание. Она состоит из доклада студента по проекту и ответов на вопросы членов комиссии. В докладе студент за 10-15 минут должен дать краткую характеристику выполненного проекта, изложив кратко особенности задания, принципы, положенные в основу разработки отдельных узловых вопросов, дать технические обоснования принятых решений и привести основные показатели результатов выполненных расчетов. Все это требует серьезной подготовки, так как сделать обстоятельный доклад за такое короткое время без подготовки невозможно. При подготовке необходимо составить план доклада и написать его. Для этого следует еще раз внимательно прочитать пояснительную записку и соответствующую литературу, продумать, на основании каких соображений и почему было принято то или иное решение, какие возможны были бы другие решения и почему они не рассматривались, какие возможны режимы, работы запроектированной сети и отдельных её элементов, каков принцип работы и особенности конструктивного выполнения различных элементов сети и электрооборудования.

Следует обратить внимание на вопросы надежности и бесперебойности питания потребителей, обеспечения экономичности запроектированной сети и на вопросы эксплуатации элементов электроснабжения, помня, что надежная и простая эксплуатация во многом зависит от принятых проектных решений.

За все принятые в КП решения и соблюдение сроков выполнения разделов проекта ответственность несет автор проекта. Студент, не выполнивший задание по КП в полном объеме или не уложившийся в срок, к защите не допускается, а в ведомость проставляется оценка «неудовлетворительно».

6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем Электронный ресурс : Учебник / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 400 с. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-5-7782-2463-6

2. Лыкин, А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : Учебное пособие / Лыкин А. В. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 227 с. – Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – ISBN 978-5-7782-2262-5

3. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей Электронный ресурс: Учебное пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин ; ред. В. Т. Федин. – Проектирование распределительных электрических сетей, 2020-06-02. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 365 с. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-985-06-1597-8

Дополнительная литература

1. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети : учебник для вузов / В. И. Идельчик. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 592с. : ил. – Гриф: Доп. МО. – Библиогр.: с. 585-586. – ISBN 5-283-01012-0

2. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов н/Д : Феникс ; Красноярск : Издательские проекты, 2006. – 720 с. : ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 667-671. – ISBN 5-222-08485-X (Феникс). – ISBN 5-98399-023-3 (Издательские проекты)

3. Горбунова, Л.Н. Теоретические основы электротехники Электронный ресурс: учебное пособие / С.А. Гусева / Л.Н. Горбунова. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015. – 117 с. – Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – ISBN 978-5-9642-0269-1

Приложение А. Справочные материалы

Коэффициенты спроса, использования и максимума.

Значения коэффициентов использования, спроса и максимума для различных электроприемников определены из опыта эксплуатации и при проектировании принимаются по справочным материалам – таблицы 1.6-1.8.

Величина коэффициента спроса K_c может быть принята по таблице 1.9 в зависимости от величины коэффициента использования $K_{и}$ для данной группы приемников (таблица 1.9 составлена для среднего коэффициента включения, равного 0,8).

Таблица А.1 – Коэффициенты спроса и мощности

Наименование цеха, производства	K_c	$\cos\varphi$
Корпуса, цеха, насосные и другие установки общепромышленного назначения		
Блок основных цехов	0,40-0,50	0,75
Блок вспомогательных цехов	0,30-0,35	0,7
Кузнечно-прессовые	0,40-0,5	0,75
Термические, закалочные	0,6	0,75
Металлоконструкций, сварочно-заготовительные	0,25-0,35	0,65-0,75
Механосборочные, столярные, модельные	0,20-0,30	0,60-0,80
Малярные, красильные	0,40-0,50	0,60-0,70
Собственные нужды ТЭЦ	0,60-0,70	0,8
Лаборатории, заводоуправления, конструкторские бюро, конторы	0,40-0,50	0,70-0,80
Депо электрокар	0,50-0,70	0,70-0,80
Депо (паровозное, пожарное, железнодорожное)	0,30-0,40	0,60-0,80
Гаражи автомашин	0,20-0,30	0,7
Котельные	0,50-0,60	0,8
Склады готовой продукции, металла, магазины	0,30-0,40	0,8
Столовая	0,40-0,50	0,9
Лесозаводы	0,35-0,45	0,75
Лесосушки	0,60-0,70	0,75-0,90
Термическая нагрузка (нагревательные печи)	0,70-0,80	0,85-0,90
Крановая нагрузка, подъемники	0,20-0,30	0,50-0,70
Электросварка	0,6	0,35
Малярные, модельные	0,40-0,50	0,50-0,60
Склады открытые	0,20-0,30	0,60-0,70
Медеплавильные заводы		
Ватержакеты и отражательные печи	0,5	0,8
Цех рафинирования меди	0,6	0,75
Заводы цветной металлургии		
Цех электролиза	0,7	0,85
Отдел регенерации	0,5	0,8
Разливочная	0,4	0,7
Лаборатория	0,25	0,7
Аглоцех	0,5	0,8
Заводы черной металлургии		
Цех холодного проката	0,40-0,50	0,8
Цех горячего проката	0,50-0,60	0,8

Мартеновский цех	0,40-0,50	0,75
Доменный цех	0,45	0,75
Слябинг	0,5	0,8
Цех сталеплавильных печей	0,4	0,7
Цех проката жести	0,45	0,70-0,80
Обогатительные фабрики		
Цех обогащения	0,60-0,65	0,8
Цех дробления	0,40-0,45	0,75
Флотационный цех	0,60-0,70	0,75
Сгустители	0,50-0,55	0,7
Шаровые мельницы	0,50-0,60	0,8
Реагентный, баритовый цех	0,6	0,8
Золоизвлекательный цех	0,4	0,7
Цех мокрой магнитной сепарации	0,5	0,8
Дробильно-промывочный цех	0,40-0,50	0,8
Агломерационные фабрики		
Спекальный цех	0,5	0,7
Цех фильтрации	0,50-0,60	0,7
Цех рудничной мелочи	0,4	0,65
Цех шихты	0,4	0,65
Цех перегрузки	0,30-0,40	0,65
Сероулавливающее устройство	0,50-0,55	0,75
Алюминиевые заводы		
Блок мокрого размола и обработки	0,5	0,3
Выпарка, декомпозиция	0,55-0,60	0,85
Цех спекания, прокалывания	0,50-0,60	0,85
Цех выщелачивания, сгущения	0,40-0,50	0,8
Склады сырья	0,20-0,30	0,65
Заводы тяжелого машиностроения		
Главный корпус	0,30-0,40	0,65-0,70
Мартеновский цех	0,40-0,50	0,70-0,80
Кузнечный цех	0,40-0,45	0,75
Термический цех	0,50-0,60	0,65
Моторный цех	0,35	0,75
Арматурный цех	0,30-0,35	0,6
Рессорный цех	0,3	0,65
Сварочный цех	0,40-0,45	0,6
Аппаратный цех	0,3	0,7
Изоляционный цех	0,50-0,60	0,9
Лаковарочный цех	0,6	0,9
Эстакада	0,25	0,65
Цех пресс-порошка	0,40-0,50	0,85
Цех электролиза	0,5	0,8
Цех металлопокрытий	0,4	0,8
Экспериментальный цех	0,2	0,7
Трансформаторные заводы		
Главный корпус	0,4	0,80-0,85
Сварочный корпус	0,35	0,7

Аппаратный корпус	0,3	0,7
Изоляционный корпус	0,6	0,9
Лаковарочный корпус	0,4	0,8
Авторемонтные заводы		
Цех обмотки проводов	0,4	0,7
Кузовной цех	0,35	0,8
Цех обкатки автодвигателей	0,60-0,70	0,6
Станочное оборудование	0,25	0,6
Разборно-моечный цех	0,3	0,65
Судоремонтные заводы		
Главный корпус	0,4	0,8
Котельный цех	0,5	0,65
Сухой док	0,4	0,6
Плавающий док	0,5	0,7
Механические цеха	0,25-0,35	0,60-0,70
Автомобильные заводы		
Цех шасси и главный конвейер	0,35	0,75
Моторный цех	0,25	0,7
Прессово-кузовной цех	0,2	0,7
Кузнечный цех	0,2	0,75
Арматурно-агрегатный цех	0,2	0,7
Авиационные заводы		
Цех обработки блоков, поршней, шатунов и прочих деталей двигателей	0,35	0,7
Цех сборки, испытаний двигателей	0,4	0,8
Цех производства мелких деталей	0,3	0,7
Гальванический цех	0,5	0,85
Станция химводоочистки, канализации	0,6	0,8
Градирня	0,7	0,8
Склад кислот	0,3	0,7
Цех пластмасс	0,4	0,9
Штамповочный цех деталей корпуса самолета	0,4	0,6
Штамповочный цех деталей покрытия самолета	0,3	0,8
Цех сборки остова самолета	0,4	0,6
Цех полной сборки самолетов	0,4	0,7
Химические заводы и комбинаты		
Цех красителей	0,4	0,75
Цех натриевой соли	0,45	0,75
Цех хлорофоса, синильной кислоты	0,50-0,55	0,75
Цех метилхлорида, сульфата аммония	0,5	0,70-0,75
Цех холодильных установок	0,6	0,8
Склады готовой продукции	0,2	0,5
Надшахтные здания	0,7	0,80-0,85
Здания подъемных машин	0,60-0,70	0,80-0,85
Галереи транспортеров	0,35-0,40	0,60-0,80
Здание шахтного комбината	0,5	0,9
Эстакады и разгрузочные пункты	0,60-0,70	0,65-0,80
Цех обезвоживания	0,5	0,8

Башня Эстнера	0,5	0,7
Эстакада наклонного транспорта	0,4	0,8
Сушильное отделение	0,7	0,8
Корпус запасных резервуаров	0,3	0,8
Химлаборатория	0,3	0,8
Цех защитных покрытий	0,5	0,8
Нефтеперерабатывающие заводы		
Установка каталитического крекинга	0,50-0,60	0,8
Установка термического крекинга	0,65	0,85
Установка прямой гонки	0,50-0,60	0,75
Установка алкиляции, инертного газа	0,55	0,75
Электрообессоливающая, этилсмесительная установка	0,50-0,60	0,8
ЭЛОУ	0,50-0,60	0,8
Резервуарные парки	0,3	0,65
Коксохимические заводы		
Дезинтеграторное отделение	0,6	0,8
Перегрузочная станция дробления	0,5	0,7
Дозировочное отделение	0,4	0,8
Угольные ямы	0,7	0,75
Вагоноопрокидыватель	0,4	0,8
Коксовые батареи	0,60-0,70	0,85-0,90
Пекококсовая установка	0,7	0,8
Смолоразгонный цех	0,7	0,8
Дымососная установка	0,7	0,8
Бензольный цех	0,7	0,8
Насосная конденсата	0,6	0,7
Ректификация	0,6	0,75
Сероочистка	0,7	0,8
Углемойка	0,4	0,75
Холодильники аммиачной воды	0,5	0,8
Цементные заводы		
Шиферное производство	0,35	0,7
Сырьевые мельницы	0,50-0,60	0,8
Сушильный цех	0,40-0,50	0,85
Цементные мельницы	0,50-0,60	0,8
Шламбассейны	0,7	0,85
Клинкерное отделение	0,35-0,45	0,75
Цех обжига	0,40-0,50	0,80-0,90
Электрофильтры	0,4	0,75
Цех дробления	0,5	0,8
Химводоочистка	0,50-0,60	0,8
Склады сырья	0,20-0,30	0,6
Заводы абразивные и огнеупоров		
Цех шлифпорошков	0,5	0,8
Подготовительный цех	0,4	0,75
Цех шлифзерна, шлифизделий	0,40-0,50	0,75
Цех дробления	0,50-0,60	0,8
Цех переплавки пирита	0,6	0,85

Печной цех	0,6	0,9
Углеподготовка	0,40-0,50	0,75
Шамотный цех	0,40-0,45	0,7
Стекольный цех	0,5	0,75
Промышленные базы стройиндустрии		
Корпус дробления камня	0,40-0,60	0,75
Корпус промывки и сортировки	0,40-0,50	0,7
Корпус керамзитовых, бетонных и гончарных труб	0,4	0,7
Корпус железобетонных конструкций	0,30-0,40	0,7
Бетонно-смесительный цех	0,5	0,75
Цех силикатно-бетонных изделий	0,40-0,45	0,75
Цех производства шифера	0,40-0,45	0,75
Цех помола извести	0,5	0,7
Цех ячеистых бетонов	0,4	0,65
Цех гипсошлаковых изделий	0,4	0,65
Арматурный цех	0,35	0,6
Склады	0,25	0,6
Текстильные, трикотажные, ситценабивные меланжевые фабрики		
Прядильный цех	0,50-0,70	0,75
Ткацкий цех	0,60-0,70	0,8
Красильный, отбельный цех	0,50-0,55	0,70-0,80
Крутильный цех	0,50-0,60	0,8
Корпуса "медии", "утка" и др.	0,5	0,7
Сушильный, ворсовальный цех	0,40-0,50	0,75-0,80
Печатный цех	0,5	0,75
Вязальный, трикотажный цех и др.	0,40-0,50	0,7
Цех носочно-чулочных изделий	0,40-0,50	0,7
Цех капроно-нейлоновых изделий	0,50-0,60	0,75
Швейные мастерские	0,30-0,40	0,65
Основальный корпус	0,6	0,7
Кузнечно-сварочный цех	0,3	0,5
Опытный флотационный цех	0,7	0,8
Разгрузочное устройство	0,3	0,8
Главный корпус сальвинитовой фабрики	0,7	0,8
Научно-исследовательские и экспериментальные институты		
Главный корпус опытного завода	0,30-0,40	0,7
Машинный зал	0,5	0,8
Электрофизический корпус	0,4	0,75
Лаборатория низких температур	0,50-0,60	0,85
Корпус высоких напряжений	0,35	0,8
Лаборатория специальных работ	0,35	0,7
Деревообрабатывающие комбинаты и заводы		
Лесопильный завод	0,4	0,75
Сушильный цех	0,35	0,8
Биржа сырья	0,3	0,65
Цех прессованных плит	0,4	0,75
Столярный, модельный, деревообрабатывающий	0,25-0,35	0,7

Станкостроительный завод		
Главный корпус	0,5	0,6
Эстакада к главному корпусу	0,5	0,7
Станция осветления вод	0,7	0,85
Бумажные фабрики		
Бумажные машины	0,60-0,65	0,75
Дереворубка	0,40-0,45	0,65
Кислотный цех	0,5	0,8
Варосный цех	0,35	0,70-0,80
Отбельный цех	0,50-0,60	0,7
Тряпковарка	0,60-0,65	0,8
Лесотаски	0,35	0,6

Таблица А.2 – Взаимосвязь между коэффициентом спроса и коэффициентом использования

$K_{и}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$K_{с}$	0,5	0,6	0,65-0,70	0,75-0,80	0,85-0,90	0,92-0,95

Таблица А.3 – Коэффициенты спроса осветительных нагрузок

Характеристика помещения	$K_{со}$
Мелкие производственные здания и торговые помещения	1
Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
Производственные здания, состоящие из ряда отдельных помещений	0,85
Библиотеки, административные здания, предприятия общественного питания	0,9
Лечебные заведения и учебные учреждения, конторско-бытовые здания	0,8
Складские здания, электрические подстанции	0,6
Аварийное освещение	1,0

Таблица А.4 – Удельная мощность (плотность) осветительной нагрузки, Вт/м²

Наименование объекта	$P_{уд}$
Литейные и плавильные цеха	12-19
Механические и сборочные цеха	11-16
Электросварочные и термические цеха	13-15
Инструментальные цеха	15-16
Деревообрабатывающие и модельные цеха	15-18
Блоки вспомогательных цехов	17-18
Инженерные корпуса	16-20
Центральные заводские лаборатории	20-27
Заводы горно-шахтного оборудования	10-13
Освещение территории	0.16

Таблица А.5 – Значения коэффициентов разновременности на шинах (6-10 кВ) трансформаторов ГПП

Коэффициент разновременности $K_{p.m.}$		
при $K_{и} \leq 0,3$	$0,3 < K_{и} < 0,5$	при $K_{и} \geq 0,5$
0.75	0.8	0.85

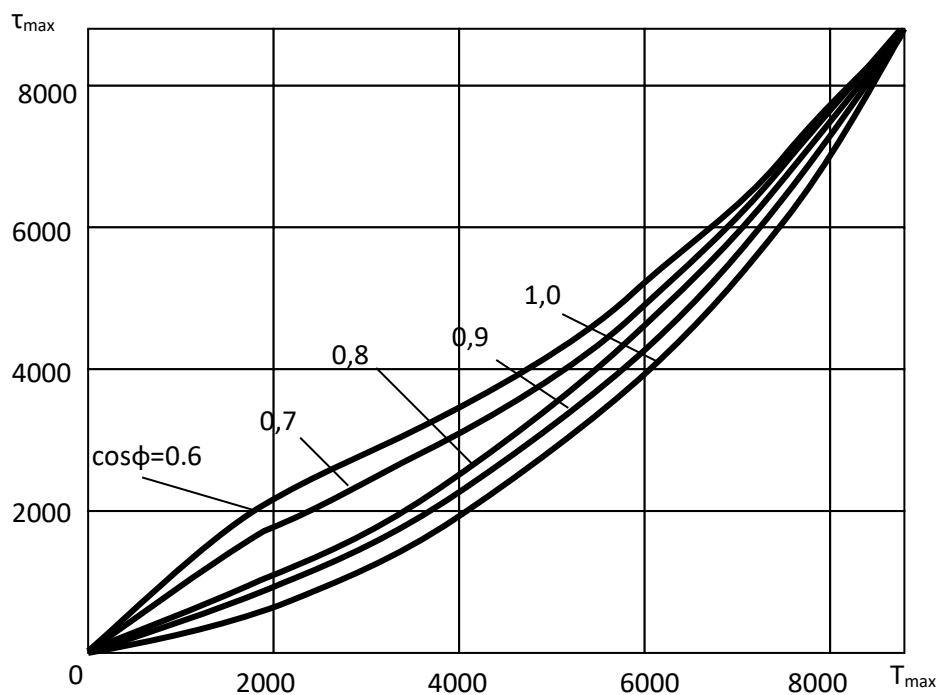


Рис. А.1. Зависимость времени максимальных потерь τ_{max} от продолжительности использования максимума нагрузки T_{max} и $\cos \phi$

Таблица А.6 – Указания по выбору и применению проводов и кабелей для силовых и осветительных сетей

Вид электропроводки	Способ прокладки проводов и кабелей	Марка проводов и кабелей	Характеристика помещений и зон по условиям среды																	
			Сухие с нормальной средой	Влажные	Сырые	Особо сырые	С химически активной средой	Пыльные	Жаркие	Пожароопасные				Взрывоопасные						Наружные установки
										П-I	П-II	П-IIa	П-III	В-I	В-Ia	В-Iб	В-II	В-IIa	В-Iг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Открытая по несгораемым и трудно сгораемым основаниям	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, лентах, полосах	АПРН, ПРН АПВ, ПВ1 АПРИ, ПРИ АППВ, ППВ АПРФ, ПРФ	+	+	+	+		+	+											
	По поверхности стен, потолков, покрытых сухой или мокрой штукатуркой на роликах и клицах	АППВ, ППВ АПРИ, ПРИ АПВ, ПВ1 ПРД, ПРВД	+	+	+	+		+												
	На изоляторах	АПРИ, ПРИ АПВ, ПВ1	+	+	+	+	+	+	+											
	На лотках и в коробах с открываемыми крышками	АПВ, ПВ1 АПРН, ПРН АПРФ, ПРФ	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+						+

продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Открытая по нестораемым и трудно стораемым основаниям	В электро-технических плинтусах	АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРИ, ПРИ АПРН, ПРН	+							+	+	+	+							
	В винипластовых трубах	АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН АПРТО, ПРТО	+	+	+	+	+													+
	В стальных трубах ⁹	АПРТО, ПРТО АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+	+	+	+			+	+ ⁶ + ⁷	+ ⁶ + ⁷	+ ⁶ + ⁷	+ ⁶ + ⁷	+ ⁴ + ⁵	+ ⁴ + ⁵	+	+	+	+	+
	На тросах	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПВ АВТУ АВТ АПРН, ПРН	+	+	+	+		+	+											+
			+	+	+	+		+	+											+

продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Открыто по сгораемым поверхностям и конструкциям	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, лентах и полосах	АПРФ, ПРФ АПРН, ПРН АППР, ППР	+	+	+	+		+	+											
	С подкладкой под провода несгораемых материалов	АПВ, ПВ1 АППВ, ППВ АПРИ, ПРИ	+	+	+	+		+												
	На роликах и клицах	АПРИ, ПРИ АПВ, ПВ1 ПРД, ПРВД	+	+	+	+														
	На изоляторах	АПРИ, ПРИ АПВ, ПВ1	+	+	+	+			+											
	На лотках и в коробах с открывающимися крышками	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	+	+	+	+		+	+											+
	В стальных трубах ⁹	АПРТО, ПРТО АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+							+
	На тросах	АВТВ, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН АВТВУ АВТ АВТУ	+	+	+	+		+	+											+

продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Скрыто по несгораемым и трудносгораемым конструкциям и поверхностям	Непосредственно в винипластовых трубах по поверхностям стен и потолков	АПВ, ПВ1, АПРТО, ПРТО АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+	+	+	+	+													+
	В полиэтиленовых трубах, замоноличенных в бороздах и т.п., в сплошном слое несгораемых материалов ¹¹	АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН АПРТО, ПРТО	+	+	+	+	+													+
	В стальных трубах и глухих стальных коробах непосредственно	АПРТО, ПРТО АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+	+	+	+			+	+ ⁶ + ⁷	+ ⁶ + ⁷	+ ⁶ + ⁷	+ ⁶ + ⁷	+ ⁴ + ⁵	+ ⁴ + ⁵	+	+	+	+	+
	В каналах несгораемых строительных конструкций (стенных панелей, перегородок, сплошных панелей, перекрытий) ¹⁵	АППВС, ППВС АПВ, ПВ1	+	+	+	+		+												

продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Скрыто по несгораемым и трудносгораемым конструкциям и поверхностям	По стенам, перегородкам и перекрытиям ¹² в сухой или мокрой штукатурке ¹³ , поверх несгораемых плит перекрытий под чистым полом, в пределах чердака или кровли поверх этажа ¹⁴ , в бороздах железобетонных и крупнопанельных плит ¹²	АППВС, ППВС	+	+	+	+		+												
Скрыто по сгораемым конструкциям	В винипластовых трубах с подкладкой под трубы несгораемых материалов ¹⁰ с последующим заштукатуриванием ¹⁶	АПВ, ПВ1, АПРТО, ПРТО АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+	+	+	+	+	+												+
			+	+	+	+	+	+												+

окончание табл. А.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Скрыто по сгораемым конструкциям	В стальных трубах и глубоких стальных коробах непосредственно	АПРТО, ПРТО АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+							+
	По стенам, перегородкам в сухой ¹⁷ или мокрой ¹⁸ штукатурке	АППВС, ППВС	+	+	+			+												
Открыто по несгораемым и сгораемым конструкциям	Непосредственно по поверхностям стен и потолков, на лотках и в коробах с открывающимися крышками	АВВГ, ВВГ, АВРГ, ВРГ АНРГ, НРГ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+
	На тросах	АВВГ, ВВГ, АВРГ, ВРГ АНРГ, НРГ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+

Пояснения к табл. А.6

¹ На роликах для сырых мест.

² В жилых и общественных зданиях при реконструкции.

³ Только в коробах с открываемыми крышками.

⁴ Только ПРТО.

⁵ Только ПВ1.

⁶ ПРТО в тех случаях, когда требуется применение проводов с медными жилами.

⁷ ПВ1 в тех случаях, когда требуется применение проводов с медными жилами.

⁸ Внутри зданий в сельской местности.

⁹ Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенки 2 мм и менее в сырых и особо сырых помещениях и в наружных установках.

¹⁰ С подкладной листового асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающего в обе стороны от провода или трубы на 10 мм.

¹¹ В сплошном слое штукатурки, алебастрового, цементного раствора или асбеста толщиной не менее 10 мм.

¹² В заштукатуриваемой борозде, в сплошном слое алебастрового намета толщиной не менее 5 мм или под слоем листового асбеста толщиной не менее 3 мм.

¹³ Под слоем мокрой штукатурки толщиной не менее 5 мм.

¹⁴ Под слоем цементного или алебастрового намета толщиной не менее 10 мм.

¹⁵ То же путем закладки (замоноличивания) проводов в несгораемые конструкции при их изготовлении.

¹⁶ Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки или алебаstra толщиной не менее 10 мм.

¹⁷ В сплошном слое алебастрового (цементного) намета толщиной не менее 10 мм или между двумя слоями листового асбеста толщиной не менее 3 мм.

¹⁸ Под слоем мокрой штукатурки с подкладкой под провод слоя листового асбеста толщиной не менее 3 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 10 мм, выступающих с каждой стороны провода не менее чем на 10 мм.

Таблица А.7 – Буквенные обозначения марок кабелей

Символ	Место написания в обозначении марки	Значение
А	Впереди обозначения	Материал жил – алюминий
Не имеет символа	–	Материал жил – медь
А	Впереди обозначения (для кабелей с алюминиевыми жилами после символа материала жил)	Оболочка – алюминий
С	То же	Оболочка – свинец
СТ	То же	Оболочка – стальная гофрированная
В	То же	Оболочка – поливинилхлорид
Н	То же	Оболочка – наирит (негорючая резина)
П	То же	Оболочка – полиэтилен
Р	В середине обозначения	Изоляция жил – теплостойкая резина
В	То же	Изоляция жил – поливинилхлорид
П	То же	Изоляция жил – полиэтилен
Пс	То же	Изоляция жил – самозатухающий полиэтилен
Пв	То же	Изоляция жил – вулканизированный полиэтилен
Не имеет символа	То же	Изоляция жил – бумажная, нормально пропитанная
В	В конце обозначения через дефис	Изоляция жил – бумажная, 202беднено-пропитанная
Ц	В начале обозначения	Изоляция жил – бумажная, пропитанная нестекающей массой на основе церезина
Б	В конце обозначения	Защитный покров – броня из стальной ленты
П	В конце обозначения	Защитный покров – броня из плоской стальной оцинкованной проволоки
Символ	Место написания в обозначении марки	Значение
К	То же	Защитный покров – броня из круглой стальной оцинкованной проволоки
Г	То же	Указывает на отсутствие джутовой оплетки поверх брони
О	Перед символом С	Характеризует кабели с отдельно освинцованными жилами
О	Перед символом В	Характеризует кабели с отдельно экранированными жилами под

		поливинилхлоридной оболочкой каждой жилы
Шв	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из поливинилхлоридного пластика
Шп	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из полиэтилена
в	После буквы, обозначающей тип брони	Указывает на наличие усиленной подушки под броню, накладываемой поверх алюминиевой оболочки для защиты ее от коррозии
б	То же	Отсутствие подушки у защитного покрова
л	То же	Усиленная подушка у защитного покрова
2л	То же	Особо усиленная подушка у защитного покрова
н	То же	Негорючий наружный покров у защитного покрова
–1к, –2к	В конце обозначения, после тире	С одной или двумя контрольными жилами
Т, ТС	То же	В тропическом исполнении

Таблица А.8 – Марки кабелей, рекомендуемых для прокладки в земле (траншеях)

Область применения	Кабель прокладывается на трассе	С бумажной пропитанной изоляцией		С пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой ¹
		В процессе эксплуатации не подвергается растягивающим усилиям	В процессе эксплуатации подвергается растягивающим усилиям	В процессе эксплуатации не подвергается растягивающим усилиям
В земле (траншеях) с низкой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБл, АСБ ¹	ААПл, АСПл ¹	АВВГ ² , АПсВГ ² , АПвВГ ² , АПВГ ²
	С наличием блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБ2л, АСБ ¹	ААП2л, АСПл ¹	АВВБ, АПВБ, АПсВБ, АППБ, АПвПБ, АПБ6Шв, АПвБ6Шв, АВБ6Шв, АВБ6Шп, АПсБ6Шв
В земле (траншеях) со средней коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБл, ААБ2л, АСБ ¹ , АСБл ¹	ААПл, АСПл ¹	АПАШп, АПАШв, АВАШв, АПсАШв, АВРБ, АНРБ, АВАБл, АПАБл
	С наличием блуждающих токов	ААШп, ААШв ³ , ААБ2л, ААБв, АСБл ¹ , АСБ2л ¹	ААП2л, АСПл ¹	

В земле (траншеях) с высокой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШп, ААШв ³ , ААБ2л, ААБ2лШв, ААБ2лШп, ААБв, АСБл ¹ , АСБ2л ¹	ААП2лШв, АСП2л ¹	АПАШп, АПАШв, АВАШв, АПсАШв, АВРБ, АНРБ, АВАБл, АПАБл
	С наличием блуждающих токов	ААШп, ААБв, АСБ2л ¹ , АСБ2лШв ¹	ААП2лШв, АСП2л ¹	

¹ Применение кабелей в свинцовой оболочке должно быть в каждом конкретном случае технически обосновано в проектной документации.

² Кабели на номинальное напряжение до 1 кВ включительно.

³ Подтверждается опытом эксплуатации.

⁴ Для прокладки на трассах без ограничения разности уровней.

Примечания. 1. Кабели с пластмассовой изоляцией в алюминиевой оболочке не следует применять для прокладки на трассах с наличием блуждающих токов в грунтах с высокой коррозионной активностью.

Таблица А,9 – Длительно допустимый ток для неизолированных проводов

Сечение, мм ²	Наружный диаметр, мм		Сечение (алюминий/сталь), мм ²	Ток I _д , А, для проводов марок						Сопротивление постоянному току при 20° С, r ₀ , Ом/км	
	А и М	АС		АС, АСКС, АСК, АСКП		М	А и АКП	М	А и АКП	М	АС, АСК, АСКП
				вне помещений	внутри помещений	вне помещений		внутри помещений			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	3,5	4,4	10/1,8	84	53	95	—	60	—	1,79	3,16
16	5,1	5,4	16/2,7	111	79	133	105	102	75	1,13	1,80
25	6,3	6,6	25/4,2	142	109	183	136	137	106	0,72	1,176
35	7,5	8,3	35/6,2	175	135	223	170	173	130	0,515	0,79
50	9,6	9,9	50/8	210	165	275	215	219	165	0,36	0,6
70	10,6	11,7	70/11	265	210	337	265	268	210	0,27	0,43
95	12,4	13,9	95/16	330	260	422	320	341	255	0,19	0,30
120	14,0	15,3	120/19	390	313	485	375	395	300	0,154	0,245
			120/27	375	—						0,249
150	15,8	17	150/19	450	365	570	440	465	355	0,122	0,195
			150/24	450	365						0,194
			150/34	450	—						0,196
185	17,5	19,1	185/24	520	430	650	500	540	410	0,099	0,154
			185/29	510	425						0,159
			185/43	515	—						0,156
240	20,1	21,5	240/32	605	505	760	590	685	490	0,077	0,118
			240/39	610	505						0,122
			240/56	610	—						0,12
300	22,2	24,4	300/39	710	600	880	680	740	570	0,063	0,096
			300/48	690	585						0,098
			300/66	680	—						0,10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
400	25,6	27,8	400/22 400/51 400/64	830 825 860	713 705 —	1050	815	895	690	0,047	0,073 0,073 0,074
500	—	—	500/27 500/64	960 945	830 815	—	980	—	820	—	—
600	—	—	600/72	1050	920	—	1100	—	955	—	—
700	—	—	700/86	1180	1040	—	—	—	—	—	—

Таблица А.10 – Поправочные коэффициенты на допустимые длительные токи для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли

Характеристика земли	Удельное тепловое сопротивление земли, Ом·град/Вт	Поправочный коэффициент
Песок с влажностью более 9 %, песчано-глинистая почва с влажностью более 1 %	80	1,05
Нормальная почва и песок с влажностью 7–9%, песчано-глинистая почва с влажностью 12–14%	120	1
Песок с влажностью 7 %, песчано-глинистая почва с влажностью 8–12 %	200	0,87
Песок с влажностью до 4 %, каменистая почва	300	0,75

Поправочные коэффициенты на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Таблица А.11 – Экономическая плотность тока

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм ² , при числе часов использования максимума нагрузки, ч/год		
	1000-3000	3000-5000	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

Технические данные подстанций внутренней установки приведены в таблице А.1, а наружной установки – в таблице А.11.

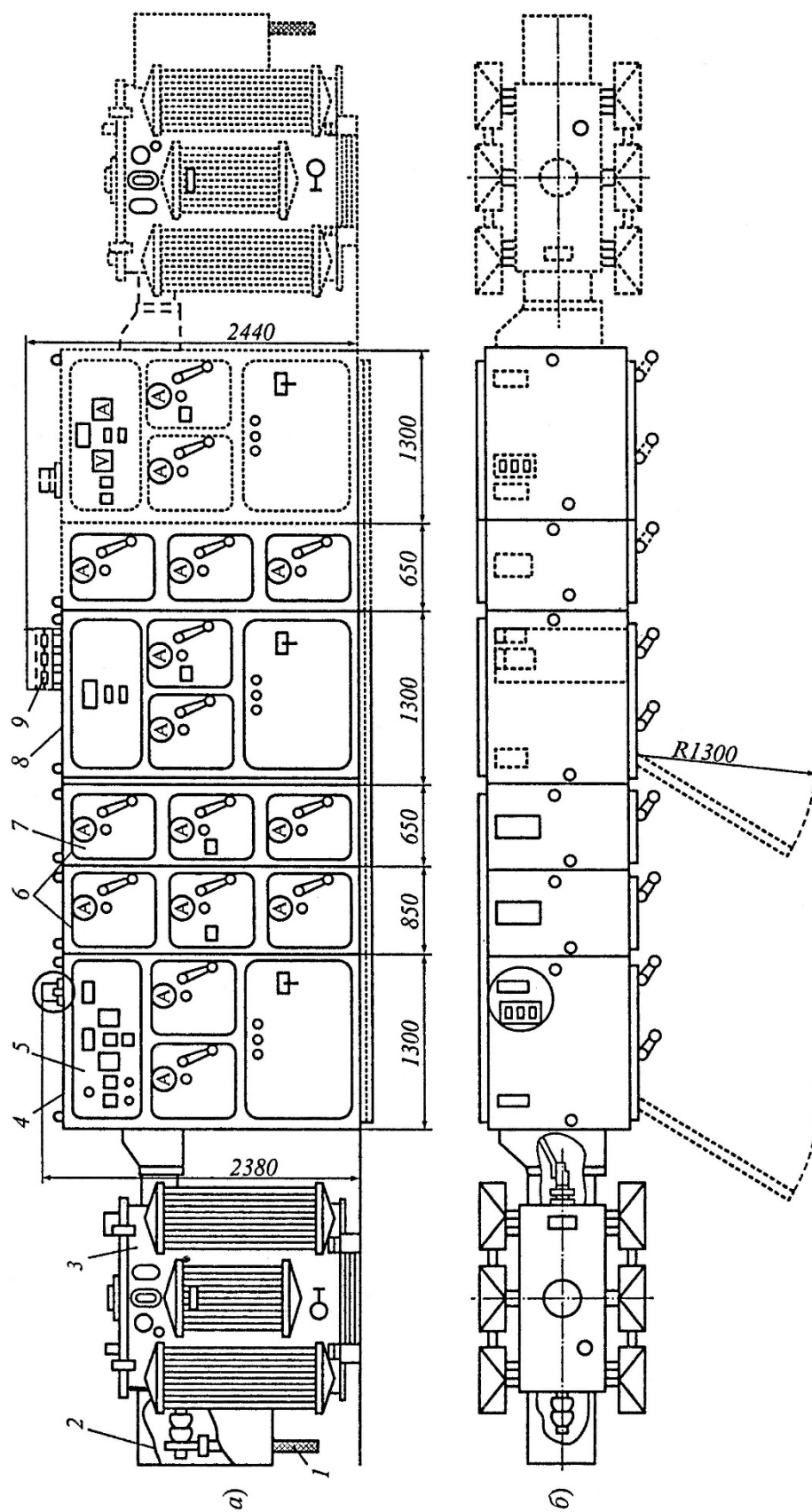


Рис. А.2. Комплектная двухтрансформаторная подстанция мощностью 630...1000 кВ·А для внутренней установки с
однорядным расположением оборудования:

а – вид спереди, б – план; 1 – кабель ВН; 2 – шкаф ввода ВН; 3 – силовой трансформатор; 4 – шкаф ввода НН; 5 – отсек приборов; 6 – шкаф отходящий линий НН; 7 – секционный шкаф НН или шкаф отходящих линий; 8 – шинный короб; 9 – окно для вывода кабеля вверх.

Таблица А.12

**Технические характеристики КТП напряжением 6/10 кВ общего назначения для
внутренней установки**

Тип	Мощность трансформатора, кВ·А	Тип трансформатора	Комплектуемое оборудование	
			Шкафы ВН	Шкафы НН
КТП 250/6 и 10/0,4	250	ТМФ-250/10	—	—
2КТП 250/6 и 10/0,4	2×250	ТМФ-250/10	—	—
КТП 400/6 и 10/0,4	400	ТМФ-400/10	ВВ-1	КРН-5
2КТП 400/6 и 10/0,4	2×400	ТМФ-400/10	ВВ-1	КРН-5
КТП 630/6 и 10/0,4	630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
2КТП 630/6 и 10/0,4	2×630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
КТПМ 630/6 и 10/0,4	630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
2КТПМ 630/6 и 10/0,4	2×630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-9
КТП 630	630	ТМЗ-630/10	ВВ-2	КН-2
2КТП 630	2×630	ТСЗ-630/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-2, КН-3, КН-4
КТП 1000	1000	ТМЗ-1000/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-2, КН-3, КН-4
2КТП 1000	2×1000	ТСЗ-1000/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-5, КН-6, КН-17, КН-20
КТПМ 1000	1000	ТСЗ-1000/10	ШВВ-3	ШНВ-1М, ШНЛ-1М
2КТПМ 1000	2×1000	ТСЗ-1000/10	ШВВ-3	ШНВ-1М, ШНЛ-1М
КТПМ 1600	1600	ТСЗ-1600/10	ШВВ-3	ШНС-1М
2КТПМ 1600	2×1600	ТСЗ-1600/10	ШВВ-3	ШНВ-2М, ШНС-2М
КТПУ 630	630	ТМЗ-630/10	ВВ-2	ШН-2М, ШН-4М
2КТПУ 630	2×630	ТНЗ-630/10	ШВВ-3	ШН-5; ШН-8
КТПУ 1000	1000	ТМЗ-1000/10	ШВВ-3	ШН-10
2КТПУ 1000	2×1000	ТНЗ-1000/10	ШВВ-3	ШН-10
КТПУ 1600	1600	ТМЗ-1600/10	ШВВ-3	ШН-9
2КТПУ 1600	2×1600	ТНЗ-1600/10	ШВВ-3	ШН-9
КТПМ 1000	1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ШВВ-5 с выключателем	ШНВ-1М, ШНВ-2М
2КТПМ 1000-6/0,4	2×1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ШВВ-5 с выключателем	ШНЛ-1М, ШНЛ-2М
2КТПМ 1000-6/0,69	2×1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ВН-11 или глухой	ШНС-1М, ШНС-2М

окончание табл. А.13

Тип	Мощность трансформатора, кВ·А	Тип трансформатора	Комплектуемое оборудование	
			Шкафы ВН	Шкафы НН
КТПМ 1600/10	1600	ТМЗ, ТНЗ-1600/10	ВН-11 или глухой	ШНВ-2М, ШНВ-3М
2КТПМ 1600/10	2×1600	ТМЗ, ТНЗ-1600/10	ВН-11 или глухой	ШНЛ-2М, ШНС-2М
КТПМ 2500-10/0,4	2500	ТНЗ-2500/10	ШВВ-3	ШНЛ-2К, ШНЛ-3К
2КТПМ 2500-10/0,69	2×2500	ТНЗ-2500/10	ШВВ-3	ШНС-3К, ШНВ-2К

Примечания. 1. Блок высоковольтного ввода выполняется трех типов: ВВ-1 – с глухим присоединением кабеля; ВВ-2 – с присоединением кабеля через разъединитель; ВВ-3 – с присоединением кабеля через разъединитель и предохранитель. 2. Буквы М и У в обозначении типов КТП соответственно обозначают: модифицированная и унифицированная.

Таблица А.14 – Технические характеристики комплектных трансформаторных подстанций наружной установки типа КТПН-72М напряжением 6/10 кВ

Показатель	КТПН-72М-160	КТПН-72М-250	КТПН-72М-400
Мощность трансформатора, кВ·А	160	250	400
Разъединитель	ВРЗ-10-400	ВРЗ-10-400	ВРЗ-10-400
Привод	ПР-10	ПР-10	ПР-10
Ввод	Кабельный	Кабельный	Кабельный

Примечание. КТПН поставляются без силовых трансформаторов.

Таблица А.15 – Шкафы распределительные серии ШР11

Тип шкафа	Аппараты ввода		Число трехфазных групп и номинальные токи, А, предохранителей отходящих линий
	Тип и номинальные токи, А		
	рубильник	предохранитель	
ШР11-73701			5×60
ШР11-73702	P16-353	—	5×100
ШР11-73703	250 А		2×60 + 3×100
ШР11-73504			8×60
ШР11-73505			8×100
ШР11-73506	P16-373		8×250
ШР11-73707	400 А	—	3×100 + 2×250
ШР11-73708			5×250
ШР11-73509			4×60 + 4×100
ШР11-73510			2×60 + 4×100 + 2×250
ШР11-73511			6×100 + 2×250

ШР11-73512			8×60
ШР11-73513	P16-373		8×100
ШР11-73514	400 А	400	8×250
ШР11-73515			4×60 + 4×100
ШР11-73516			2×60 + 4×100 + 2×250
ШР11-73517			6×100 + 2×250

Примечания.

1. Шкафы выпускаются по степени защиты оболочки шкафа в двух исполнениях IP22 и IP54 (структура обозначения приведена на рис.4.2), что отражается в обозначении шкафа введением дополнительно к марке шкафа обозначения 22УЗ или 54У2, например, ШР11-73701-22УЗ и ШР11-73701-54У2.

Пункты распределительные серии ПР11

Типоисполнение пункта			Номинальный ток пункта, А	Тип вводного выключателя	Кол-во линейных трехполюсных выключателей
Навесное	Напольное	Утопленное			
1	2	3	4	5	6
<i>Пункты с линейными автоматами АЕ2030</i>					
ПР11-3011	—	—	90	—	4
ПР11-3012	—	—	90	АЕ2056	4
ПР11-3017	—	—	144	—	6
ПР11-3018	—	—	144	А3710	6
ПР11-3025	—	—	225	—	8
ПР11-3026	—	—	225	А3720	8
ПР11-3035	—	—	225	—	10
ПР11-3036	—	—	225	А3720	10
1	2	3	4	5	6
<i>Пункты с линейными выключателями АЕ2040</i>					
ПР11-3047	—	ПР11-1047	90	—	2
ПР11-3048	—	ПР11-1048	90	АЕ2056	2
ПР11-3053	—	—	225	—	4
ПР11-3054	—	—	225	А3720	4
ПР11-3059	—	ПР11-1059	225	—	6
ПР11-3060	—	ПР11-1060	225	А3720	6
ПР11-3067	—	ПР11-1067	225	—	8
ПР11-3068	—	ПР11-1068	225	А3720	8
ПР11-3077	ПР11-7077	ПР11-1077	225	—	10
ПР11-3078	ПР11-7078	ПР11-1078	225	А3720	10
ПР11-3089	—	ПР11-1089	360	—	6
ПР11-3090	—	ПР11-1090	360	А3730	6
ПР11-3097	—	ПР11-1097	360	—	8
ПР11-3098	—	ПР11-1097	360	А3730	8
ПР11-3107	ПР11-7107	ПР11-1107	360	—	10
ПР11-3108	ПР11-7108	ПР11-1108	360	А3730	10
<i>Пункты с линейными выключателями АЕ2050</i>					
ПР11-3117	—	—	225	—	4

ПР11-3118	—	—	225	A3720	4
ПР11-3119	ПР11-7119	—	360	—	6
ПР11-3120	ПР11-7120	—	360	A3730	6
ПР11-3121	ПР11-7121	—	567	—	8
ПР11-3122	ПР11-7122	—	567	A3730 или A3740	8
—	ПР11-7123	—	567	—	12
—	ПР11-7124	—	567	A3730 или A3740	12

Примечания.

1. Пункты могут быть выполнены по степени защиты IP-21 и IP-54 (54 исполнение) и по климатическому исполнению и категории размещения У3, У1, Т3, Т1, ХЛ2, ХЛ3, ХЛ4.

2. Данные пунктов с однополюсными выключателями и комбинацией одно- и трехполюсных см. в [9].

Пункты распределительные серии ПР24 укомплектованы автоматическими выключателями серии А3700. В зависимости от схемы в шкафах устанавливается 4, 6, 8 или 12 линейных автоматов. В таблице 4.5 приведены параметры и комплектация некоторых типов распределительных пунктов ПР24.

Пункты распределительные серии ПР24 трехполюсного исполнения

Распределительный пункт				Встраиваемый выключатель					
Навесное исполнение	Напольное исполнение		Допустимый ток, А	Вводной			Линейный (количество выключателей типов)		
Способ монтажа внешних проводников				Тип	Количество	Пределы регулирования номинального тока расцепителя, А	А3726ФУ3 и А3722ФУ3*	А3716ФУ3 и А3712ФУ3**	А3716ФУ3***
Сверху и снизу проводами и кабелями с резиновой или с пластмассовой изоляцией		Снизу кабелями с бумажной изоляцией							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПР24-3101(3401)	ПР24-5101(5401)	ПР24-7101(7401)	630(700)	—	—	—	2	2	—
ПР24-3102(3402)	ПР24-5102(5402)	ПР24-7102(7402)	630(700)	—	—	—	—	4	—
ПР24-3103(3403)	ПР24-5103(5403)	ПР24-7103(7403)	630(700)	—	—	—	2	4	—
ПР24-3104(3404)	ПР24-5104(5404)	ПР24-7104(7404)	630(700)	—	—	—	—	2	4
ПР24-3105(3405)	ПР24-5105(5405)	ПР24-7105(7405)	630(700)	—	—	—	—	6	—
ПР24-3206(3506)	ПР24-5206(5506)	ПР24-7206(7506)	630(700)	—	—	—	2	2	4
ПР24-3207(3507)	ПР24-5207(5507)	ПР24-7207(7507)	630(700)	—	—	—	—	4	4
ПР24-3208(3508)	ПР24-5208(5508)	ПР24-7208(7508)	630(700)	—	—	—	—	6	2
ПР24-3309(3609)	ПР24-5209(5509)	ПР24-7209(7509)	630(700)	—	—	—	—	—	12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПР24-3310(3610)	ПР24-5210(5510)	ПР24-7210(7510)	630(700)	—	—	—	—	2	10
ПР24-3311(3611)	ПР24-5211(5511)	ПР24-7211(7511)	630(700)	—	—	—	—	4	8
ПР24-3312(3512)	ПР24-5212(5512)	ПР24-7212(7512)	550(600)	A3744C	1	400-630	2	2	—
ПР24-3213	ПР24-5213	ПР24-7213	420	A3734C	1	250-400	—	2	2
ПР24-3214(3514)	ПР24-5214(5514)	ПР24-7214(7514)	550(600)	A3744C	1	400-630	—	4	—
ПР24-3215(3515)	ПР24-5215(5515)	ПР24-7215(7515)	550(600)	A3744C	1	400-630	2	2	2
ПР24-3216(3319)	ПР24-5216(5219)	ПР24-7216(7219)	420	A3734C	1	250-400	—	—	6(8)
ПР24-3217(3517)	ПР24-5217(5517)	ПР24-7217(7517)	550(600)	A3744C	1	400-630	—	2	4
ПР24-3218(3518)	ПР24-5218(5518)	ПР24-7218(7518)	550(600)	A3744C	1	400-630	—	6	—
ПР24-3320(3620)	ПР24-5220(5520)	ПР24-7220(7520)	550(600)	A3744C	1	400-630	—	—	8
ПР24-3321(3621)	ПР24-5221(5521)	ПР24-7221(7521)	550(600)	A3744C	1	400-630	—	2	6
ПР24-3322(3622)	ПР24-5222(5522)	ПР24-7222(7522)	550(600)	A3744C	1	400-630	—	4	4
ПР24-3223(3523)	ПР24-5223(5523)	ПР24-7223(7523)	550(600)	A3748H	1	—	2	2	—
ПР24-3224(3524)	ПР24-5224(5524)	ПР24-7224(7524)	480(520)	A3738H	1	—	—	2	2
ПР24-3225(3525)	ПР24-5225(5525)	ПР24-7225(7525)	550(600)	A3748H	1	—	—	4	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПР24-3226(3526)	ПР24-5226(5526)	ПР24-7226(7526)	550(600)	A3748H	1	—	2	2	2
ПР24-3227(3527)	ПР24-5227(5527)	ПР24-7227(7527)	480(520)	A3738H	1	—	—	—	6
ПР24-3228(3528)	ПР24-5228(5528)	ПР24-7228(7528)	550(600)	A3748H	1	—	—	2	4
ПР24-3229(3529)	ПР24-5229(5529)	ПР24-7229(7529)	550(600)	A3748H	1	—	—	6	—
ПР24-3330(3630)	ПР24-5230(5530)	ПР24-7230(7530)	480(520)	A3738H	1	—	—	—	8
ПР24-3331(3631)	ПР24-5231(5531)	ПР24-7231(7531)	550(600)	A3748H	1	—	—	—	8
ПР24-3332(3632)	ПР24-5232(5532)	ПР24-7232(7532)	550(600)	A3748H	1	—	—	2	6
ПР24-3333(3633)	ПР24-5233(5533)	ПР24-7233(7533)	550(600)	A3748H	1	—	—	4	4

Примечания.

1. В скобках указаны пункты с другими допустимыми токами при той же комплектности.
2. Пункты выпускаются по степени защиты в двух исполнениях – IP21 и IP54, что отражается в обозначении пункта введением дополнительно к марке пункта обозначений 21УЗ или 54УЗ, например ПР24-3101-21УЗ и ПР24-3101-54УЗ.
3. * номинальный ток термобиметаллических расцепителей выключателей типов: А3726ФУЗ–(160-250)А, А3722ФУЗ–160А; ** – то же, для типов А3716ФУЗ–(16-160)А, А3712ФУЗ–160А; *** – то же, для типов А3716ФУЗ–(16-80)А.

Распределительные пункты серии ПР85 и ПР87 выпускаются на номинальные токи от 160 до 630 А. Комплекуются автоматическими выключателями серии ВА50 и предназначены для распределения электроэнергии и защиты электроустановок при перегрузках и токах КЗ, для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей и пуска асинхронных двигателей.

Пункты имеют исполнения по номинальному току – 160, 250, 400 и 630 А, по степени защиты оболочки – IP21 и IP54, по способу установки – напольное, навесное и утопленное. Пункты серии ПР85 предназначены для эксплуатации в сетях напряжением до 660 В переменного тока, а серии ПР87 – в сетях напряжением до 220 В постоянного тока. Пункты могут иметь на вводе автоматические выключатели серии ВА51, ВА55 и ВА56. В качестве линейных выключателей в пунктах устанавливаются автоматические выключатели однополюсные ВА51-29 и трехполюсные ВА51-31 и ВА51-35. Широкий диапазон номинальных токов расцепителей автоматических выключателей позволяет осуществить защиту электрических цепей и установок различного назначения.

Структура условного обозначения распределительных пунктов приведена на рис. 4.3, 4.4, а параметры и комплектация – в таблицах 4.6 и 4.7.

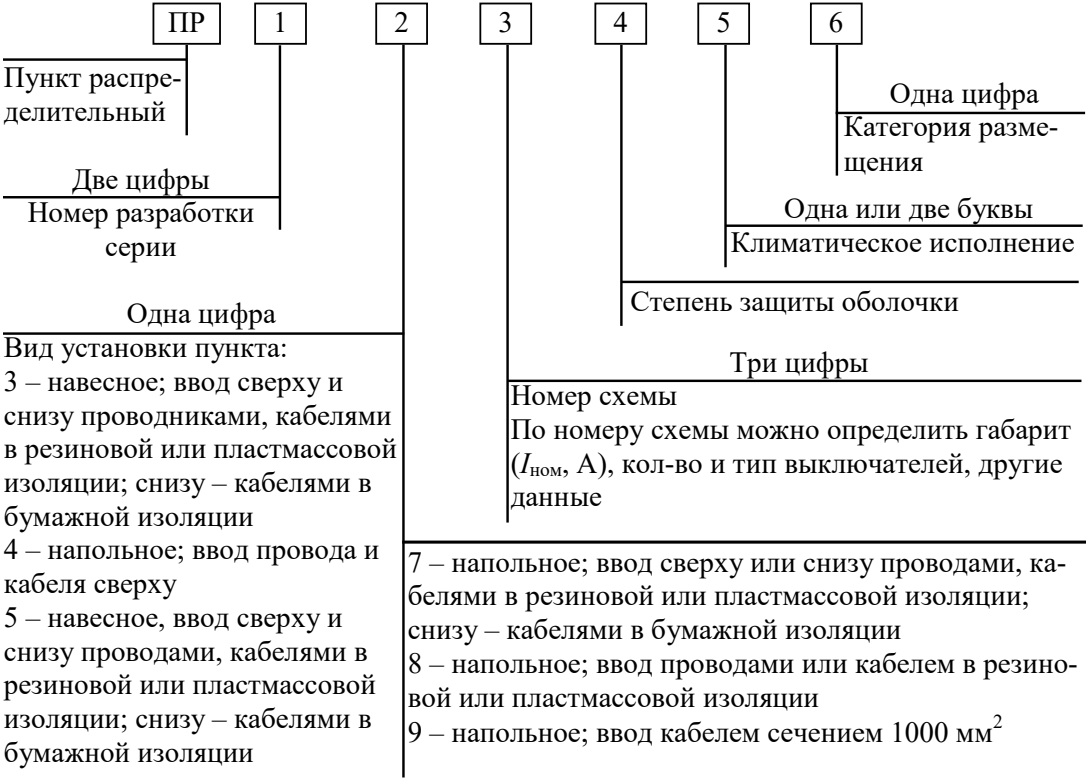


Рис. А.3. Структура условного обозначения распределительных пунктов серии ПР85 и ПР87



Рис. А.4. Пример условного обозначения распределительного пункта серии ПР85
Технические данные распределительных пунктов серии ПР85 с трехполюсными линейными выключателями

Номер схемы	I_n , А	Рабочий I_n , А. при исполнении		Количество трехполюсных линейных выключателей	
		IP21Y3	IP54 УХЛ2, Т2	BA51-31	BA51-35
1	2	3	4	5	6
<i>С зажимами на вводе</i>					
153	630	504	473	–	2
154				2	2
155				4	2
156				6	2
157				8	2
<i>С выключателем BA51-39 на вводе</i>					
090	630	504	473	6	–
091				8	–
092				10	–
093				12	–
094				–	4
095				2	2
096				4	2
097				6	2
098				8	2
1	2	3	4	5	6
<i>С выключателем BA55-39 на вводе</i>					
115	630	504	473	6	–
116				8	–
117				10	–

118				12	—
119				—	4
120				2	2
121				4	2
122				6	2
123				8	2
<i>С выключателем ВА56-39 на вводе</i>					
140	630	504	473	6	—
141				3	—
142				10	—
143				12	—
144				—	4
145				2	2
146				4	2
147				6	2
148				8	2

Примечание. ПР 85 по схемам 153...155 имеют только навесное исполнение (IP21 и IP54), все остальные – навесное и напольное исполнение (IP21 и IP54).

Технические данные распределительных пунктов серии ПР 85 с одно- и трехполюсными линейными выключателями

Номер схемы	I_n , А	Рабочий I_n , А, при исполнении		Количество ВА51-31 линейных	
		IP21У3	IP54 УХЛ2, Т2	1-полюсн.	3-полюсн.
1	2	3	4	5	6
<i>С зажимами на вводе</i>					
001	160	120	120	3	—
002				6	—
003				3	1
004				—	2
005				12	—
006				6	2
007				—	4
008				18	—
009				12	2
010				6	4
011				—	6
012	250	200	183	12	2
013				6	2
014				—	4
015				18	—
1	2	3	4	5	6
016				12	2
017				6	4
018				—	6
019				24	—
020				18	—
021				12	4
1	2	3	4	5	6

022	250	200	183	6	6
023				—	8
024				30	—
025				24	2
026				18	4
027				12	6
028				6	8
029				—	10
030	400	320	300	18	—
031				12	2
032				6	4
033				—	6
034				24	—
035				18	2
036				12	4
037				6	6
038				—	8
039				30	—
040				24	2
041				18	4
042				12	6
043				6	8
044				—	10
149	630	504	473	—	6
150				—	8
151				—	10
152				—	12

С выключателем BA51-33 на вводе

045	160	128	120	3	—
046				6	—
047				3	1
048				—	2
049				12	—
050				6	2
051				—	4
052				18	—
053				12	2
054				6	4
055				—	6

С выключателем BA51-35 на вводе

056	250	200	188	12	—
057				6	2
058				—	4
059				18	—
060				12	2
061				6	4
062				—	6
063				24	—

064				18	2
065				12	4
066				6	6
067				—	8
068				30	—
069				24	2
070				18	4
071				12	6
072				6	8
073				—	10
<i>С выключателем ВА51-37 на вводе</i>					
074	400	320	300	—	4
075				18	—
076				—	2
077				6	4
078				—	6
079				24	—
080				18	2
081				12	4
082				6	6
083				—	8
084				30	—
085				24	2
086				18	4
087				12	6
088				18	—
089				—	10
<i>С выключателем ВА55-37 на вводе</i>					
099	400	320	300	—	4
100				18	—
101				12	2
102	400	320	300	6	4
103				—	6
104				24	—
105				18	2
106				12	4
107				6	6
108				—	8
109				30	—
110				24	2
111				18	4
112				12	6
113				6	8
114				—	10
<i>С выключателем ВА56-37 на вводе</i>					
124	400	320	300	—	4

125				18	—
126				12	2
127				6	4
128				—	6
129				24	—
130				18	2
131				12	4
132				6	6
133				—	8
134				30	—
135				24	2
136				18	4
137				12	6
138				6	8
139				—	10

Примечание. Пункты ПР 85 по схемам 001...089 по способу установки имеют исполнение навесное (степень защиты IP21 и IP54) или утопленное (IP21), а по схемам 099...114, 124...139, 152 – навесное и напольное (IP21 и IP54).

Технические данные предохранителей ПР2

Номинальный ток, А		Наибольший отключаемый ток (действующее значение), А				Назначение
Предохра- нителей	Плавких вставок	Исполнение 1		Исполнение 2		
		при напряжении, В				
		220	380	380	500	
15	6; 10; 15	1200	800	8000	7000	Предназначены для работы в сетях постоянного и переменного тока
60	15; 20; 25; 35; 45; 60	5500	1800	4500	3500	
100	60; 80; 100	14000	6000	11000	10000	
200	100; 125; 160; 200	14000	6000	11000	10000	Номинальное напряжение у исполнения 1 – 220 В, а у исполнения 2 – 500 В
350	200; 225; 260; 300; 350	11600	6000	13000	11000	
600	350; 430; 500; 600	15000	13000	23000	20000	
1000	600; 700; 850; 1000	—	—	—	—	

Технические данные предохранителей НПН и ПН2

Тип предохранителя		Номинальный ток		Предельный ток отключения (действующее)	При каком положении предохранителя
		предохранителя, А	плавких вставок, А		
НПН-15		15	6; 10; 15	—	
НПН-60М		60	20; 25; 35; 45; 60	—	
Патроны разборные	ПН2-100	100	30; 40; 50; 60; 80; 100	50000	При вертикальном и горизонтальном положении
	ПН2-250	250	80; 100; 125; 150; 200; 250	40000	
	ПН2-400	400	200; 250; 300; 400	25000	Только при вертикальном положении
	ПН2-600	600	300; 400; 500; 600	25000	
	ПН2-1000	1000	500; 600; 750; 800; 1000	10000	

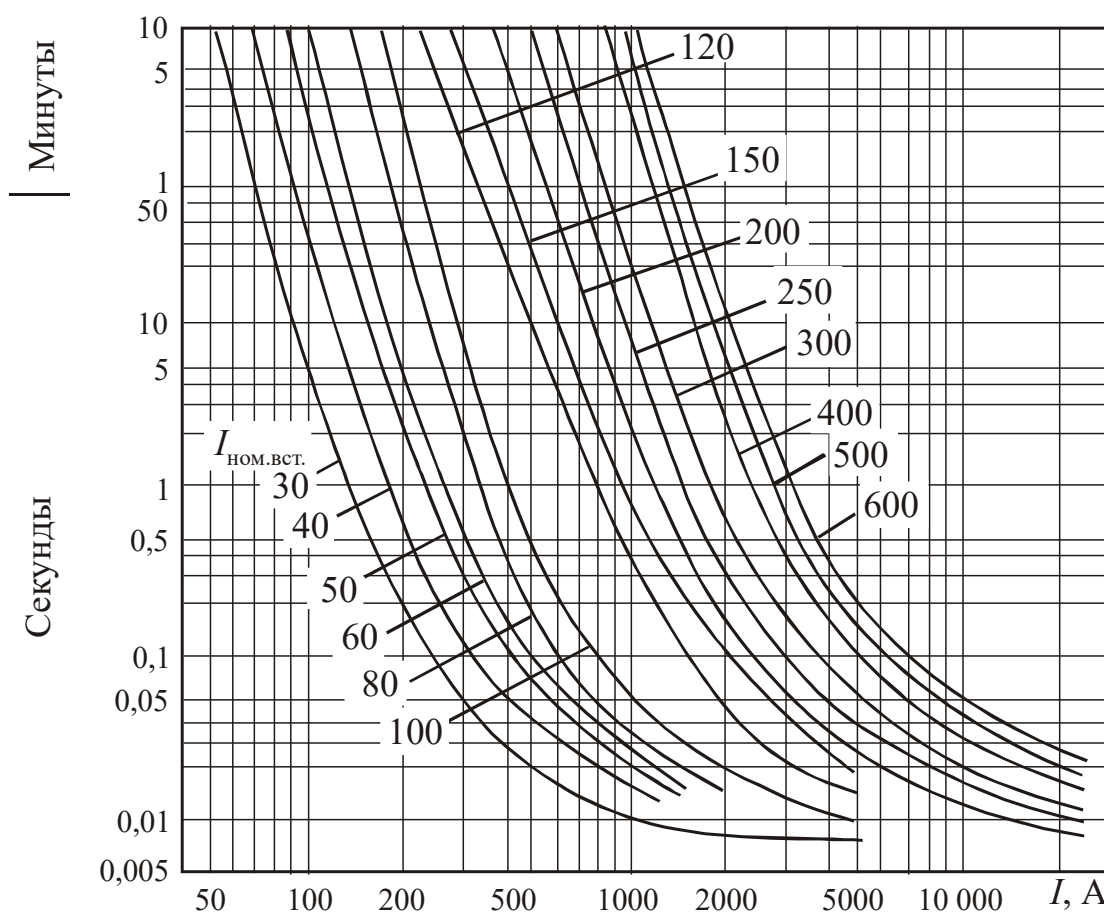


Рис.А.6. Защитные характеристики плавких вставок предохранителей ПН2

Основные технические данные автоматов даны в таблице 4.10, а подробные условия их эксплуатации – в [10].

ВА	51	—	31	—	1
Обозначение выключателя					Обозначение количест- ва полюсов:
Разработка:					1 – один
51, 52 – с тепловым и элек- тромагнитным расцепите- лями (или только с электро- магнитным);					2 – два
53, 55, 75 – с полупроводни- ковым максимальным рас- цепителем;					3 – три
56 – без максимальных рас- цепителей					
Обозначения номинального тока ($I_{ном}$, А)					
выключателя:					
25 – 25А	39 – 630А				
29 – 63А	41 – 1000А				
31 – 100А	43 – 1600А				
33 – 160А	45 – 2500А				
35 – 250А	47 – 4000А				
37 – 400А					

Рис.А.7. Структура условного обозначения автоматического выключателя серии ВА.

Дополнительные сведения об автоматах:

1. Автоматические выключатели серии АП50Б выпускают с разными видами расцепителей, что отражается в их обозначении. Так, например, АП50Б2МТ – с двумя комбинированными расцепителями; АП50Б2М – с двумя электромагнитными расцепителями; АП50Б3ТН – с тремя тепловыми расцепителями и минимальными расцепителями напряжения; буква Д означает – независимый расцепитель, буква О – максимальный расцепитель тока в нулевом проводе.

Предельная коммутационная способность автомата при переменном напряжении 380 В составляет 0,5–10 кА при номинальном токе максимальных расцепителей 1,6–63 А.

Технические данные выключателей серии АП50 на номинальное напряжение 380 В переменного и 220 В постоянного тока приведены в таблице 4.11.

2. Автоматические выключатели серии АК50 и АК60 выпускают со следующими видами расцепителей: МГ – электромагнитный с гидравлическим замедлением срабатывания для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ; М – электромагнитный для защиты в зоне токов КЗ.

Основные технические данные автоматических выключателей

Тип	$U_{\text{ном}},$ В	$I_{\text{ном}},$ А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабаты- вания расцепителя		Время срабатывания, с			Предельная отключающая способность, кА	Вид привода				
				в зоне перегрузки	в зоне КЗ		в зоне перегрузки	в зоне КЗ	при токе 1,05 $I_{\text{ном}}$	при токе 6 $I_{\text{ном}}$	в зоне КЗ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
Э06	=220	800; 1000	—	Полупроводниковый	Полупроводниковый	630; 800; 630; 800; 1000	1,25	3; 5; 7; 10	—	4; 8; 16	0,25; 0,45; 0,7	35	Ручной, электромагнитный				
	=440					630; 800; 1000		25									
	~380					630; 800; 1000		40									
	~660					630; 1000 1600		45									
Э16	=440	1250; 1600				1000; 1600 2500; 4000		3; 5; 7				—		4; 8; 16	0,25; 0,45; 0,7	30	
	~660															2500; 4000 6300	50
Э25	=440	2000; 2500; 3200; 4000				2500; 4000 6300										85	
	~660																2500; 4000 6300
Э40	=440	4000; 5000; 6300				2500; 4000 6300										85	
	~660																2500; 4000 6300
АК50	=220	50	2	Электромагнитный с гидравлическим замедлением срабатывания	Электромагнитный без замедлителя	0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 32; 40; 45; 50	—		5	—	3-20		—			4,5	Ручной
	~380		2; 3				1,35		5; 10	не срабатывает	—		0,2- 0,4			5	
АК63	=220	63	1	Комбинированный	Электромагнитный	0,6;0,8; 1; 1,25;	—		1,5; 5	—	3-20		—			3-5	Ручной
	=440		2						3								

						1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	1,3	1,5; 3; 12				2,3; 9	
	АП50Б*	=220		2								0,5-4	
		~500	50	3		1,6; 2,5; 4; 6,4; 10	1,25	3; 5; 10	—	1,5-10	—	0,3- 3,5	
		~660										0,24-1	
	АЕ1000**	~380	25	1		6; 10; 16; 20; 25	1,25; 1,5	12-18				1,2; 1,8	
		~380										0,7-4	
	АЕ2020	~660	16	3	Тепловой	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16	0,9- 1,15	12	Не срабатывает	—	—	0,7- 1,6	
	АЕ2040 АЕ2040М	~220		1								2-6	
		~380		1; 3								0,8-6	
		~440		1								2-4,5	
		~660	63	3	Тепловой	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	0,9- 1,15	12	Не срабатывает	—	—	0,7-4	Ручной
А Е2	~380	100			Те пл Эл ек				Не ср ч	5-20	—	2,4-6	

	~660			Электромагнитный с гидравлическим замедлением срабатывания	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100						2,1-4	
AE2060	~380	160			16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	0,9- 1,15	12	—	—	—	3,5- 11,5	Ручной
	~660										3-6	
AE2530	=220	25	1; 2		0,6; 0,84; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,25; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		1,3-10	—	—	—	2-5	—
	~380						2-10				0,8-5	
AE2540	=220	63			25; 31,5; 40; 50; 63	—	2,5; 5; 10	—	—	—	5-10	—
	~380						5-10				3-6	
AE2550	=220	100		50; 60; 80; 100						20	—	
BA13-25	~114 0	25	3	3,15; 5; 16; 25	—	7	—	—	—	1,5	—	
BA13-29	~660	63	2; 3	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	6; 12	3; 6; 12	—	—	—	6	—	
	=440									10		

продолжение табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
BA16	~380	6,3-31,5	1	Тепловой	Электромагнитный	—	—	95-440	—	—	—	1	—
BA19 (BA19-29)	~380	0,6-63	1; 2			0,6-63	—	2-10	—	—	—	1,2-6	—
	=220							1,3-10					
BA22-27	~380	40	3; 2			6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40	—	—	—	—	1	Электродвигательный	
	=220										1,7-3		
BA51-25 BA51Г25	~380	0,3-25	3			0,3-4 (BA51-25) 5-25 (BA51Г25)	1,2; 1,35	7; 10; 14	—	—	—	1,5-3,8	Ручной
	~660											1,2-3	
BA51	=220	100; 160	1; 2; 3			для 100 А 6,3-100 для 160 А 80-160	1,2; 1,25 ; 1,35	3; 6; 7	—	—	—	2-28	
	~660							3; 7; 10				1,5-12	
BA51-35	=220	250	2; 3			80; 100; 125; 200; 250	—	6; 8; 10	—	—	—	25-35	Ручной, электромагнитный
	~660							12				10-12	
BA51 BA52	=440	400				250; 300; 400		6	—	—	—	35-85	
	~500							20				12-20	
BA57-35 BA57-37	=440	250	3			16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250	—	6; 8; 10	—	—	—	5-110	
	~660							12				3,5-20	
BA51-39	=220	630	2; 3			400; 500; 630		2500; 3200; 4000	—	—	—	35	
	~380							2500; 3200; 4000; 5000; 6300				20	
	~660											50	

окончание табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
BA52-39	=440	630	2; 3	Полупроводниковый	Электромагнитный	250; 320; 400; 500; 630	6	2500; 3200; 4000	—	—	—	85								
	~380						10	2500; 3200; 4000; 5000; 6300				40								
	~660											20								
BA53-41	~380	1000	2; 3			Для полупроводникового 630; 800; 1000 Для электромагнитного 250· 400· 630· 1000	1,25	2; 3; 5; 7	4; 8; 16	—	0,04	135	Ручной, электромагнитный							
	~660							2; 4; 6				33,5								
	=440											110								
BA55-41	~380							2; 3; 5; 7		0,1; 0,2; 0,3		135								
	~660							2; 4; 6		0,1; 0,2		33,5								
	=440									100										
BA56-41	~380							—		—		55								
	~660											33,5								
	=440											100								
BA53-43	=440	1600	2; 3			1000; 1280; 1600		2; 4; 6 2; 3; 5; 7		—	—	160								
	~660							2; 4; 6 2; 3; 5; 7				47,5								
BA55-43	=440							1600				2; 4; 6 2; 3; 5; 7		0,1; 0,2 0,1; 0,2; 0,3	—	100				
	~660													47,5						
BA56-43	=440	2500				1600	—	—	—	100										
	~660									47,5										
BA75-45						1575; 2000; 2500				2; 4; 6 2; 3; 5; 7	50									
										2; 4; 6 2; 3; 5; 7	40									
BA75-47	4000					2520; 3200; 4000				2; 4; 6 2; 3; 5; 7	60									
											45									
BA81-41	=440	1000				250; 400; 630; 1000	1,25	2; 4; 6 2; 3; 5; 7	4; 8; 16		100									
	~660							2; 4; 6 2; 3; 5; 7			45									
BA83-41								2; 4; 6 2; 3; 5; 7			100									
											45									
BA85-41								2; 4; 6 2; 3; 5; 7		0,1; 0,2 0,1; 0,2; 0,3	100									
																		45		

* - см. таблицу 4.11

** - см. таблицу 4.12

Автоматические выключатели серии АП50

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Кратность тока срабатывания теплового расцепителя, А	Пределы регулирования номинального тока уставки теплового расцепителя	Ток срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечка), А	
				при переменном токе частотой 50 Гц	при постоянном токе
Комбинированный					
АП50-3ТМ	1,6	2,16	1-1,6	11	14
АП50-2МТ	2,5	3,38	1,6-2,5	17,5	22
	4	5,4	2,5-4	28	36
	6,4	8,64	4-6,4	45	57
	10	13,5	6,4-10	70	90
	16	21,6	10-16	112	144
	25	33,8	16-25	175	225
	40	54	25-40	280	360
	50	67,5	30-50	350	450
Электромагнитный					
АП50-3М	1,6	—	—	11	14
АП50-2М	2,5			17,5	22
	4			28	36
	6,4			45	57
	10			70	90
	16			112	144
	25			175	225
	40			280	360
	50			350	450
Тепловой					
АП50-3Т	1,6	2,16	1-1,6	—	—
АП50-2Т	2,5	3,38	1,6-2,5	—	—
	4	5,4	2,5-4	—	—
	6,4	8,64	4-6,4		
	10	13,5	6,4-10		
	16	21,6	10-16	—	—
	25	33,8	16-25	—	—
	40	54	25-40		
	50	67,5	30-50		

3. Автоматические выключатели серии АЕ1000 предназначены для защиты осветительных электрических цепей переменного тока; номинальный режим работы – продолжительный

Автоматические однополюсные выключатели серии АЕ-1031 переменного тока напряжением 220 В на номинальный ток 25 А

Тип автомата и расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А	Ток срабатывания теплового расцепителя, А	Кратность тока срабатывания электромагнитного расцепителя
<i>Комбинированный</i>			
АЕ-1031-11	6	8,1	
АЕ-1031-21	10	13,5	12-18
АЕ-1031-31	16	21,6	
АЕ-1031-41	25	33,8	
АЕ-1031-51	25	33,8	
<i>Электромагнитный</i>			
АЕ-1031-13	6	—	
АЕ-1031-23	10	—	12-18
АЕ-1031-33	16	—	
АЕ-1031-43	25	—	
АЕ-1031-53	25	—	
<i>Тепловой</i>			
АЕ-1031-12	6	8,1	—
АЕ-1031-22	10	13,5	—
АЕ-1031-32	16	21,6	—
АЕ-1031-42	25	33,8	—
АЕ-1031-52	25	33,8	—

Автоматические выключатели серии АЗ700 [2, 11] по виду максимальных расцепителей тока подразделяются на:

а) токоограничивающие с электромагнитными и полупроводниковыми расцепителями, с электромагнитными и тепловыми расцепителями, с электромагнитными расцепителями; селективные с полупроводниковыми расцепителями;

б) нетокоограничивающие с электромагнитными и тепловыми расцепителями, с электромагнитными расцепителями; без максимальных расцепителей тока.

На рисунке 4.7 приведена структура условного обозначения выключателей этой серии, а в таблицах 4.13–4.15 и на рисунке 4.8 с ориентацией на комплектацию распределительных пунктов серии ПР24 даны их основные технические характеристики.

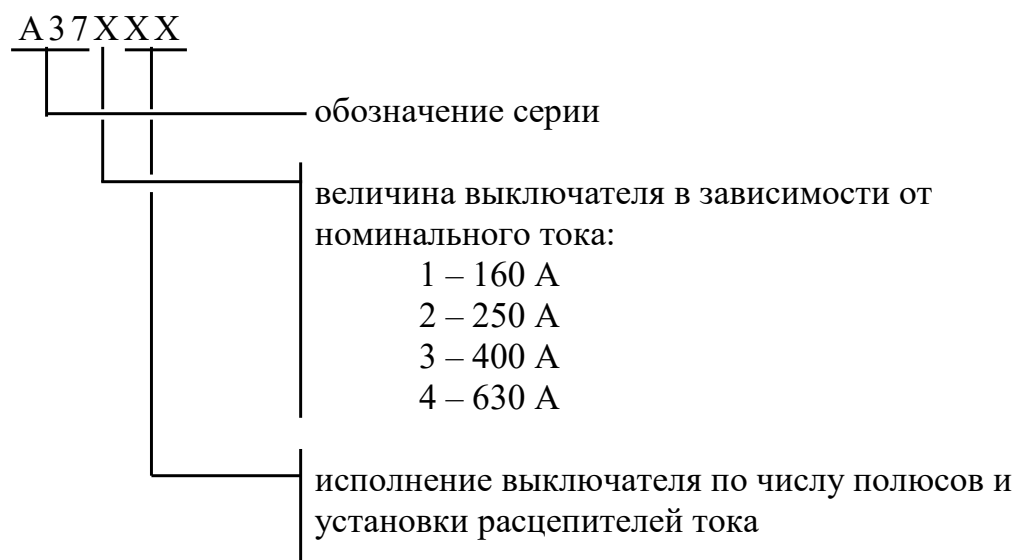


Рис. А.8. Структура условного обозначения автоматического выключателя серии А3700.

Таблица 4.13

Технические данные выключателей серии А3700 с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями

Тип выключателя	Номинальный ток расцепителя, А	Базовый номинальный ток, А	Калибруемые значения номинального рабочего тока полупроводникового расцепителя $I_{\text{ном.расц.}}, \text{А}$	Уставка расцепителя по току срабатывания в зоне токов перегрузки, кратная $I_{\text{ном.расц.}}$	Калибруемые значения уставок расцепителя в зоне токов КЗ		Пределы регулирования времени срабатывания, с, при $6I_{\text{ном.расц.}}$ (переменный ток)	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
					по току срабатывания, кратное $I_{\text{ном.расц.}}$	по времени срабатывания, с		
Исполнение селективное с полупроводниковыми расцепителями								
A3734C	250	200	160, 200, 250	1,25	2; 3; 5; 7; 10	0,1; 0,25; 0,4	4; 8; 16	Электромагнитного расцепителя нет
A3744C	400	320	250, 320, 400					
	630	500	400, 500, 630					
Исполнение токоограничивающее с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями								
A3714Б	160	32	20, 25, 32, 40	1,25	2; 3; 5; 7; 10	Выдержки времени нет	4; 8; 16	1600
		63	40, 50, 63, 80					
		125	80, 100, 125, 160					
A3724Б	250	200	160, 200, 250	1,25	2; 3; 5; 7; 10	Выдержки времени нет	4; 8; 16	2500
A3744Б	250	200	160, 200, 250	1,25	2; 3; 5; 7; 10	Выдержки времени нет	4; 8; 16	2500
	400	320	250, 320, 400					4000
	630	500	400, 500, 630					6300

Примечания. Зоны возможных защитных характеристик полупроводниковых расцепителей приведены в [2].

Технические данные выключателей серии АЗ700 только с электромагнитным расцепителем максимального тока

Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
АЗ712Б, АЗ712Ф	160	630, 1000, 1600
АЗ722Б, АЗ722Ф	250	1600, 2000, 2500
АЗ732Ф	400	2500, 3200, 4000
АЗ742Б	630	4000, 5000, 6300

Технические данные выключателей серии АЗ700 с электромагнитными и тепловыми расцепителями

Тип выключателя	Номинальный ток электромагнитного расцепителя, А	Номинальные токи тепловых расцепителей, А, $I_{\text{ном тепл. расц.}}$	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
АЗ716Б	160	16, 20, 25	630
АЗ716Ф	160	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	630, 1600
АЗ726Б, АЗ726Ф	250	160, 200, 250	2500
АЗ736Б, АЗ736Ф	400	250, 320, 400	$10 I_{\text{ном тепл. расц.}}$
АЗ746Б	630	400, 500, 630	$10 I_{\text{ном тепл. расц.}}$

Применения. 1. Уставка по току срабатывания теплового расцепителя равна

1.15 $I_{\text{ном тепл. расц.}}$

2. Уставки токов тепловых и электромагнитных расцепителей не регулируются.

Автоматические выключатели серии «Электрон» по сочетанию видов расцепителей подразделяются на:

а) с максимальным расцепителем тока (полупроводниковым (зоны возможных защитных характеристик приведены на рис. 4.9 [2])), имеющим переключатель для переключения на работу в режиме с выдержкой времени (мгновенно) и минимальным расцепителем напряжения, который осуществляет оперативные отключения;

б) с максимальным расцепителем тока и независимым расцепителем напряжения.

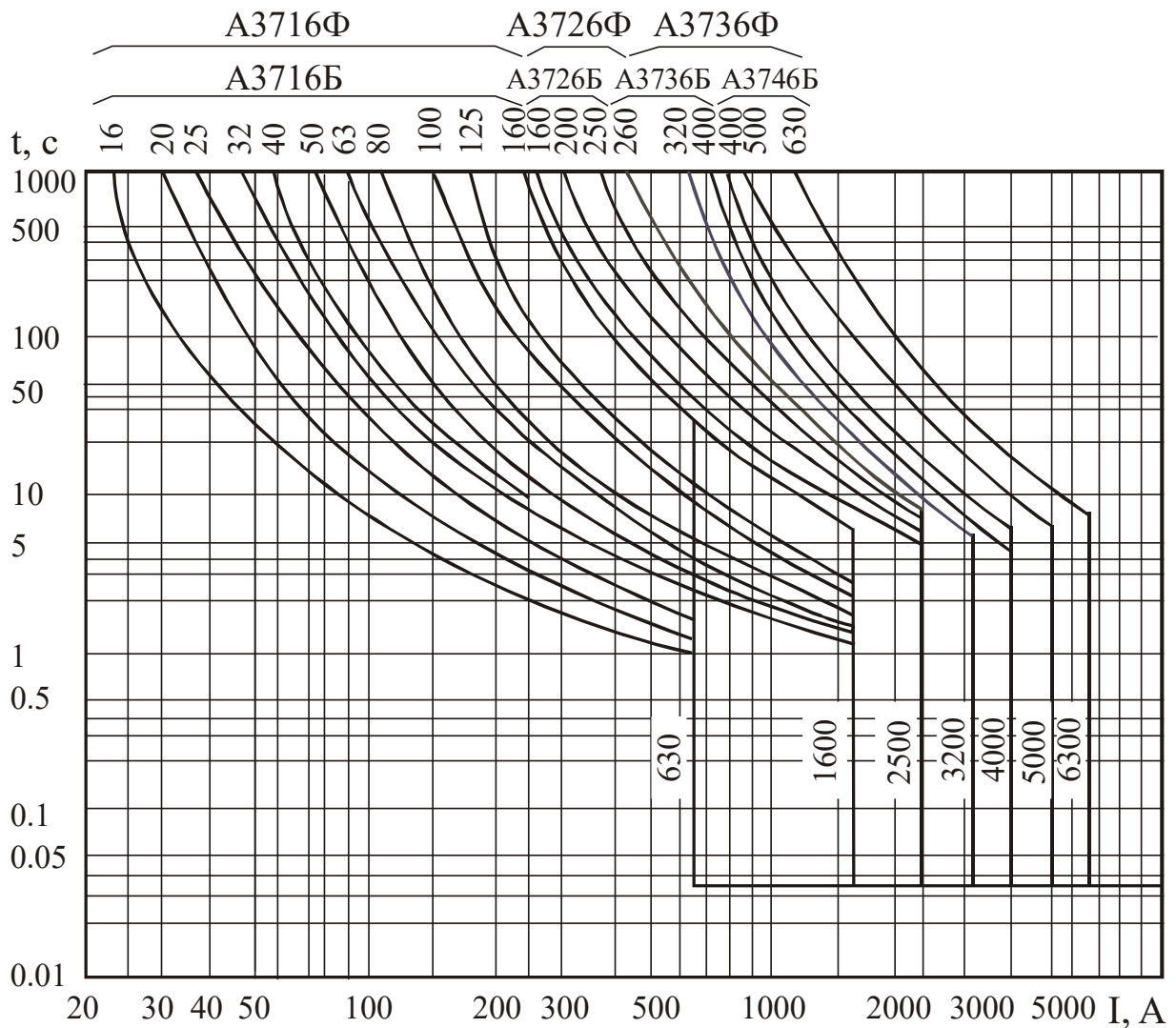


Рис. А.9. Семейство защитных характеристик автоматических выключателей А3700 с комбинированными (термобиметаллическими и электромагнитными) расцепителями в исполнениях токоограничивающем – А3700Б и нетокоограничивающем – А3700Ф.

1. На кривых указаны номинальные токи расцепителей и уставки тока срабатывания их электромагнитных элементов.
2. Расцепители с номинальными токами 32-160 А включительно для выключателей 1-й величины по заказу поставляют с уставками тока мгновенного срабатывания 630 или 1600 А.
3. Кривые пригодны как для трехполюсных, так и для однополюсных выключателей переменного и постоянного токов при температуре окружающей среды 40 °С и прохождении тока по всем фазам (полюсам) выключателя.

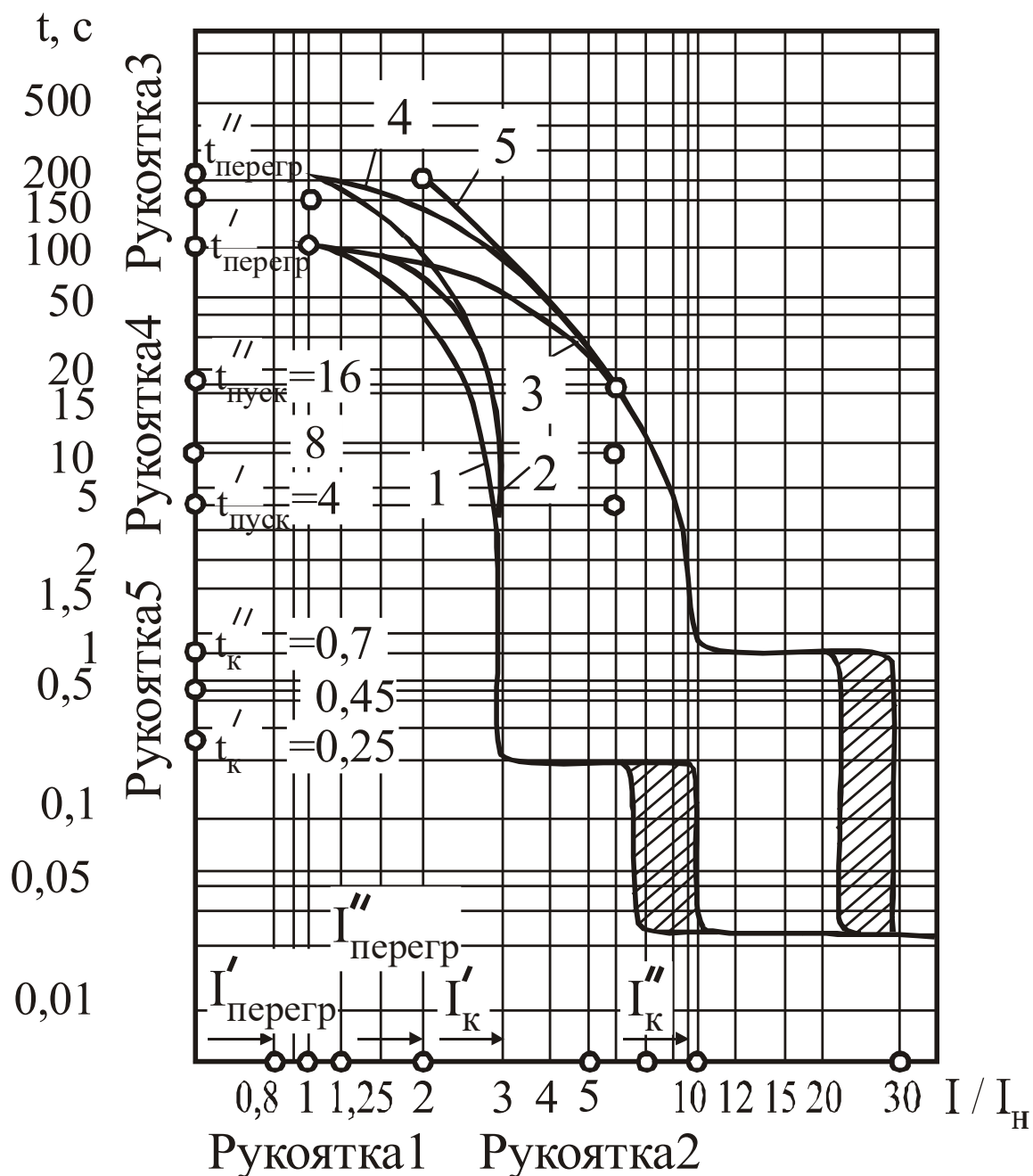


Рис. А.10. Зоны возможных защитных характеристик полупроводниковых реле максимальной токовой защиты автоматических выключателей «Электрон» [2].

Точками обозначены уставки тока и времени, указанные на шкалах у регулировочных рукояток; фактически регулировку осуществляют плавно между минимальным (индекс – штрих) и максимальным (индекс – два штриха) значениями.

Предназначены для работы в цепях переменного тока напряжением до 660 В.

Типовое обозначение трансформаторов составлено из букв и цифр, которые обозначают:

Т – трансформатор тока;

К – катушечный;
 Ш – шинный;
 Л – с литой изоляцией;
 М – модернизированный или малогабаритный;
 Н – низковольтный;
 У – усиленный;
 О – одновитковый или опорный;
 П – проходной или для установки на плоских шинах;

З – имеет сердечник в специальном исполнении для защиты от замыкания на землю;

Д – имеет сердечник в специальном исполнении для дифференциальной защиты;
 Р – разъемный сердечник.

Цифры через тире после буквенного обозначения соответствует номинальной вторичной нагрузке трансформатора в Ом, увеличенной в 100 раз. У трансформаторов типа ТКЛ-0.5Т и ТШЛ-0.5Т цифра 0.5 обозначает класс точности, а буква Т – тропическое исполнение.

Основные технические данные трансформаторов тока приведены в таблице 4.22, а в таблице 4.23 – сведения о заменах трансформаторов.

Таблица 4.22

Технические данные трансформаторов тока

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный первичный ток, А	Односекундная термическая стойкость (кратность)	Электродинамическая стойкость (кратность)	Вторичная нагрузка, при которой обеспечивается класс точности					
					0,5		1		3	
					Ом	В·А	Ом	В·А	Ом	В·А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТКЛ(М)-0,5Т*	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300	–	–	–	5	–	–	–	–
ТК-10*	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	–	–	0,1	2,5	–	–	–	–
ТК-20	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	–	–	0,2	5	0,2	5	–	–

TK-40	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500	—	—	0,4	10	0,4	10	—	—
TK-120	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 400; 800; 1000; 1500	—	—	—	—	1,2	30	—	—
ТШ-20	660	300; 400; 600; 800; 1000	—	—	0,2	5	0,2	5	—	—
ТШ-40	660	600; 800; 1000	—	—	0,4	10	—	—	—	—
ТШ-120	660	800; 1000; 1500	—	—	—	—	1,2	30	—	—
ТШ-0,5	500	14000	6(4с)	—	—	—	—	—	—	—
ТШЛ-0,5Т*	660	400; 600; 800 1000; 1500	—	—	—	5 10	—	5	—	5
ТШН-0,66	660	100-300 400-600 800-1000	40 30 37	500 187 125	— — —	5 5-10 10	—	5	—	5
ТШШ-0,5*	500	15000; 25000	2,2(4с)	—	—	—	—	—	2	50
ТШШ-0,66	660	300; 400 600; 800; 1000; 1500	—	—	—	5 10	—	—	—	—
ТШШ-0,66	660	15000; 25000	—	—	—	—	—	—	2	50
ТШЛ-0,66	660	2000; 3000. 4000; 5000	— —	— —	— —	— 15	—	—	—	—
ТШМС-0,66	660	2000; 3000; 4000 5000; 6000; 8000	— —	— —	— —	— 40	—	—	—	—
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТШШЛ-0,66	660	800; 1000; 1500; 2000	25(4с)	—	0,8	20	2,0	50	4,0	100
		3000; 4000; 5000 8000; 10000	75(4с) —	— —	0,8 —	20 —	2,0 —	50 —	4,0 0,8	100 20
ТОП-0,66	660	от 1 до 250	—	—	—	—	—	—	—	—
ТШП-0,66	660	от 300 до 1500	—	—	—	—	—	—	—	—
ТЗЛМ	660	8,5**	—	—	—	—	—	—	—	—
ТЗРЛ	660	25**	—	—	—	—	—	—	—	—

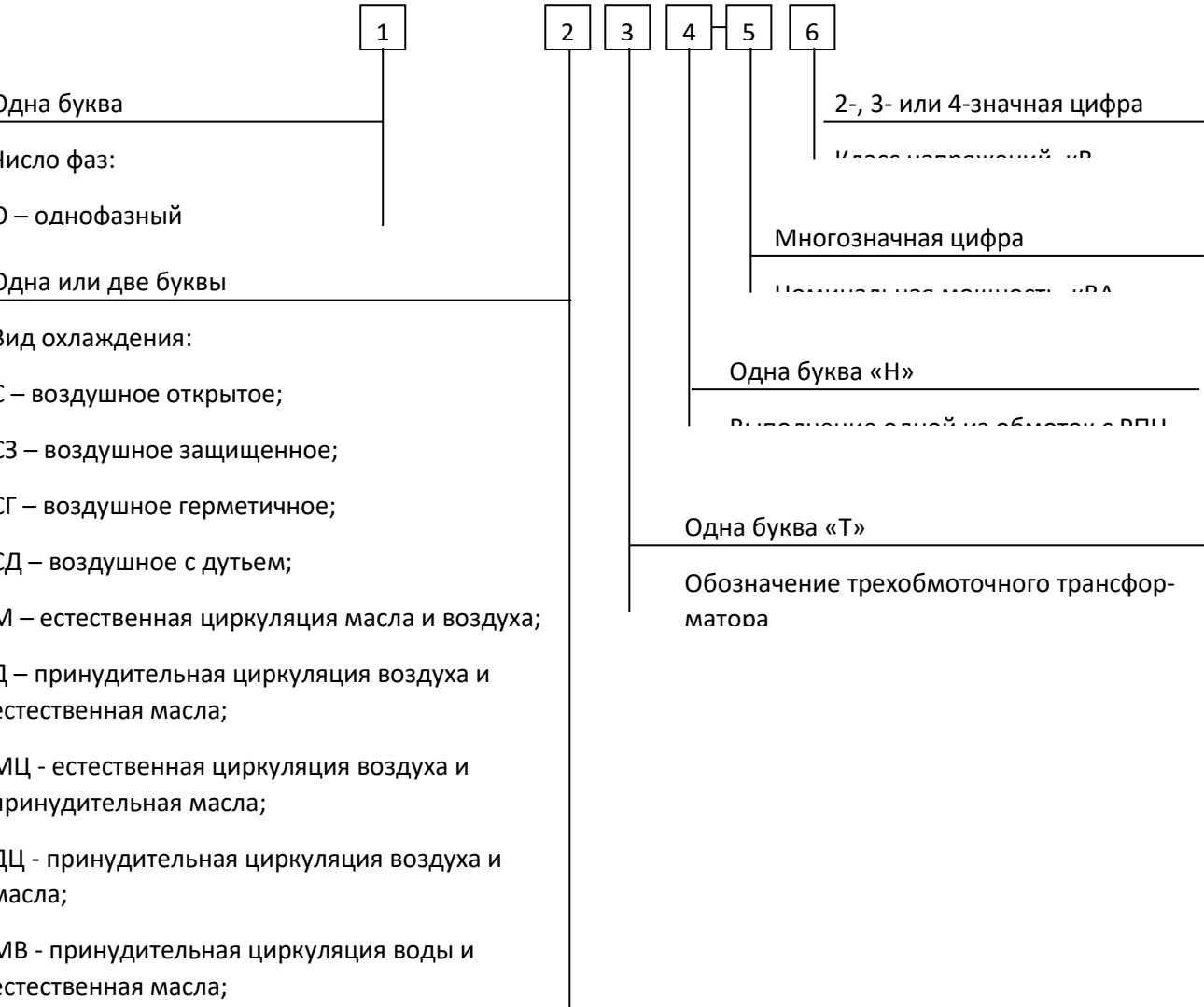
ТЗЛ-1	660	7**	—	—	—	—	—	—	—	—
ТЗЛЭ-125	660	2,8**	—	—	—	—	—	—	—	—
ТЗЗ-4	660	3**	—	—	—	—	—	—	—	—

* — снят с производства; ** — ток чувствительности.

Замена трансформаторов тока

Типы заменяемых трансформаторов	Замена
ТК-20; ТК-40; ТШ-0,66; ТК-120; Т-0,66; ТШН-0,66 до 1500 А; ТКЛМ-0,5ТЗ; ТР-0,66УТ2; ТЛ-0,66УТ3; ТКЛП-0,66ХЛ2; ТМ-0,66УЗ; ТШЛ-0,66СУ2 до 1500 А	ТОП-0,66; ТШП-0,66
ТШН-0,66 2000/5 – 5000/5; ТШЛ-0,66СУ2 на 2000 А и 3000 А	ТШЛ-0,66 2000/5 – 5000/5
ТДЗЛ	ТЗЛ-1; ТЗЛМ-1; ТЗРЛ, ТЗЛЭ-125

Силовые трансформаторы предназначены для преобразования электрической энергии переменного тока одного напряжения в другое. Структура условного обозначения трансформаторов приведена на рис. А.11.



- Примечания:*
- 1. Для обозначения автотрансформаторов добавляется буква «А»
 - 2. Для обозначения защиты масла азотной подушкой без расширителя после вида охлаждения ставится буква «З», например, «ТМЗ».
 - 3. Для обозначения расщепленной обмотки НН после числа фаз ставится буква «Р», например, «ТРДН».
 - 4. Для обозначения трансформатора собственных нужд электростанций последняя буква ставится «С», например, «ТРДНС».

Рис. А.11. Структура условного обозначения силовых трансформаторов
Технические данные трехфазных сухих трансформаторов, $U_{ном} < 1000 В$

Тип	$S_{ном},$ кВА	$U_{ном}$ обмоток, В		Потери, Вт		$U_{кз}, \%$	$I_{хх}, \%$
		ВН	НН	XX	КЗ		
ТС10/ 0,66	10	380; 660	230; 400	75(90)	280	4,5	7,0
ТСЗ-10/ 0,66		380	36; 42				
ТС-16/ 0,66	16	380; 660	230; 400	100 (125)	400		5,8

ТС3-16/ 0,66		220	230				
		380	36; 42				
ТС-25/ 0,66 ТС3-25/ 0,66	25	380; 660	230; 400	140 (180)	560		4,8
		220	230				
		380	36; 42				
ТС-40/ 0,66 ТС3-40/ 0,66	40	380; 660	230; 400	200 (250)	800		4,0
		220	230				
		380	36; 42				
ТС-63/ 0,66 ТС3-63/ 0,66	63	380; 660	230; 400	280 (350)	1050		3,3
		220	230				
ТС-100/ 0,66 ТС3-100/ 0,66	100	380; 660	230; 400	390 (490)	1450		2,7
ТС-160/ 0,66 ТС3-160/ 0,66	160			560 (700)	2000		2,3

Примечание. Схема и группа соединений обмоток $Y/Y_H - 0$.

Технические данные трехфазных сухих трансформаторов, $U_{номВН} > 1000$ В

Тип	$S_{\text{ном}}$, кВА	$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ		Потери, кВт		$U_{\text{кз}}$, %	$I_{\text{хх}}$, %	
		ВН	НН	XX	КЗ			
ТСЗ-160/10	160	6; 6,3; 10; 10,5	0,23; 0,4; 0,69	0,7	2,7	5,5	4	
ТСЗ-250/10	250	6; 10		1	3,8		3,5	
ТСЗ-400/10	400	6; 6,3; 10; 10,5		1,3	5,4		3	
ТСЗА-400/10		6; 10					1,8	
ТСЗА-400/10		6,3; 10,5		0,4			1,12	1,5
ТСЗА-630/10	630	6; 6,3; 10; 10,5	0,4; 0,69	2,0	7,3			
ТСЗА-630/10		6,3; 10,5	0,4	1,72				
ТСЗА-630/10		6; 10	0,4; 0,69	2	8,5	8	2	
ТСЗС-630/10		6; 6,3; 10; 10,5	0,4		8,5	8	2	
ТСЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4; 0,69	3	11,2	5,5	1,5	
ТСЗС-1000/10		6; 6,3; 10; 10,5	0,4		12	8	2	
ТСЗА-1000/10		6; 6,3; 10		2,5			1,1	
ТСЗА-1000/10				2,15				
ТСЗУ-1000/10	1600	6; 10	0,4; 0,69	2,45	10,4	5,5	1	
ТСЗ-1600/10				4,2	16		1,5	
ТСЗУ-1600/10		6; 10; 10,5		3,4	17		0,7	
ТСЗЛ-630/10	630	6; 6,3; 10; 10,5		1,65	7,1		1,4	
ТСЗЛ-1000/10	1000	6; 10		2	10,2		1,0	
ТСЗЛ-1600/10	1600			2	15	0,7		
ТСЗЛ-2500/10	2500			4	20,5	6	0,65	

Примечание. Схема и группа соединений обмоток $\Delta/Y_H - 11$ для всех исполнений и $Y/Y_H - 0$ до 1000 кВА включительно.

Технические данные трехфазных масляных трансформаторов

Тип	S _{ном} , кВА	U _{ном} обмоток, кВ		Схема и группа со- единения обмоток	Потери, Вт		Напряжение КЗ, %	Ток XX, %				
		ВН	НН		XX	КЗ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Напряжение до 35 кВ												
ТМ-25/10	25	6; 10	0,4	Y/Y _н -0 Y/Y _н -11	130	600; 690	4,5; 4,7	3,2				
ТМ-40/10	40				175	880; 1000		3				
ТМ-63/10	63				240	1280; 1470		2,8				
ТМ-100/10	100				35	420	330	1970	6,5; 6,8	2,6		
ТМ-100/35		420	2270									
ТМ-160/10	160	6; 10	0,4; 0,69	Y/Y _н -0 Δ/Y _н -11 Y/ Y _н -11	510	2650	4,5; 4,7	2,4				
ТМФ-160/10		35			620	3100			6,5; 6,8			
ТМ-160/35					740	3700	4,5; 4,7	2,3				
ТМ-250/10	250	6; 10			900	4200			6,5; 6,8			
ТМФ-250/10		35			Δ/Y _н -0 Δ/Y _н -11 Δ/Y _н -11	1200	5500	6,5	2,1			
ТМН-400/10	5900											
ТМ-400/35	6; 10	0,4		Y/Y _н -0		1310	7600	5,5		2,0		
ТМН-400/35							35				0,4	Δ/Y _н -11
ТМ-630/10	630	6; 10		0,4		Y/Y _н -11						
ТМФ-630/10							35	0,69			Δ/Y _н -11	8500
ТМН-630/10					6,3; 11				Y/Δ-11, Y/Δ-11			
ТМ-630/35	35	0,69	Δ/Y _н -11	7600								
ТМФ-630/35						6,3; 11	Y/Δ-11, Y/Δ-11	7600				
ТМН-630/35					6,3; 11				Y/Δ-11, Y/Δ-11	7600		
1	2	3	4	5							6	7
ТМ-1000/10*	1000	6; 10	0,4	Y/Y _н -0		-	-	-			-	

			0,69	$\Delta/Y_{H-11}; \Delta/Y_{H-11}$							
			3,15; 6,3	Y/ Δ -11							
		10	10,5								
TM-1000/35			13,8 15,75	0,4; 0,69	Y/Y _H -0; Δ/Y_{H-11}	2000	12200	6,5	1,4		
			20	6,3; 10,5	Y/ Δ -11						
			35	3,15; 6,3; 10,5	Y/ Δ -11						
TMH-1000/35		20		0,4	Y/Y _H -0; Δ/Y_{H-11}	2100	11600				
				0,69	Δ/Y_{H-11}						
		6,3; 11		Y/ Δ -11							
		35	0,4; 0,69	Y/Y _H -0	12200						
	6,3; 11		Y/ Δ -11	11600							
TM-1600/10*	1600	6	0,4	Y/Y _H -0; Δ/Y_{H-11}	-	-	-	-			
			0,69	Δ/Y_{H-11}							
			10	3,15; 6,3					Y/ Δ -11		
TM-1600/35		20		0,4	Y/Y _H -0; Δ/Y_{H-11}	2750	18000	6,5	1,3		
				0,69	Δ/Y_{H-11}						
				6,3; 10,5	Y/ Δ -11						
		35	0,4; 0,69	Y/Y _H -0							
			3,15; 6,3; 10,5	Y/ Δ -11							
TMH-1600/35		13,8	0,4	Y/ Δ _H -11	2900	16500					
	15,75	11	Y/ Δ -11								
	20	0,4	Y/Y _H -0; Δ/Y_{H-11}								
		0,69	Δ/Y_{H-11}								
		6,3; 11									

		35	0,4; 0,69	Y/Y _H -0		18000					
			6,3; 11	Y/Δ-11		16500					
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
TM-2500/10*	2500	6	0,4; 0,69	Δ/Y _H -11	3850	23500	6,5	1,0			
		10	3,15	Y/Δ-11							
		10	6,3; 10,5								
TM-2500/35	2500	20	0,69	Δ/Y _H -11	3900	23500	6,5	1			
		35	3,15	Y/Δ-11							
		20; 35	6,3; 10,5								
TMH-2500/35		13,8; 15,75	6,3; 11	Y/Δ-11	4100				23500	6,5	1
		20	0,69	Δ/Y _H -11							
		35		Y/Y _H -0							
		20; 35	6,3 11	Y/Δ-11							
TM-4000/10	4000	6; 10	3,15		5200	33500	7,5	0,9			
		10	6,3								
35		3,15	5300								
20; 35		6,3; 10,5									
13,8; 15,75; 20; 35		6,3; 11		5600							
TM-6300/10	6300	10	3,15; 6,3; 10,5	7400	46500	7,5	0,8				
TM-6300/35		35	3,15	7600							
		20; 35	6,3; 10,5								
TMH-6300/35		35	6,3; 11	8000							
ТД-10000/35*	10000	38,5	6,3; 10,5	-	-	-	-				
ТД-16000/35*	16000	-	-	-	-	-	-				

ТДЦ-80000/35	8000	15,75	6,3; 10,5	Δ/Δ-0	58000	280000	10,0	0,45	
Модернизированные с масляным диэлектриком									
ТМ-400/10	400	6; 10	0,4; 0,69	-	900	5500	4,5	1,5	
ТМ-630/10	630				1250	7600		1,25	
ТМ-1000/10	1000				1900	10500	5,5	1,15	
ТМВМЗ-630/10	630				1200	8500			0,4
ТМВМЗ-1000/10	1000				1650	11000			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Для комплектных трансформаторных подстанций									
ТМЗ-250/10	250	6; 10	0,4; 0,69	-	740	3700	4,5	2,3	
ТМЗ-400/10	400				950	5500		2,1	
ТМЗ-630/10	630				1310	7600	5,5	1,8	
ТНЗ-630/10					1900	10800			
ТМЗ-1000/10	1000				2650	16500		6,0	1,0
ТНЗ-1000/10					3750	24000			
ТМЗ-1600/10	1600								
ТНЗ-1600/10									
ТМЗ-2500/10	2500								
ТНЗ-2500/10									

Примечания:

1. У трансформаторов, отмеченных звездочкой (*), потери определяются при приемочных испытаниях.
2. Трансформатор ТМВМЗ имеет витой магнитопровод.
3. Для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН указано напряжение КЗ для обмоток ВН-НН; для обмоток ВН-НН1 (НН2) $U_{кз}=20\%$ (110 кВ), $U_{кз}=21\%$ (220 кВ) (у трансформаторов ТРДЦН-100000/220 и 160000/220 для обмоток ВН-НН1 (НН2) $U_{кз}=23\%$); для обмоток НН1-НН2 $U_{кз} > 30\%$ (110 кВ), $U_{кз} > 28\%$ (220 кВ).
4. Потери КЗ для трансформаторов с расщепленной обмоткой приведены для обмоток ВН-НН.
5. Схема и группа соединений обмоток трансформаторов $Y_H/\Delta-11$, для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН - $Y_H/\Delta-\Delta-11-11$.

6. Трансформаторы 110 кВ должны допускать работу с заземленной нейтралью обмоток ВН при условии защиты нейтрали соответствующим разрядником.
7. Вводы и отводы нейтрали НН трансформаторов 110 кВ и выше должны быть рассчитаны на продолжительную нагрузку током, равным номинальному току обмоток ВН.
8. Режим работы нейтрали обмоток ВН трансформаторов 220 кВ - глухое заземление. При этом изоляция нейтрали должна выдержать одноминутное напряжение промышленной частоты, равное 85 кВ (действующее значение).
В таблицах 5.5 и 5.6 приведены технические данные маломасляных, электромагнитных и вакуумных выключателей на напряжение 6/10 кВ. Более широкая номенклатура выключателей высокого напряжения дана в [5].

1. Вакуумные выключатели серии ВБПЭ-10 могут быть установлены взамен ВМПЭ-10 в КРУ следующих серий: КРУ-2- 10- 20; К-III; К-IIIУ; К-ХII; К-ХХУ1; К-37; К-44 (без переделки тележки КРУ).

2. Вакуумные выключатели ВВ-10 и ВВЭ-10 предназначены для частых коммутаций во внутренних установках напряжением 10 кВ трехфазного переменного тока.

3. Вакуумные выключатели типа ВБСН-10-25/1000У3 применяются в КРУ, насосных перекачивающих станциях и используются для замены маломасляных выключателей НЛ-4-8 чешского производства в шкафах КРУ типа RS465, находящихся в эксплуатации.

Конструкция исключает возникновение в электроустановках перенапряжений при отключении индуктивных токов (в том числе при коммутации электродвигателей).

4. Вакуумные выключатели серии ВБКЭБ-10 предназначены для замены выключателей серии ВКЭ-10 на номинальные токи 630- 1600 А и токи отключения до 31,5 кА.

5. Вакуумные выключатели серии ВБКЭР-10 приспособлены для замены маломасляных выключателей типа ВК-10 и ВКЭ-10 в шкафах КРУ серий КМ-1, К-104, К-59.

6. Вакуумные выключатели серий ВБМЭ-10 предназначены для замены выключателей серий ВМПЭ-10 и ВЭМ-6.

7. Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL имеют следующие преимущества по сравнению с традиционными вакуумными выключателями:

- высокий механический ресурс;
- малое потребление электроэнергии по цепям включения и отключения;
- малые габариты и массу;
- возможность управления как по цепям оперативного постоянного, так и оперативного переменного токов;
- отсутствие необходимости ремонтов в течение всего срока службы;
- малая трудоемкость производства и, как следствие, умеренная цена.

Управление вакуумным выключателем осуществляется встроенным электромагнитным приводом с магнитной защелкой.

Опыт эксплуатации КРУ показывает, что наиболее уязвимым элементом в его составе является выключатель. С появлением вакуумных выключателей стала целесообразной замена ими масляных, которые уступают первым по технико-эксплуатационным характеристикам и просто исчерпали свой срок службы. Такая замена выключателей не требует замены всего КРУ и службам эксплуатации обходится минимальными затратами.

Выключатели ВВ/TEL конструктивного исполнения 1 и 2 предназначены в основном для замены выключателей ВМП-10, ВМПЭ-10, ВМПП-10, ВК-10, ВКЭ-10, а также для применения во вновь разрабатываемых выкатных элементах ячеек КРУ.

Выключатели ВВ/TEL конструктивного исполнения 3 предназначены в основном для замены в шкафах КСО и КРН масляных выключателей ВМГ-133 и им подобных, а также для применения во вновь разрабатываемых шкафах КСО и КРН.

В настоящее время фирмой «Таврида Электрик» разработаны и внедряются в эксплуатацию проекты реконструкции следующих КРУ: КСО-266, КСО-272, КСО-285, КСО- 292, КСО-2200, КСО-2УМ. КСО ЛП-318, КСО Д-13Б, КСО КП-03-00, КРН-III, КРН-IV, КРУН МКФН, КРУН К-УI.

Выкатной элемент с вакуумным выключателем типа ВВ/TEL с электромагнитным приводом предназначен для работы в шкафах КРУ внутренней и наружной установки номинальным напряжением до 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц для системы с изолированной нейтралью и служит для установки в КРУ, а также для замены колонковых маломасляных выключателей типа ВК в КРУ серий: К-47, К-49, К-59, К-104, К-104М, КМ-1, КМ-1Ф.

8. Универсальный модуль (выкатной элемент, вакуумный выключатель и блокировки) фирмы «Таврида Электрик» органично встраивается вместо выключателей серии ВМП в выкатные тележки следующих КРУ: К-37, КРУ2-10, К-ХП, К-ХП, К-ХХVI, КР-10/500.

Вакуумные выключатели

Тип	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$I_{\text{ном.откл}}, \text{кА}$	$t_{\text{ном.откл}}, \text{с}$	$t_{\text{откл}}, \text{с}$ (собственное)	Коммутационная износостойкость	Механический ресурс, циклов «ВО»
ВВТЭ-М-10-31,5; 20;/630; 1000; 1600	630; 1000; 1600	12,5; 20; 31,5	0,04	0,1	50	$3 \cdot 10^4$
ВБПС-10-20/630; 1000; 1600			0,055	0,06		$2,5 \cdot 10^4$
ВВЭ-М-10-31,5; 20; /630; 1000; 1600		20; 31,5	0,04; 0,05	0,1		$3 \cdot 10^4$
ВБПВ-10-20/630; 1000; 1600			0,055	0,06		$2,5 \cdot 10^4$
ВВЭ-М-10-31,5; 40/2000; 2500; 3150	2000; 2500; 3150	31,5; 40	0,05	0,1		$1 \cdot 10^4$
ВБЧ-СП-10-31,5 (ВБЧ-СЭ-10-31,5) 20/630; 1000; 1600	630; 1000; 1600	20; 31,5	0,04	0,1		$3 \cdot 10^4$
ВБСК-10-12,5; 20/630; 1000	630; 1000	31,5; 40	0,05	0,2		$5 \cdot 10^4$
ВБКЭ-10	630; 1000; 1600	20; 31,5	0,055	0,06		-

1. У всех выключателей привод электромагнитный, за исключением ВБПС и ВБПВ, у которых – пружинно-моторный. Коммутационная износостойкость дана при номинальном токе отключения циклов «ВО».

2. Вакуумные выключатели типов ВВТЭ-М-10 и ВБПС-10 предназначены для замены маломасляных выключателей типов ВМПЭ-10, ВМП-10, ВМГ-133, а также для установки в ячейках типа КРУЭ-6П, 2КВЭ-6М, КРУП-6П.

3. Вакуумные выключатели типов ВВЭ-М-10-20, ВВЭ-М-10-31.5, ВБПВ-10-20 предназначены для установки в КРУ типа К-104, КМ-1Ф, К-49, взаимозаменяемые с выключателями типа ВК-10, ВКЭ-10.

4. Вакуумные выключатели типа ВВЭ-М-10-40 предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях с изолированной нейтралью напряжением до 12 кВ. Устанавливаются в КРУ типа К-105, К-59, а также могут использоваться для замены маломасляных и электромагнитных выключателей.

5. Вакуумные выключатели типа ВБСК-10 предназначены для использования в КРУ наружной и внутренней установки.

6. Вакуумные выключатели типа ВБКЭ-10 с пружинным приводом приспособлены для встраивания в шкафы КРУ выкатного типа и предназначены для замены маломасляных выключателей типов ВК-10 и ВКЭ-10 в шкафах КРУ серий КМ-1, К-104, К-59, К-ХП, К-ХХVI, КРУ-2-10, КРУ-37.

7. Вакуумные выключатели типов ВБЧ-СЭ-10, ВБЧ-СП-10 предназначены для установки в КРУ типа КРУЭ-10, КРУЭП-10 и ПП-10-6/630ХЛ1.

Технические характеристики выключателей нагрузки

Тип	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, А	Наибольший ток отключения, А	Предельный сквозной ток, А		Допустимый ток включения, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия	Ток отключения холостого хода трансформатора, А
				Амплитудное значение	Действующее значение периодической составляющей	Амплитудное значение	Действующее значение периодической составляющей		
ВНР-10/400-10зУЗ	400	400	800	25	10	2,5	1	10/1	1,5
ВНРп-10/400-10зУЗ						25			
ВНРп-10/400-10зЗУЗ									
ВНРп-10/400-10зпУЗ									
ВНРп-10/400-10зпЗУЗ									
ВНПу-10/400-10зУЗ									
ВНПу-10/400-10зпУЗ									
ВНПуп-10/400-10зпЗУЗ						10	1,5		
ВНВ-10/320	320	-	-	20	-	-		12/-	-

Для выключателей нагрузки серии ВН-10 номинальный и наибольший ток даны при $\cos\varphi \geq 0,7$. Номинальное и наибольшее рабочее напряжения 10 и 12 кВ соответственно. Токи отключения: активный и уравнивающий равны и составляют 400 А. В выключателях нагрузки серии ВН-10 применяются предохранители типов ПКТ101-6, ПКТ102-6, ПКТ103-6, ПКТ101-10, ПКТ102-10, ПКТ103-10.

Технические характеристики выключателей ВН-16, ВНП-16 и ВНП-17 приведены в [11].

Предохранители предназначены для защиты электрических цепей и электрооборудования от токов, превышающих допустимые по условиям нагрева с учетом перегрузочной способности.

Структура условного обозначения предохранителей приведена на рис. 5.4, а основные технические данные – в таблице 5.8. На рис. 5.5 даны время-токовые характеристики плавления некоторых предохранителей серии ПКТ.

ПКТ <u>XXX</u> – <u>10</u> – <u>16</u> – <u>31,5</u> У3									
П - предохранитель								Категория размещения	
К - кварцевый								1 – на открытом воздухе;	
Т – для защиты силовых трансформаторов и линий (токоограничивающие)								3 – для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией	
Трехзначная цифра								Климатическое исполнение	
101.....105 – номер серии								У – для районов с умеренным климатом;	
								Т – для районов с тропическим климатом	
Номинальное напряжение для предохранителей климатического исполнения У или наибольшее рабочее напряжение для предохранителей климатического исполнения Т, кВ				Номинальный ток отключения, кА					
				Номинальный ток предохранителя, А					

Рис. А.13. Структура условного обозначения предохранителей
Основные технические данные предохранителей

Тип	$U_{\text{ном}}$, кВ	$U_{\text{мах}}$, кВ	$I_{\text{ном}}$ предохранителя, А	$I_{\text{ном откл.}}$, кА
1	2	3	4	5
ПКТ101-6-2-40У3	6	7,2	2	40
ПКТ101-6-3,2-40У3			3,2	
ПКТ101-6-5-40У3			5	
ПКТ101-6-8-40У3			8	
ПКТ101-6-10-40У3			10	
ПКТ101-6-16-40У3			16	
ПКТ101-6-20-40У3			20	
ПКТ101-6-31,5-20У3			31,5	20
ПКТ101-10-2-31,5У3	10	12	2	31,5
ПКТ101-10-3,2-31,5У3			3,2	
ПКТ101-10-5-31,5У3			5	
ПКТ101-10-8-31,5У3			8	
ПКТ101-10-10-31,5У3			10	
ПКТ101-10-16-31,5У3			16	
ПКТ101-10-20-31,5У3			20	
ПКТ101-10-31,5-12,5У3			31,5	12,5
1	2	3	4	5
ПКТ102-6-31,5-31,5У3	6	7,2		31,5
ПКТ102-6-40-31,5У3			40	
ПКТ102-6-50-31,5У3			50	
ПКТ102-6-80-20-У3			80	20

ПКТ102-10-31,5-31,5У3	10	12	31,5	31,5
ПКТ102-10-40-31,5У3			40	
ПКТ102-10-40-12,5У3			50	12,5
ПКТ103-6-80-31,5У3	6	7,2	80	31,5
ПКТ103-6-100-31,5У3			100	
ПКТ103-6-160-20У3			160	
ПКТ103-10-50-31,5У3	10	12	50	31,5
ПКТ103-10-80-20У3			80	20
ПКТ103-10-100-12,5У3			100	12,5
ПКТ104-6-160-31,5У3	6	7,2	160	31,5
ПКТ104-6-200-31,5У3			200	
ПКТ104-6-315-20У3			315	20
ПКТ104-10-100-31,5У3	10	12	100	31,5
ПКТ104-10-160-20У3			160	20
ПКТ104-10-200-12,5У3			200	12,5
ПКТ101-6-2-20У3	6	7,2	2	20
ПКТ101-6-3,2-20У3			3,2	
ПКТ101-6-5-20У3			5	
ПКТ101-6-8-20У3			8	
ПКТ101-6-10-20У3			10	
ПКТ101-6-16-20У3			16	
ПКТ101-6-20-20У3			20	
ПКТ101-10-2-12,5У3	10	12	2	12,5
ПКТ101-10-3,2-12,5У3			3,2	
ПКТ101-10-5-12,5У3			5	
ПКТ101-10-8-12,5У3			8	
ПКТ101-10-10-12,5У3			10	
ПКТ101-10-16-12,5У3			16	
ПКТ101-10-20-12,5У3			20	
ПКТ101-6-2-40У1	6	7,2	2	40
ПКТ101-6-3,2-40У1			3,2	
ПКТ101-6-5-40У1			5	
ПКТ101-6-8-40У1			8	
ПКТ101-6-10-40У1			10	

1	2	3	4	5
ПКТ101-6-16-40У1	6	7,2	16	40
ПКТ101-6-20-40У1			20	
ПКТ101-6-31,5-20У1			31,5	20
ПКТ101-7.2-2-40Т3	6	7,2	2	40
ПКТ101-7,2-3,2-40Т3			3,2	
ПКТ101-7,2-5-40Т3			5	

ПКТ101-7,2-8-40Т3			8	20
ПКТ101-7,2-10-40Т3			10	
ПКТ101-7,2-16-40Т3			16	
ПКТ101-7,2-20-40Т3			20	
ПКТ101-7,2-31,5-20Т3			31,5	
ПКТ101-10-2-20У1			2	
ПКТ101-10-3,2-20У1			3,2	
ПКТ101-10-5-20У1			5	
ПКТ101-10-8-20У1			8	
ПКТ101-10-10-20У1			10	
ПКТ101-10-16-20У1			16	
ПКТ101-10-20-20У1			20	
ПКТ101-10-31,5-12,5У1			31,5	12,5
ПКТ101-12-2-20Т3	10	12	2	20
ПКТ101-12-3,2-20Т3			3,2	
ПКТ101-12-5-20Т3			5	
ПКТ101-12-8-20Т3			8	
ПКТ101-12-10-20Т3			10	
ПКТ101-12-16-20Т3			16	
ПКТ101-12-20-20Т3			20	
ПКТ102-7,2-31,5-31,5Т3	6	7,2	31,5	31,5
ПКТ102-7,2-40-31,5Т3			40	
ПКТ102-7,2-50-31,5Т3			50	
ПКТ102-12-31,5-20Т3	10	12	31,5	20
ПКТ102-12-40-20Т3			40	
ПКТ105-7,2-80-31,5Т3	6	7,2	80	31,5
ПКТ105-7,2-100-31,5Т3			100	
ПКТ105-12-50-20Т3	10	12	50	20
ПКТ105-12-80-20Т3			80	

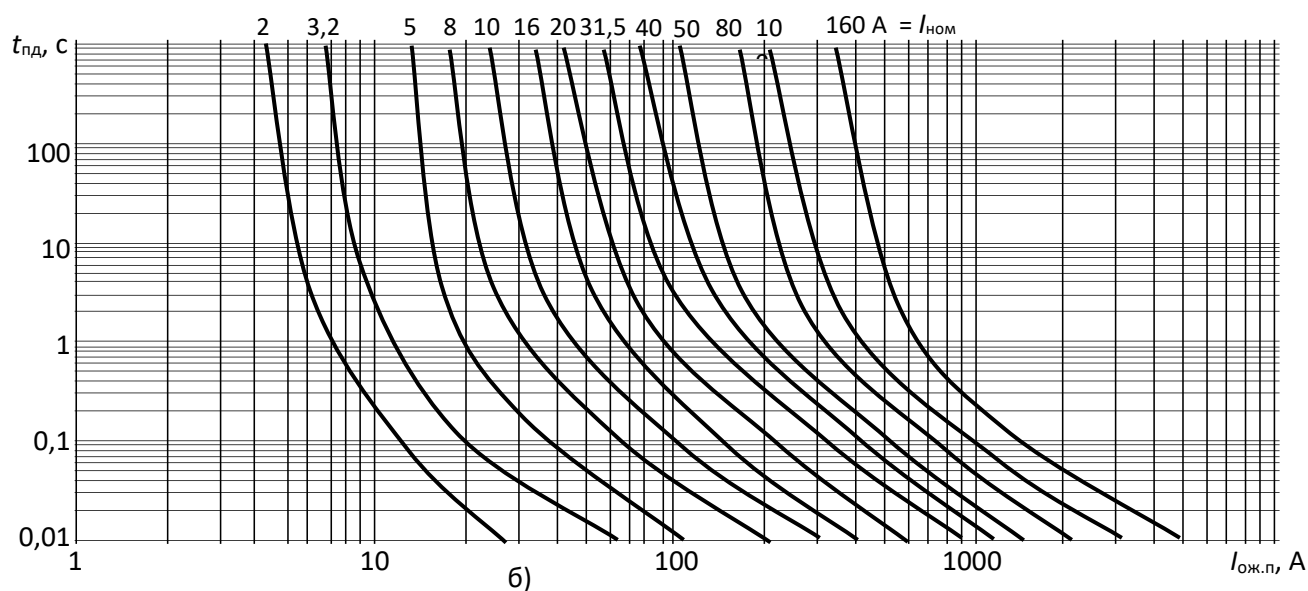
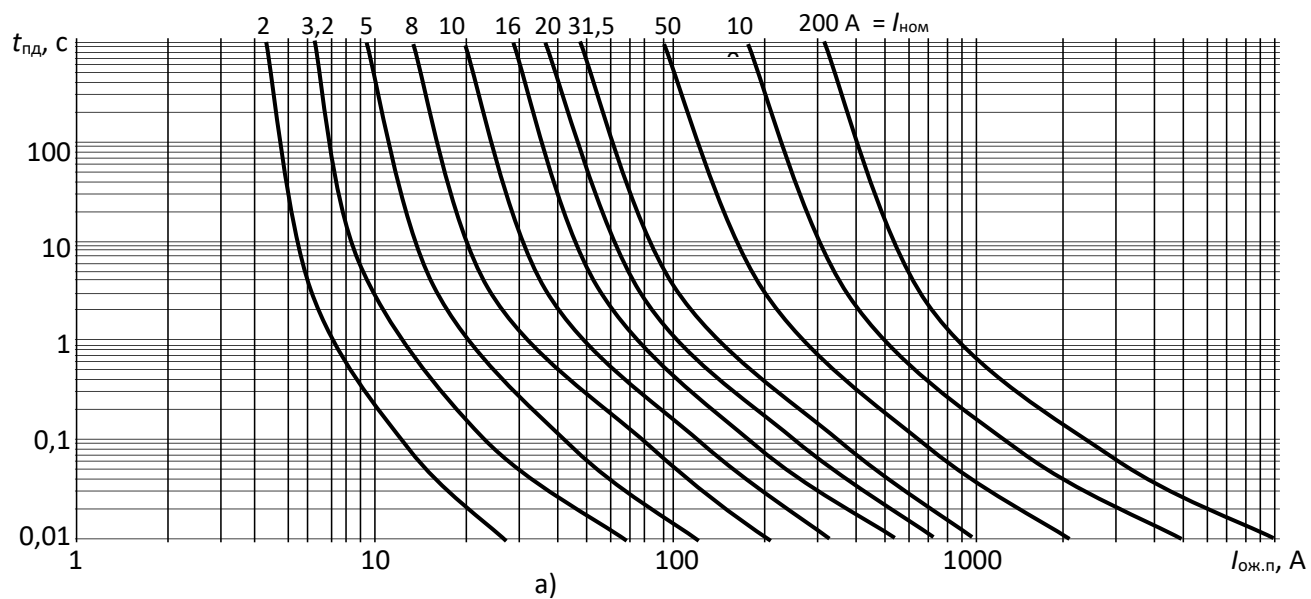


Рис. А.14. Время-токовые характеристики плавких предохранителей группы ПКТ ($t_{нд}$ – преддуговое время, $I_{ож.п}$ – действующее значение периодической составляющей ожидаемого тока).

а) – для предохранителей

ПКТ101-10-2-12,5У3

ПКТ101-10-3,2-12,5У3

ПКТ101-10-5-12,5У3

ПКТ101-10-8-12,5У3

ПКТ101-10-10-12,5У3

ПКТ101-10-16-12,5У3

ПКТ101-10-20-12,5У3

ПКТ101-10-31,5-12,5У3

ПКТ102-10-50-12,5У3

ПКТ103-10-100-12,5У3

ПКТ104-10-200-12,5У3

б) – для предохранителей

ПКТ101-10-2-31,5У3

ПКТ101-10-3,2-31,5У3

ПКТ101-10-5-31,5У3

ПКТ101-10-8-31,5У3

ПКТ101-10-10-31,5У3

ПКТ101-10-16-31,5У3

ПКТ101-10-20-31,5У3

ПКТ102-10-31,5-31,5У3

ПКТ102-10-40-31,5У3

ПКТ103-10-50-31,5У3

ПКТ103-10-80-31,5У3

ПКТ104-10-100-31,5У3

ПКТ104-10-160-31,5У3

Разъединители внутренней установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод
				Амплитуда предельного сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	главных ножей	заземляющих ножей	
В трехполюсном исполнении (рама)								
PB3- 20/63У3	20	24	30	50	20	4		ПР-3У3
PB3-20/1000У3	20	24	1000	55	20	4		ПР-3У3
PB3-35/630У3	35	40,5	630	51	20	4		ПР-3У3
PB3-35/1000У3	35	40,5	1000	80	31,5	4		ПР-3У3
PBP3-Ш-10/2000У3	10	12	2000	85	31,5	4		ПР-3У3, или ПЧ-50У3, или ПД-5У1
В однополюсном исполнении								
PBK-35/2000	35	40,5	2000	115	45	4		ПР-3У3
PBP3-10/2500У3	10	12	2500	125	45	4		ПЧ-50У3, или ПД-5У1, или ПР-3У3
PBP3-35/2000УХЛ1	10	12	4000	125/180*	45/71*	4	-	ПЧ-50У3 или ПД-5У1
PBP3-20/6300У3	20	24	6300	220/260	80/100	4		ПЧ-50У3 или ПД-5У1
PBP3-20/8000У3	20	24	8000	300/320	112/125	-	-	ПД-12У3 и ПЧ-50У3
PBP3-20/12500У3	20	24	12500	410 гл.н., 250 заз.	180 гл.н., 100 заз.			

Разъединители наружной установки

Газовый выключатель наружной установки									
Тип	Номинальное напряжение, кВ		Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод	
				Амплитуда предельного сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	главных ножей	заземляющих ножей		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
В трехполюсном исполнении (рама)									
РЛНД-10/400У1	10	12	400	25	10	4	1	ПРН-10МУ1 или ПР-2УХЛ1	
РЛНД-10/630У1			630	35,5	12,5				
РЛНД 1-10/400У1			400	25	10			ПРН3-10У1 или ПР-2УХЛ1	
РЛНД 1-10Б/400У1									
РЛНД 1-10/400ХЛ1			630	35,5	12,5				
РЛНД 1-10/630У1									
РЛНД 2-10/400У1			400	25	10			ПРН3-2-10У1 или ПР-2УХЛ1	
РЛНД 2-10Б/400У1									
РЛНД 2-10/400ХЛ1			630	35,5	12,5				
РЛНД 2-10/630У1									
В однополюсном исполнении									
РНД-35/1000У1	35	40,5	1000	63	25	4	1	ПР-У1	
РНДЗ-1а-35/1000У1									
РНДЗ-35/1000У1									
РНД-35/1000ХЛ1								ПР-ХЛ1	
РНДЗ-С-35/1000У1								ПР-ХЛ1	
РНД-35Б/1000У1								ПВ-20У2 или ПРН-110В	
РНДЗ-35Б/1000У1			2000	80	31,5			ПР-У1	
РНДЗ-С-35/1000У1								ПВ-20У2 или ПРН-110В; ПР-У1 ПР-2УХЛ1 ПР-У1	
РНДЗ-35Б/2000У1									
РДЗ-35/2000УХЛ1			3150	125	50				
РДЗ-35/3150УХЛ1									
РНДЗ2-СК-110/1000У1			110	126	1000			80	31,5
РНД-110/1000У1									
РНДЗ1а-110/1000У1	ПР-У1 или ПД-5У1								
РНД-110Б/1000У1									
РНДЗ1а-110/1000У1									
РНДЗ1а-110Б/1000У1									
РНДЗ-110Б/1000У1									
РНДЗ-110/1000У1									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

РНДЗ-С-110/1000У1								ПВ-20У2 или ПРН-110В
РНДЗ-110/1000ХЛ1								ПР-ХЛ1 или ПД-5ХЛ1
РНДЗ-110/2000ХЛ1								ПР-У1 или ПД-5У1
РНДЗ-110/2000У1			2000	100	40,0			
РНДЗ-110Б/2000У1								
РНДЗ-110/3150У1	110	126	3150	125	50,0			ПР-У1 или ПД-5У1
РНД-150/1000У1	150	172	1000	100	40,0			
РНД-150/2000У1			2000					
РДЗ-220/3150УХЛ1			3150	125	50,0			ПД-5У1илиПД- 5ХЛ1
РНД-220Б/2000У1		252	2000			3	1	ПР-У1 или 5Д- 5ХЛ1
РДЗ-220/1000УХЛ1	220		1000	100	40,0			ПД-5У1илиПД- 5ХЛ1
РДЗ-220/2000УХЛ1		-	2000					ПР-У1илиПР- ХЛ1

Примечание. В типовом обозначении разъединителей указываются их основные параметры и особенность конструкции: Р- разъединители; В - внутренняя установка; Н - наружная; Л - линейные; К - ножи коробчатого профиля; Д - разъединитель имеет две опорно-изоляционные колонки. Буква 3 обозначает наличие вариантов исполнения: с одним заземляющим ножом - РНД31а; с двумя заземляющими ножами - РНД32; без заземляющих ножей - РНД. Буквы, стоящие перед напряжением, С - наличие механической блокировки. Буквы, стоящие после напряжения, Б - с усиленной изоляцией.

Ограничители перенапряжения устанавливаются в сетях переменного тока частотой 48-62 Гц с изолированной или компенсированной нейтралью и включаются параллельно защищаемому объекту. В структуре условного обозначения принято:

О	- ограничитель;
П	- перенапряжения;
Н	- нелинейный;
П	- полимерная изоляция;
1	- опорное исполнение установки;
XXX	- класс напряжения сети, кВ;
УХЛ	- климатическое исполнение;
1	- категория размещения.

Основные технические характеристики ограничителей перенапряжения приведены в таблице

Основные технические характеристики ограничителей перенапряжения

Наименование изделия	Краткая техническая характеристика					Масса, кг		
	Класс напряжения сети, кВ	Наибольшее рабочее действующее напряжение, кВ	Остающееся напряжение при волне импульсного тока 8/20 мкс с амплитудой, кВ					
			250 А	500 А	2500 А		5000 А	10000 А
для защиты электрооборудования от атмосферных и коммутационных перенапряжений в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью								
ОПН-П1-3П УХЛ	3	3,6	-	8,8	-	10,6	11,3	2,8
ОПН-П1-6П УХЛ1	6	7,2	-	17,6	-	21,2	22,5	4,2

ОПН-П1-10П УХЛ1	10	12	-	29,5	-	36	38	6
ОПН-П1-35П УХЛ1	35	40,5	-	102	-	120	127	20
для защиты изоляции электрооборудования распределительных сетей с изолированной либо компенсированной нейтралью от грозových перенапряжений								
ОПН-1-3/3,8П УХЛ1	3	3,8	-	9,7	11,1	11,8	12,8	1,4
ОПН-2-3/3,8П УХЛ1	3	3,8	-	9,7	11,1	11,8	12,8	2,0
ОПН-1-6/7,2П УХЛ1	6	7,2	-	18,5	21,0	22,5	24,5	2,0
ОПН-2-6/7,2П УХЛ1	6	7,2	-	18,5	21,0	22,5	24,5	2,6
ОПН-1-6/7,6П УХЛ1	6	7,6	-	19,5	22,5	23,6	25,6	2,0
ОПН-2-6/7,6П УХЛ1	6	7,6	-	19,5	22,5	23,6	25,6	2,6
ОПН-1-10/12П УХЛ1	10	12	-	30,8	35,2	37,6	40,7	2,8
ОПН-2-10/12П УХЛ1	10	12	-	30,8	35,2	37,6	40,7	3,4
ОПН-1-10/12,7П УХЛ1	10	12,7	-	32,6	37,2	40,0	42,8	2,8
ОПН-2-10/12,7П УХЛ1	10	12,7	-	32,6	37,2	40,0	42,8	3,4
Для контактной сети электрифицированных железных дорог								
для защиты электрооборудования тяговых подстанций, постов секционирования и пунктов параллельного соединения сетей постоянного тока.								
ОПН-3,3 О1	3,3	4,0	-	-	-	12,0	-	23
для защиты контактной сети постоянного тока на класс напряжения 3,3 кВ и защиты устройств электрифицированных железных дорог переменного тока на класс напряжения сети 27,5 кВ от атмосферных и коммутационных перенапряжений								
ОПНК-П1-3,3 УХЛ1	3	4,0	-	13,5	-	17,0	19,3	10
ОПНК-П1-27,5 УХЛ1	25	30,0	-	79	-	95,0	102	25
для защиты изоляции электрооборудования 110 и 220 кВ от грозových и коммутационных перенапряжений в сетях с заземленной нейтралью								
ОПН-П1-110/77/10/2 УХЛ1	110	77	187	189	197	228	245	266
ОПН-П1-110/83/10/2 УХЛ1	110	83	201	203	211	245	264	286
ОПН-П1-110/88/10/2 УХЛ1	110	88	214	216	225	260	280	304
ОПН-П1-110/77/10/2 УХЛ1	110	77	187	189	197	228	245	266
ОПН-П1-110/83/10/2 УХЛ1	110	83	201	203	211	245	264	286
ОПН-П1-110/88/10/2 УХЛ1	110	88	214	216	225	260	280	304
ОПН-П1-220/154/10/2 УХЛ1	220	154	374	378	394	456	294	533
ОПН-П1-220/163/10/2 УХЛ1	220	163	394	398	414	482	522	564
ОПН-П1-220/172/10/2 УХЛ1	220	172	428	432	450	513	533	596

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения высокого напряжения до значения 100 или $100/\sqrt{3}$ В, необходимого для питания измерительных приборов и защитных устройств, цепей автоматики и сигнализации.

Типовое обозначение трансформаторов напряжения расшифровывается следующим образом:

НОС – трансформатор напряжения однофазный, сухой;

НОСК – трансформатор напряжения однофазный, сухой, для комплектных распределительных устройств;

НТС – трансформатор напряжения трехфазный, с естественным охлаждением;

НОМ – трансформатор напряжения однофазный, масляный;

ЗНОМ – с заземленным выводом первичной обмотки, трансформатор напряжения однофазный, масляный;

НТМК – трансформатор напряжения трехфазный, масляный, с компенсирующей обмоткой для уменьшения угловой погрешности;

НТМИ – трансформатор напряжения трехфазный, масляный, с дополнительной вторичной обмоткой (для контроля изоляции сети);

ЗНОЛ – с заземленным выводом первичной обмотки, трансформатор напряжения однофазный, с литой изоляцией;

НКФ – трансформатор напряжения каскадный в фарфоровой крышке.

Основные технические характеристики трансформаторов напряжения приведены в таблице.

Технические данные трансформаторов напряжения

Тип	Номинальное напряжение обмоток, кВ			Номинальная мощность, ВА, для классов точности				Максимальная мощность, ВА	u_k^* , %
	ВН	НН (основной)	НН (дополнительной)	0,2	0,5	1	3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НОС-0,5	0,38	0,1	–	–	25	50	100	200	4,4
НОС-0,5	0,5	0,1	–	–	25	50	100	200	4,2
НОМ-6	3	0,1	–	–	30	50	150	240	3,58
НОМ-6	6	0,1	–	–	50	75	200	400	6,15
НОМ-10	10	0,1	–	–	75	150	300	640	6,4
НОМ-15	13,8	0,1	–	–	75	150	300	640	3,6
НОМ-15	15,75	0,1	–	–	75	150	300	640	4,63
НОМ-15	18	0,1	–	–	75	150	300	640	4,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НОМ-35	35	0,1	–	–	150	250	600	1200	3,87
НОЛ .08-6	6	0,1	–	30	50	75	200	400	3,47
НОЛ.08-10	10	0,1	–	50	75	150	300	640	4,95
НТС-0,5	0,38	0,1	–	–	50	75	200	400	3,76
НТС-0,5	0,5	0,1	–	–	50	75	200	400	3,76
НТМК-6-48	3	0,1	–	–	50	75	200	400	2,98
НТМК-6-48	6	0,1	–	–	75	150	300	640	3,92
НТМК-10	10	0,1	–	–	120	200	500	960	3,07
НТМИ-6	3	0,1	0,1/3	–	50	75	200	400	3,01
НТМИ-6	6	0,1	0,1/3	–	75	150	300	640	5,23
НТМИ-10	10	0,1	0,1/3	–	120	200	500	960	5
НТМИ-18	13,8	0,1	0,1/3	–	120	200	500	960	4,08

НТМИ-18	15,75	0,1	0,1/3	–	120	200	500	960	4,32
НТМИ-18	18	0,1	0,1/3	–	120	200	500	960	4,32
ЗНОЛ.09-6	6/√3	0,1/√3	0,1/3**	30	50	75	200	400	3,55
ЗНОЛ.09-10	10/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	4,8
ЗНОЛ.06-6	6/√3	0,1/√3	0,1/3**	30	50	75	200	400	3,55
ЗНОЛ.06-10	10/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	4,8
ЗНОЛ.06-15	13,8/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,12
ЗНОЛ.06-15	15,75/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,12
ЗНОЛ.06-20	18/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,02
ЗНОЛ.06-20	20/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,02
ЗНОЛ.06-24	24/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,03
ЗНОМ-15-72	6/√3	0,1/√3	0,1/3	–	50	75	200	400	3,42
ЗНОМ-15- 2	10/√3	0,1/√3	0,1/3	–	75	150	300	640	4,63
ЗНОМ-15-72	13,8/√3	0,1/√3	0,1/3	60	90	150	300	640	4,57
ЗНОМ-15-72	15,75/√3	0,1/√3	0,1/3	60	90	150	300	640	5,1
ЗНОМ-20	18/√3	0,1/√3	0,1/3	60	90	150	300	640	5,6
ЗНОМ-20	20/√3	0,1/√3	0,1/3	–	75	150	300	640	5,25
ЗНОМ-24	24/√3	0,1/√3	0,1/3	–	150	250	600	980	4,4
ЗНОМ-35-65	35/√3	0,1/√3	0,1/3	–	150	250	600	1200	6
НКФ-110-57	110/√3	0,1/√3	0,1	–	400	600	1200	2000	4,05
НКФ-110-58***	66/√3	0,1/√3	0,1/3	–	400	600	1200	2000	3,55
НКФ-110-58***	110/√3	0,1/√3	0,1/3	–	400	600	1200	2000	4,43
НКФ-220-58	150/√3	0,1/√3	0,1	–	400	600	1200	2000	3,83
НКФ-220-58	220/√3	0,1/√3	0,1	–	400	600	1200	2000	4,13

* приведены значения u_k % между обмотками ВН и НН (основной, отнесенные к максимальной мощности);

** может быть выполнена на 0,1 кВ (например, для использования в цепях управления возбуждением генераторов);

*** предназначены для сетей с изолированной нейтралью.

Примечание. Мощность, указанная для трансформаторов напряжения типов ЗНОЛ, ЗНОМ и НКФ, является суммарной мощностью основной и дополнительной вторичных обмоток.

Трансформаторы напряжения, класс точности 0,2-3

Тип	Напряжения обмоток		
	первичной, кВ	вторичной, В	дополнительной, В
НОЛ.08	от 3 до 11	100	—
НОЛ.11	6	100; 127	—
НОЛ.12	от 0,38 до 10	100; 127	—
ЗНОЛ.06	от $3/\sqrt{3}$ до $24/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100; 100/3
ЗНОЛЭ-35	$35/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3
ЗНОЛ-35УХЛ1	27,5	100	127
ЗНИОЛ-6(10) измерительный	6; 10	100	—
НАМИТ-10-2 антирезонансный	6; 10	100	100

Структура условного обозначения трансформаторов тока дана на рис.5.6. В таблицах 5.22–5.25 приведены технические данные трансформаторов тока внутренней и наружной установки, а в таблице 5.26 сведения о замене некоторых из них.

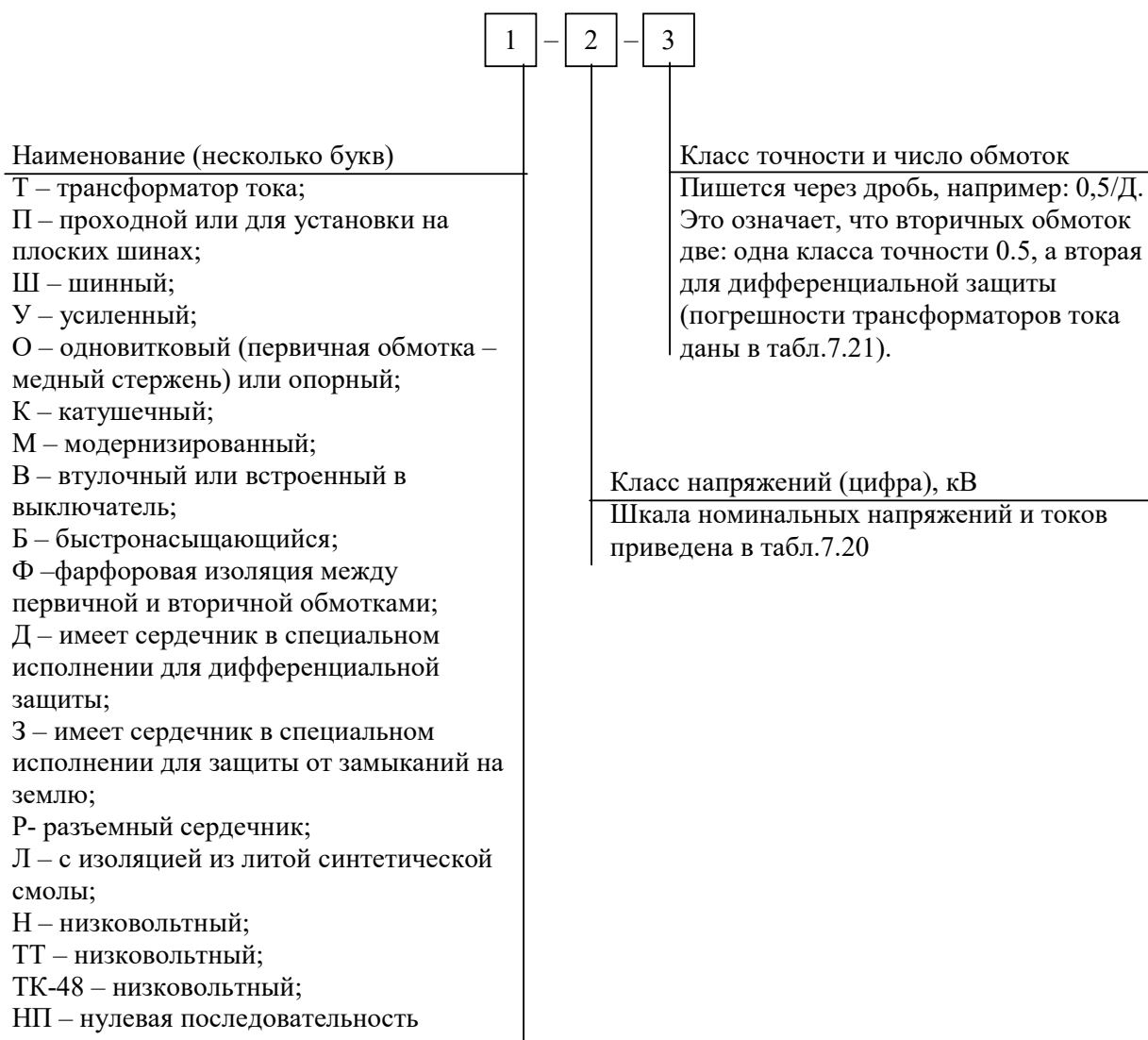


Рис. А.15. Структура условного обозначения трансформаторов тока
Основные номинальные параметры трансформаторов тока

Параметр	Номинальное значение
Номинальное напряжение (линейное) $U_{ном}$, кВ	0.66; 3; 6; 10; 15*; 20; 24; 27; 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750
Номинальный первичный ток ** $I_{1ном}$, А	1; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 250; 300; 400; 500; 600; 750; 800; 1000; 1200; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 14000; 16000; 18000; 20000; 25000; 28000; 30000; 32000; 35000; 40000
Номинальный вторичный ток $I_{2ном}$, А	1, 2***; 2.5***; 5
Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности $\cos\varphi_2=0.8$, ВА	2.5; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75; 100
Номинальный класс точности для измерений	0,2; 0,5; 1; 3; 5; 10****
Номинальный класс точности для защиты	5P; 10P

Примечания к табл. 5.20:

* для существующих установок и генераторов с $U_{ном} = 15,75$ кВ;

** для встроенных трансформаторов тока, начиная от 75 А и выше; для трансформаторов тока, предназначенных для комплектации турбо- и гидрогенераторов, значения свыше 10000 А являются рекомендуемыми;

*** допускаются по согласованию с потребителем;

**** только для встроенных трансформаторов тока.

**Предельные значения погрешности трансформаторов тока
для различных классов точности**

Класс точности	Первичный ток, % номинального	Предельное значение погрешности			Пределы вторичной нагрузки, % номинальной, при cosφ ₂ =0,8
		токовой, %	угловой		
			мин	10 ⁻² рад	
0,2	5	± 0,75	± 30	± 0,9	25-100
	10	± 0,50	± 20	± 0,6	
	20	± 0,25	± 15	± 0,45	
	100-120	± 0,20	± 10	± 0,3	
0,5	5	± 1,5	± 90	± 2,7	25-100
	10	± 1,0	± 60	± 1,8	
	20	± 0,75	± 45	± 1,35	
	100-120	± 0,5	± 30	± 0,9	
1,0	5	± 3,0	± 180	± 5,4	25-100
	10	± 2,0	± 120	± 3,6	
	20	± 1,5	± 90	± 2,7	
	100-120	± 1,0	± 60	± 1,8	
3	50-120	± 3,0	не нормируется		50-100
5	50-120	± 5,0			50-100
10	50-120	± 10			50-100

**Трансформаторы тока (кабельные) внутренней установки для защиты
от замыкания на землю в сетях 6-10 кВ**

Тип	Число охватываемых кабелей	Наружный диаметр кабеля, мм	Цепь подмагничивания		Вторичная цепь		ЭДС небаланса во второй вторичной цепи, не более, мВ	
			$U_{\text{ном}}$ В	$S_{\text{потр}}$, ВА	Z, Ом	$S_{\text{получ.}}$ при 1 А, ВА	от подмагничивания	от несимметричности при номинальной нагрузке
ТНП-2	1-2	50	110	20	10	0,00625	150	17
ТНП-4	3-4			45		0,00344		14
ТНП-7	5-7			50				
ТНП-12	8-12	60		70				

**Трансформаторы тока (шинные) внутренней установки для защиты
от замыкания на землю в сетях 6-10 кВ**

Тип	Длительно допустимый ток при температуре воздуха 40 °С, А	Десятисекундный ток термической стойкости, кА	Наибольший ударный ток КЗ, кА	Потребляемая мощность цепи подмагничивания 110В, ВА	ЭДС небаланса во второй вторичной цепи, мВ	
					от подмагничивания	от несимметрии первичных токов
ТНП-Ш1	1750	24	165	20	100	60
ТНП-Ш2	3000	48		25		85
ТНП-Ш3	4500	72		30		100
ТНП-Ш3У	7500	90	180	35		150

Технические данные трансформаторов тока внутренней установки

Тип трансформатора	Варианты исполнения **	Номинальный первичный ток, А	Трехсекундная термическая стойкость или кратность	Электродинамическая стойкость или кратность	Номинальная вторичная нагрузка, ВА		Номинальная предельная кратность защитной обмотки	Масса, кг
					измерительной обмотки	защитной обмотки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТЛМ-6	1/10P 0,5/ 10P	300; 400; 600; 800; 1000; 1500	33*	125*	10	15	20	27
ТОЛК-6	1; 10P	50 80 100; 150; 200 300; 400; 600	40 40 4,6* 11*	340 340 26* —	30 30 30 —	30 30 30 —	5,5	11,3
ТВЛМ-6	1; 10P	10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400	20 20	350 52*	15	15	4,5	4,5
ТПЛ-10	10P; 0,5/10P; 10/10P; 10/10P	30; 50; 75; 100; 150 200 300 400	45 — 45 35	250 — 175 165	10	15	13	10-19
ТПЛУ-10	10P; 0,5/10P; 10P/10P	30; 50; 75; 100	60	250	10	15	13	10-19
ТПОЛ-10	0,5/10P	600; 800 1000 1500	32 27 18	81 69 45	10	15	19; 23 20 25	18
ТЛ-10	0,5/10P	50; 100; 150; 200; 400 600; 800; 1000 1500; 2000; 3000	50 50 40* 40*	51* 128* 128* 128*	10 20	15 30	15 17 17 15;20;15	47

ТЛМ-10	0,5/10P	50; 100; 150 200 300; 400 600; 800 1000; 1500	50 50 18,4* 23* 26*	350 260 100* 100* 100*	10	15	15	27
ТОЛ-10	0,5/10P	50	50	350	10	15	10	25
ТОЛ-10	10/10P	100; 150; 200 300; 400 600; 800 1000; 1500	50 18,4* 23* 36*	52* 100* 100* 100*	10	15	10	25
ТПЛК-10	0,5/10P 10P/10P	10; 15; 30; 60; 100 150; 200; 300; 400 600; 800 1000; 1500	47	250 74,5* 74,5* 74,5*	10	15	12 17 20 20	47
ТПОЛ-20	1/10P, 10P/10P 0,5/10P 10P/10P	400 600 800; 1000 1500	40	100* 120*	20	15 20 30; 50 50	13 18 24 26	43
ТПОЛ-35	1/10P 0,5/10P 10P/10P	400 600 800; 1000 1500	40 35	100*	20	15 20 30; 50 50	13 18 24 26	55
ТЛЛ-35	0,1	5;10; 15; 20; 30; 40;50; 75; 100; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000	4	10	15	—	—	86
ТШЛ-10	0,5/10P/ 10P/10P	2000; 3000; 4000; 5000	35	—	20	30	25	49
ТЛШ-10	0,5/10P	2000; 3000	42*	81*	20	30	—	26
ТШВ-15	0,2/10P	6000; 8000	20	—	30	30	15 504-93	50-93
ТШЛО-20	10P	400	19	200	—	20	15 23	23
ТШ-20 \\	0,2; 10P	8000; 10000; 12000	160*	—	30	30	9 414-49	41-49
ТШ-24	0,2; 10P	20000	—	—	100	100	8 105	105
ТШВ-24	0,2; 10P	24000; 30000	6	—	100	100	5; 6	106; 115
ТВГ-24	0,5/10P/ 10P 10P/10P	6000 10000; 12000; 15000	—	—	30	30 40	6 4	—
ТВ-10	0,5	6000	40	—	20	—	3	14
ТВТ-10	0,5	5000; 6000; 12 000	28	—	30	—	10;12; 24	5;16;78
ТВ-35	0,5; 1; 10P	200; 300; 600; 1500; 2000;3000	8-200*	—	10-40	10-40	2-30	15-35
ТВТ-35	0,5; 1; 10P	200; 300; 600; 1000; 3000; 4000	28	—	10-40	15-40	5-24	16-80

ТВ-110	0,5; 1; 10P	200; 300; 600; 1000;2000	20- 125*	—	10-50	10- 60	5-50	96-103
ТВТ-110	1; 10P	300; 600; 1 000; 2000	25	—	30-50	10-50	12-24	42-122
ТВТ- 1 50	0,5; 1; 10P	600; 1 000; 2000	25	—	10 -60	10-40	22	212- 220
ТВ-220	0,5; 1; 10P	600; 1000; 2000;3000	63-250*	—	10-50	10-50	10-50	143- 157
ТВТ-220	0,5; 1; 10P	600; 1000; 2000; 4000	25	—	30-100	30-60	24	145- 155

* термическая и электродинамическая стойкость приведены в килоамперах;

** трансформаторы тока, исполнение которых обозначено дробно (например, 1/10P) имеют один трансформатор класса 1 и второй класса 10P.

Технические данные трансформаторов тока наружной установки

Тип трансформатора	Варианты исполнения	Номинальный первичный ток, А	Номинальная вторичная нагрузка, ВА		Номинальная предельная кратность при номинальной нагрузке	Трехсекундная термическая стойкость или кратность	Электродинамическая стойкость или кратность	Масса кг
			измерительной обмотки	защитной обмотки				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТФЗМ35А	0,5/10P	15-600 800-1000	50	20	28	30	200 130	250
ТФЗМ35Б-I	0,5/10P	15-600 800-1000 1500-2000	30	30	20	50 35 35	200 130 70	350
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТФЗМ35Б-II	0,5/10P/10P	500-1000 2000; 3000	— 30	— 50	— 18	49 57*	125* 145*	430
ТФЗМ110Б-II	0,5/10P/10P	750/1500**; 1000/2000	20	20	30	34	100	840
ТФЗМ150А, Б-I	0,5/10P/10P/10P	600/1200	40	50	15	23	87	1060
ТФЗМ150Б-II	0,5/10P/10P/10P	1000/2000	30	50	30;25;25	41,6	1 13	1165
ТФЗМ220Б-III	0,5/10P/10P/10P	300/600/1200	30	50;50;30	15;15; 10	39,2	83	2260
ТФЗМ220Б-IV	0,5/10P/10P/10P	500/1000/2000	30	50;50;30	25;25; 20	39,2	50	2380

* термическая и электродинамическая стойкость приведены в килоамперах;

** если номинальный первичный ток указан в виде двух или трех цифр через косую черту (например, 1000/2000), то это означает, что трансформатор тока имеет переключаемый первичный ток 1000 и 2000 А.

Трансформаторы тока, класс точности 0,5

Тип	Класс напряжения, кВ	Номинальный первичный ток, А
ТОЛ10	10	300÷1500
ТОЛ10-1	10	5÷1500
ТОЛ35Б-I	35	15÷1000
ТОЛ35Б-II	35	15÷2000
ТОЛ35Б-III	35	500÷3000
ТПОЛ10	10	20÷1500
ТЛШ10	10	2000÷5000
ТШЛ10	10	2000÷5000
ТОЛК	6, 10	50÷600
ТПЛ	20,35	300÷1500
ТШЛП10	10	1000, 2000
ТШЛ20	20	6000÷10000
ТЛК10	10	30÷1500

Система нормативных документов в строительстве
СВОД ПРАВИЛ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И СТРОИТЕЛЬСТВУ



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЖИЛЫХ
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

СП 31-110-2003

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РД 34.20.185-94

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. –М.: Энергоатомиздат, 1991. – 406с. (Электроустановки промышленных предприятий / Под ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общей ред. А.А. Федорова. Т.1: Электроснабжение. –М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568с.
3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общей ред. А.А. Федорова. Т.2: Электрооборудование. –М.: Энергоатомиздат, 1987. – 486с.
4. Григорьев В.В., Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий. –М.: Энергоатомиздат, 2002. – 142с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций / Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. –М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608с.
6. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры / Справочник. –М.: Энергоатомиздат, 1988. – 536с.
7. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики Российской Федерации. –6-ое изд. –М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. – 607с.
8. Соколов Б.А., Соколова Н.Б. Монтаж электрических установок. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 592с.
9. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. –М.: Энергоатомиздат, 1981. – 408с.
10. Аппараты распредустройств низкого напряжения: Справочник / ч.1. Вып. 1 и 2. Автоматические выключатели до и свыше 630 А. –М.: Патент, 1992. – 308с.
11. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. –М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528с.
12. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. –М.: Энергия, 1970. – 581с.
13. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах. – М.: Мир, 2003. – 283с.
14. Мельников М.А. Внутривзаводское электроснабжение: Учебное пособие. –Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 159с.
15. Грейсух М.В., Лазарев С.С. Расчеты по электроснабжению промышленных предприятий. –М.: Энергия, 1977. – 312с.
16. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учебное пособие. –Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 143с.

17. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. –М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336с.

18. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. –М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224с.

Расчет и анализ режимов и потерь в ПК RersPC

При запуске программы открывается главное окно программы, изображенное на рисунке 1. Для начала работы с программным комплексом необходимо открыть существующую схему, либо создать новую.

Рассмотрим процесс создания схемы на примере небольшого фидера 10 кВ, питающего двух потребителей.

1. Для создания новой схемы необходимо выполнить команду меню «Файл→Создать», либо воспользоваться пиктограммой  на главной панели, либо использовать комбинацию «горячих клавиш» «Ctrl+N». После этого в заголовке программы появится надпись «Безымянный» (рисунок 2), что свидетельствует о том, что схема еще не сохранена.

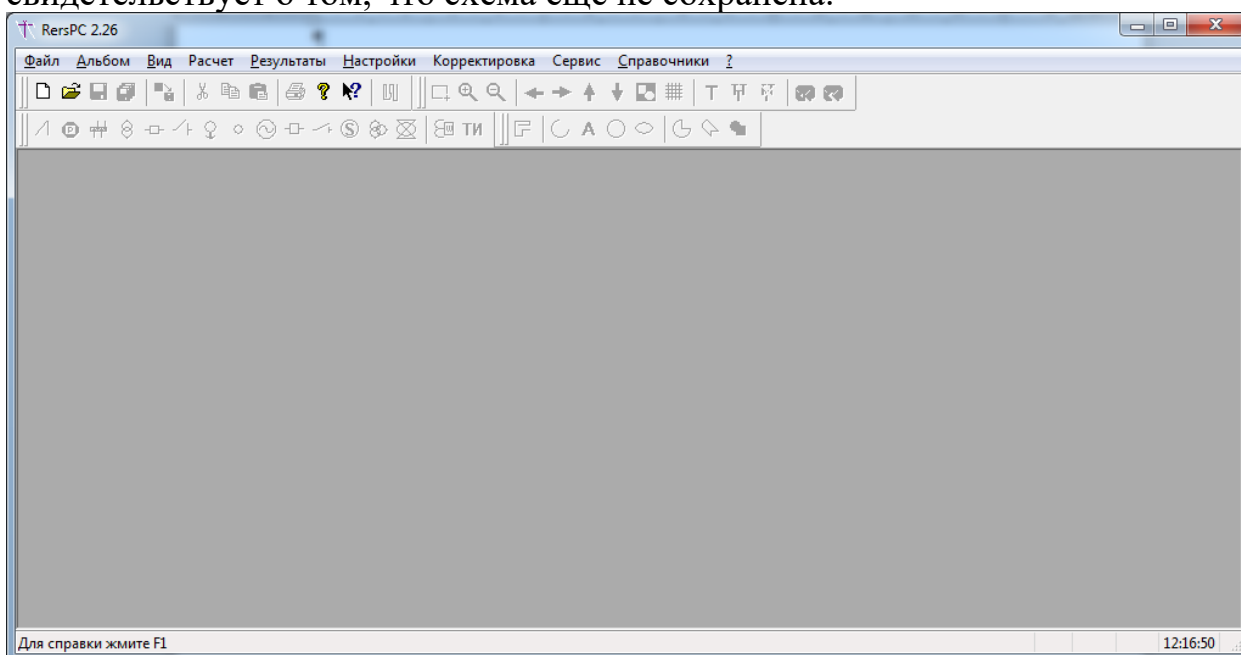


Рисунок 1 – Главное окно ПК RersPC

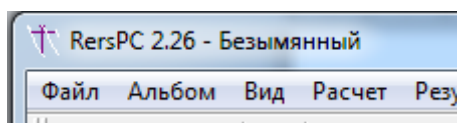


Рисунок 2 – Заголовок новой схемы

2. Для сохранения схемы необходимо выполнить команду меню «Файл→Сохранить», либо нажать на значок  на панели инструментов, либо воспользоваться сочетанием «горячих клавиш» «Ctrl+S». Если схема еще не была сохранена, программа предложит выбрать путь к файлу для сохранения схемы, в противном случае, изменения будут сохраняться в уже выбранный ранее файл.

Примечание: В процессе работы с программой рекомендуется периодически сохранять файл схемы, чтобы не потерять внесенные изменения в случае аварийного завершения программы.

3. В одном файле могут храниться множество схем. Список схем, хранящихся в файле, отображается в диалоговом окне «Схемы» (рисунок 3), которое вызывается командой меню «Альбом→Дерево схем...».

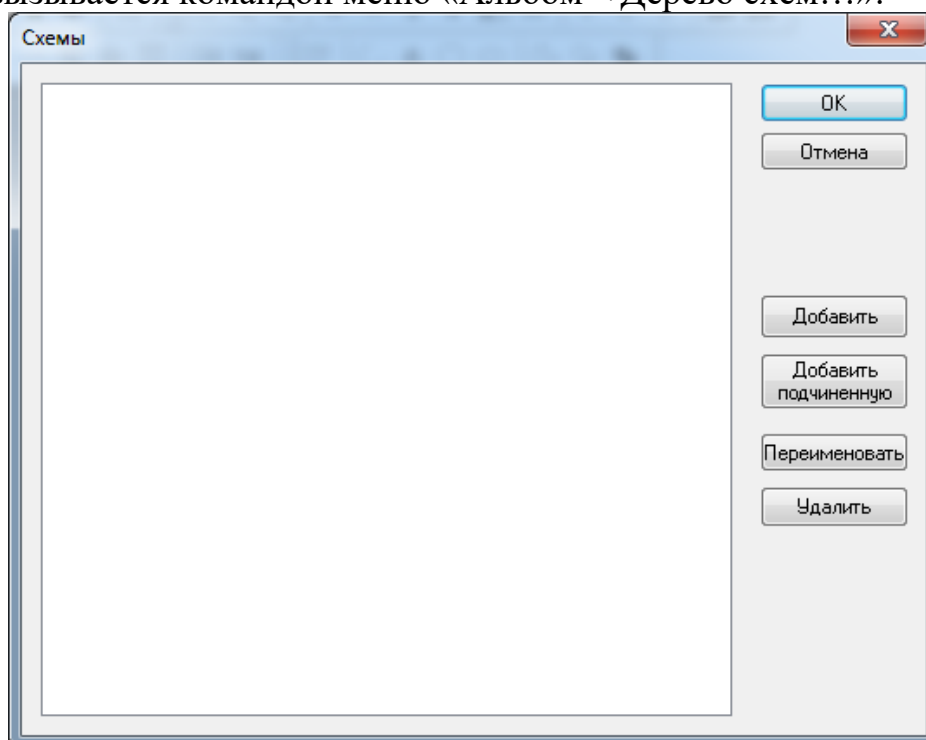


Рисунок 3– Диалоговое окно схем, хранящихся в файле

Для добавления новой схемы необходимо нажать на кнопку «Добавить» и в открывшемся диалоговом окне ввести название новой схемы (например, «Простой фидер»). После этого, с окне схем появится новая схема с введенным именем (рисунок 4). Чтобы ее открыть необходимо выполнить по соответствующей строчке двойной щелчок левой кнопки мыши.

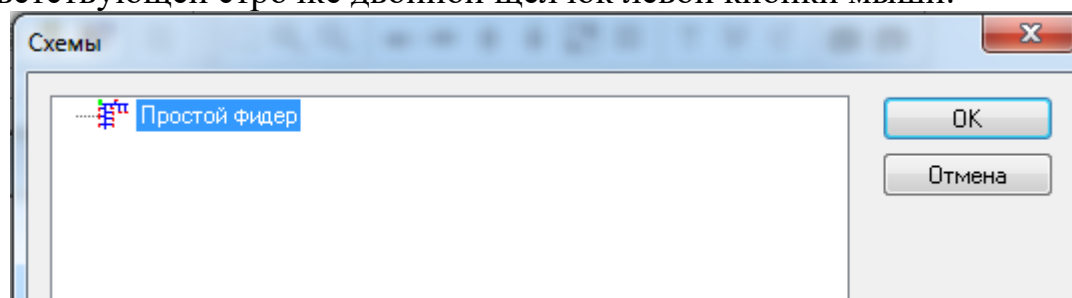


Рисунок 4 – Добавление новой схемы

На экране откроется рабочая область выбранной схемы (рисунок 5).

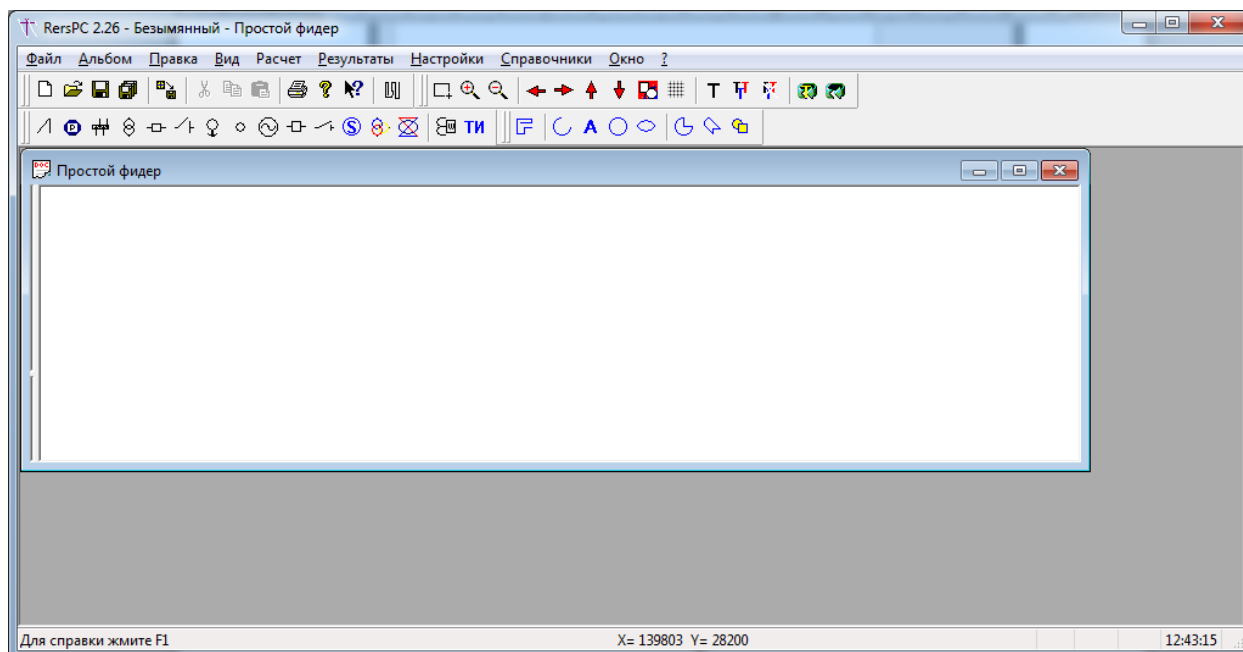


Рисунок 5 – Рабочая область схемы

4. Ввод схемы осуществляется с помощью панели инструментов «Стандартные элементы сети» (рисунок 6).

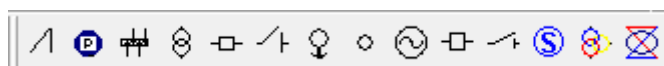


Рисунок 6 – Панель инструментов «Стандартные элементы сети»

Введем с помощью нее схему небольшого фидера 10 кВ, питающего две подстанции, изображенную на рисунке 7.

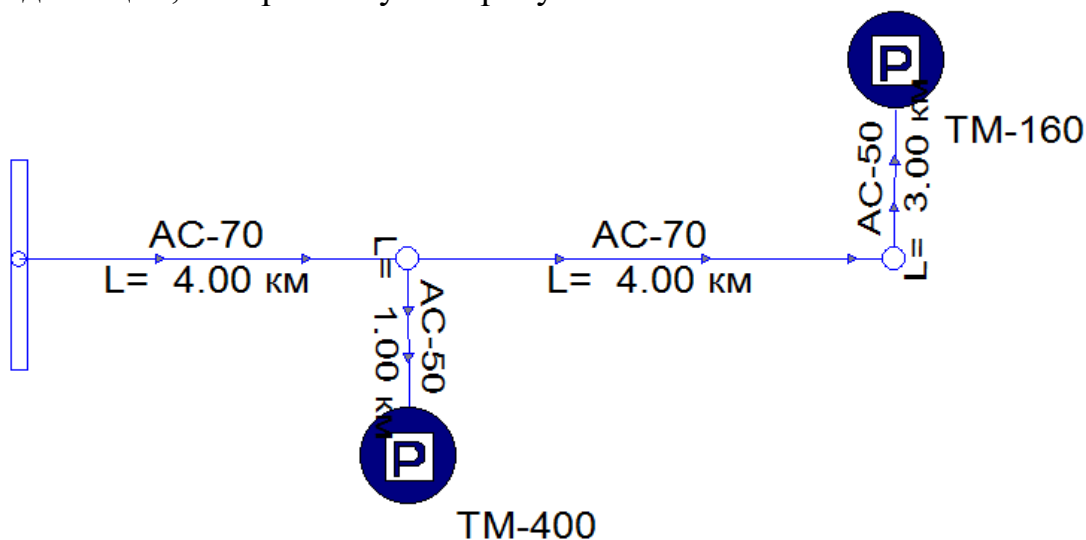


Рисунок 7 – Схема фидера

4.1 Начнем ввод с центра питания. Для этого выберем на панели инструментов значок  и щелкнем по нему один раз. Пиктограмма инструмента поменяется на , что свидетельствует о том, что инструмент

выбран. Переместим курсор мыши в рабочее пространство схемы и выполним щелчок мыши в том месте, где хотим, чтобы находилась начальная точка шины. Перемещая курсор мыши влево, вправо, вверх и вниз, выберем конечную точку рисуемой шины и снова выполним щелчок левой кнопки мыши. Откроется диалоговое окно «Параметры узла» (рисунок 8), в котором нужно выбрать номинальное напряжение узла, его номер и наименование

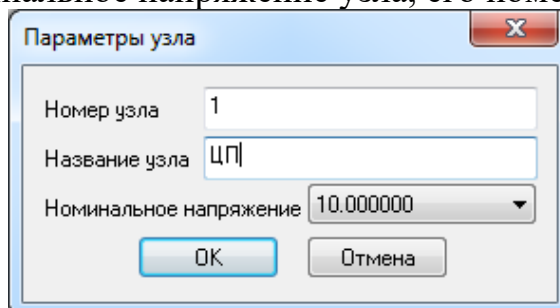


Рисунок 8 – Диалоговое окно «Параметры узла»

Если шина нарисована не совсем так, как хотелось бы (не в том месте рабочего пространства или не под тем углом), можно отредактировать ее положение. Для этого необходимо выполнить щелчок правой кнопки мыши по ее контуру и в открывшемся контекстном меню выбрать команду «Корректировка→Переместить» или «Корректировка→Вращать» (рисунок 9), в зависимости от того, какую операцию необходимо выполнить.

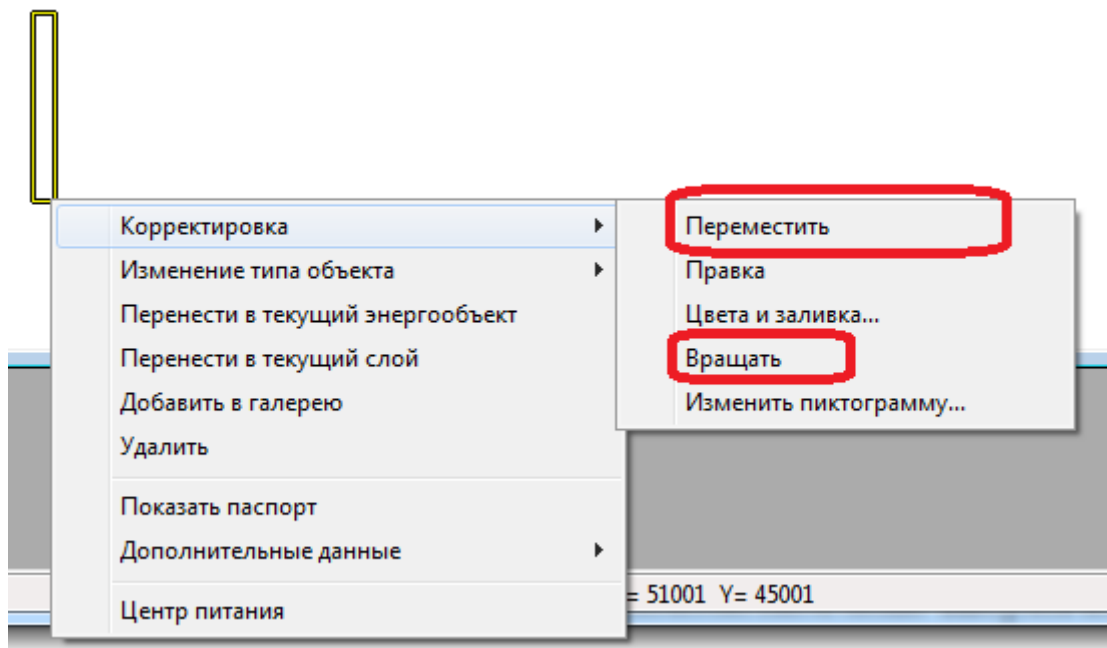


Рисунок 9 – Корректировка изображения шины

4.2 Далее введем два узла отпаек. Для этого на панели инструментов выберем пиктограмму  и щелкнем левой кнопкой мыши в нужном месте рабочего пространства схемы. Снова откроется диалоговое окно «Параметры узла», в которые необходимо ввести соответствующие параметры. Аналогично шине, положение узла можно изменить через его контекстное меню «Корректировка→Переместить».

4.3 Нарисуем подстанции. Для этого на панели инструментов щелкнем левой кнопкой мыши по значку . Откроется диалоговое окно, изображенное на рисунке 10, в котором необходимо выбрать номинальное напряжение трансформатора, его тип, название подстанции и значок для ее отображения на схеме.

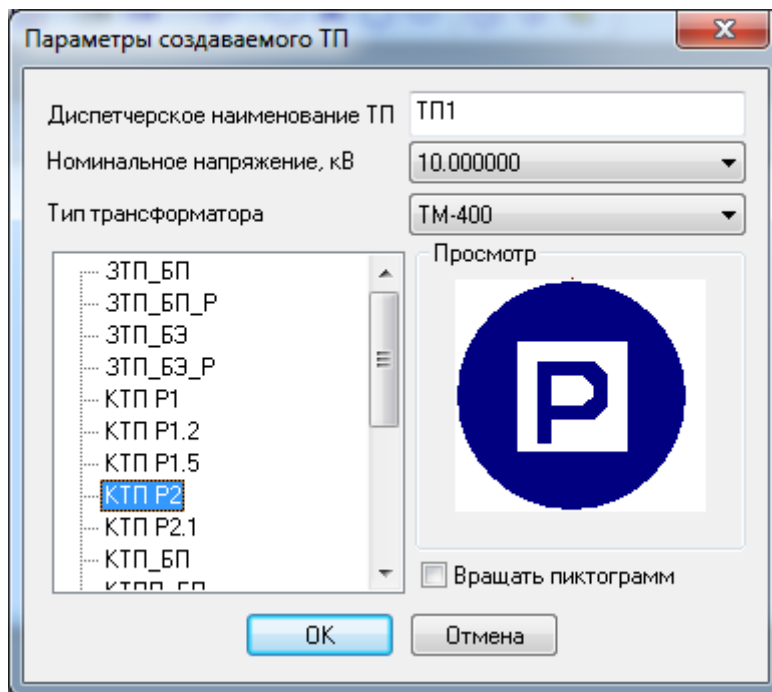


Рисунок 10 – Создание ТП

После нажатия кнопки «ОК» необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши в нужном месте рабочего пространства схемы.

Примечание:

Если нужного нам трансформатора нет в выпадающем списке, необходимо его добавить в справочник трансформаторов. Для этого нужно нажать на кнопку «Отмена» и выполнить команду меню «Справочники→Трансформаторы...», и в открывшемся окне (рисунок 11) добавить справочные данные по нужному трансформатору.

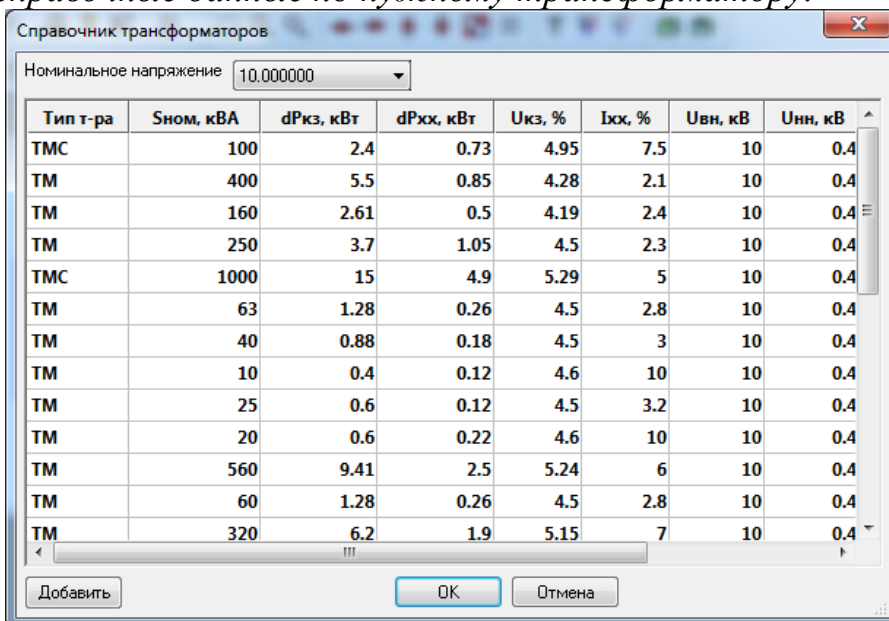
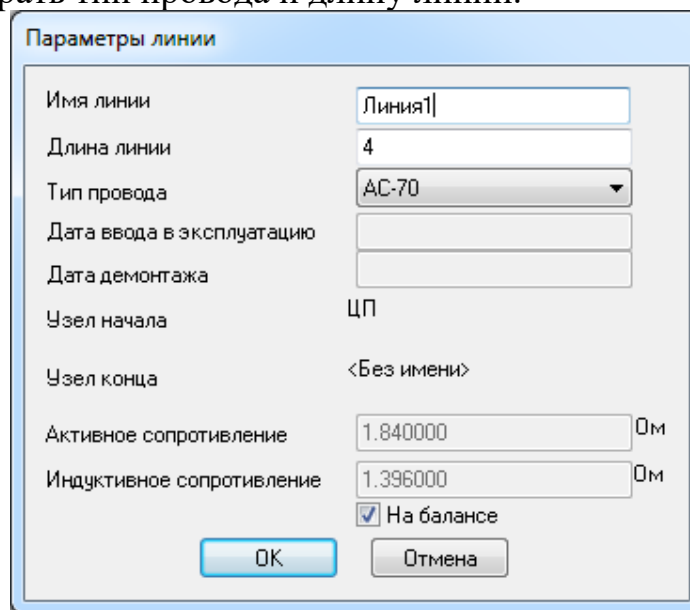


Рисунок 11 – Справочник трансформаторов

4.4 Нарисуем линии. Для этого на панели инструментов выберем значок , переместим курсор мыши на шину центра питания, выберем место присоединения линии и щелкнем левой кнопкой мыши. Далее переместим курсор мыши к узлу первой отпайки и щелкнем правой кнопкой мыши. Откроется диалоговое окно «Параметры линии» (рисунок 12), в котором необходимо выбрать тип провода и длину линии.



Параметры линии	
Имя линии	Линия1
Длина линии	4
Тип провода	АС-70
Дата ввода в эксплуатацию	
Дата демонтажа	
Узел начала	ЦП
Узел конца	<Без имени>
Активное сопротивление	1.840000 Ом
Индуктивное сопротивление	1.396000 Ом
☒ На балансе	
ОК Отмена	

Рисунок 12 – Параметры линии

Примечание: если нужный тип провода отсутствует в выпадающем списке, его необходимо добавить в справочник проводов. Для этого необходимо выполнить команду меню «Справочники→Провода...» и в открывшемся окне (рисунок 13) добавить справочную информацию по недостающему проводу.

Справочник линий

Номинальное напряжение: 10.000000

Тип провода	Сечение, кв.мм	R, Ом/км	X, Ом/км	Емк. мкСм/км	Дс
АС	50	0.64	0.363	0	
АС	70	0.46	0.349	0	
АСБ	240	0.129	0.071	0	
ААШВ	240	0.129	0.075	0	
ААБ	240	0.129	0.071	0	
АВШБ	240	0.129	0.075	0	
СБ	240	0.099	0.076	0	
АВВГ	240	0.129	0.075	0	
АСБ	185	0.167	0.073	0	
ААШВ	185	0.167	0.077	0	
ААБ	185	0.167	0.073	0	
АВШБ	185	0.167	0.077	0	
СБ	185	0.099	0.076	0	

Добавить OK Отмена

Рисунок 13 – Справочник типов проводов

4.5 Зададим мощности нагрузок подстанций. Для этого необходимы щелкнуть левой кнопкой мыши по контуру значка подстанции и в открывшемся контекстном меню выбрать команду «Открыть схему» (рисунок 14). Откроется схема подстанции (рисунок 15).

Примечание: для перемещения по рабочему листу и выравнивания схемы подстанции по центру, используйте кнопки  на панели инструментов, либо сочетания «горячих клавиш» клавиатуры «Shift+←», «Shift+→», «Shift+↑», «Shift+↓»

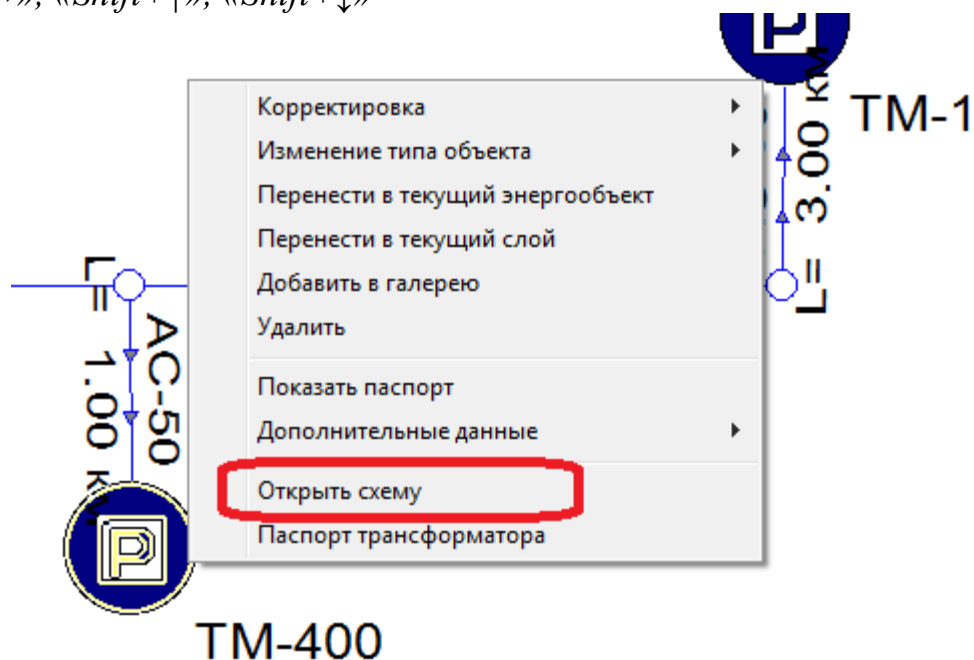


Рисунок 14 – Открытие схемы подстанции

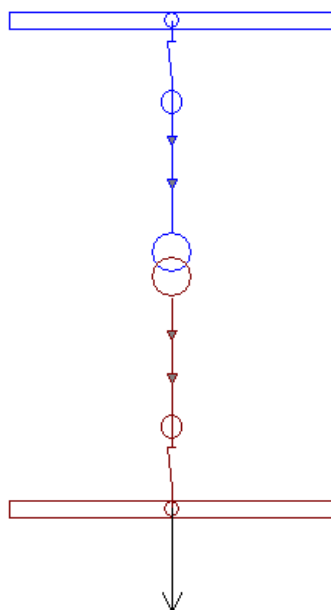


Рисунок 15 – Схема подстанции

Щелчком правой кнопкой мыши по контуру нагрузки (изображена стрелкой), и в открывшемся контекстном меню (рисунок 16) выберем команду «Показать паспорт».

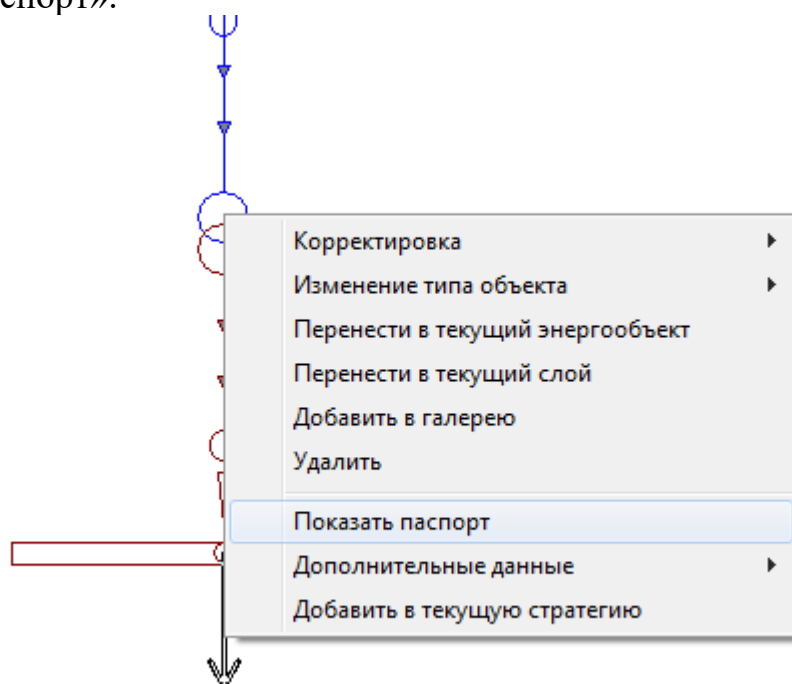


Рисунок 16 – Контекстно меню нагрузки

Откроется диалоговое окно параметров нагрузки (рисунок 17).

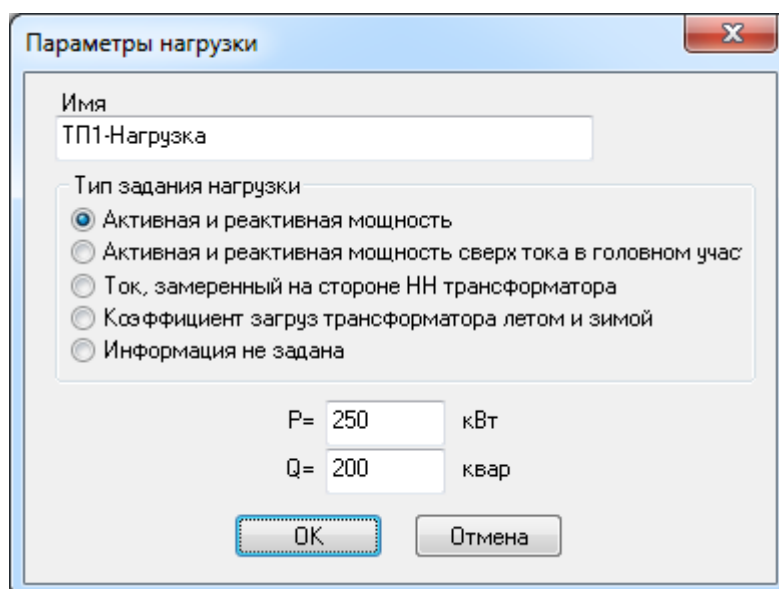


Рисунок 17 – Диалоговое окно параметров нагрузки

Для первой подстанции зададим нагрузку 250 кВт, 200 квар, для второй – 130 кВт, 100 квар.

5. Расчет режима. После того, как схема фидера нарисована и заданы мощности нагрузок подстанций, можно выполнить расчет режима. Для этого необходимо с помощью правой кнопки мыши, держа зажатой клавишу «Ctrl» выделить линию, отходящую от центра питания и противоположный узел, как показано на рисунке 18.

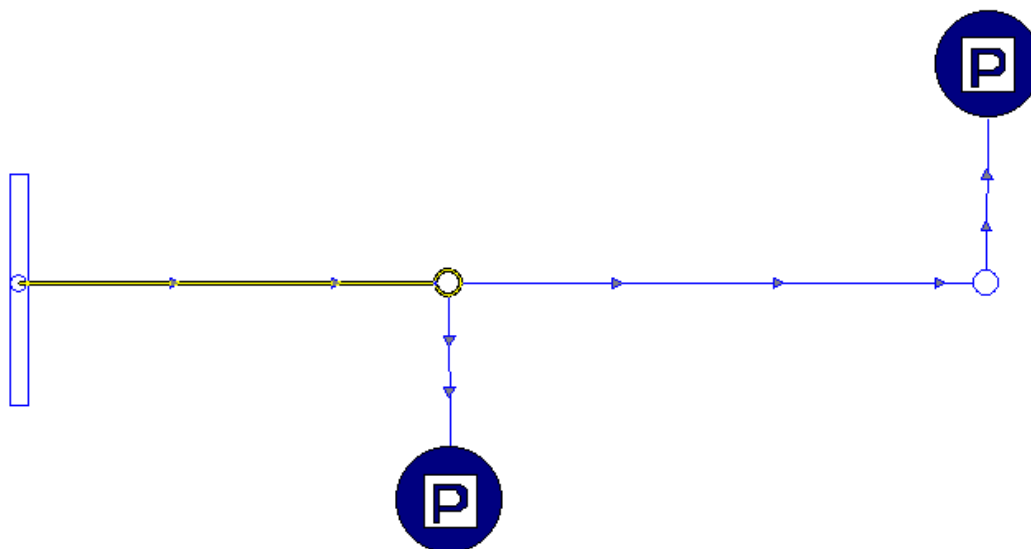


Рисунок 18 – Выбор головного участка фидера

Затем необходимо выполнить команду меню «Расчет→Расчет установившегося режима». Откроется диалоговое окно, изображенное на рисунке 19, в котором необходимо задать напряжение в центре питания.

Примечание: Кроме того, здесь же можно настроить параметры расчета режима (рисунок 20) (через команду «>>→Параметры расчета режима»), посмотреть расчетную схему или экспортировать ее в формате

rg2 для открытия в программе RastrWin (через команду «>>→Просмотреть расчетную схему»).

После задания напряжения в центре питания необходимо нажать на кнопку «Рассчитать режим». Если схема введена правильно, появится кнопка «Результаты расчета», при нажатии на которую открывается диалоговое окно, изображенное на рисунке 21.

Параметры для расчета режима

Напряжение в центре питания: 10.5 кВ

Ток головного участка фидера: 0 А

Коэффициент мощности (cos): 0

Активная мощность в голове: 0.00 кВт

Реактивная мощность в голове: 0.00 квар

Полная мощность в голове: 0.00 кВА

☐ Зафиксировать нагрузку под именем:

Рассчитать режим >>

Протокол расчета

Расчетная схема 'Простой фидер' успешно с
 Всего: 11 узлов, 10 ветвей
 *****Общая информация о нагрузках*****
 Всего нагрузок: 2; в том числе:
 2 - заданных активной и реактивной мощнос
 0 - заданных активной и реактивной мощнос

Рисунок 19 – Параметры расчета режима

Параметры расчета режима

Метод расчета режима

☐ Использовать RastrWin

☒ Метод "в два этапа" для разомкнутых сетей

Стартовый алгоритм

☐ Метод Зейделя Количество итераций: 8

☒ Плоский старт Ускоряющий коэффициент: 0.8

Точность расчета (макс.неб.), МВт: 1e-006

Мин.неб. для учета ограничений по Q, МВт: 10

Максимальное количество итераций: 200

Макс. допустимое превышение U, кВ: 2

Макс. допустимое снижение U, кВ: 0.5

Макс. допустимый угол по связи, град: 90

Мощность головного участка

Макс. отклонение акт. мощн. от зад., %: 0.1

Макс. отклонение реакт. мощн. от зад., %: 0.1

Макс. кол-во итераций для корректировки: 50

OK **Отмена**

Рисунок 20 – Параметры расчета режима

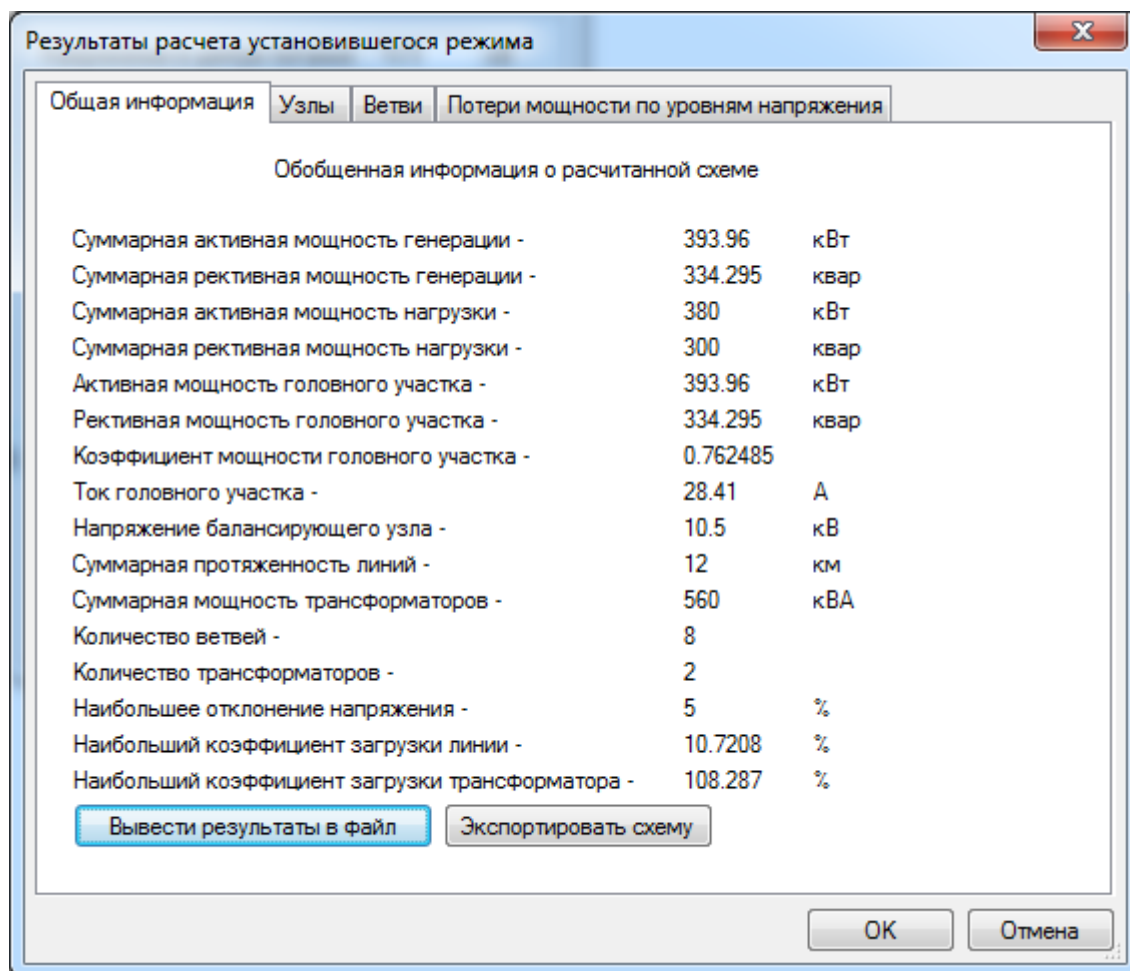


Рисунок 21 – Диалоговое окно результатов расчета режима

В открывшемся окне можно посмотреть обобщенную информацию по схеме сети или проанализировать результаты расчетов по узлам и ветвям. Кроме того, можно вывести результаты расчетов в текстовый файл. Для этого необходимо нажать на кнопку «Вывести результаты в файл» и выбрать путь к файлу сохранения отчета о результатах расчета режима (рисунок 22).

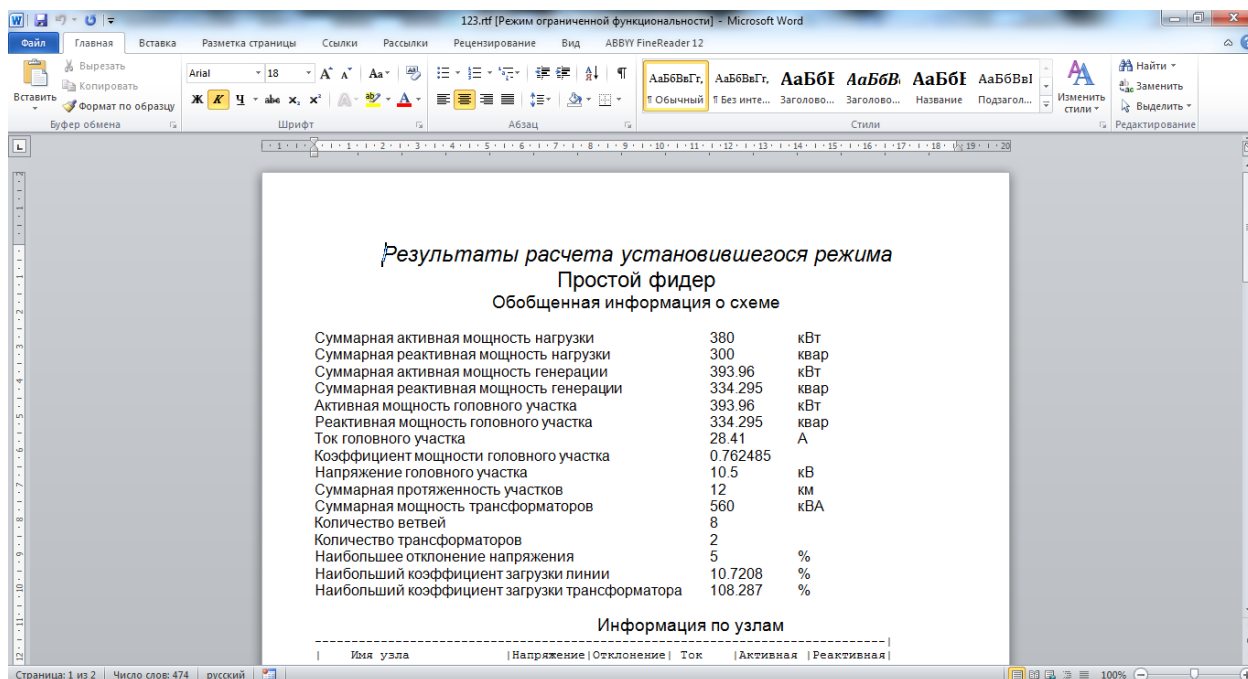


Рисунок 22 – Отчета о результатах расчета режима

6. Нанесение на схему режимной информации. Для удобства восприятия информации бывает необходимо нанести на схему некоторую текстовую информацию (информацию о параметрах линий, о напряжениях в узлах и так далее). Для этого в ПК RersPC есть инструмент  «Групповое обозначение». При его активации открывается диалоговое окно, изображенное на рисунке 22. В нем можно выбрать интересующий параметр, настроить его расположение относительно элементов сети и выбрать шрифт для отображения. Для примера, нанесем обозначения длин линий на схему. Для этого в списке типов объектов выберем «Линия», в списке параметров выберем «Длина линии», нажмем на кнопку «Шрифт» и настроим нужный размер шрифта. После нажатия на кнопку «ОК» под линиями появятся соответствующие надписи. Аналогичным образом можно нанести типы проводов линий, типы трансформаторов подстанций, напряжения в узлах и многое другое (рисунок 23).

Для удаления обозначений есть кнопка , при нажатии на которую необходимо выбрать соответствующую группу обозначений, которые нужно удалить.

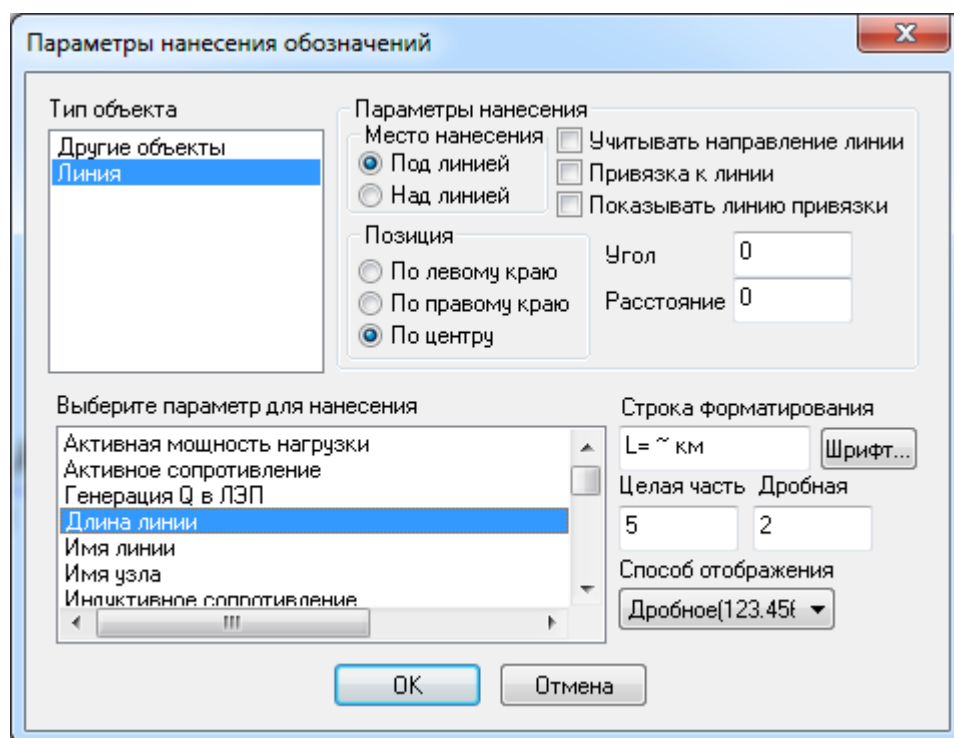


Рисунок 22 – Параметры нанесения обозначений

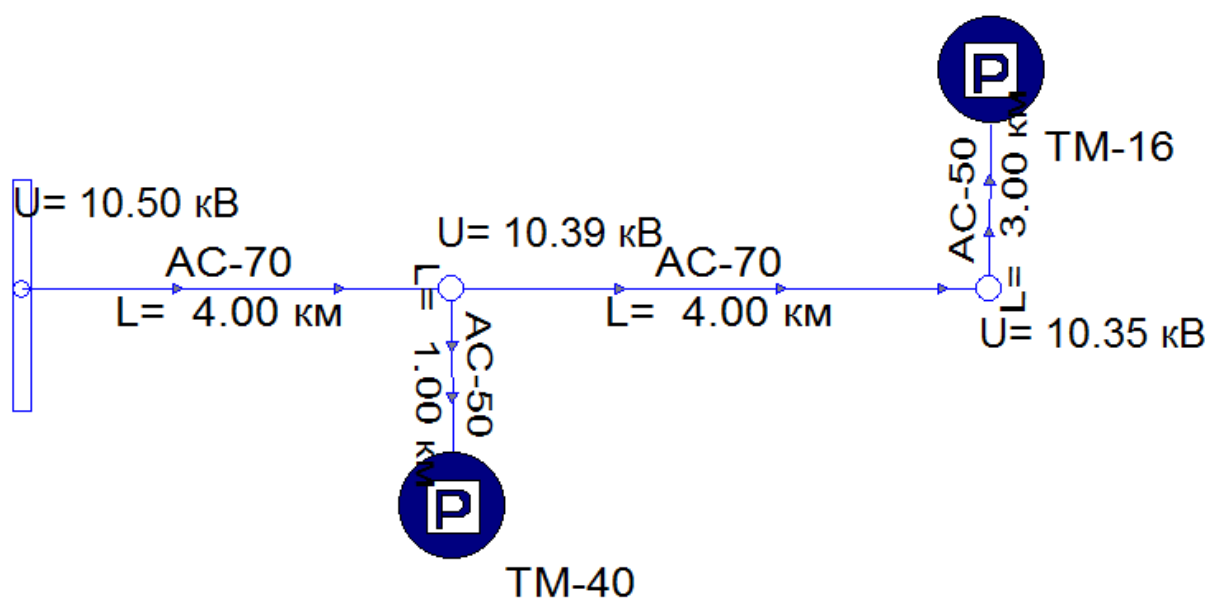


Рисунок 23 – Отображение на схеме режимной информации

При нанесении на схему слишком большого количества параметров они начинают накладываться друг на друга, что мешает восприятию. Для устранения этого можно воспользоваться слоями. Список слоев находится в левой части окна рабочего пространства. Для его открытия необходимо переместить курсор мыши в крайнюю левую часть окна рабочего пространства и перетащить границу окна вправо, как показано на рисунке 24.

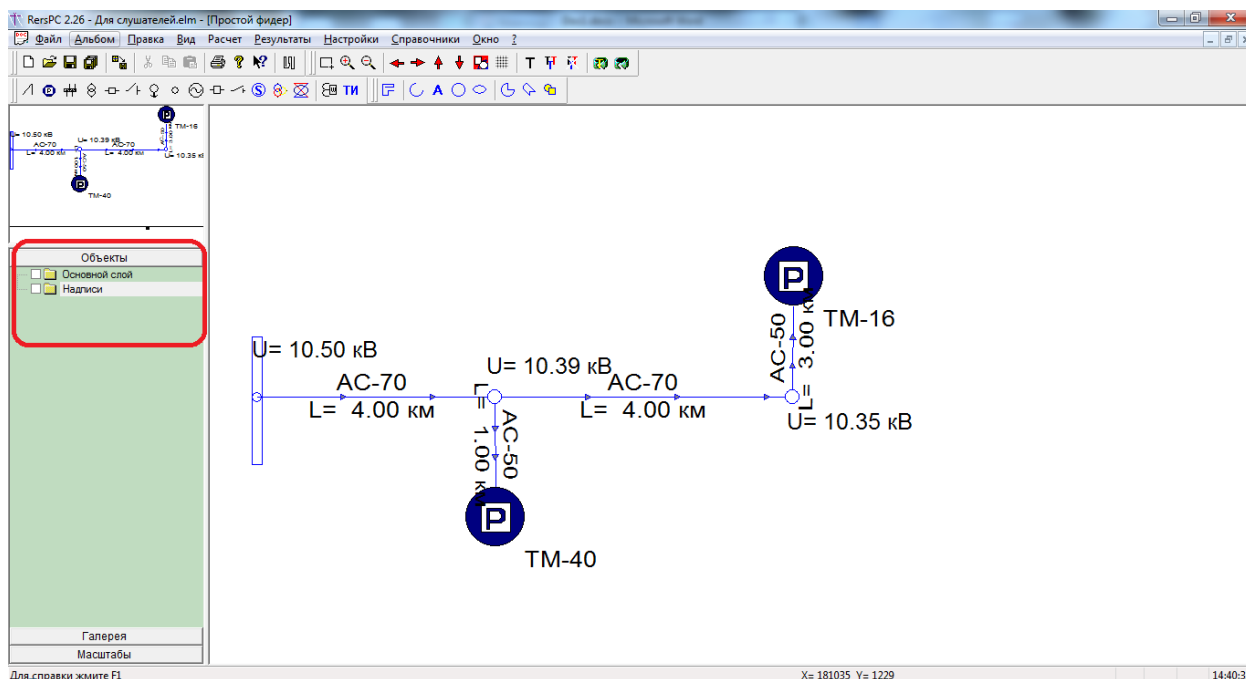


Рисунок 24 – Список слое схемы

Затем через контекстное меню списка добавить новый слой. Для перемещения надписи в новый слой, необходимо его активировать, выбрав его в списке слоев, а затем щелкнуть правой кнопкой мыши по соответствующей надписи на схеме сети и в открывшемся контекстном меню выбрать команду перенести в текущий слой. После этого отображение надписи можно выключить, отключив видимость слоя, поставив напротив него соответствующую галочку.

7. Расчет потерь электроэнергии. Для расчета потерь электроэнергии необходимо задать некоторую дополнительную информацию по графикам нагрузок и отпускам электроэнергии. В ПК RersPC для расчета потерь в распределительных сетях реализован метод расчетных суток с графиками двух контрольных замеров (летний и зимний). Поэтому, для расчета потерь электроэнергии, прежде всего, необходимо указать даты контрольных замеров. Для этого необходимо выполнить команду меню «Справочники→Даты режимного дня...». Откроется диалоговое окно, изображенное на рисунке 25.

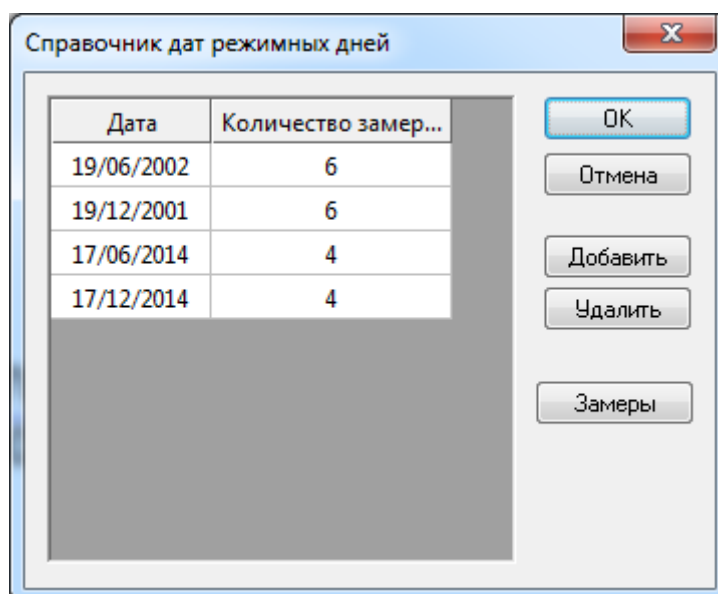


Рисунок 25 – Справочник дат режимных дней

Будем считать потери за 2014 год, поэтому добавим две даты контрольных замеров для этого года: 17.06.2014 и 17.12.2014. Оставим график четырехступенчатым и нажмем на кнопку «ОК».

Далее необходимо выбрать центр питания и головной участок фидера. Для этого щелкаем правой кнопкой мыши по контуру шины и в открывшемся контекстном меню выбираем команду «Центр питания».

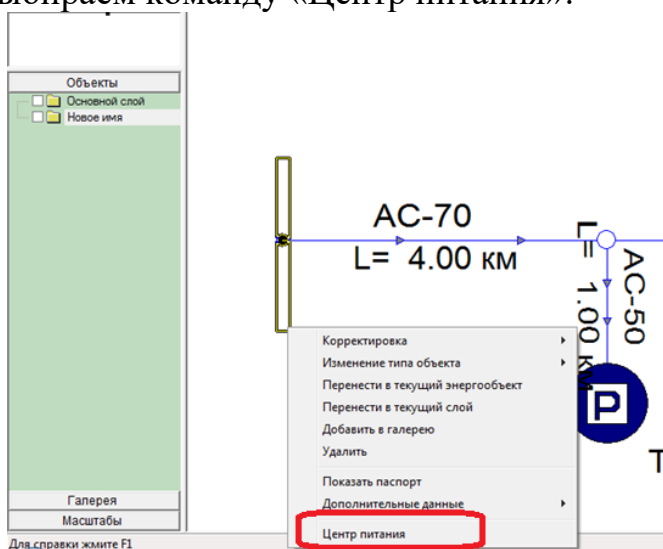


Рисунок 26 – Создание центра питания

Откроется диалоговое окно, изображенное на рисунке 27.

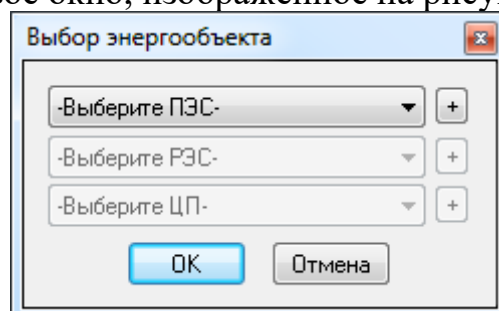


Рисунок 27 – Выбор энергообъекта для центра питания

В нем необходимо выбрать ПЭС и РЭС, к которому принадлежит этот центр питания. Поскольку мы создаем схему сети «с нуля», нажимаем на кнопку «+» и добавляем новый ПЭС, затем РЭС, затем ЦП (рисунок 28), далее нажимаем на кнопку «ОК».

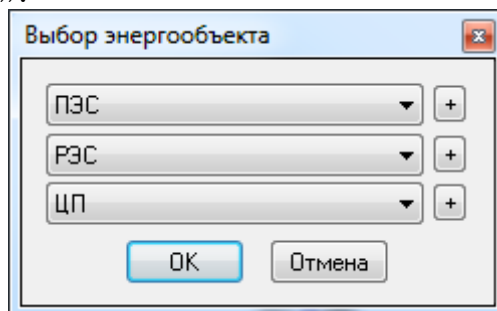


Рисунок 28 – Выбор ЦП

После этого, выделяем правой кнопкой мыши линию, отходящую от созданного центра питания и в контекстном меню выбираем команду «ГУ фидера». Откроется диалоговое окно «Выбор фидера» (рисунок 29).

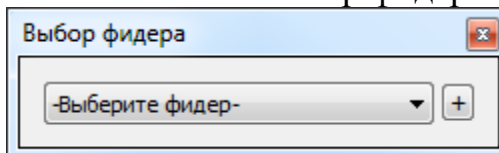


Рисунок 29 – Диалоговое окно выбора фидера

В котором необходимо добавить (через кнопку «+») имя нового фидера (рисунок 30) и нажать на кнопку «ОК».

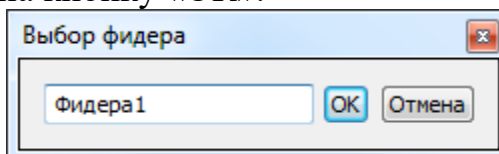


Рисунок 30 – Добавление нового фидера

Для того, чтобы убедиться, что все сделано правильно, можно включить режим подсветки энергообъектов. Для этого необходимо выполнить команду меню «Вид→Подсветка энергообъектов». Схема сети должна принять следующий вид (рисунок 31).

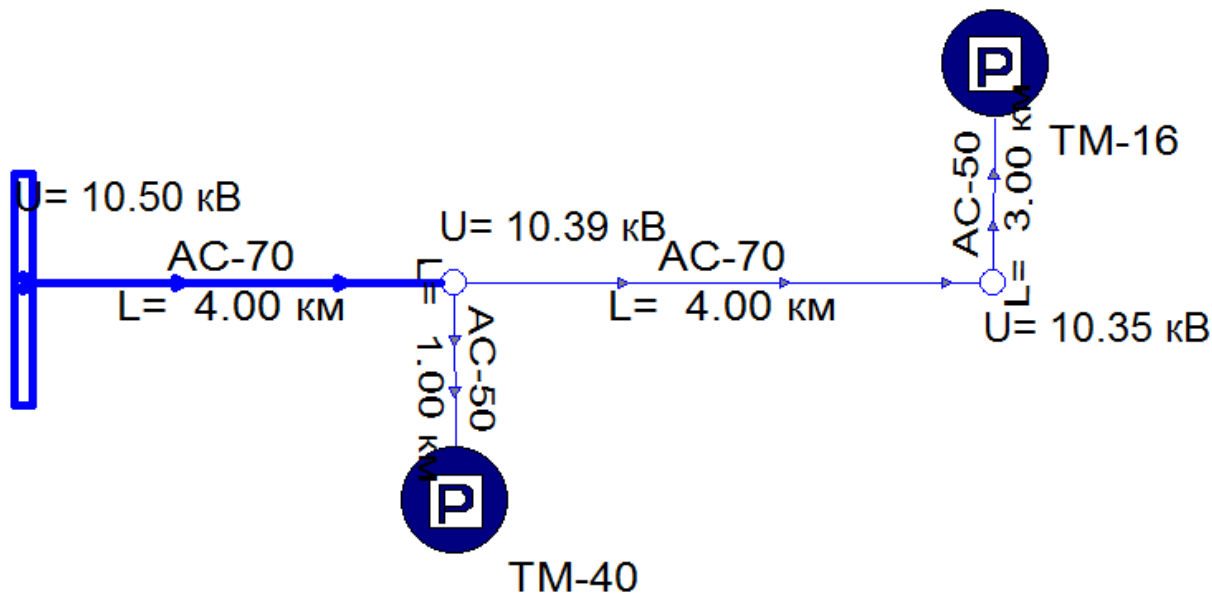


Рисунок 31 – Подсветка энергообъектов сети

После этого, необходимо выделить правой кнопкой мыши центр питания и в открывшемся контекстном меню выполнить команду «Замеры напряжения→Добавить замер», и ввести следующую информацию (рисунок 32).

Информация по замерам

Дата замера: 17/06/2014

0 Заполнить

№ замера	1	2	3	4
Напряжение	11.4	10.8	11.1	11.5

OK Отмена

Рисунок 32 – Замеры напряжения летнего графика

Аналогичным образом необходимо ввести замеры напряжений зимнего графика (рисунок 33).

№ замера	1	2	3	4
Напряжение	11.1	11.6	11.2	11.2

Рисунок 33 – Замеры напряжения зимнего графика

Для головного участка фидера необходимо задать графики замеров тока в летний и зимний период. Для этого выделяем линию – головной участок фидера правой кнопкой мыши и через контекстное меню выбираем команду «Замеры тока→Добавить замер». Вводим летний график замеров тока (рисунок 34) и аналогичным образом зимний график (рисунок 35).

№ замера	1	2	3	4
Ток	30.8	30.6	30.5	30.5

Рисунок 34 – Летний график замеров тока

№ замера	1	2	3	4
Ток	35.9	35.3	35.9	35.9

Рисунок 35 – Зимний график замеров тока

Кроме того, для головного участка фидера необходимо добавить отпуска электроэнергии за рассчитываемый период. Для этого выделяем его правой кнопкой мыши и через контекстное меню выполняем команду «Отпуск

энергии→Добавить отпуск→Помесячный». В открывшемся окне вводим следующую информацию (рисунок 36).

	Активная		Реактивная	
☐ Январь	300	МВт*ч	200	Мвар*ч
☐ Февраль	290	МВт*ч	190	Мвар*ч
☐ Март	280	МВт*ч	180	Мвар*ч
☐ Апрель	270	МВт*ч	170	Мвар*ч
☐ Май	250	МВт*ч	150	Мвар*ч
☐ Июнь	220	МВт*ч	130	Мвар*ч
☐ Июль	220	МВт*ч	130	Мвар*ч
☐ Август	220	МВт*ч	130	Мвар*ч
☐ Сентябрь	250	МВт*ч	150	Мвар*ч
☐ Октябрь	270	МВт*ч	170	Мвар*ч
☐ Ноябрь	270	МВт*ч	170	Мвар*ч
☐ Декабрь	280	МВт*ч	180	Мвар*ч

Рисунок 36 – Задание месячного отпуска электроэнергии за 2014 год

Теперь схема готова к расчету потерь электроэнергии. Расчет потерь запускается через команду меню «Расчет→Потерь Э/Э». Откроется диалоговое окно расчета потерь электроэнергии (рисунок 37), в котором необходимо выбрать объем сети для расчета (в данном случае выбираем ПЭС целиком и нажимаем на кнопку «>>>»), тип расчета (помесячный) и месяц расчета. После этого нажимаем на кнопку «ОК». Будет выполнен расчет потерь и выведен протокол расчета (рисунок 38). Отсутствие в нем записей говорит о том, что расчет выполнен успешно.

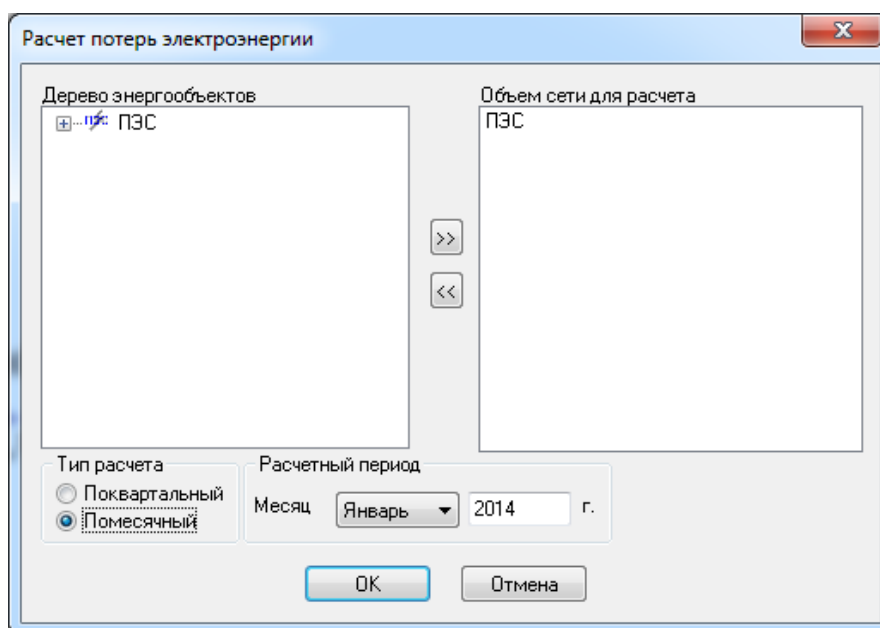


Рисунок 37 – Диалоговое окно расчета потерь электроэнергии

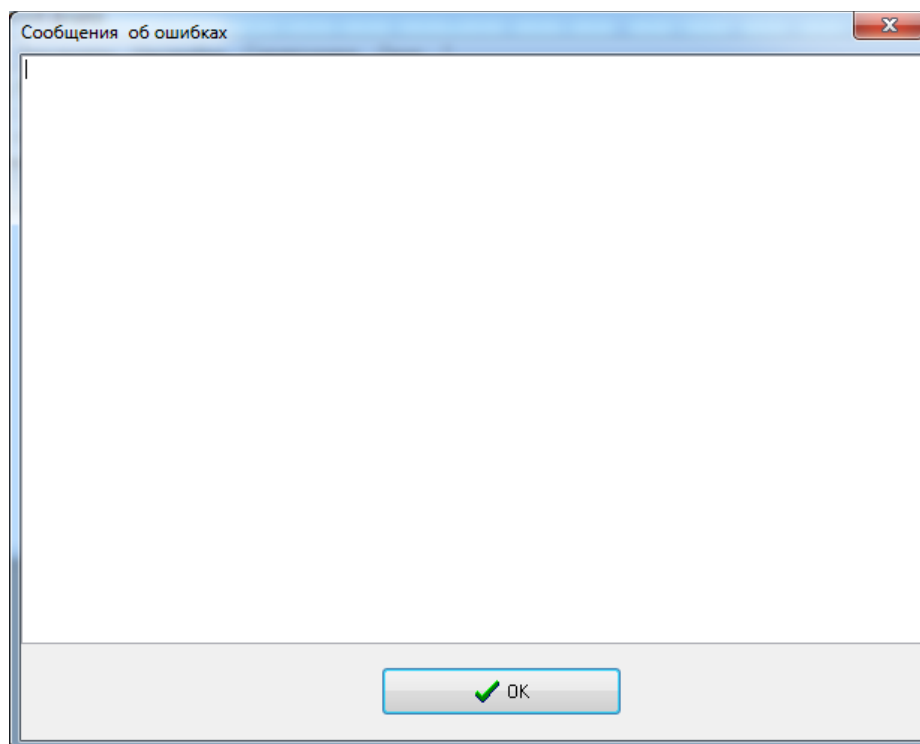


Рисунок 38 – Протокол расчета

Результаты расчета потерь можно посмотреть через контекстное меню головного участка фидера, выбрав в нем команду «Потери в фидере→Результаты расчета потерь за Январь 2014 года» (рисунок 39).

Результаты расчета потерь	
Имя фидера	Фидер1
Отпуск активной энергии в сеть (МВт*час)	300.000
Отпуск реактивной энергии в сеть (МВт*час)	200.000
Потери активной энергии в ЛЭП (МВт*час)	3.494
Потери реактивной энергии в ЛЭП (Мвар*час)	2.520
Потери активной энергии в меди тр-ров (МВт*час)	3.653
Потери реактивной энергии в обмотках тр-ров (Мвар*час)	10.076
Потери активной энергии в стали тр-ров (МВт*час)	1.181
Потери реактивной энергии на XX тр-ров (Мвар*час)	10.710
Генерация реактивной энергии в емкости ЛЭП (Мвар*час)	0.000
Суммарные потери активной энергии в сети (МВт*час)	8.328
Суммарные потери реактивной энергии в сети (Мвар*час)	23.306
Потери в сети в процентах к отпуску энергии (%)	2.776

Рисунок 39 – Результаты расчета потерь в фидере за Январь 2014 года

Аналогичным образом выполним расчет потерь электроэнергии за февраль – декабрь 2014 года. После этого можно сформировать сводный отчет по потерям за год. Для этого выполним команду меню «Сводная таблица потерь». Откроется диалоговое окно, изображенное на рисунке 40.

Вывод сводной ведомости по потерям

Имя выходного файла: F:\Сводная таблица потерь.xls Обзор...

Расчетный период

☐ По кварталам с Январь по Декабрь 2014 г.

☒ По месяцам

☐ Перерасчитать все фидера в ПЭС

ОК Отмена

Рисунок 40 – Вывод сводной ведомости по потерям

После заполнения всех полей и нажатия на кнопку «ОК» программа попросит выбрать интересующий энергообъект. Выбираем ПЭС целиком и нажимаем «ОК». Откроется таблица в Excel, отражающая сводную информацию по потерям электроэнергии (рисунок 41).

Информация по потерям в системах энергоснабжения (приложение 11):																	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Результат расчета потерь в сети ПЭС за январь - декабрь месяц 2014 года																	
Название РЭС	Отпуск активной энергии МВт*ч	Отпуск реакт. энергии Мвар*ч	Полезный отпуск энергии МВт*ч	Потери в ЛЭП активные МВт*ч	Потери в меди тр-ров МВт*ч	Потери XX в тр-рах МВт*ч	Суммарные потери в тр-рах МВт*ч	Потери в сети НН МВт*ч	Суммарные потери в сети акт. МВт*ч	Суммарные реакт. потери Мвар*ч	Потери тр-ров в % к суммарным	Потери тр-ров XX в % к в ПЭС	Суммарные коммерч. потери МВт*ч	Суммарные комм. пот. в % к отпуску	Суммарные тех. потери в % к отпуску	Процент долевого участия в РЭС	
РЭС	3120.00	1950.00	3041.74	31.39	32.81	14.06	46.87	0.00	78.26	240.63	59.89	17.96	0.00	0.00	2.51	100.00	
Всего по ПЭС	3120.00	1950.00	3041.74	31.39	32.81	14.06	46.87	0.00	78.26	240.63	59.89	17.96	0.00	0.00	2.51	100.00	

Рисунок 41 – Сводная таблица потерь в Excel

Стоимость КУ			
U_ном, кВ	Уд. ст., млн. руб/Мвар	Затраты на обл., %	T_пред, лет
110,0	0,8	5,0	5,0
35,0	0,8	5,0	5,0
10,0	0,8	5,0	5,0
6,0	0,8	5,0	5,0
0,4	0,8	5,0	5,0

Рисунок 1.3 – Справочник стоимости компенсирующих устройств

4. Выполняется расчет режима сети и потерь электроэнергии за год. Расчет режима осуществляется одним из двух методов: методом «в два этапа» [3] для радиальных сетей или комбинацией методов Ньютона и Зейделя [4] для замкнутых сетей. Потери электроэнергии считаются за год методом средних нагрузок при заданном квадрате коэффициента формы графика суммарной нагрузки [5]. Вычисленное значение запоминается в переменную dW_{old} .

5. Для каждого выбранного на втором этапе узла сети поочередно увеличивается мощность реактивной нагрузки на 0,1 Мвар. После этого заново производится расчет режима и потерь электроэнергии. Вычисленное значение запоминается в переменную dW_{new} . Рассчитывается частная производная целевой функции по реактивной мощности в текущем узле по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{dW_{new} - dW_{old}}{0.1} c - k_k \left(\frac{1}{t_{ок.пр.}} + \frac{p_0}{100} \right), \quad (2.1)$$

где c – стоимость 1 кВт*ч электроэнергии;
 k_k – удельная стоимость 1 Мвар мощности КУ;
 p_0 – ежегодные затраты на обслуживание КУ, %;
 $t_{ок.пр.}$ – предельный срок окупаемости КУ.

6. Если норма градиент-вектора, вычисленного по (2.1) меньше заданной точности расчета, происходит переход к пункту 8, в противном случае, выполняется переход к пункту 7.

7. Распределяется порция реактивной мощности, равная 0,3 Мвар между узлами сети пропорционально производным, найденным по 2.1. И выполняется переход к пункту 4.

8. Для каждого узла, выбранного на этапе 2 выводится список оптимальной мощности КУ.

В случае, если существует лимит средств, на проведение организационно технических мероприятий, выполняется оптимизация выбора наиболее эффективных мероприятий. В этом случае, минимизируется целевая функция:

$$\varphi = \sum_{i=0}^n E_i \cdot X_i \rightarrow \max, \quad (2.2)$$

где E_i – эффект от установки i -го КУ.

X_i – дискретная переменная, которая может принимать только 2 значения: 1 (КУ установлено) и 0 (КУ не установлено),
при наличии ограничений на суммарную стоимость мероприятий в виде следующего неравенства:

$$\sum_{i=0}^n C_i \cdot X_i \leq C_{\text{лимит}}, \quad (2.3)$$

где C_i – стоимость i -го КУ (с учетом затрат на установку и эксплуатацию),

$C_{\text{лимит}}$ – лимит средств, выделенных на проведение организационно-технических мероприятий.

\

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
«Основы проектирования распределительной сети»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Квалификация выпускника бакалавр

Ставрополь, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1 Исследование режимов работы нейтралей источников и приемников и приемников электроэнергии в сетях 10 кВ РС	6
Лабораторная работа №2 Исследование режимов распределительной сети при симметричной нагрузке	22
Лабораторная работа №3 Исследование режимов работы электрооборудования при несимметричной нагрузке	25
Лабораторная работа №4 Исследование влияния характера нагрузки на режим работы электрооборудования	31
Лабораторная работа №5 Изучение конструкции современных РП и ТП	38
Список рекомендуемой литературы	53
Приложение А	54

Введение

Цель изучения дисциплины является формировании у студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профессиональных компетенций, получение теоретических и практических навыков в области оптимального построения, функционирования и развития распределительных электрических сетей (РС), а также методов их проектирования.

Для достижения данной цели решаются следующие задачи:

- ознакомление с теоретическими и методологическими основами проектирования РС;
- формирование способности обоснования проектных решений.
- изучение методов оптимизационного анализа систем электроснабжения РС;
- формирование системных и профессиональных компетенций по проектированию систем электроснабжения РС;
- решение вопросов повышения энергоэффективности с учетом экологических требований;
- систематизация, углубление и расширение теоретических знаний и практических навыков

Выполнение лабораторной работы включает в себя: подготовку к лабораторному занятию, проведение эксперимента и обработку экспериментального материала с оформлением отчёта.

Каждый студент должен заранее подготовиться к выполнению лабораторной работы, для этого необходимо:

- изучить соответствующие разделы по учебнику или конспекту лекций;
- по материалам указаний к лабораторным работам ознакомиться с объектом исследования, регулирующей и измерительной аппаратурой.

Перед началом работы студент должен ответить на ряд вопросов, касающихся её выполнения; и получить разрешение руководителя занятий приступить к проведению эксперимента.

После окончания эксперимента каждый студент самостоятельно должен обработать данные опытов и подготовить отчёт по проделанной работе.

Отчёт должен содержать следующие пункты:

- номер, название и цель работы;
- перечень измерительных приборов с указанием технических данных;
- схемы соединения элементов исследования;
- таблицы результатов измерений с указанием единиц измерения и вычислений, расчётные формулы, необходимые расчёты;

– краткие выводы о проделанной работе.

На следующем занятии студент должен предоставить руководителю оформленный отчёт о проделанной работе и защитить её.

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» направлены на формирование знаний и практических навыков для расчета и проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий, создания оптимальных систем электроснабжения и их эксплуатации, мониторинга состояния и определения оптимального режима работы электроэнергетического оборудования, так же на способствование к самостоятельному обучению и освоению новых знаний и умений для реализации профессиональной карьеры студента.

Так же в данных методических указаниях приведены основные правила техники безопасности, что очень важно знать студентам для безопасной работы с лабораторными установками.

Лабораторная работа №1

«Исследование режимов работы нейтралей источников и приемников и приемников электроэнергии в сетях 10 кВ РС»

Цель и содержание

Целью данной лабораторной работы является изучение режимов работы нейтралей источников и приемников и приемников электроэнергии в сетях 10 кВ РС.

Теоретическая часть

В связи с ростом мощности источников питания и потребления электроэнергии промышленными установками все более высокие требования предъявляются к надежности систем электроснабжения, зависящей в значительной мере от режима нейтрали источников и приемников трехфазного тока, обмотки которых соединены в звезду или зигзаг.

Наиболее частым повреждением в системе электроснабжения (более двух третей всех повреждений) является однофазное замыкание на землю – случайное электрическое соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с заземленными конструктивными частями или непосредственно с землей.

Международной электротехнической комиссией (МЭК) рекомендована следующая классификация систем в зависимости от способа заземления нейтрали:

- 1) система с изолированной нейтралью (рисунок.1.1. а)
- 2) резонансно-заземленная система (рисунок. 1.1. б)
- 3) система с заземленной нейтралью (наглухо, через активное или реактивное сопротивление - соответственно, рисунок.1.1. в, г, д)

В трехфазной системе единица длины сети обладает емкостью и сопротивлением изоляции по отношению к земле.

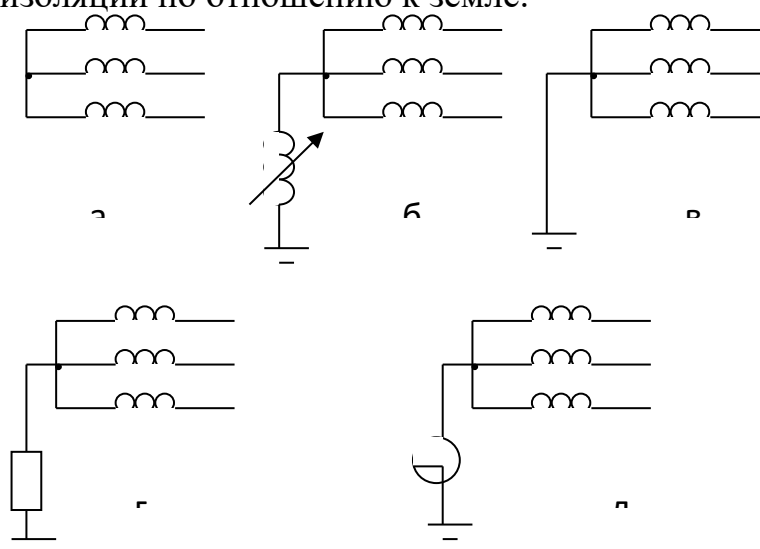


Рисунок 1.1. – Способы заземления нейтрали

Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяют на:

- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с глухозаземленной или эффективно заземленной ;
- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью

Выбор того или иного режима нейтрали электроустановок является результатом учета многих технико- экономических факторов конкретной системы электроснабжения. При выборе способа заземления нейтрали должны учитываться следующие требования:

1. надежность работы сетей;
2. бесперебойность электроснабжения приемников электроэнергии;
3. экономичность системы;
4. возможность устранения опасных перенапряжений;
5. ограничение электромагнитного влияния на линии связи;
6. безопасность системы;
7. возможность дальнейшего развития системы без значительной реконструкции.

В электроустановках напряжением до 1000 В применяются следующие режимы нейтрали:

- 1) глухое заземление нейтралей трансформаторов;
- 2) полностью изолированная нейтраль (только у генераторов);
- 3) нормально изолированная нейтраль трансформатора включенным в нейтраль или фазу заземленным пробивным предохранителем.

В четырех проводных сетях переменного тока (220/127 и 380/220 В) или трех проводных сетях переменного тока глухое заземление обязательно; при номинальном напряжении 500 и 660 В электроустановок трехфазного тока нейтраль должна быть изолирована. В трехфазных трех проводных сетях напряжением 380 и 220 В применяется и изолированная, и глухозаземленная нейтраль (ПУЭ не регламентирует запрещение того или иного режима нейтрали). Однако выбор того или иного режима нейтрали должен проводиться с учетом всех местных условий с целью обеспечения наилучших условий безопасности.

Системы с глухозаземленной нейтралью.

Глухозаземленная нейтраль –нейтраль трансформатора или генератора, присуноединена непосредственно к заземляющему устройству. Глухозаземленным может быть также вывод источника однофазного тока в

двухпроводных сетях, а также средняя точка в трехпроводных сетях постоянного тока.

Основные достоинства систем с глухим заземлением нейтрали заключаются в следующем:

- 1) стабилизируется потенциал нейтрали и устраняется возможности появления устойчивых заземляющих дуг и связанных с ними последствий;
- 2) обеспечивается работа изоляции при замыкании на землю и переходных процессах, что дает возможность либо снижения уровня изоляции (а следовательно, экономии в затратах), либо повышения надежности работы установок вследствие большего запаса прочности в изоляции, при сохранении уровня изоляции по сравнению с другими способами заземления нейтрали;
- 3) обеспечивается выполнение четкой, надежной, селективной и быстродействующей релейной защиты;
- 4) облегчается эксплуатация систем в отношении режима нейтралей.

Однако система с глухим заземлением нейтрали имеет некоторые недостатки, которые заключаются в следующем:

- 1) любое однофазное замыкание на землю является к.з. и релейная защита немедленно отключает поврежденный участок, т.е. нарушается бесперебойность электроснабжения, что требует для ограничения бестоковых пауз применения быстродействующих устройств АПВ и выполнения системы с резервированием для наиболее ответственных потребителей (повышение затрат, дополнительные капиталовложения и ущерб от недоотпуска продукции);
- 2) значительное электромагнитное влияние на линии связи, что приводит к увеличению затрат на защиту последних;
- 3) некоторое удорожание релейной защиты в связи с устройством ее в трехфазном исполнении;
- 4) токи к.з. могут достигать очень больших значений (превышать токи трехфазных к.з.) при замыканиях на землю, что является причиной динамических разрушающих усилий, распространяющихся на значительную часть системы (повреждения железа статора генератора при пробое изоляции на корпус, разрыва оболочек кабелей, разрушение гирлянд изоляторов на воздушных ЛЭП и т.п.);
- 5) при больших токах к.з. уменьшается синхронизирующий момент (синхронные двигатели могут затормозиться, а параллельно работающие станции – выйти из синхронизма);
- 6) опасность поражения людей вследствие больших напряжений прикосновения и шага из-за токов к.з. при однофазном замыкании на землю;
- 7) значительное увеличение затрат на заземляющие устройства.

Уменьшение токов однофазного к.з. в системе с глухозаземленной нейтралью достигается за счет разземления нейтрали у некоторых

трансформаторов системы, либо введением в нейтраль токоограничивающего сопротивления (активного R или индуктивного wL).

Разземление нейтралей у части трансформаторов системы преследует цель уменьшить ток однофазного к.з. до величины тока трехфазного к.з., определяющего необходимую отключающую способность выключателей. Выбор подходящих точек и мощности разземленных трансформаторов (с учетом сохранения надежности, четкости и избирательности релейной защиты и достаточной степени заземленности) при различных условиях эксплуатации весьма сложен и выполняется с использованием моделей сетей. Однако в некоторых случаях уменьшение числа глухозаземленных нейтралей не достигает цели, а эксплуатация системы усложняется. Например, при замыкании на землю вблизи трансформатора с короткозамкнутой нейтралью при питании его от источника бесконечной мощности обмотки трансформатора подвергаются значительным механическим повреждениям. В таком случае приходится прибегать к заземлению нейтрали трансформаторов системы через сопротивление того или иного рода. Но при этом полностью освободиться от перенапряжений или повышения напряжения «здоровых» фаз относительно земли в аварийных режимах не удаются.

Системы с изолированной нейтралью.

Изолированная нейтраль трансформатора или генератора, не присунунокоединенная к заземляющему устройству или присунунокоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

Токи однофазного замыкания на землю в системе с изолированной нейтралью малы по сравнению с токами нагрузки сами по себе не опасны для системы. Кроме того, в аварийном режиме работа приемников электроэнергии не нарушается, так как треугольник линейных напряжений остается без изменений и лишь перемещается параллельно самому себе в соответствии с перемещением смещения нейтрали (рисунок. 1.2). Возможность бесперебойного электроснабжения приемников в аварийном режиме однофазного замыкания на землю является основным преимуществом системы с изолированной нейтралью.

Однако это преимущество можно использовать без ущерба для срока службы изоляции лишь в тех случаях, когда работа установок с замыканием на землю ограничена сравнительно небольшим периодом времени, необходимым для отыскания и устранения повреждения (не более двух часов), а ток замыкания на землю невелик. Длительная работа системы с замкнутой на землю фазой недопустима, так как в случае повреждения изоляции относительно земли какой-либо другой фазы возникает двухфазное к.з. на землю, вызывающее протекание большого тока к.з., способного привести к значительным повреждениям электроустановок. Поэтому в системах с изолированной нейтралью необходимо предусматривать устройства контроля

изоляции и специальные сигнальные или защитные устройства, работающие на сигнал или даже на отключение поврежденного участка, что приводит к дополнительным затратам.

Основными недостатками систем с изолированной нейтралью является:

1) повышенные капитальные вложения, вызываемые требуемым уровнем изоляции электроустановок (увеличение напряжения неповрежденных фаз относительно земли до линейного напряжения установки при однофазном замыкании на землю);

2) возможность замыкания фазы на землю через электрическую дугу электрическую дугу и появления перемещающихся дуг, имеющих при определенных условиях устойчивый характер и вызывающих перенапряжения, превосходящие в (2.5 – 3.2) раза нормальное фазное напряжение, которые распространяются на всю электрически связанную сеть.

Возникновение электрической дуги в месте замыкания на землю может повредить электрооборудование и вызвать двух- и трехфазные к.з., а перенапряжения могут привести к пробое изоляции и образованию к.з. в частях установок с ослабленной изоляцией. Следствием этого является неизбежное действие релейной защиты, что влечет за собой увеличение числа аварийных отключений (в том числе и неповрежденных участков), приводящих иногда к полному «развалу» системы электроснабжения. Кроме того, возникает опасное электромагнитное влияние на линии связи, значительно возрастают градиенты напряженности вблизи места повреждения и, следовательно, напряжения прикосновения и шага, на что система с изолированной нейтралью обычно не рассчитывается.

Для электроустановок напряжением до 1кВ приняты следующие обозначения:

Система TN- система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухо заземленной нейтрали источника по средствам нулевых защитных проводников.

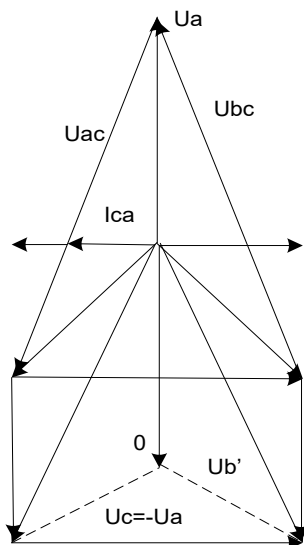


Рисунок.1.2 – Векторная диаграмма

Система TN-C – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (рисунок.1.3.).

Система TN-S- система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (рисунок. 1.4.).

Система TN-C-S-система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания (рисунок 1.5.)

Система IT-система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены (Рисунок 1.6.).

Система TT- система, в которой нейтраль источника питания глухозаземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника (Рисунок 1.7.)

Первая буква- состояние нейтрали источника питания относительно земли:

T- заземленная нейтраль;

I- изолированная нейтраль.

Вторая буква- состояние открытых проводящих частей относительно земли:

T- открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети;

N- открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания.

Последующие (после N) буквы- совмещение в одном проводнике, или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

S-нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники разделены;

C- функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (PEN- проводник);

N- -нулевой рабочий (нейтральный) проводник;

PE- -защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов);

PEN- -совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник.

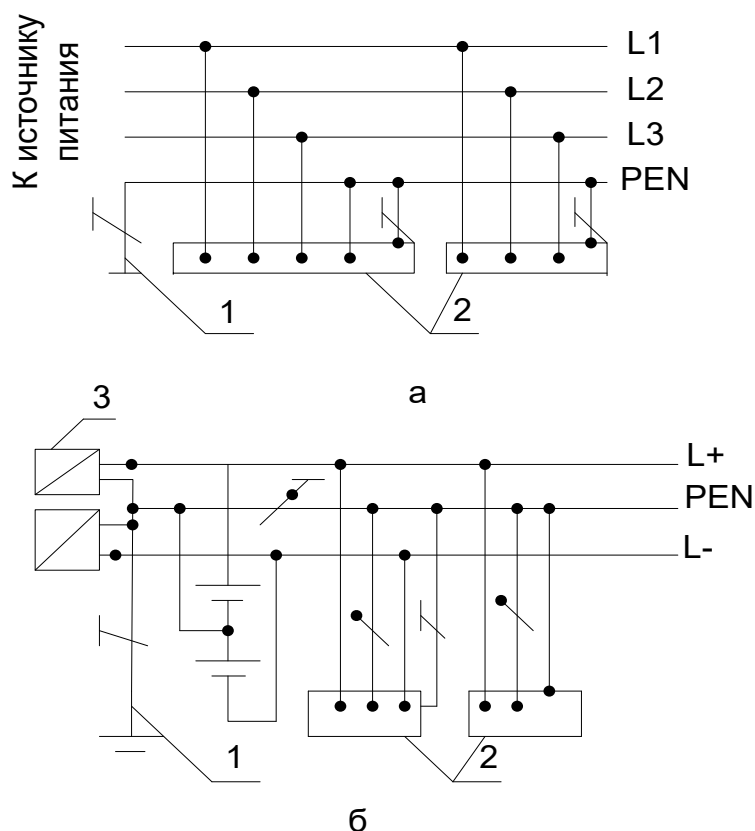


Рисунок.1.3. Система TN-C- переменного (а) и постоянного (б) тока.

Нулевой защитный и рабочий проводники совмещены в одном проводнике:

1-заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания;

2-открытые проводящие части;

3-источники питания постоянного тока.

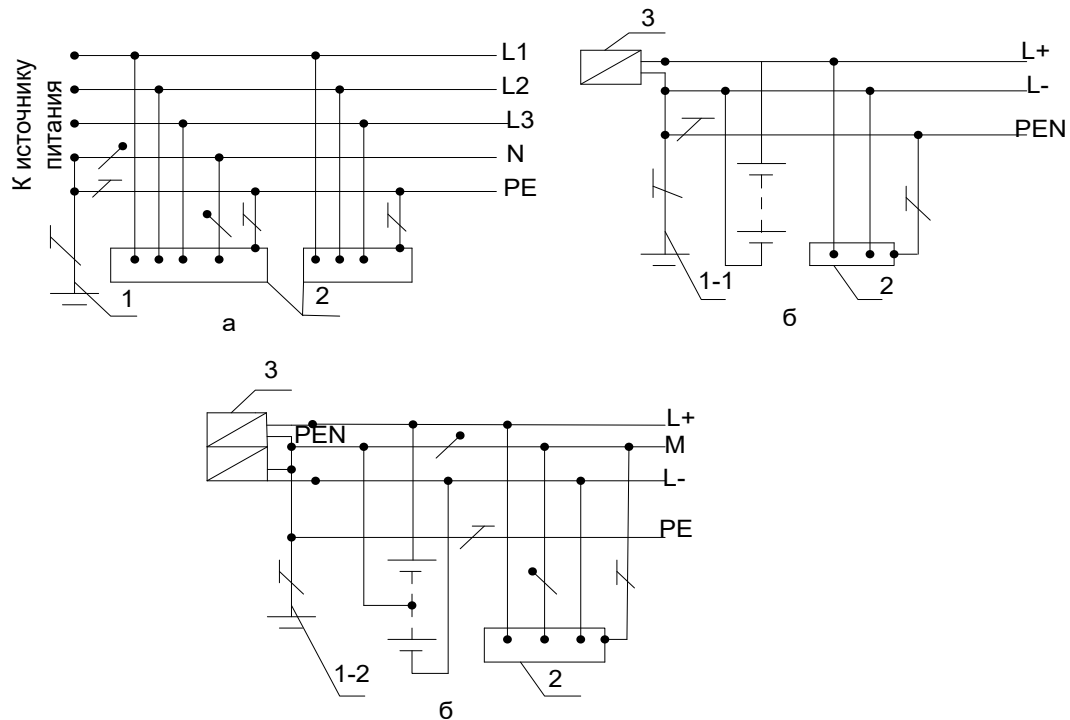


Рисунок.1.4. Система TN-S переменного (а) и постоянного (б) тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены:

- 1-заземлитель нейтрали источника переменного тока;
- 1-1-заземлитель вывода источника постоянного тока;
- 1-2-заземлитель средней точки источника постоянного тока;
- 2-открытые проводящие части;
- 3-источник питания.

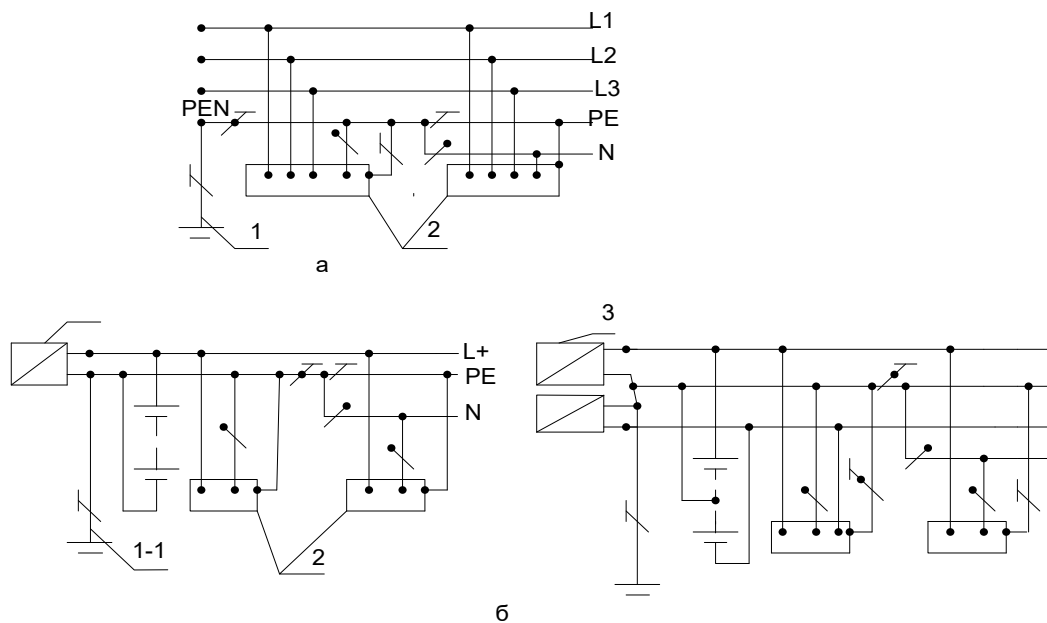


Рисунок.1.5. Система TN-C-S переменного (а) и постоянного (б) тока.

Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике в части системы:

- 1- заземлитель нейтрали источника переменного тока;
- 1-1-заземлитель вывода источника постоянного тока;
- 1-2-заземлитель средней точки источника постоянного тока;
- 2-открытые проводящие части;
- 3-источник питания.

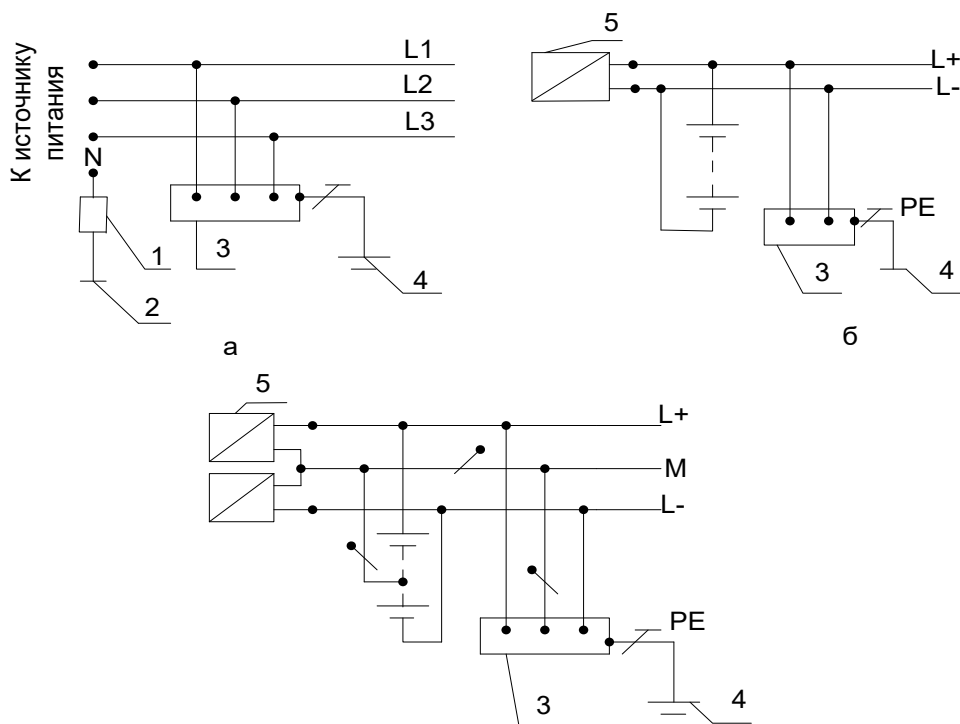


Рисунок.1.6. Система переменного (а) и постоянного (б) тока.

Открытые проводящие части электроустановки заземлены. Нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через большое сопротивление:

- 1-сопротивление заземления нейтрали источника питания (если имеются);
- 2-заземлитель;
- 3-открытые проводящие части;
- 4-заземляющее устройство электроустановки;
- 5-источник питания.

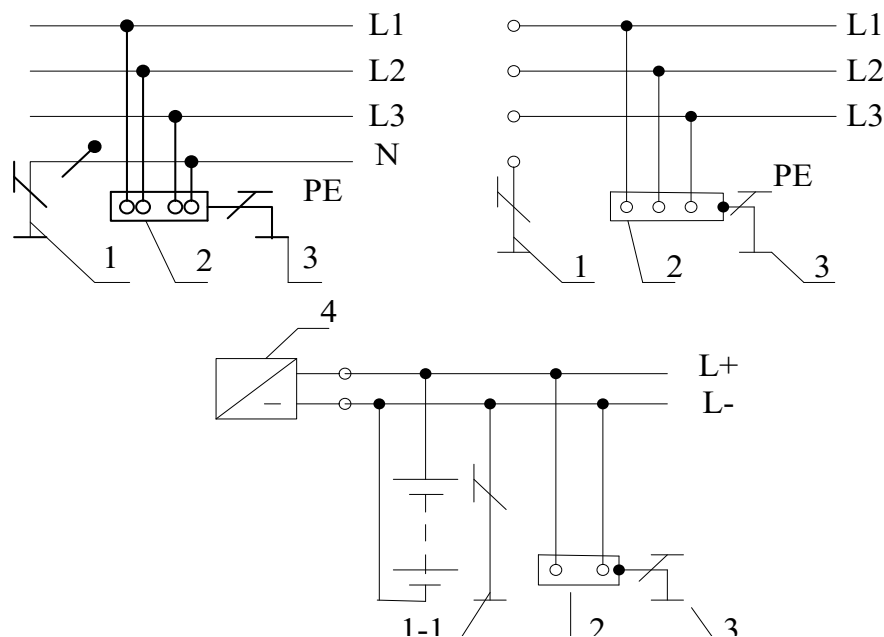


Рисунок.1.7. Система TT – переменного (а) и постоянного (б) тока.

Открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземления, электрически независимого от заземлителя нейтрали:

- 1-Заземлитель нейтрали источника переменного тока;
- 1-1-заземлитель вывода источника постоянного тока;
- 2-открытые проводящие части;
- 3-заземлитель открытых проводящих частей электроустановки;4-источник питания.

Для заземления в электроустановках разных назначений и напряжений, территориально сближенных, следует, как правило, применять одно общее заземляющее устройство.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. в течение всего периода эксплуатации.

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению.

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок зданий и сооружений, как правило, должны быть общими.

Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью с применением системы TN.

Требования к выбору систем TN-C, TN-S, TN-C-S для конкретных электроустановок приведены в соответствующих главах ПУЭ.

Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью с применением системы IT следует выполнять, как правило, при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети или применены УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. При двойном замыкании на землю должно быть выполнено автоматическое отключение питания.

Питание электроустановок напряжением до 1 кВ от источника с глухозаземленной нейтралью и с заземлением открытых проводящих частей при помощи заземлителя, не присоединенного к нейтрали (система TT), допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе TN не могут быть обеспечены. Для защиты при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания с обязательным применением УЗО. При этом должно быть соблюдено условие:

$$R_a I_a < 50 \text{ В},$$

где I_a -ток срабатывания защитного устройства;

R_a - суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника, при применении УЗО для защиты нескольких электроприемников-заземляющего проводника наиболее удаленного электроприемника.

При применении системы TN рекомендуется выполнять повторное заземление PE- и PEN- проводников на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах. Для повторного заземления в первую очередь следует использовать естественные заземлители. Сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется.

Система IT напряжением до 1кВ, связанная через трансформатор сетью напряжением выше 1 Кв, должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжения каждого трансформатора.

Оборудование и материалы

Лабораторная установка состоит из испытательного стенда укомплектованного измерительными приборами и магазином емкостей, трехфазного трансформатора (380/36 В) к регулируемой катушки индуктивности. Испытательный стенд предназначен для моделирования систем электроснабжения с различными режимами нейтрали. Зажимы питающего трансформатора (А, В, С и а, в, с) выведены на стенд.

Принципиальная
приведена на рисунок. 1.8.

схема лабораторной

установки



Рисунок 1.8- Принципиальная схема лабораторной установки.

Распорядительные емкости проводов относительно земли в трехфазной системе представлены на стенде в виде сосредоточенных емкостей C_A , C_B , C_C соответственно фаз **А**, **В** и **С**. Изменяя величины C_A , C_B , C_C при помощи выключателей B_A , B_B , B_C . Можно получить систему с заданными параметрами.

Ввод трехфазного переменного напряжения на стенд осуществляется автоматом АП1. Катушка индуктивности L_K вводится в нейтраль трансформатора автоматом АП2. Изменение числа витков катушки L_K производится переключателем S1. Глухое заземление нейтрали трансформатора производится автоматическим выключателем АП3. Замыкание фазы на землю (аварийный режим) осуществляется автоматом АП4. Переключение вольтметра PSV1 по фазам производится с помощью переключателя S2, S3, S4. Перед началом работы все автоматы и выключатели должны быть в положении «отключено».

Измерение токов и напряжений осуществляется щитовыми приборами Э-30: амперметрами (PSA1-PSA5) и вольтметрами (PSV1, PSV2), установленными на стенде.

Вольтметр PSV1 служит для измерения напряжения фаз, PSV2 - для

измерения напряжения нейтрали. Амперметры PSA1-PSA3 служат для контроля тока фаз, PSA4 – для измерения тока нейтрали, PSA5 – для измерения тока однофазного замыкания на «землю»

Указания по технике безопасности

1. Не приступать к испытанию без разрешения преподавателя.
2. Работу в режиме «измерение» необходимо производить в короткое время (не более 20–30 секунд).
3. После окончания работы необходимо убрать рабочее место

Задания, методика и порядок выполнения работы

Подготовка к проведению работы

Ознакомиться со стендом, приборами и оборудованием, записать основные технические данные.

В соответствии с вариантом записать необходимые данные для проведения расчетов и измерений. Вариант задается преподавателем.

Собрать схему и предъявить ее для проверки преподавателю.

Проведение исследований

Исследование системы с глухозаземленной нейтралью в нормальном и аварийном режимах

Включить систему под напряжение автоматом АП1. Установить автоматы нейтрали в положение соответствующее системе с глухозаземленной нейтралью (АП2 - «отключено», АП3 - «включено»)

ОПЫТ 1. Нормальный режим работы системы.

- а) Установить симметричное состояние системы $C_A = C_B = C_C = C$.
- б) Измерить напряжения каждой фазы U_A , U_B , U_C , и нулевой точки трансформатора относительно земли U_0 , измерить величины токов в проводах I_A , I_B , I_C , I_0 .

Результаты измерений занести в таблицу 1.

ОПЫТ 2. Нормальный режим работы системы

- а) Установить несимметричное состояние системы $C_A = C_B = C$, $C_C = C \pm 20$ мкФ.
- б) Измерить напряжения фаз, нулевой точки трансформатора и величины токов фазах и нейтрали.

Полученные результаты занести в таблицу 1.

ОПЫТ 3. Аварийный режим работы системы.

Произвести замыкание фазы на землю при любом состоянии с глухозаземленной нейтралью с помощью автомата АП4. Система должна отключиться защитой.

После выполнения опыта 3 все автоматы и выключатели должны быть в положении «отключено».

Исследование системы с изолированной нейтралью в нормальном и аварийном режимах

Включить автоматом АП1 систему под напряжение. Установить

автоматы нейтрали, соответствующие системе с изолированной нейтралью (АП2 и АП3 -«отключено»).

ОПЫТ 4. Нормальный режим работы системы.

а) установить симметричное состояние системы: $C_A = C_B = C_C = C$;

б) измерить величины U_A, U_B, U_C, U_0 и I_A, I_B, I_C .

Результаты занести в таблицу 3.

ОПЫТ 5. Нормальный режим работы системы

а) установить несимметричное состояние системы: $C_A = C_B = C, C_C = C \pm 20$ мкФ;

б) измерить U_A, U_B, U_C, U_0 и I_A, I_B, I_C ;

Результаты занести в таблицу 3.

ОПЫТ 6. Аварийный режим работы системы.

а) установить симметричное состояние системы: $C_A = C_B = C_C = C$;

б) произвести замыкание на землю с помощью автомата АП4;

в) измерить величины U_A, U_B, U_C, U_0 и I_A, I_B, I_C , а также величину тока замыкания на землю I_K ; результаты занести в таблицу 3;

г) в соответствии с вариантом (при заданной емкости $C_A = C_B = C_C = C$) рассчитать емкостные токи по фазам в нормальном режиме работы и ток однофазного замыкания на землю;

д) рассчитать напряжение смещения нейтрали в случае однофазного замыкания на землю фазы А через дугу сопротивлением R_q ($C_A = C_B = C_C = C$);

построить векторную диаграмму напряжений и найти величину перенапряжений на изоляции неповрежденных фаз.

Исследование системы с резонансно-компенсированным заземлением нейтрали.

Включить систему под напряжение автоматом АП1. Установить автоматы нейтрали в положение, соответствующее системе с нейтралью трансформатора, заземленной через катушку индуктивности (АП3 - «отключено», АП2 -«включено»).

ОПЫТ 7. Нормальный режим работы системы.

а) установить симметричное состояние системы: $C_A = C_B = C_C = C$;

б) измерить величины U_A, U_B, U_C, U_0 и I_A, I_B, I_C ; результаты измерений записать в таблицу 2.

ОПЫТ 8. Аварийный режим работы системы.

а) установить симметричное состояние системы: $C_A = C_B = C_C = C$;

б) произвести замыкание фазы на землю с помощью автомата АП4;

в) измерить величины U_A, U_B, U_C, U_0 и I_A, I_B, I_C, I_K ; результаты измерений занести в таблицу 2;

г) рассчитать величину индуктивного сопротивления катушки X_K , необходимого для полной компенсации емкостного тока однофазного замыкания на землю при заданной в с вариантом емкостью системы C ;

д) рассчитать ток однофазного замыкания на землю при заданных в соответствии с вариантом: емкостей фаз относительно земли C , индуктивным

сопротивлением катушки X_K , активной составляющей сопротивления заземления R_3 , активным сопротивлением катушки индуктивности r_K .

Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие материалы:

- основные технические данные электрооборудования, измерительных приборов лабораторной установки;
- принципиальные схемы исследуемых систем и основные расчетные формулы;
- результаты измерений в виде таблиц, результаты расчетов (опыт 6. г, д; опыт 8. г, д), векторную диаграмму (опыт 6, д);
- общие выводы по свойствам систем с различными режимами нейтрали

Таблица 1.

№	Исследуемая система и режим работы.	Параметры системы	Номер опыта	Результаты измерений							
				U _a (U _a), В	U _b (U _b), В	U _c (U _c), В	U _o (U _o), В	I _a (I _a), А	I _b (I _b), А	I _c (I _c), А	I _o (I _o), А
1	Глухое заземление нейтрали 1. Нормальный режим работы: а) симметричное состояние системы б) несимметричное состояние системы 2. Аварийный режим работы (при любом состоянии системы)										

Таблица 2

№	Исследуемая система и режим работы	Параметры системы	Номер опыта	Результаты измерений									Расчетные данные R_0, Ω_m
				U_a (U_a) В	U_b (U_b) В	U_c (U_c) В	U_o (U_o) В	I_a (I_a) А	I_b (I_b) А	I_c (I_c) А	I_o (I_o) А	I_z с А	
2	Заземление нейтрали через активное сопротивление 1. Нормальный режим: а) симметричное состояние; б) несимметричное состояние. 2. Аварийный режим: а) при симметричном состоянии												

Таблица 3.

№	Исследуемая система и режим работы	Параметры системы	Номер опыта	Результаты измерений							
				U_a (U_a) В	U_b (U_b) В	U_c (U_c) В	U_o (U_o) В	I_a (I_a) А	I_b (I_b) А	I_c (I_c) А	I_z А
3	Изолированная нейтраль 1. Нормальный режим: а) симметричное состояние; и) несимметричное состояние. 2. Аварийный режим: а) при симметричном состоянии; б) при несимметричном состоянии.										

Контрольные вопросы

2. Какова причина возникновения перемежающейся дуги при однофазном замыкании на землю в системах с изолированной нейтралью?
3. При каком индуктивном сопротивлении дугогасящей катушки ток однофазного замыкания на землю будет наименьшим?
4. Как влияет емкостное сопротивление элементов сети относительно земли на величину тока однофазного замыкания на землю в сетях с глухозаземленной нейтралью?
5. По какой причине в системах с резонансно-компенсированной нейтралью нельзя снизить ток замыкания на землю до нуля?

Лабораторная работа №2 **Исследование режимов работы электрооборудования при симметричной нагрузке**

Цель работы:

– исследовать режим работы системы электроснабжения при симметричной нагрузке.

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 2.1 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Перевести переключатели SA2 модулей трехфазной сети, вводных выключателей, выключателей кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Руч». Перевести переключатели SA3 модулей вводных выключателей в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF4 на модулях активной нагрузки.
- 2) Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда.
- 3) Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть» (за исключением модуля выключателя короткозамыкателя).
- 4) С помощью кнопок SB1 «Вкл» на лицевых панелях модулей трехфазной сети, вводных выключателей, выключателей кабельной ЛЭП и двигательной нагрузки, подать команды на включение выключателей Q1..Q4 и Q6..Q8.
- 5) С помощью универсальных измерительных приборов, расположенных на модулях вводных выключателей, измерить действующие значения токов и напряжений, а также активные и реактивные мощности для каждой фазы вводных выключателей первой и второй секций сборных шин.

Результаты измерений занести в табл. 2.1.

Таблица 1.1

Секция шин	Измерения												Расчет	
	Напряжение, В			Ток, А			Активная мощность, Вт			Реактивная мощность, Вар			Трехфазная мощность, Вт/Вар	
	Ua	Ub	Uc	Ia	Ib	Ic	Pa	Pb	Pc	Qa	Qb	Qc	P	Q
1														
2														

6) С помощью кнопок SB2 «Откл» на лицевых панелях модулей трехфазной сети, вводных выключателей, выключателей кабельной ЛЭП и двигательной нагрузки, подать команды на отключение выключателей Q1..Q4 и Q6..Q8.

7) Отключить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

8) Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда.

9) По полученным данным, рассчитать суммарную трехфазную активную и реактивную мощность нагрузки для первой и второй секций сборных шин.

10. Исследовать режимы работы РС при активной нагрузке.

11. Исследовать режимы работы РС при последовательном включении индуктивности (токоограничивающего реактора)

12. Исследовать режимы работы режимах поперечной компенсации реактивной мощности .

Результаты занести в таблицу 2.1

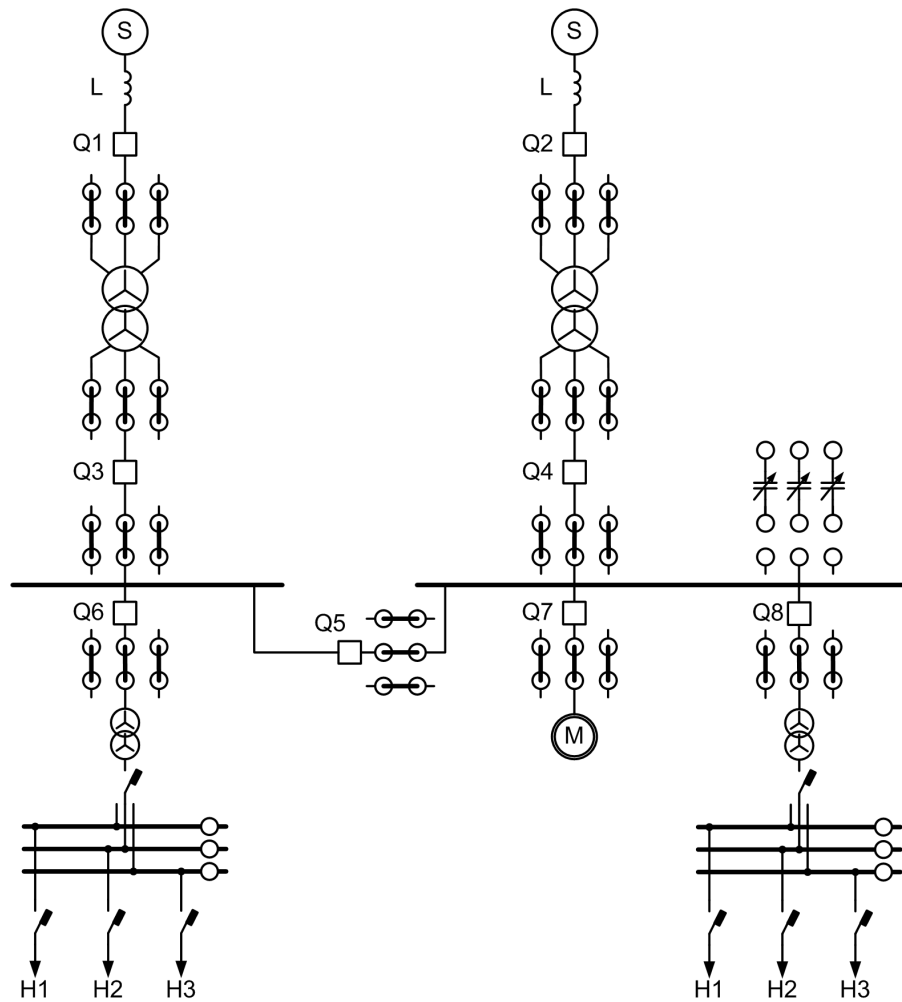


Рис.2.1

10) По полученным данным построить векторные диаграммы токов и напряжений. Сделать выводы о симметричности нагрузки. Объяснить возможные различия между величиной напряжения на первой и второй секциях сборных шин. Оформить отчет по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

1. В каком случае можно сделать вывод о симметричности нагрузки?
2. Объясните различия между первой и второй секциями сборных шин?
3. Какими параметрами характеризуются рабочие режимы сети?
4. Что является целью расчетов рабочего режима сети?
5. Как изменяется ток во время пуска асинхронного двигателя?
6. Как изменяется напряжение во время пуска асинхронного двигателя?
7. Какими параметрами характеризуют симметричные синусоидальные режимы работы трехфазных сетей?
8. В каком случае достаточно для определения параметров режима сети знать параметры режима прямой последовательности основной частоты?
9. Как рассчитать значение полной мощности S' для трехфазной цепи?

Лабораторная работа №3 «Исследование режимов работы электрооборудования при несимметричной нагрузке»

Цель работы

Целью работы является исследование режимов работы системы электроснабжения при несимметричной нагрузке.

Теоретическая часть

На рисунке 3.1 приведены векторные диаграммы прямой, обратной последовательностей и результирующих напряжений. Как видно из векторной диаграммы результирующего напряжения, при появлении в трехфазной сети напряжения обратной последовательности ухудшается режим напряжений как трехфазных, так и однофазных электроприемников.

Особенно неблагоприятно влияет напряжение обратной последовательности на работу вращающихся электрических машин.

В асинхронных двигателях несимметрия напряжения вызывает дополнительный нагрев, а также противодействующий вращающий момент. Поскольку сопротивление обратной последовательности

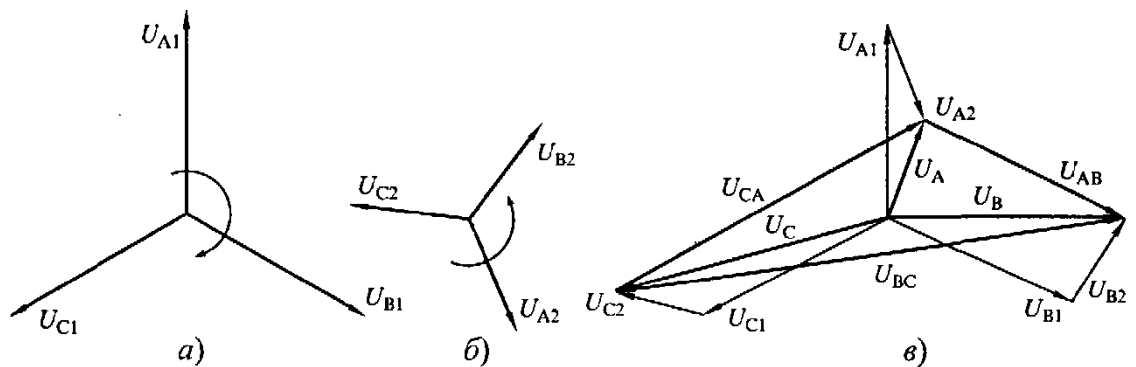


Рис. 3.1. Влияние появления напряжения обратной последовательности на величину результирующих напряжений сети:

а - векторная диаграмма напряжений прямой последовательности; б - векторная диаграмма напряжений обратной последовательности; в - векторная диаграмма результирующих напряжений асинхронных двигателей в 5... 7 раз меньше сопротивления прямой последовательности, то при наличии даже небольшой составляющей обратной последовательности возникает значительный ток. Этот ток накладывается на ток прямой последовательности и вызывает перегрев двигателя, в результате чего уменьшается его располагаемая мощность. Быстро стареет изоляция и т.д. Так, срок службы полностью загруженного двигателя, работающего при коэффициенте несимметрии 4%, сокращается в два раза.

При появлении в трехфазной сети напряжения нулевой последовательности ухудшаются режимы напряжений для однофазных приемников. Токи нулевой последовательности постоянно протекают через заземлители и значительно высушивают грунт, увеличивая сопротивление заземляющих устройств.

Несимметрия напряжения значительно ухудшает режимы работы многофазных вентильных выпрямителей. В результате различия напряжения по фазам значительно увеличивается пульсация выпрямленного напряжения. Значительное отрицательное влияние несимметрия напряжения может оказывать на систему импульсно-фазового управления тиристорных преобразователей.

Конденсаторные установки при несимметрии напряжений неравномерно загружаются реактивной мощностью по фазам, что делает невозможным полное использование установленной мощности. Кроме того, конденсаторные установки в этом случае усиливают уже существующую несимметрию, так как выдача реактивной мощности в сеть в фазе с наименьшим напряжением будет меньше, чем в остальных фазах (пропорционально квадрату напряжения).

Несимметрия напряжения значительно влияет и на однофазные потребители. Если фазные напряжения неодинаковы, то, например, лампы накаливания, подключенные к фазе с более высоким напряжением, имеют больший световой поток, но значительно меньший срок службы по сравнению с лампами, подключенными к фазе с меньшим напряжением. Несимметрия усложняет работу релейной защиты, ведет к ошибкам при работе счетчиков электроэнергии и т.д.

Оборудование и материалы

Лабораторная установка состоит из испытательного стенда укомплектованного измерительными приборами и магазином емкостей, трехфазного трансформатора (380/36 В) к регулируемой катушки индуктивности. Испытательный стенд предназначен для моделирования систем электроснабжения с различными режимами нейтрали. Зажимы питающего трансформатора (**A, B, C** и **a, b, c**) выведены на стенд. Принципиальная схема лабораторной установки приведена на рисунок. 3.2.

Распорядительные емкости проводов относительно земли в трехфазной системе представлены на стенде в виде сосредоточенных емкостей C_A, C_B, C_C соответственно фаз **A, B** и **C**. Изменяя величины C_A, C_B, C_C при помощи выключателей B_A, B_B, B_C . Можно получить систему с заданными параметрами.

Ввод трехфазного переменного напряжения на стенд осуществляется автоматом АП1. Катушка индуктивности L_K вводится в нейтраль трансформатора автоматом АП2. Изменение числа витков катушки L_K производится переключателем S1. Глухое заземление нейтрали трансформатора производится автоматическим выключателем АП3. Замыкание фазы на землю (аварийный режим) осуществляется автоматом АП4. Переключение вольтметра PSV1 по фазам производится с помощью переключателя S2, S3, S4. Перед началом работы все автоматы и выключатели должны быть в положении «отключено».

исключена возможность случайного прикосновения к оголённым токоведущим частям.

Не допускается использование приборов и аппаратов с неисправленными зажимами, проводов с повреждённой изоляцией, неисправных реостатов, тумблеров и другого оборудования.

Сборку схемы необходимо выполнять по возможности без пересечения проводов, нельзя натягивать и свёртывать провода. И использованные соединительные провода необходимо убрать с рабочего места.

Категорически запрещается проводить какие-либо операции на главных распределительных щитах, а также за пределами рабочего места.

Напряжение на схему подают только после разрешения преподавателя, предупредив об этом всех студентов, работающих на данном рабочем месте. При этом рукоятки регуляторов напряжения должны находиться на нулевой отметке.

В случае прекращения опыта или перерыва в работе схему необходимо отключить от сети.

Во время лабораторной работы запрещается: производить пересоединения в схеме, находящейся под напряжением; прикасаться к оголённым токоведущим частям электрического аппарата; включать схему после каких-либо изменений соединений в ней до проверки преподавателем; оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением.

Во всех случаях обнаружения неисправного оборудования, измерительных приборов, проводов, при появлении специфического запаха, дыма, нужно выключить напряжение и немедленно поставить в известность преподавателя.

После окончания работы необходимо выключить напряжение, разобрать схему, привести в порядок рабочее место.

Студенты допускаются к лабораторным работам после ознакомления с настоящими правилами, что должно быть зафиксировано в специальном журнале.

После окончания работы необходимо убрать рабочее место

Задания и порядок выполнения работы.

1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 1.2 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Перевести переключатели SA2 модулей трехфазной сети, вводных выключателей, выключателей кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Руч». Перевести переключатели SA3 модулей вводных выключателей в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1 на модулях активной нагрузки. По согласованию с преподавателем, включить некоторые из автоматических выключателей QF2..QF4.

2) Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда.

3) Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть» (за исключением модуля выключателя короткозамыкателя).

4) С помощью кнопок SB1 «Вкл» на лицевых панелях модулей трехфазной сети, вводных выключателей, выключателей кабельной ЛЭП и двигательной нагрузки, подать команды на включение выключателей Q1..Q4 и Q6..Q8.

5) С помощью универсальных измерительных приборов, расположенных на модулях вводных выключателей, измерить действующие значения токов и напряжений, а также активные и реактивные мощности для каждой фазы вводных выключателей первой и второй секций сборных шин. Результаты измерений занести в табл. 3.2.

Таблица 1.2

Секция шин	Измерения												Расчет	
	Напряжение, В			Ток, А			Активная мощность, Вт			Реактивная мощность, Вар			Трехфазная мощность, Вт/Вар	
	Ua	Ub	Uc	Ia	Ib	Ic	Pa	Pb	Pc	Qa	Qb	Qc	P	Q
1														
2														

6) С помощью кнопок SB2 «Откл» на лицевых панелях модулей трехфазной сети, вводных выключателей, выключателей кабельной ЛЭП и двигательной нагрузки, подать команды на отключение выключателей Q1..Q4 и Q6..Q8.

7) Отключить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

8) Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда.

9) По полученным данным, рассчитать суммарную трехфазную активную и реактивную мощность нагрузки для первой и второй секций сборных шин. Результаты занести в табл. 3.1.

10) По полученным данным построить векторные диаграммы токов и напряжений. Сделать выводы о влиянии не симметрии нагрузки на величины напряжений первой и второй секций сборных шин. Оформить отчет по лабораторной работе.

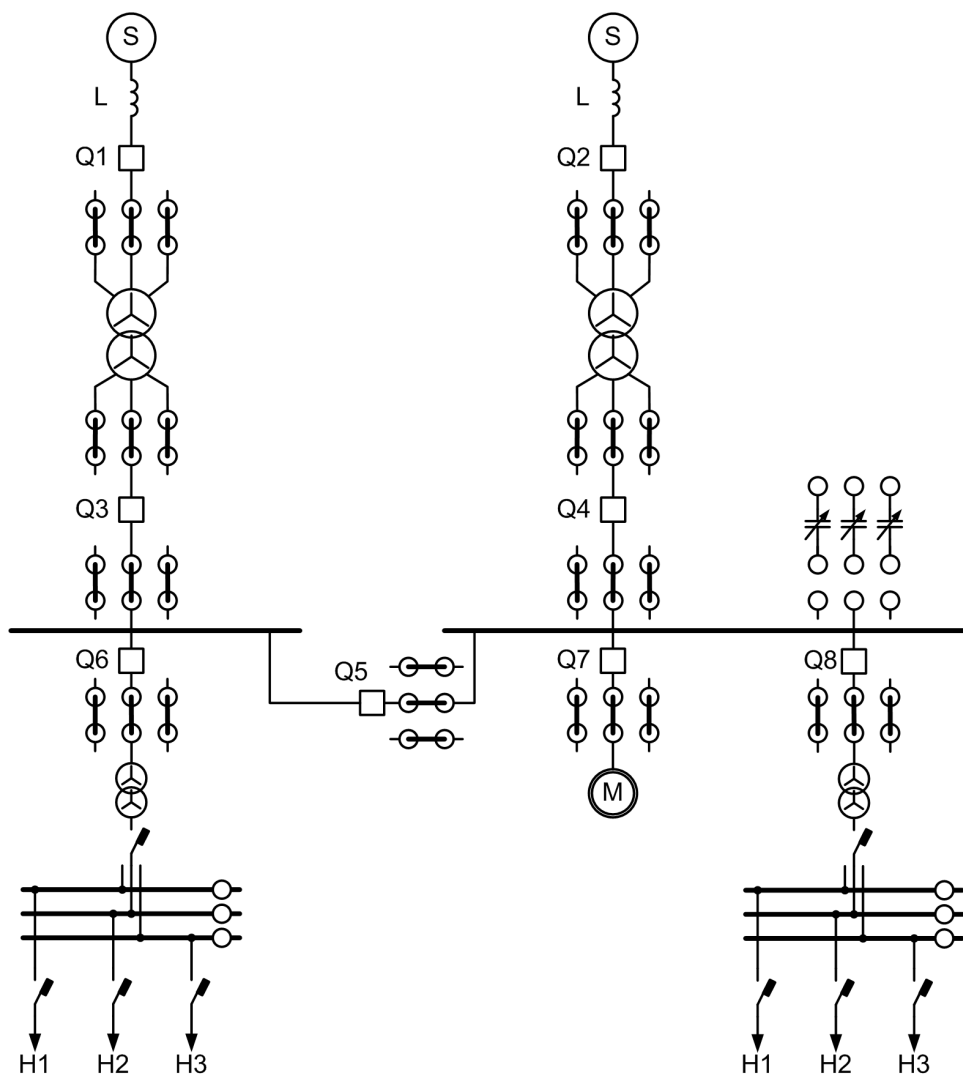


Рис.3.2

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие материалы:

- основные технические данные электрооборудования, измерительных приборов лабораторной установки;
- принципиальные схемы исследуемых систем и основные расчетные формулы;
- результаты измерений в виде таблиц, результаты расчетов, векторные диаграммы токов и напряжений;
- общие выводы по работе.

Структура отчета должна соответствовать требованиям раздела 6.

Контрольные вопросы

1. Как напряжение обратной последовательности влияет на режим напряжений трехфазных и однофазных электроприемников?
2. Какое воздействие оказывает напряжение обратной последовательности на работу вращающихся электрических машин?

3. Как составляющие обратной последовательности влияют на располагаемую мощность асинхронного двигателя?
4. Как рассчитать коэффициент несимметрии?
5. Во сколько раз уменьшится срок службы загруженного асинхронного двигателя если он будет работать с коэффициентом несимметрии в 4%?
6. Как несимметрия влияет на работу устройств релейной защиты и систем учета электроэнергии?
7. Какие допустимые значения коэффициента несинусоидальности установлены **ГОСТ** для электрических сетей и почему?
8. Каковы причины появления высших гармоник напряжения в электрических сетях предприятий?
9. Почему вентильный преобразователь потребляет из сети несинусоидальный ток?
10. Какие существуют способы уменьшения уровня высших гармоник напряжения в промышленных электросетях?
11. Начертите векторную диаграмму токов и напряжений ФКУ (для первой гармоники).

Лабораторная работа №4

«Исследование влияния характера нагрузки на режим работы электрооборудования»

Цель работы

Целью работы является исследование влияния характера нагрузки на режим работы электрооборудования.

Теоретическая часть

Опыт проектирования и эксплуатации электрических сетей показывает, что мероприятия по исключению и снижению влияния электрических сетей на показатели качества электроэнергии могут быть весьма дорогими. Поддержание оптимального уровня напряжения на зажимах каждого ПЭ в общем случае нецелесообразно и, в первую очередь, по экономическим соображениям. Действительно, поскольку ПЭ могут иметь неодинаковые режимы работы и находятся электрически на разном удалении от ИП, то для поддержания оптимального напряжения на зажимах каждого из них необходимо снабдить их индивидуальными регуляторами напряжения. Очевидно, что это слишком дорого.

Более выгодным является групповое регулирование напряжения, когда общее регулирующее устройство устанавливается для группы ПЭ. При этом, естественно, номинальное напряжение будет поддерживаться лишь у некоторых из ПЭ, тогда как у остальных напряжение может отклоняться от номинального в большую или меньшую сторону.

Из-за этого в какой-то мере могут ухудшаться технические параметры производственных установок, отрицательно влияя на их экономичность. Однако экономия от замены индивидуального регулирования напряжения правильно выбранным групповым, как правило, перекрывает соответствующее снижение экономичности производства.

В требованиях к качеству электрической энергии, (ГОСТ 13109 - 99), указываются технически допустимые пределы отклонений значений от номинальных параметров. Первый у нас в стране государственный стандарт на качество электроэнергии был введен в 1967 г. (ГОСТ 13109 - 67). Он был скорректирован в 1979 и в 1987 гг., а в настоящее время действует новый ГОСТ 13109-99.

На этапе проектирования сети при нормальных режимах ее работы необходимо рассчитывать показатели качества электроэнергии (ПКЭ) и выбирать наиболее экономичные средства приведения параметров режимов к допустимым пределам (нормам). В условиях эксплуатации в электрической сети должен осуществляться систематический контроль за ПКЭ и соответственно приниматься меры по приведению параметров к допустимым нормам.

ГОСТ 13109 - 99 устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения - ТОП). Этот ГОСТ устанавливает 11 основных показателей качества электроэнергии (ПКЭ):

- 1) отклонение частоты δf ;
- 2) установившееся отклонение напряжения δU_y
- 3) размах изменения напряжения δU_t ;
- 4) дозу фликера (мерцания или колебания) P_t ;
- 5) коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U ;
- 6) коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$
- 7) коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} ;
- 8) коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}
- 9) глубину и длительность провала напряжения $\delta U_n, \Delta t_n$;
- 10) импульсное напряжение $U_{имп}$;
- 11) коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$.

При определении значений некоторых показателей КЭ используют следующие вспомогательные параметры электрической энергии:

- 1) частоту повторения изменений напряжения $F_{\delta U_t}$;
- 2) интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$
- 3) глубину провала напряжения $\Delta U_n, \Delta t_n$;

- 4) частота появления провалов напряжения $F_{\text{п}}$;
- 5) длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды $\Delta t_{\text{имп}0,5}$;
- 6) длительность временного перенапряжения $\Delta t_{\text{пер}U}$.

Установлены два вида норм ПКЭ: нормально допустимые (норм.) и предельно допустимые (пред.).

Обмен реактивной мощностью между системой электроснабжения предприятия и электроэнергетической системой (ЭЭС) регламентирован Правилами пользования электрической и тепловой энергией. Конкретные требования к режиму реактивной мощности каждого из предприятий устанавливаются при ежегодном заключении договора на поставку электроэнергии от электроснабжающей организации. Экономически обоснованные входные реактивные мощности $Q_{\text{Э1}}$ и $Q_{\text{Э2}}$ предприятия задают дифференцированно, в зависимости от потребляемой мощности и электрической удаленности его от основных источников энергии (электростанций). Числовые значения $Q_{\text{Э1}}$ и $Q_{\text{Э2}}$ определяют в результате расчетов оптимальных режимов работы энергосистемы в периоды ее максимальных $Q_{\text{Э1}}$ и минимальных $Q_{\text{Э2}}$ нагрузок.

Оборудование и материалы

Лабораторная установка состоит из испытательного стенда укомплектованного измерительными приборами и магазином емкостей, трехфазного трансформатора (380/36 В) к регулируемой катушки индуктивности. Испытательный стенд предназначен для моделирования систем электроснабжения с различными режимами нейтрали. Зажимы питающего трансформатора (А, В, С и а, в, с) выведены на стенд. Принципиальная схема лабораторной установки приведена на рисунок. 4.1.

Работу в режиме «измерение» необходимо производить в короткое время (не более 20–30 секунд).

Перед началом сборки схемы необходимо убедиться в том, что автомат на стенде находится в выключенном состоянии.

Рабочее место не должно загромождаться посторонними предметами, а проходы – стульями.

Измерительные приборы и исследуемые аппараты необходимо размещать таким образом, чтобы в процессе выполнения работы была исключена возможность случайного прикосновения к оголённым токоведущим частям.

Не допускается использование приборов и аппаратов с неисправленными зажимами, проводов с повреждённой изоляцией, неисправных реостатов, тумблеров и другого оборудования.

Сборку схемы необходимо выполнять по возможности без пересечения проводов, нельзя натягивать и свёртывать провода. Использованные соединительные провода необходимо убрать с рабочего места.

Категорически запрещается проводить какие-либо операции на главных распределительных щитах, а также за пределами рабочего места.

Напряжение на схему подают только после разрешения преподавателя, предупредив об этом всех студентов, работающих на данном рабочем месте. При этом рукоятки регуляторов напряжения должны находиться на нулевой отметке.

В случае прекращения опыта или перерыва в работе схему необходимо отключить от сети.

Во время лабораторной работы запрещается: производить пересоединения в схеме, находящейся под напряжением; прикасаться к оголённым токоведущим частям электрического аппарата; включать схему после каких-либо изменений соединений в ней до проверки преподавателем; оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением.

Во всех случаях обнаружения неисправного оборудования, измерительных приборов, проводов, при появлении специфического запаха, дыма, нужно выключить напряжение и немедленно поставить в известность преподавателя.

После окончания работы необходимо выключить напряжение, разобрать схему, привести в порядок рабочее место.

Студенты допускаются к лабораторным работам после ознакомления с настоящими правилами, что должно быть зафиксировано в специальном журнале.

После окончания работы необходимо убрать рабочее место

Задания и порядок выполнения работы

1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 1.5 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля ввода- вывода для измерения линейных напряжений на стороне высокого и

низкого напряжения (канал А1 на напряжение АВ со стороны ВН, канал А2 на напряжение АВ на стороне НН) и измерения фазных токов (канал А4 к фазе А со стороны ВН, А5 к фазе А со стороны НН). Перевести переключатели SA2 модулей трехфазной сети, вводных выключателей, выключателей кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Руч». Перевести переключатели SA3 модулей вводных выключателей в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки.

2) Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда.

3) Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть» (за исключением модуля выключателя короткозамыкателя).

4) С помощью кнопок SB1 «Вкл» на лицевых панелях модулей трехфазной сети и вводного выключателя, подать команды на включение выключателей Q2 и Q4.

5) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск – Программы – Лабораторный комплекс – DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы – Установившиеся режимы работы – Измерение режимных параметров».

6) Запустить процесс измерений кнопкой «Пуск», или командой главного меню «Управление – Пуск», или горячей клавишей F5.

7) По показаниям виртуальных измерительных приборов, расположенных на мнемосхеме ПК, определить величины активной и реактивной мощности, а также линейные напряжения на стороне ВН и НН силового трансформатора. Результаты измерений для режима холостого хода занести в табл. 1.5.

8) С помощью кнопки SB1 «Вкл» на лицевой панели модуля выключателя кабельной ЛЭП подать команду на включение выключателя Q8.

9) По показаниям виртуальных измерительных приборов, расположенных на мнемосхеме ПК, определить величины активной и реактивной мощности, а также линейные напряжения на стороне ВН и НН силового трансформатора. Результаты измерений для режима преимущественно активной нагрузки занести в табл. 1.5.

10) С помощью кнопки SB1 «Вкл» на лицевой панели модуля двигательной нагрузки подать команду на включение выключателя Q7.

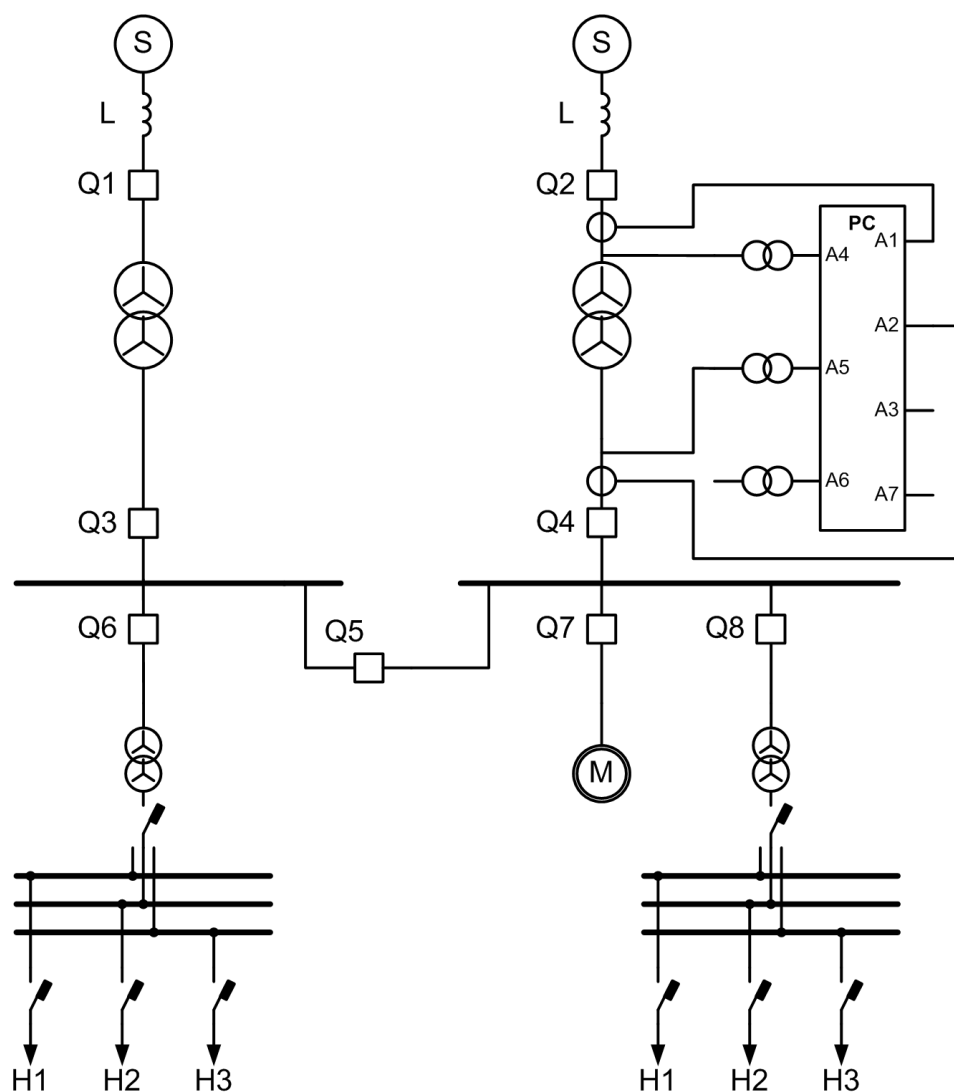


Рис. 4.2

11) По показаниям виртуальных измерительных приборов, расположенных на мнемосхеме ПК, определить величины активной и реактивной мощности, а также линейные напряжения на стороне ВН и НН силового трансформатора. Результаты измерений для режима активно-индуктивной нагрузки занести в табл. 4.1.

12) Остановить процесс измерений кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление – Стоп» или горячей клавишей F6.

Таблица 1.5

Режим работы		Режим холостого хода	Режим активной нагрузки	Режим активно-индуктивной нагрузки
Измеренные параметры	P_1 , Вт			
	Q_1 , Вар			
	U_1 , В			
	P_2 , Вт			
	Q_2 , Вар			
	U_2 , В			
Расчетные параметры	ΔP , Вт			
	ΔQ , Вар			
	$\cos \varphi_{\text{нагр.}}$			

13) С помощью кнопок SB2 «Откл» на лицевых панелях модулей трехфазной сети, вводного выключателя, выключателя кабельной ЛЭП и двигательной нагрузки, подать команды на отключение выключателей Q7, Q8, Q4 и Q2.

14) Отключить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

15) Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда.

16) По полученным данным, рассчитать потери активной и реактивной мощности в различных режимах работы, результаты занести в табл. 4.1.

17) Сделать выводы о влиянии характера нагрузки на величину потерь электрической энергии в системе электроснабжения, а также, на величину напряжений на сборных шинах. Оформить отчет по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

1. Как можно рассчитать экономически целесообразный режим работы для трех трансформаторов?
2. Как отразится на реактивных потерях в трансформаторе реализация их экономически целесообразного режима?
3. Как определяются потери электроэнергии в трансформаторах на длительных интервалах времени?
4. Какие допускаются отклонения напряжения в промышленных электросетях по ГОСТ 13109–97 и почему?
5. Как зависит работа различных электроприемников от величины напряжения в сети?

6. Какие способы улучшения напряжения используются в промышленных электросетях и в сетях энергосистем?
7. Постройте векторную диаграмму токов и напряжений для простейшей сети с сопротивлением R и током I .
8. Какие имеются оценки отклонений напряжения и как они вычисляются?
9. Каковы причины провалов напряжения в промышленных электросетях?
10. Каким образом реактивная мощность влияет на режим напряжения электрической сети?
11. Требования, предъявляемые ЭЭС к режиму реактивной мощности СЭПП.
12. Как оценивается экономический эффект внедрения расчетного оптимального режима компенсации нагрузок предприятия?
13. С какой целью выполняется регулирование мощностей компенсирующих устройств?
14. Перечислить и пояснить принципы построения графиков регулирования КУ.
15. Почему входные реактивные мощности задаются предприятиям индивидуально?
16. Что понимается под оптимизацией режима компенсации реактивных мощностей нагрузок?
17. Пояснить преимущества и недостатки индивидуальной компенсации реактивной мощности.

Лабораторная работа №5

«Изучение конструкции современных РП и ТП»

1. Цель и содержание

Целью данной лабораторной работы является подробное изучение конструкций РП и цеховых ТП.

В результате выполнения любой работы студент приобретает подробные знания по конкретному оборудованию, выпускаемому в настоящее время.

Теоретическое обоснование

Комплектные трансформаторные подстанции напряжением 6 – 10 кВ. В целях наибольшего приближения к потребителям рекомендуется применять внутренние, встроенные в здание или пристроенные к нему, трансформаторные подстанции. Встроенные в здание или пристроенные трансформаторные подстанции имеют выход из камер с масляными трансформаторами и высоковольтными аппаратами непосредственно наружу. Внутрицеховые подстанции могут размещаться на первом и втором этажах производств, которые согласно противопожарным требованиям отнесены к категориям Г и Д первой и второй степеням огнестойкости. Внутрицеховые

подстанции размещаются как открыто, так и в отдельных помещениях (рисунок.5.1).

Размещение внутрицеховых подстанций в помещениях пыльных и с химически активной средой допускается при условии принятия мер, обеспечивающих надежную работу электрооборудования.

В производственных помещениях трансформаторы и РУ могут устанавливаться, как открыто, так и в камерах и отдельных помещениях. На каждой открыто установленной цеховой подстанции и КТП могут быть применены масляные трансформаторы

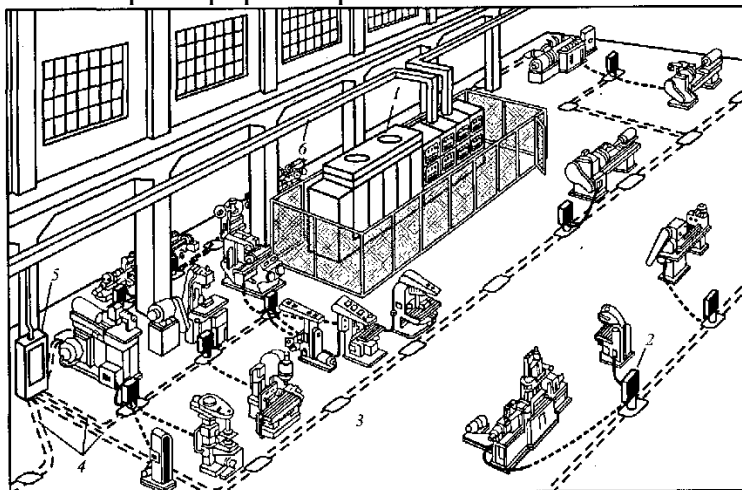


Рис. 5.1. Модульная разводка силовой электросети к электроприемникам механического цеха:

1 – комплектная трансформаторная подстанция; 2 – колонка с автоматическим выключателем; 3 – ответвительная коробка; 4 – модульная магистраль; 5 – силовой шкаф; 6 – магистральный шинопровод

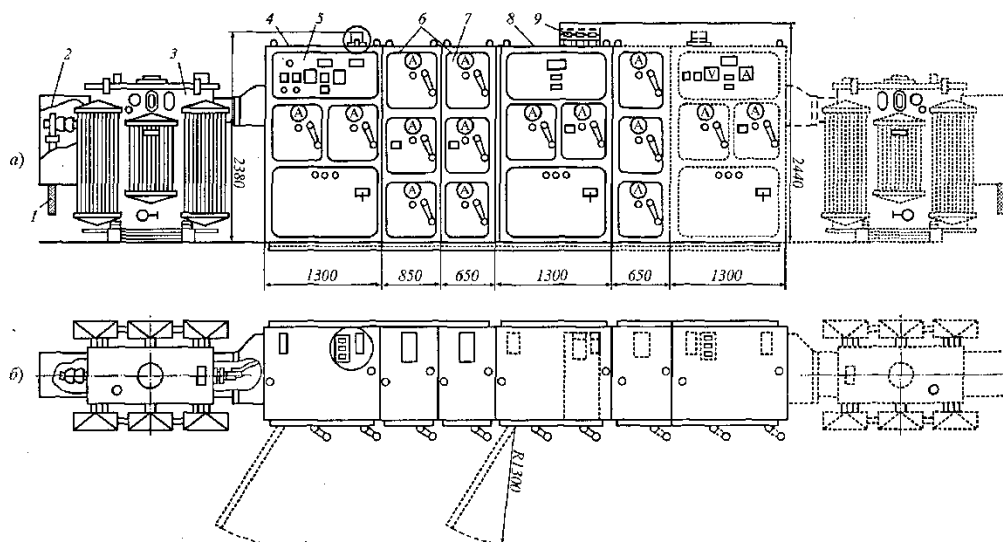


Рисунок 5.2. Комплектная двухтрансформаторная подстанция мощностью 630 — 1000 кВА для внутренней установки с однорядным расположением оборудования:

а – вид спереди; б – план; 1 – кабель ВН; 2 – шкаф ввода ВН; 3 – силовой трансформатор; 4 – шкаф ввода НН; 5 – отсек приборов; – шкаф отходящих линий НН; 7 – секционный шкаф НН или шкаф отходящих линий; 8 – шинный короб; 9 – окно для вывода кабеля вверх мощностью до 1600 кВ·А. Расстояние в свету между масляными трансформаторами должно быть не менее 10 м.

Для внутрицеховых подстанций и КТП с сухими трансформаторами или с негорючим диэлектриком их мощность и расстояние между ними не ограничиваются.

КРУ и КТП следует, как правило, размещать в пределах «мертвой зоны» подъемно-транспортных механизмов. В цехах с интенсивным движением внутризаводского транспорта КРУ и КТП следует ограждать.

Ширина прохода для управления и ремонта КРУ выкатного типа и КТП должна обеспечивать удобство обслуживания и ремонта (0,6 – 0,8 м).

Ввод от трансформатора на щит может быть выполнен двумя способами: кабелями снизу на вводных панелях, предназначенных для кабельных вводов; шинами сверху с помощью вводных панелей или же непосредственно к сборным шинам через разъединитель, установленный на стене.

На рис. 17.2.2. представлена комплектная двухтрансформаторная подстанция мощностью 630 – 1000 кВА для внутренней установки с однорядным расположением оборудования. Автоматические выключатели выдвижного исполнения служат защитно-коммутационной аппаратурой, каждый автомат закрыт дверью, управление производится рукоятками и ключами, расположенными на дверях шкафов, а для дистанционного управления концы проводов подведены к рейке с зажимами. Присоединение вводов высшего напряжения глухое.

Комплектные трансформаторные подстанции напряжением 35/6—10 кВ. КТП напряжением 35/6 — 10 кВ применяют для электроснабжения небольших промышленных предприятий и сельскохозяйственных районов. КТП (рисунок 17.2.3) состоит из ОРУ напряжением 35 кВ, силового трансформатора и КРУН напряжением 6 – 10 кВ наружной установки, металлического ограждения подстанции, совмещенного с контуром заземления.

Конструкция комплектной подстанции допускает возможность установки одного или двух силовых трансформаторов мощностью 630—3200 кВА.

ОРУ однотрансформаторной подстанции напряжением 35 кВ представляет собой портал, на котором смонтированы со стороны подстанции линейный разъединитель с двумя заземляющими ножами, а со стороны линии – стреляющие предохранители высокого напряжения, разрядники и резонансные заградители высокочастотной связи.

На стороне 35 кВ применяются следующие основные схемы: тупиковые, проходные, узловые, «мостик».

Ячейка ввода ОРУ имеет дополнительное внутреннее ограждение высотой 2 м, определяемой зоной выхлопа стреляющих предохранителей ПСН-35 и допустимыми расстояниями от аппаратуры, установленной в нижней части портала.

Двухтрансформаторная подстанция представляет собой сочетание двух комплектных однострансформаторных подстанций, комплектуемых секционным шкафом напряжением 6 – 10 кВ. Ввод со стороны 35 кВ выполнен как для однострансформаторной подстанции, но включает в себя два портала с линейными предохранителями, разъединителями и разрядниками.

Комплектные трансформаторные подстанции напряжением 110/6 – 10 кВ. КТП напряжением 110/6 – 10 кВ (рис. 5.3) состоят из ОРУ напряжением 110 кВ, силового трансформатора 5 и КРУН 7 наружной установки напряжением 6 – 10 кВ.

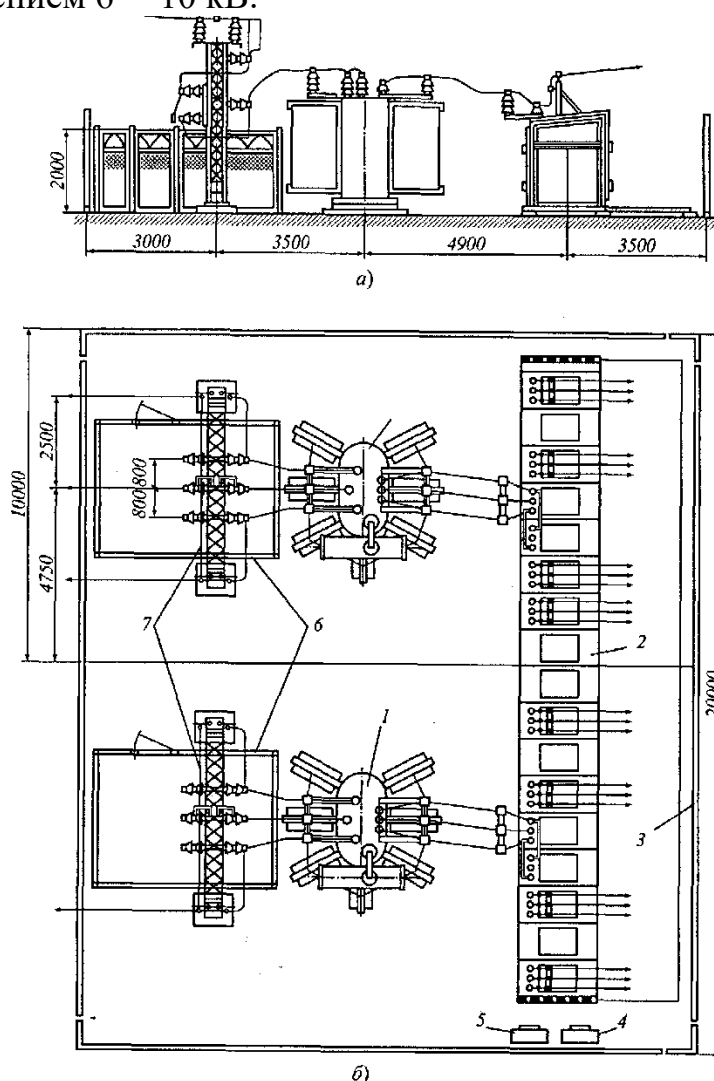


Рис. 5.3. Комплектная трансформаторная подстанция напряжением 35 кВ типа 2КТП-35/6-10П кВ с трансформаторами мощностью 3200 кВ-А:
а - вид спереди; б - план: 1 - трансформатор; 2 - КРУН напряжением 6... 10 кВ; 3 - внешнее ограждение; 4 - шкаф противопожарного оборудования; 5 - шкаф инвентарный; 6 - внутреннее ограждение предохранителей; 7 - ОРУ напряжением 35 кВ

ОРУ напряжением 110 кВ однотрансформаторной подстанции состоит из линейного разъединителя, отделителя, короткозамыкателя, заземляющего разъединителя, линейного портала, металлоконструкции под установку высокочастотной связи. Узел линейного разъединителя 2 представляет собой металлоконструкцию portalного типа, на которой установлены полюсы разъединителя типа РЛНД—2 - 110/600. Полюсы соединяют между собой тягами. С приводом ПРН разъединитель соединен валами, привод ПРН устанавливается под центральным полюсом разъединителя на траверсе и снабжается внутренней блокировкой, не допускающей включения заземляющих ножей при включенных главных ножах разъединителя.

Узел отделителя и короткозамыкателя 3 - трехстоечная металлоконструкция, на которой установлены три полюса отделителя ОД-110 и короткозамыкатель КЗ-110. Отделитель управляется приводом ШПО, который устанавливается на одной из стоек. Короткозамыкатель изолируется от металлоконструкций четырьмя изоляторами.

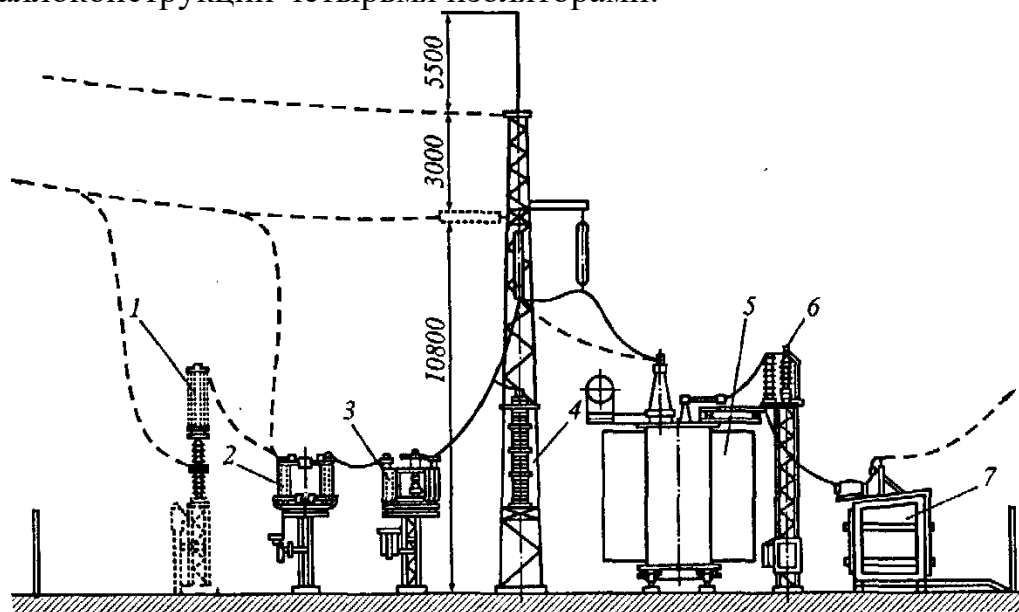


Рис. 5.4. Комплектная трансформаторная подстанция наружной установки напряжением 110/6—10 кВ ОРУ напряжением 110 кВ

Заземление короткозамыкателя производится шиной, которая проходит через трансформатор тока ТШЛ-0,5 проходного типа.

Узел заземляющего разъединителя 6 — одностоечная металлоконструкция, на которой установлен заземляющий разъединитель ЗОН. В зависимости от высоты силового трансформатора заводом поставляется установка заземляющего разъединителя высотой 3 и 5 м. На металлоконструкции заземляющего разъединителя устанавливается ящик с зажимами цепей управления.

Линейный портал 4 - одностоечная порталная конструкция с двумя траверсами. Портал служит для приема линии, к стойкам портала

подсоединяются грозозащитные тросы, на одной из стоек портала устанавливается молниеотвод. Расстояние между проводами 2500 мм, а между грозозащитными тросами – 8000 мм. Верхняя траверса служит для подвески гирлянд изоляторов. На нижней траверсе устанавливаются разрядники РВС–110 с регистраторами разрядов.

Узел высокочастотной связи 1 рассчитан на совместную установку заградителя и конденсатора связи.

КРУН напряжением 6 – 10 кВ 7 – металлическая конструкция, состоящая из соединенных между собой шкафов, в которых смонтированы аппаратура силовых и вспомогательных цепей.

У силового трансформатора вблизи выводов напряжением 6 – 10 кВ устанавливаются вентильные разрядники РВП напряжением 6 – 10 кВ.

Источником питания оперативных цепей и устройств релейной защиты и автоматики является трансформатор собственных нужд.

Системы питания электроэнергией.

Требования, предъявляемые к схемам электроснабжения и к источникам питания, многообразны. Они зависят от характера производства предприятий и от потребляемой ими мощности. В принята следующая условная градация объектов: большие – с установленной мощностью электроприемников 75 – 100 МВт и более; средние – с установленной мощностью в диапазоне от 5 – 7,5 до 75 МВт; малые – с установленной мощностью до 5 МВт.

При построении схемы электроснабжения необходимо учитывать ряд специфических факторов, свойственных отдельным промышленным предприятиям, в частности наличие зон с загрязненной и агрессивной средой, наличие особых групп электроприемников, требующих повышенной надежности питания, наличие электроприемников с резко переменной ударной нагрузкой и др. Эти факторы вызывают дополнительные требования к системам электроснабжения.

Нужно знать и учитывать специфические особенности работы отдельных производств, в частности их наиболее ответственных агрегатов, нормальное функционирование которых обеспечивает бесперебойность технологических процессов. Необходимо отметить, что технологический фактор при определении степени бесперебойности питания и установлении структурной схемы электроснабжения все еще недостаточно учитывается при проектировании, между тем недоучет этого фактора вследствие плохого знания технологии может привести как к недостаточному уровню резервирования, так и к неоправданным затратам на излишнее резервирование.

Основным документом, определяющим структуру и состав электроустановок, являются Правила устройства электроустановок, в дальнейшем кратко называемые ПУЭ. Этот документ регулярно (один раз в десять лет) пересматривается, перерабатывается и дополняется. ПУЭ обобщают и узаконивают передовой опыт эксплуатации, учитывают перспективы развития и состояние электроэнергетики. В работе над ПУЭ принимают участие

ведущие эксплуатационные, монтажные, наладочные, проектные и научно-исследовательские организации страны.

Электрическая сеть сооружается для электроснабжения потребителей. В соответствии с ПУЭ *электроснабжение* – обеспечение потребителей электрической энергией. Более широкое понятие *энергоснабжение* означает снабжение потребителей всеми видами энергии (электрической, тепловой, газом и др.). *Системой электроснабжения* называют совокупность электроустановок, предназначенных для электроснабжения.

Электрической сетью называют совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящую из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Следует различать приемники и потребители электрической энергии (в дальнейшем кратко именуются приемниками и потребителями).

Приемник – аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Потребитель – приемник или группа приемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

К системе электроснабжения предъявляют следующие основные требования:

1. Обеспечение требуемого качества электроснабжения потребителей. Под качеством электроснабжения обычно понимают требуемые уровни надежности электроснабжения и напряжений на зажимах приемников.

2. Экономическая целесообразность сооружения и эксплуатации, т.е. сочетание относительно невысоких стоимостей оборудования, затрат на строительство и эксплуатацию, включая потери электроэнергии.

3. Обеспечение возможности развития сети без ее коренного переустройства.

4. Удобство и безопасность обслуживания.

Сеть, наилучшим образом удовлетворяющая всем указанным требованиям, является *оптимальной*, т.е. наилучшей с учетом налагаемых реальной жизнью ограничений. Следует отметить, что с математической точки зрения эти требования являются *критериями оптимизации*, т.е. условиями, по которым судят о том, какой из вариантов сети является наилучшим. Поскольку таких критериев несколько, то говорят о *многоцелевой* (в данном случае с тремя целями) *оптимизации*. Основным по важности из них является первое требование.

Система электроснабжения представляет собой совокупность электрических сетей различных напряжений, обычно (исключая мегаполисы) напряжением 220 – 35, 6 – 10 и до 1 кВ. Совокупность сетей напряжением 220 – 35 кВ называется *электроснабжающими сетями*. Они, как правило, относятся к АО «Энерго». В состав электроснабжающих сетей входят подстанции и линии напряжением 220 – 35 кВ. Сборные шины подстанций этих сетей напряжением 6 – 10 кВ называют *центрами питания (ЦП)* сетей.

Сети напряжением 6 – 10 кВ (в частности 35 кВ) предназначены для распределения электроэнергии между группами потребителей или питания отдельных потребителей. Такие сети принято называть *распределительными сетями* (РС).

В общем случае РС включают в себя питающую сеть 6 – 10 кВ и непосредственно распределительную сеть того же напряжения. *Питающая сеть 6 – 10 кВ* часто состоит из питающих линий, распределительных пунктов и прямых связей между последними.

Питающая линия – линия напряжением 6 – 10 кВ, соединяющая распределительный пункт с ЦП и не имеющая распределения энергии по своей длине.

Распределительный пункт (РП) – подстанция 6 – 10 кВ, предназначенная для приема электроэнергии от ЦП и распределения ее без преобразования частоты (выпрямления) и напряжения (трансформации).

Прямая связь между РП – линия 6 – 10 кВ, связывающая 2 РП между собой.

Распределительная сеть 6 – 10 кВ состоит из распределительных линий 6 – 10 кВ и трансформаторных подстанций.

Распределительная линия – линия 6 – 10 кВ, подающая питание на трансформаторные подстанции или (и) на вводы электроустановок потребителей от РП или ЦП кВА.

Трансформаторная подстанция (ТП) – электроустановка, осуществляющая понижение напряжения с 6 – 10 кВ на уровень до 1 кВ, чаще всего 0,4 кВ. В типовых ТП сети устанавливаются трансформаторы с номинальной мощностью.

В состав РС входят полностью или частично разветвленные сети напряжением до 1 кВ.

Электрооборудование электрических сетей.

Распределительные пункты и трансформаторные подстанции оснащают основным и вспомогательным электрооборудованием.

Основным называют оборудование, непосредственно участвующее в передаче и распределении электрической энергии. *Вспомогательное* предназначено для обеспечения указанных выше процессов. К обеспечивающим системам относятся управление (включая средства диспетчерского телеуправления), релейная защита и электроавтоматика, измерение параметров электрических величин, учет электроэнергии, собственные нужды (освещение, отопление, вентиляция, подогрев приводов и др.).

В составе любого РП и ТП имеются одно или несколько распределительных устройств РУ.

Распределительным устройством называется сооружение, предназначенное для сбора электрической энергии от ее источников и распределения ее между потребителями *на одном* напряжении. На ТП может быть два РУ – напряжением выше 1 кВ и напряжением до 1 кВ.

В общем случае в состав РУ входят:

- сборные типы (необходимы для подключения к ним всех элементов – источников и приемников);
- ошиновка – токоведущие части отдельных элементов (трансформаторов, линий);
- коммутационные аппараты, необходимые для включения или отключения электрических цепей;
- измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- оборудование высокочастотной обработки линий электропередачи.

Выключатель – аппарат, предназначенный для ручного (дистанционно или с места установки аппарата) и автоматического включения и отключения токов нагрузочных режимов и КЗ. Возможность коммутанта обеспечивается дугогасительным устройством.

Выключатель нагрузки – выключатель, способный коммутировать токи нагрузочных режимов. Отличается от *выключателя* относительно слабым дугогасительным устройством.

Разъединитель – аппарат, предназначенный для обеспечения видимого разрыва в обесточенной электрической цепи. Разъединитель не может коммутировать токи нагрузочных режимов, тем более коротких замыканий, из-за отсутствия дугогасительного устройства.

Отделители и короткозамыкатели в совокупности предназначены для отключения поврежденного трансформатора на подстанциях без выключателей.

Коммутационные аппараты напряжением до 1 кВ по существу выполняют те же функции, что и аппараты напряжением выше 1 кВ, но часто имеют другие названия. В таблице 5.1 приведена аналогия между указанными аппаратами.

Таблица 5.1 – Таблица аналогий коммутационных аппаратов

Коммутационные аппараты	
Напряжением до 1 кВ	Напряжением выше 1 кВ
Выключатель	Автоматический выключатель (автомат)
Выключатель нагрузки	Контактор, магнитный пускатель
Разъединитель	Рубильник

Следует отметить, что магнитным пускателем называют контактор, оснащенный защитой от перегрузки (тепловыми реле).

Измерительные трансформаторы тока ТА и напряжения ТУ предназначены для уменьшения тока и напряжения до значений, которые могут быть измерены обычными амперметрами (с пределами измерения 5 А или 1 А) и вольтметрами (с пределом измерения 100 В).

Разрядники F предназначены для защиты оборудования РУ от перенапряжений.

Предохранители F предназначены для защиты оборудования от действия токов короткого замыкания, а в отдельных случаях – и от перегрузки.

Конструктивное исполнение распределительных подстанций напряжением 6 – 10 кВ.

На рисунке 5.5. приведена компоновка распределительной подстанции, пристроенной к зданию цеха с двумя выходами наружу. Часть РП, находящаяся в ведении энергоснабжающей организации, отделена перегородкой с дверью, запираемой на замок.

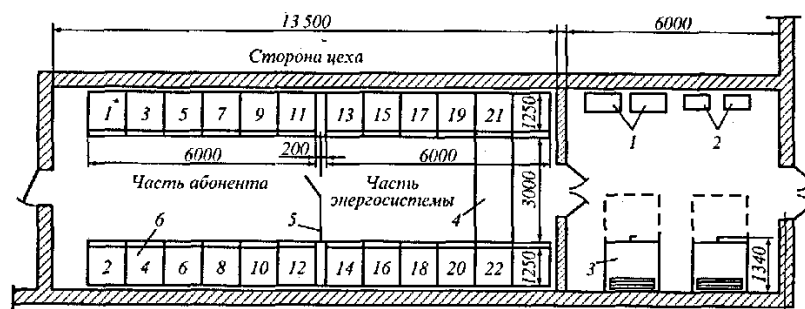


Рис. 5.5. Расположение оборудования распределительной подстанции напряжением 10 кВ при двухрядном расположении камер КСО при разделении распределительной подстанции на части абонента и энергосистемы:

1 - блоки питания; 2 - щитки защиты; 3 - шкаф оперативного тока типа ШУОТ; 4 - мост шинный длиной 3000 мм; 5 - ограждение сетчатое с дверью; 6 - камера типа КСО-272

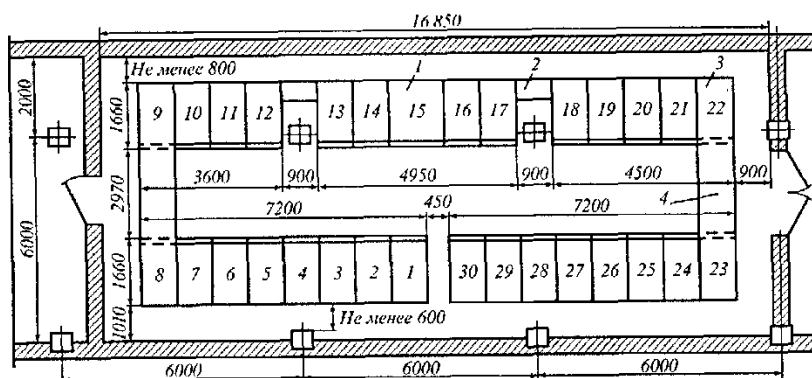


Рис. 5.6. Вариант компоновки распределительной подстанции напряжением 10 кВ в отдельном помещении между колоннами в цеху:

1 - шкаф КРУ размером 1350 мм; 2 - токопровод между шкафами; 3 - шкаф КРУ размером 900 мм; 4 - токопровод между секциями КРУ

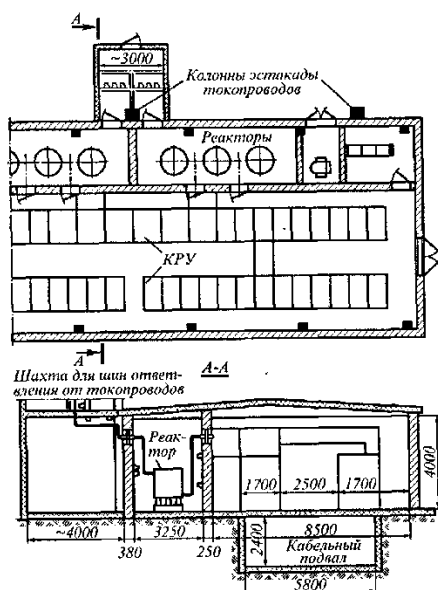


Рис. 5.7. Компоновка распределительной подстанции с выкатными КРУ и реакторами с подводом питания через специальную шахту от гибких токопроводов

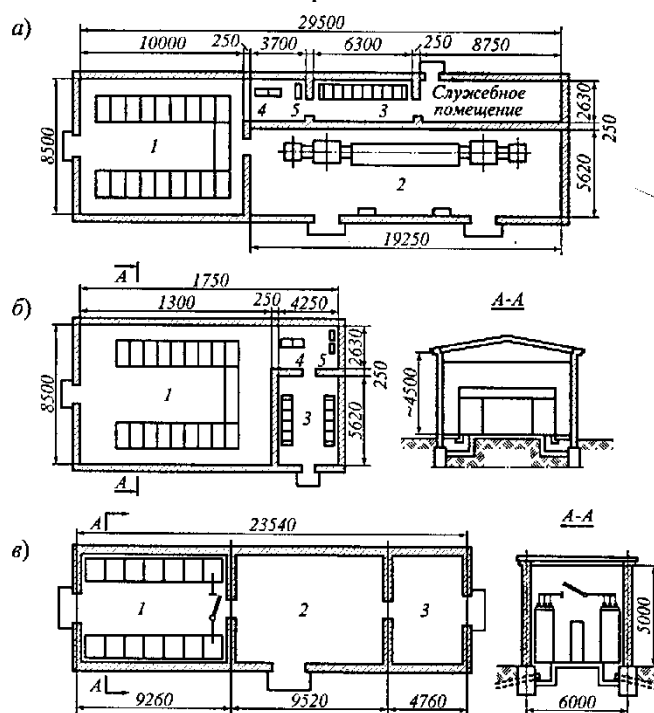


Рис. 5.8. Выполнение распределительных подстанций напряжением 6 — 10 кВ:

а - отдельно стоящая РП с камерами КРУ, совмещенная с КТП и комплектной конденсаторной установкой (ККУ); б - отдельно стоящая РП с камерами КРУ, совмещенная с ККУ; в - отдельно стоящая РП с камерами КСО, совмещенная с КТП и ККУ; 1 - камеры КРУ или КСО; 2 - КТП; 3 - ККУ; 4 - электропитание приводов; 5 - вводное устройство силового питания

На рисунке 5.5 приведена компоновка распределительной подстанции при размещении в отдельном помещении между колоннами в цеху.

На рис. 5.6. показана компоновка распределительной подстанции с выкатными КРУ с подводом питания через специальную шахту и с установкой в специальных ячейках токоограничивающих реакторов.

На рис. 5.7. показано несколько примеров выполнения распределительных подстанций, некоторые из которых совмещены с трансформаторными подстанциями. Компоновки РП предусматривают также возможность размещения в них конденсаторных установок (УК).

Комплектные трансформаторные подстанции применяют для приема, распределения и преобразования электрической энергии трехфазного тока частотой 50 Гц.

По числу трансформаторов КТП могут быть однитрансформаторными, двухтрансформаторными и трехтрансформаторными.

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.

КТП можно разделить на четыре основные группы.

1. КТП наружной установки мощностью 25 – 400 кВА, напряжением 6 – 35/0,4 кВ, применяемые для электроснабжения объектов сельскохозяйственного назначения. Это в основном мачтовые подстанции. КТП данной группы состоят из шкафа ввода ВН, трансформатора и шкафа НН, укомплектованного на отходящих линиях автоматическими выключателями.

2. КТП внутренней и наружной установки напряжением до 10 кВ включительно мощностью 160 – 2500 кВ·А, которые в основном используются для электроснабжения промышленных предприятий. КТП этой группы состоят из шкафов ввода на напряжение 10 кВ и РУ напряжением до 1 кВ. Для КТП применяют как масляные, так и заполненные негорючей жидкостью или сухие трансформаторы специального исполнения с боковыми выводами, для КТП наружной установки – только масляные.

3. Сборные и комплектные трансформаторные подстанции напряжением 35 – 110/6 – 10 кВ. Со стороны высокого напряжения подстанции комплектуются открытыми распределительными устройствами напряжением 35 – 110 кВ, со стороны 6 – 10 кВ – шкафами КРУН наружной установки.

4. КТП специального назначения, перевозимые на салазках, напряжением 6 – 10 кВ, мощностью 160 – 630 кВА, которые выпускаются для электроснабжения стройплощадок, рудников, шахт, карьеров.

Технические данные подстанций внутренней установки приведены в таблице 5.1, наружной установки – в таблице 5.2.

Таблица 5.1 Технические характеристики КТП напряжением 6... 10 кВ общего назначения для внутренней установки

Тип	Мощность трансформатора, кВ·А	Тип трансформатора	Комплектуемое оборудование	
			Шкафы ВН	Шкафы НН
КТП 250/6 и 10/0,4	250	ТМФ-250/10	—	—
2КТП 250/6 и 10/0,4	2х250	ТМФ-250/10	—	—
КТП 400/6 и 10/0,4	400	ТМФ-400/10	ВВ-1	КРН-5
2КТП 400/6 и 10/0,4	2х400	ТМФ-400/10	ВВ-1	КРН-5
КТП 630/6 и 10/0,4	630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
2КТП 630/6 и 10/0,4	2х630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
КТПМ 630/6 и 10/0,4	630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
2КТПН 630/6 и 10/0,4	2х630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-9
КТП 630	630	ТМЗ-630/10	ВВ-2	КН-2
2КТП 630	2х630	ТСЗ-630/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-2, КН-3, КН-4
КТП 1000	1000	ТМЗ-1000/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-2, КН-3, КН-4
2КТП 1000	2х1000	ТСЗ-1000/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-5, КН-6, КН-17, КН-20
КТПМ 1000	1000	ТСЗ-1000/10	ШВВ-3	ШНВ-1М, ШНЛ-1М
2КТПМ 1000	2 х 1000	ТСЗ-1000/10	ШВВ-3	ШНВ-1М, ШНЛ-1М
КТПМ 1600	1600	ТСЗ-1600/10	ШВВ-3	ШНС-1М
2КТПМ 1600	2х1600	ТСЗ-1600/10	ШВВ-3	ШНВ-2М, ШНС-2М
КТПУ 630	630	ТМЗ-630/10	ВВН	ШН-2М, ШН-4М
2КТПУ 630	2х630	ТНЗ-630/10	ШВВ-3	ШН-5; ШН-8
КТПУ 1000	1000	ТМЗ-1000/10	ШВВ-3	ШН-10
2КТПУ 1000	2 х 1000	ТНЗ-1000/10	ШВВ-3	ШН-10
КТПУ 1600	1600	ТМЗ-1600/10	ШВВ-3	ШН-9
2КТПУ 1600	2х1600	ТНЗ-1600/10	ШВВ-3	ШН-9
КТПМ 1000	1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ШВВ-5 с выключателем	ШНВ-1М, ШНВ-2М
2КТПМ 1000-6/0,4	2 х 1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ШВВ-5 с выключателем	ШНЛ-1М, ШНЛ-2М

2КТПМ 1000-6/0,69	2 x 1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ВН-11 или глухой	ШНС-1М, ШНС-2М
КТПМ 1600/10	1600	ТМЗ, ТНЗ-1600/10	ВН-11 или глухой	ШНВ-2М, ШНВ-3М
2КТПМ 1600/10	2 x 1600	ТМЗ, ТНЗ-1600/10	ВН-11 или глухой	ШНЛ-2М, ШНС-2М
КТПМ 2500-10/0,4	2500	ТНЗ-2500/10	ШВВ-3	ШНЛ-2К, ШНЛ-3К
2КТПМ 2500-10/0,69	2 x 2500	ТНЗ-2500/10	ШВВ-3	ШНС-3К, ШНВ-2К

Примечания: 1. Блок высоковольтного ввода выполняется трех типов: ВВ–1 - с глухим присоединением кабеля; ВВ–2 - с присоединением кабеля через разъединитель; ВВ–3 - с присоединением кабеля через разъединитель и предохранитель. 2. Буквы М и У в обозначении типов КТП соответственно обозначают: модифицированный и унифицированный.

Таблица 5.2. Технические характеристики комплектных трансформаторных подстанций наружной установки типа КТПН-72М напряжением 6 – 10 кВ.

Показатель	КТПН-72М-160	КТПН-72М-250	КТПН-72М-400
Мощность трансформатора, кВ·А	160	250	400
Разъединитель	РВЗ-10-400	РВЗ-10-400	РВЗ-10-400
Привод	ПР-10	ПР-10	ПР-10
Ввод	Кабельный	Кабельный	Кабельный

Примечание. КТПН поставляются без силовых трансформаторов.

Аппаратура и материалы

При выполнении лабораторной работы используются ресурсы сети Internet (класс открытого доступа), справочники по электрооборудованию, а так же типовые проекты, проспекты и каталоги продукции фирм и компаний, выпускающих электрооборудование.

Указания по технике безопасности

Во время выполнения лабораторной работы студент обязан выполнять указания инструкций по технике безопасности, находящихся в лаборатории электроснабжения и классе открытого доступа.

Методика и порядок выполнения работы

1. Студент получает индивидуальное задание от преподавателя.
2. Студент находит необходимый справочный материал

В качестве справочного материала могут быть использованы:

- справочники по электрооборудованию, изданные не позднее, чем 5 – 6 лет назад;
- каталоги и альбомы ведущих предприятий и фирм, выпускающих электрооборудование;
- подробные рекламные материалы;
- информацию, содержащуюся на сайтах компьютерной сети Internet;
- материалы, имеющиеся на кафедре АЭС в бумажном и электронном виде.

Использование ресурсов сети Internet при выполнении данной лабораторной работы обязательным не является, но их использование крайне желательно, так как дает самую свежую информацию.

3. Производится изучение найденного материала.

4. Оформляется отчет по лабораторной работе (индивидуальный).

Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе оформляется индивидуально и должен содержать:

- титульный лист с указанием названия лабораторной работы, индивидуального задания, а также группы и Ф.И.О. студента;
- цель работы;
- сведения об источниках полученной информации;
- необходимые данные по схемам и параметрам оборудования (желательно в табличной форме)
- область применения данного оборудования;
- выводы по работе.

Пример отчета приведен в приложении 1.

Вопросы для защиты работы

1. Что такое электроприемник, потребитель, система электроснабжения?
2. Что такое РП, ЦРП?
3. Как подразделяются электроустановки по величине напряжения, режиму нейтрали, роду тока и частоте?
4. Рассмотрите особенности графического изображения схем и планов электроснабжения применительно к каждому из уровней системы электроснабжения.
5. Рассмотрите принципы выбора аппаратов по номинальным параметрам совместно с техническими условиями энергосистем и требованиями потребителей.
6. Свяжите выбор высоковольтных выключателей с номинальными параметрами, задаваемыми заводами-изготовителями, и расчетными величинами возможных режимов электрических сетей предприятия, включая режим КЗ.
7. Нужна ли проверка аппаратов на термическую стойкость? Если да, то

в каких аппаратах?

8. Определите максимальное количество приборов, которые могут быть присуноединены к выбранному трансформатору тока.

9. Для расстояний между шинами и между изоляторами, принятыми заводами-изготовителями для стандартных ячеек КРУ, проверьте токоведущие устройства на динамическую стойкость.

10. Каковы особенности и аппаратные средства измерения: отклонений и колебаний напряжения; несимметрии напряжений; несинусоидальности напряжения (коэффициента несинусоидальности и коэффициента гармонической составляющей напряжения)?

11. Каковы назначение, организация, виды учета и расхода электроэнергии?

12. Какие счетчики электроэнергии и информационно-измерительные системы применяются в системах электроснабжения?

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем Электронный ресурс : Учебник / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 400 с. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-5-7782-2463-6

2. Лыкин, А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : Учебное пособие / Лыкин А. В. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 227 с. – Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – ISBN 978-5-7782-2262-5

3. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей Электронный ресурс: Учебное пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин ; ред. В. Т. Федин. – Проектирование распределительных электрических сетей, 2020-06-02. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 365 с. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-985-06-1597-8

Дополнительная литература

1. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети : учебник для вузов / В. И. Идельчик. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 592с. : ил. – Гриф: Доп. МО. – Библиогр.: с. 585-586. – ISBN 5-283-01012-0

2. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов н/Д : Феникс ; Красноярск : Издательские проекты, 2006. – 720 с. : ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 667-671. – ISBN 5-222-08485-X (Феникс). – ISBN 5-98399-023-3 (Издательские проекты)

3. Горбунова, Л.Н. Теоретические основы электротехники Электронный ресурс: учебное пособие / С.А. Гусева / Л.Н. Горбунова. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015. – 117 с. – Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – ISBN 978-5-9642-0269-1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА АЭСИЭ

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
«Исследование режимов работы нейтралей источников и
приемников и приемников электроэнергии в сетях 10 кВ РС

Выполнил:

студент 4 курса
группы ЭЭТ-б-о-16-2
Иванов С.П.

Проверил:

Доцент А.А. Гринь

Ставрополь, 2025 г.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Основы проектирования распределительных сетей»**

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Степень выпускника – бакалавр

Ставрополь,
2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

План-график выполнения самостоятельной работы

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Методические указания по составлению конспекта

Методические указания по подготовке к семинарским (практическим) занятиям

Методические рекомендации по выполнению КП

Методические указания по подготовке к экзамену (зачету)

Список рекомендуемой литературы

Введение

Самостоятельная работа является внеаудиторной и предназначена для самостоятельного изучения определенных тем дисциплины по материалам, рекомендованным преподавателем, а также в порядке подготовки к практическим занятиям.

Цель дисциплины «Основы проектирования распределительных сетей» заключается в получении теоретических и практических навыков в области оптимального построения, функционирования и развития распределительных электрических сетей, а также методов их проектирования.

Для достижения этой цели в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи: ознакомление с теоретическими и методологическими основами проектирования РС; формирование способности обоснования проектных решений; изучение методов оптимизационного анализа систем электроснабжения РС; формирование системных и профессиональных компетенций по проектированию систем электроснабжения РС; решение вопросов повышения энергоэффективности с учетом экологических требований; систематизация, углубление и расширение теоретических знаний и практических навыков.

Содержание внеаудиторной самостоятельной работы определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной программы учебной дисциплины.

Перед выполнением студентами внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания. Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности уровня умений обучающихся.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные технические, энергоэффективные и экологические требования к системе электроснабжения при ее проектировании; основы и особенности проектирования распределительных электрических сетей; требования, предъявляемые к содержанию и разработке текстовых документов при проектировании РС
Знать: основные подходы обоснования проектных решений; критерии выбора оптимальных решений при проектировании РС.
Уметь: определить расчетные нагрузки по узлам нагрузки; строить картограмму нагрузок и определять место центра электрических нагрузок; выбирать номинальные напряжения; выбирать количество и мощность силовых трансформаторов; определять место расположения РП и цеховых трансформаторных подстанций; выбирать мощности компенсирующих устройств; выбирать схемы электроснабжения с технико-экономическим обоснованием; выполнять расчет токов короткого замыкания; проводить выбор типовых схем РП и ТП; выбирать сечения сетей напряжением до и выше 1000 В и способы их прокладки; выбирать оборудования в РС.
Уметь: обосновывать и оценивать принятые проектные решения, проектировать объекты профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с соблюдением различных технических, энергоэффективных и экологических требований
Владеть: принципами построения схем распределения электроэнергии; методами выбора силовых трансформаторов в нормальных и аварийных режимах; методами выбора трансформаторов тока и напряжения;
Владеть: алгоритмами выполнения оперативных переключений в распределительных устройствах; схемными решениями проектирования промышленных и городских понижительных подстанций; методами выбора оптимальных технических решений; способностью формировать законченное представление о принятых технических решениях и полученных результатах

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью самостоятельной работы студентов по дисциплине «Основы проектирования распределительных сетей» является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами самостоятельной работы по дисциплине «Основы проектирования распределительных сетей» являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Коды реализуемых копетенций	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе (астр)		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
7 семестр						
ПК-3 ПК-2	Выполнение курсового проекта	Защита курсового проекта	задания для курсового проекта	28.50	1.50	30.00
ПК-3 ПК-2	Подготовка к лекции	конспект	Собеседование	2.21	0.12	2.33
ПК-3 ПК-2	Подготовка к практическому занятию	конспект	Собеседование	4.20	0.22	4.43
ПК-3 ПК-2	Подготовка к экзамену	Экзамен	Вопросы к экзамену	25.50	1.50	27.00
ПК-3 ПК-2	Самостоятельное изучение литературы	конспект	Собеседование	3.56	0.19	3.75
Итого за семестр				63.98	3.53	67.50
Итого				63.98	3.53	67.50

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Изучать данную дисциплину следует, переходя от темы к теме, ничего не пропуская и не забегая вперед. Это обусловлено внутренней логикой науки, очевидным движением от простого к сложному. Только так можно достичь полного понимания предмета, хорошей ориентации в специальной литературе.

После внимательного прочтения основной литературы по теме попробуйте самостоятельно ответить на контрольные вопросы. Если это вызывает трудности, вернитесь к соответствующим главам или разделам учебника, займитесь поиском дополнительной литературы. Очень важно, чтобы не оставалось непонятых положений, поскольку «пробелы» имеют обыкновение нарастать, как снежный ком. Помните, что в процессе освоения любой науки вам необходимо:

- уяснить ее связь с другими отраслями знаний;
- получить четкое представление об объекте исследования и предмете данной науки;
- освоить понятийный аппарат (специфическую терминологию), поскольку у каждой учебной дисциплины, кроме общенаучного языка, есть своя специфическая терминология;
- овладеть необходимым информационным минимумом,
- овладеть методами и методиками тестирования;
- освоить основные достижения в данной области знаний;
- представлять спектр нерешенных проблем и перспективных направлений их развития.

Работа с книгой

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно

добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. *Первичное* - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого олова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача *вторичного* чтения - полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться;
- Сам такой перечень должен быть систематизированным.
- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).
- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.
- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

• Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью

или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;
2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;
3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;
4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;
5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ КОНСПЕКТА

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;
2. Выделите главное, составьте план;
3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К СЕМИНАРСКИМ (ПРАКТИЧЕСКИМ) ЗАНЯТИЯМ

Семинарские занятия проводятся в форме дискуссии, на которых проходит обсуждение конкретных экономических ситуаций. Обсуждения направлены на освоение научных основ, эффективных методов и приемов решения конкретных практических задач, на развитие способностей к творческому использованию получаемых знаний и навыков. Основная цель проведения семинара заключается в закреплении знаний полученных в ходе прослушивания лекционного материала. Семинар проводится в форме устного опроса студентов по вопросам семинарских занятий, а также в виде решения практических задач или моделирования практической ситуации. В ходе подготовки к семинару студенту следует просмотреть материалы лекции, а затем начать изучение учебной литературы. Следует знать, что освещение того или иного вопроса в литературе часто является личным мнением автора, построенного на анализе различных источников, поэтому следует не ограничиваться одним учебником или монографией, а рассмотреть, как можно больше материала по интересующей теме.

В ходе самостоятельной работы студенту необходимо отслеживать научные статьи в специализированных изданиях.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Проработать конспект лекций;
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу;
3. Ответить на вопросы плана семинарского занятия;
4. Проработать тестовые задания и задачи;
5. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

При подготовке к семинарским занятиям следует руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя, использовать основную литературу из представленного им списка. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «дополнительная» в представленном списке. При подготовке доклада на семинарское занятие желательно заранее обсудить с преподавателем перечень используемой литературы, за день до семинарского занятия предупредить о необходимых для предоставления материала технических средствах, напечатанный текст доклада предоставить преподавателю.

Цели практических занятий:

1. закрепление теоретического материала путем систематического контроля за самостоятельной работой студентов;
2. формирование умений использования теоретических знаний в процессе выполнения практических работ;
3. формирование навыков оформления результатов практических работ в виде таблиц, графиков, выводов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КП

Курсовой проект по данной дисциплине может выполняться, как часть будущего дипломного проекта, вместе с тем, на кафедре имеется достаточное количество стандартных заданий по КП.

Тематика КП:

1. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 14400 кВт
2. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 13000 кВт
3. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 13100 кВт
4. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 13350 кВт
5. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 13550 кВт
6. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 13050 кВт
7. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 12850 кВт
8. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 12700 кВт
9. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 12650 кВт
10. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ и установленной мощностью промышленной зоны 12800 кВт
11. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 104,5 кВт
12. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 45,5 кВт
13. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 81 кВт

14. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 96,6 кВт

15. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 71,5 кВт

16. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 45,1 кВт

17. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 236,6 кВт

18. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 187 кВт

19. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 73,7 кВт

20. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 409,5 кВт

21. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с максимальной нагрузкой сельхоз района 205,4 кВт

22. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с количеством квартир селитебной зоной 788

23. Проектирование системы электроснабжения распределительной сети с номинальным напряжением 10 кВ с количеством квартир селитебной зоной 824

Каждый студент получает индивидуальное задание по одной из вышеперечисленных тем.

График самостоятельной работы студентов представлен в рабочей программе.

Изучение материала по рекомендуемой литературе следует проводить в порядке, указанном в рабочей программе, при изучении соответствующей темы в лекционном курсе.

Работу над курсовым проектом рекомендуется начать сразу после выдачи задания.

Весь, необходимый для выполнения, материал содержится в методических указаниях к курсовому проекту.

Успешное выполнение проекта в срок, а также его качества во многом зависят от того, как будет организована работа над ним.

Работа над проектом требует достаточно обширной эрудиции студента в разрабатываемых вопросах, поэтому необходимо изучать и использовать в проекте специальную техническую литературу, указываемую в программе,

приведенную в данных указаниях и рекомендуемую дополнительно руководителем курсового проекта.

Рекомендуется записывать все используемые литературные источники, справочники и т.п. с указанием авторов, точного названия, издательства, года издания, глав и страниц, а также краткого содержания изучаемого вопроса, указав разделы проекта, в которых были использованы полученные сведения. Такие записи дают возможность студенту лучше продумать соответствующие технические положения и предпосылки, а также облегчают составление и написание пояснительной записки и раздела литературы.

При самостоятельной работе над проектом все возникающие неясные вопросы рекомендуется записывать в тетрадь, куда затем следует записать ответы на них и литературу, в которой был выяснен ответ. Во всех случаях студент должен сначала постараться самостоятельно решить и выяснить эти вопросы с помощью соответствующих литературных источников, а затем уже обратиться к руководителю за консультацией, изложив ему при этом свою точку зрения. Наличие таких записей облегчает студенту подготовку к защите проекта, а также работу над курсовым проектом.

Для сокращения времени, затрачиваемого на составление и написание пояснительной записки, рекомендуется писать её параллельно с выполнением соответствующих разделов проекта, что несколько разгружает последний период проектирования. Чертежи по проекту следует выполнять параллельно с исполнением соответствующих разделов проекта.

После завершения проекта студент сдает руководителю на проверку пояснительную записку и чертежи.

Выполнение проекта следует начать сразу после получения задания (1–2 недели семестра). Работу следует завершить до начала зачетной недели.

Защита курсовых проектов проводится в сроки, устанавливаемые кафедрой и деканатом, в комиссиях, назначаемых заведующим кафедрой.

Защита – это важный и ответственный момент в подготовке инженеров, поэтому ей следует уделять серьезное внимание. Она состоит из доклада студента по проекту и ответов на вопросы членов комиссии. В докладе студент за 10-15 минут должен дать краткую характеристику выполненного проекта, изложив кратко особенности задания, принципы, положенные в основу разработки отдельных узловых вопросов, дать технические обоснования принятых решений и привести основные показатели результатов выполненных расчетов. Все это требует серьезной подготовки, так как сделать обстоятельный доклад за такое короткое время без подготовки невозможно. При подготовке необходимо составить план доклада и написать его. Для этого следует еще раз внимательно прочитать пояснительную записку и соответствующую литературу, продумать, на основании каких соображений и почему было принято то или иное решение, какие возможны были бы другие решения и почему они не рассматривались, какие возможны режимы, работы запроектированной сети и отдельных её элементов, каков принцип работы и особенности конструктивного выполнения различных элементов сети и электрооборудования.

Следует обратить внимание на вопросы надежности и бесперебойности питания потребителей, обеспечения экономичности запроектированной сети и на вопросы эксплуатации элементов электроснабжения, помня, что надежная и простая эксплуатация во многом зависит от принятых проектных решений.

За все принятые в КП решения и соблюдение сроков выполнения разделов проекта ответственность несет автор проекта. Студент, не выполнивший задание по КП в полном объеме или не уложившийся в срок, к защите не допускается, а в ведомость проставляется оценка «неудовлетворительно».

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры - в СКФУ.

В экзаменационный билет включаются два теоретических вопроса и два практических задания (задачи). Каждый теоретический вопрос состоит из двух частей: первая часть предназначена для проверки базового уровня знаний, вторая часть – для проверки повышенного уровня знаний. Представленные в билете задачи не равноценны по сложности. Первая задача соответствует базовому уровню, а вторая – повышенному.

Для подготовки по билету отводится 50 минут.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования калькулятором, справочными таблицами.

При проверке теоретических вопросов оценивается:

- объем и глубина усвоенного программного материала;
- последовательность, четкость и логическая стройность его изложения.

При проверке практических заданий, оцениваются:

- знание основных законов, уравнений и соотношений;
- корректность описания физических явлений законами, уравнениями и соотношениями;
- умение использовать математический аппарат при описании физических явлений и нахождения искомых величин;
- владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Текущий контроль обучающихся проводится преподавателями, ведущими практические занятия по дисциплине, в формах:

- контрольная работа;
- собеседование;
- письменный отчет по практическому занятию.

Критерии оценивания результатов самостоятельной работы - контрольной работы, отчетов по практическим занятиям приведены в Фонде оценочных средств по дисциплине.

Вопросы к экзамену

Знать

1. Нормативные документы по проектированию СЭС ПП.
2. Этапы и стадии проектирования СЭС ПП.
3. Основные требования к системам электроснабжения
4. Методы определения расчетных электрических нагрузок и рекомендации по их использованию.
5. Определение расчетных электрических нагрузок от однофазных электроприемников и пиковых нагрузок.
6. Расчет нагрузки электроприемников напряжением выше 1 кВ.

7. Определение расчетной нагрузки промышленного предприятия.
8. Определение условного центра электрических нагрузок и построение картограммы нагрузок
9. Построение картограммы нагрузок.
10. Выбор мощности трансформаторов главной понижающей подстанции.
11. Основные требования к схемам СЭС.
12. Общие принципы построения схем электроснабжения промышленных предприятий.
13. Схемы электрических сетей внутри объекта на напряжении 6... 10 кВ.
14. Режимы работы электрических сетей промышленного предприятия.
15. Определение мощности батарей конденсаторов в сетях напряжением выше 1000 В.
16. Определение реактивной мощности, генерируемой СД.
17. Предварительный выбор числа цеховых трансформаторов на предприятии.
18. Выбор оптимального числа трансформаторов цеховых подстанций.
19. Выбор сечений кабельных линий.
20. Выбор сечений шинопроводов.
21. Выбор сечений воздушных линий электропередач.
22. Комплектные трансформаторные блочные подстанции напряжения 35-220 кВ.
23. Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией.
24. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ промышленного типа.
25. Низковольтные комплектные устройства.
26. Условия сопоставимости вариантов инвестирования
27. Оценка эффективности инвестиций
28. Учет изменения во времени приведенных затрат
29. Переходный процесс при КЗ. Основные соотношения между токами при трехфазном КЗ.
30. Допущения при расчете токов КЗ.
31. Система относительных единиц. Определение результирующих сопротивлений.

Уметь:

32. Расчет токов КЗ в СЭС.
33. Определение токов КЗ по расчетным кривым.
34. Способы ограничения токов КЗ.
35. Схемы защиты силовых трансформаторов и линий отходящих от ГПП.
36. Источники оперативного тока.
37. Выбор плавких предохранителей на напряжение до 1000 В.
38. Выбор плавких предохранителей на напряжение выше 1000 В
39. Выбор автоматических выключателей
40. Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения внутренней установки напряжением 10 кВ
41. Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения внутренней установки напряжением 10 кВ
42. Моноблок «Ладога» компании ОАО «ПО Элтехника»
43. Комплектные распределительные устройства наружной установки
44. Выбор комплектного распределительного устройства.
45. Автоматические выключатели и контакторы
46. Низковольтные комплектные устройства «Нева» ЩО-2000
47. Низковольтное коммутационное оборудование
48. Низковольтные сборки типа TUR
49. Выбор однолинейной схемы ГПП
50. Однолинейные схемы РП
51. Однолинейные схемы цеховых ТП

Владеть:

52. Компонировки открытых и закрытых распределительных устройств (подстанций)
53. Способы повышения надежности и
54. Способы резервирования
55. Основные направления энергосбережения.
56. Потери электроэнергии в электрических сетях.
57. Повышение эффективности электросбережения многоотраслевых технологических процессов и оборудования
58. Конструктивное исполнение ГПП
59. . Конструктивное РП
60. Конструктивное исполнение цеховых ТП
61. Конструкция кабельной линии

Описание шкалы оценивания

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль

Рейтинговая оценка знаний студента (в случаях, предусмотренных нормативными актами СКФУ).

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
6 семестр			
1.	Лабораторные работы	11 неделя	10
2.	Аудиторная контрольная работа	12 неделя	15
3.	Выполнение курсового проекта	12 неделя	30
	Итого за 7 семестр		55
	Итого		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55**. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
<i>Отличный</i>	100
<i>Хороший</i>	80
<i>Удовлетворительный</i>	60
<i>Неудовлетворительный</i>	0

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме **экзамена** предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры и оценивается 40 баллами из 100. Положительный ответ студента на экзамене оценивается рейтинговыми баллами в диапазоне от **20 до 40** ($20 \leq S_{\text{экз}} \leq 40$), оценка **меньше 20** баллов считается

неудовлетворительной.

Шкала соответствия рейтингового балла экзамена 5-балльной системе

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
35 – 40	Отлично
28 – 34	Хорошо
20 – 27	Удовлетворительно

Итоговая оценка по дисциплине, изучаемой в одном семестре, определяется по сумме баллов, набранных за работу в течение семестра, и баллов, полученных при сдаче экзамена:

*Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине
в оценку по 5-балльной системе*

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
88 – 100	Отлично
72 – 87	Хорошо
53 – 71	Удовлетворительно
< 53	Неудовлетворительно

3. Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если его ответ соответствует результатам освоения дисциплины. Сформированность компетенций на высоком уровне.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если его ответ соответствует результатам освоения дисциплины, но не точно используются, или нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций на базовом уровне.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ соответствует результатам освоения дисциплины, но не точно используются, или нерационально подобраны, средства для раскрытия темы, оперирует неточными формулировками. Сформированность компетенций на удовлетворительном уровне.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ не соответствует результатам освоения дисциплины, не освоен основной понятийный аппарат, оперирует неточными формулировками, нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций слабая.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя защиту

лабораторных работ и обсуждение вопросов для самостоятельного изучения.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить следующие компетенции:

ПК-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности в области электроэнергетики

ПК-2. Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики

ПК-3. Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ПК-4. Способность использовать современные цифровые технологии для решения режимно-технологических задач

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо в течение времени, отведенного на самостоятельную работу, подготовить ответы на вопросы. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочной литературой. При проверке задания оцениваются последовательность и комплексность ответов.

Вопросы для собеседования
по дисциплине «Основы проектирования распределительных сетей»

1. Как классифицируются взрывоопасные помещения?
2. Как классифицируются помещения в зависимости от характера окружающей среды?
3. Как классифицируются помещения в зависимости от пожароопасности?
4. Какие помещения относятся к особо опасным?
5. На сколько зон подразделяют области со взрывоопасным горючим газом, паром и туманом?
6. Категории помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током?
11. На сколько зон подразделяют области со взрывоопасным горючим газом, паром и туманом?
12. Категории помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током?
13. Как классифицируются взрывоопасные помещения?
14. Как классифицируются помещения в зависимости от характера окружающей среды?
15. Как классифицируются помещения в зависимости от пожароопасности?
16. Какие помещения относятся к особо опасным?
17. На сколько зон подразделяют области со взрывоопасным горючим газом, паром и туманом?
18. Категории помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током?
19. При каких условиях необходимо суммирование нагрузок сельскохозяйственных потребителей по добавкам мощности?
20. При каких условиях возможно суммирование нагрузок сельскохозяйственных потребителей по коэффициенту одновременности?
21. Какая нагрузка называется расчетной?
22. Как снимаются и строятся графики нагрузки предприятия в условиях эксплуатации?
23. Как определяется максимальная нагрузка предприятия при проектировании и в условиях эксплуатации?
24. Как определяется коэффициент использования и какие факторы он учитывает?
25. Как определить число часов использования максимума нагрузки? Объяснить смысл и область применения ТМ.
26. 6 Как определить коэффициент реактивной мощности? Его разновидности смысл и область применения?
27. Как выбирается мощность СД, если задана необходимая мощность нагрузки?
28. От чего зависит величина реактивной мощности генерируемой СД?
29. От чего зависит коэффициент наибольшей допустимой нагрузки СД по реактивной мощности?
30. Какой cosφ имеют синхронные двигатели нормальных серий?
31. От чего зависит величина осветительной нагрузки?
32. Как определяется удельная осветительная нагрузка территории?
33. Назовите источники света и их номинальные параметры
34. Опишите принцип действия ламп накаливания.
35. В чем проявляются особенности и недостатки ламп накаливания?
36. Какие требования предъявляются к аварийному освещению?
37. Какие лампы можно использовать для аварийного освещения?

38. Как рассчитать осветительную нагрузку цехов и территории заданного предприятия?
39. От чего зависит величина выбор номинальных мощностей трансформаторов в селитебной зоне?
40. Как определяется номинальная мощность силовых трансформаторов в селитебной зоне?
41. Как определяется номинальная мощность силовых трансформаторов в сельскохозяйственной зоне?
42. Как определить минимально и максимально возможное число трансформаторов в промзоне?
43. Какие типы трансформаторов используются в сельхоззонах?
44. Как изменяются потери напряжения при компенсации реактивной мощности?
45. Как изменяется полный ток в линии при компенсации реактивной мощности?
46. Изобразите схемы включения конденсаторов в сеть.
47. Каковы основные принципы размещения КУ в системах электроснабжения промышленных предприятий?
48. Как регулируется мощность батарей конденсаторов?
49. Как влияет установка КУ на параметры режима?
50. Перечислите особенности КРМ в сетях с резкопеременной и вентильной нагрузкой.
51. Как изменяются потери активной мощности при компенсации реактивной мощности?
52. Как выбирается масштаб для построения картограммы нагрузок?
53. Как рассчитать величину сектора осветительной нагрузки?
54. Как на картограмме представляется высоковольтная нагрузка?
55. Как построить картограмму нагрузок для заданного завода?
56. Как на картограмме выделяется силовая и осветительная нагрузка?
57. Какими символами обозначаются различные виды взрывозащиты?
58. Требуется ли усиленная рабочая изоляция при заземлении?
 59. Каким документом регламентируется степень защиты IP?
 60. Как делаются электроустановки в соответствии с защитой их от атмосферных воздействий?
 61. По каким документам определяется коэффициент спроса?
 62. Чему равна постоянная времени нагрева для различных элементов системы электроснабжения?
 63. От чего зависит расчетный коэффициент для определения нагрузки группы электроприемников?
 64. Как учесть потери мощности при определении расчетных нагрузок?
 65. По каким документам определяется коэффициент спроса?
 66. Чему равна постоянная времени нагрева для различных элементов системы электроснабжения?
 67. Как учесть потери мощности при определении расчетных нагрузок?
 68. Как рассчитывается активная расчетная нагрузка на шинах центра питания (ЦП) напряжением 10 кВ ?
 69. Как рассчитывается активная расчетная нагрузка линии напряжением 10 кВ, питающей ряд ТП?
 70. Как, зная суточные графики нагрузки за характерный зимний и летний дни построить годовой график нагрузки по продолжительности?

71. Как определить потребление электроэнергии электроустановкой за год, зная максимальную нагрузку в течение года и число часов использования максимальной нагрузки?
72. Как определяется средневзвешенное значение коэффициента мощности? Где и для чего используется $\cos\varphi$ СД.
73. Каковы основные нормативные документы, регламентирующие порядок определения расчетных нагрузок?
74. Чему равна постоянная времени нагрева для различных элементов системы электроснабжения?
75. Как учесть потери мощности при определении расчетных нагрузок?
76. Как определить коэффициент использования?
77. Как определить коэффициент наибольшей допустимой нагрузки СД по реактивной мощности?
78. В каком случае СД может вырабатывать реактивную мощность?
79. Какие типы газоразрядных ламп низкого давления Вам известны?
80. Назовите преимущества и недостатки люминесцентных ламп
81. В чем разница в расчетах рабочего и аварийного освещения?
82. Как суммируется силовая и осветительная нагрузки?
83. От каких трансформаторов должно питаться аварийное освещение?
84. Почему в РС не используются силовые трансформаторы мощностью более 2500 кВА?
85. В каких единицах задается плотность нагрузки для выбора силовых трансформаторов в промзоне и в селитебной зоне?
86. Как определяется суммарная мощность КУ в максимум и минимум нагрузки системы?
87. . Опишите принцип действия силовых конденсаторов как источника реактивной мощности?
88. Какие схемы используются для включения конденсаторов в сеть?
89. Как регулируется мощность батарей конденсаторов?
90. Как влияет установка КУ на параметры режима?
91. В каком случае картограмма строиться по активной мощности, а в каком по полной?
92. В каких целях используют картограмму нагрузок?

Вопрос 1.

На какие параметры влияет режим заземления нейтрали в сети 10 кВ промышленного предприятия

Вопрос 2.

На какие параметры влияет режим заземления нейтрали в сети 0,4 кВ промышленного предприятия

Вопрос 3.

Чему равно напряжение в поврежденной фазе и напряжения неповрежденных фаз относительно земли при возникновении однофазного замыкания в сети с изолированной нейтралью?

Вопрос 4.

Как изменяются зарядные токи неповреждённых фаз в сети с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю?

Вопрос 5. От каких параметров зависит величина коэффициента максимума активной мощности?

Вопрос 6.

При какой мощности, в случае магистрального питания ТП, на вводе трансформатора устанавливается разъединитель и предохранитель?

Вопрос 7.

Трансформаторы какой номинальной мощности нужно использовать при плотности нагрузки более 0,4 кВА/м²?

Вопрос 8.

С учетом каких факторов определяется минимальное значение нормы дисконтирования при сравнении вариантов системы электроснабжения?

Вопрос 9.

Какое максимальное количество кабелей допускается прокладывать по территории предприятия при прокладке в земляных траншеях?

Вопрос 10.

В каких случаях допускается не учитывать активные сопротивления при расчете токов КЗ в сети 0,4 кВ?

Вопрос 11.

В зданиях с какими категориями взрывопожарной опасности допускается размещение силовых трансформаторов ?

Вопрос 12.

Какой объем маслоприемника предусматривается в КТП с масляными трансформаторами?

Вопрос 13.

В каких случаях открытые токопроводы с жесткой ошиновкой выполняются из шин швеллерного профиля?

Вопрос 14.

Как корректируется допустимый ток медного экрана кабеля СПЭ, если его время протекания составляет не 1 сек, а 0,2 сек?

Вопрос 15.

С какой стороны заземляются экраны кабелей из сшитого полиэтилена?

Вопрос 16.

Какие токи должны выдерживать в течение одного часа плавкие предохранители?

Вопрос 17.

По какому условию проверяется предохранитель, идущий к одиночному двигателю с частыми пусками и большой длительностью пускового периода?

Вопрос 18.

По какому условию проверяется предохранитель защиты линии, питающей силовую и смешанную нагрузку?

Вопрос 19.

Укажите условия срабатывания автоматического выключателя по пиковому току.

Вопрос 20.

Укажите условия срабатывания автоматического выключателя по отключающей способности выключателя.

Вопрос 21.

Какие уровни напряжения необходимо поддерживать на шинах 10 кВ ЦП, если величина суммарных нагрузочных потерь электроэнергии - 800 кВт, а суммарных потерь холостого хода – 300 кВт?

Вопрос 22.

Как принять решения о точке размыкания кольцевой сети, если точки потокоораздела по активной и реактивной мощности разные?

Вопрос 23.

Как изменяются потери мощности в сети, состоящей из двух параллельно работающих трансформаторов, питающихся по двухцепной линии при отключении одного из трансформаторов загруженных на 60%?

Вопрос 24.

Какой параметр необходимо знать для выбора номинальных мощностей силовых трансформаторов в селитебной зоне?

Вопрос 25.

В каком случае местоположение ГПП необходимо рассчитывать по полной мощности?

Вопрос 26?

Как определяется масштаб для определения площади круга при построении картограммы нагрузок

Вопрос 27. В каком случае картограмма строится по активной мощности, а в каком по полной?

Вопрос 28.

От каких параметров зависит величина сектора осветительной нагрузки?

Вопрос 29.

Как на картограмме нагрузок различаются высоковольтная и низковольтная нагрузки?

Вопрос 30.

По каким критериям выбирается схема ОРУ главной понизительной подстанции?

Вопрос 31.

В каких случаях рекомендуется использовать двухтрансформаторные подстанции во внутривозвратной сети?

Вопрос 32. Трансформаторы какой мощности рекомендуется использовать при плотности нагрузки 0,22 кВА/м²?

Вопрос 33.

В каких случаях при разработке вариантов СЭС целесообразно использовать сухие трансформаторы?

Вопрос 34.

В каких случаях при разработке вариантов СЭС целесообразно использовать трансформаторы, заполненные негорючим материалом?

Вопрос 35.

Каким нормативным документом необходимо руководствоваться при определении расчетной нагрузки?

Вопрос 36.

Каким нормативным документом необходимо руководствоваться при компенсации реактивной мощности

Вопрос 37.

Каким нормативным документом необходимо руководствоваться при расчетах потерь электроэнергии?

Вопрос 38.

Какими способами можно определить капитальные затраты на установку силовых трансформаторов?

Вопрос 39.

Как определить сопротивление системы при расчете токов КЗ, если мощность КЗ не известна?

Вопрос 40.

Почему в четырехпроводной сети 0,38 кВ применяется глухое заземление нейтрали, а в сети 10 кВ - нейтраль изолирована?

Вопрос 41.

Как определяются номинальные токи плавких вставок предохранителей для различных потребителей?

Вопрос 42.

Какие уровни напряжения необходимо поддерживать на шинах 10 кВ ЦП, если величина суммарных нагрузочных потерь электроэнергии - 800 кВт, а суммарных потерь холостого хода – 300 кВт?

Вопрос 43. Поясните как определяются граничные емкостные токи, начиная с которых должна применяться компенсация емкостного тока в сети 6-10 кВ?

Вопрос 44. Чему равно напряжение в поврежденной фазе и напряжения неповрежденных фаз относительно земли при возникновении однофазного замыкания в сети с изолированной нейтралью?

Вопрос 45. Как изменяются зарядные токи неповреждённых фаз в сети с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю?

Вопрос 46. На какое время допускается не отключать линию в сети с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю?

Вопрос 47.

Какой должна быть степень защиты распределительных пунктов в промышленных установках трехфазного тока на напряжение 380 В при закрытых дверцах для напольного и навесного исполнения?

Вопрос 48. Какую нагрузку принимают за расчетную при выборе трансформаторов?

Вопрос 49. К чему приводит использование компенсации реактивной мощности в сети промпредприятия?

Вопрос 51. Как изменится срок службы силового трансформатора при изменении температуры изоляции на 6 °С выше допустимой?

Вопрос 52. Какое число типоразмеров трансформаторов целесообразно использовать при проектировании СЭС?

Вопрос 53. Какие коэффициенты загрузки должны быть обеспечены для двухтрансформаторных подстанций, питающих потребителей 2 категории?

Вопрос 54. В каком случае возможно использование глухого присоединения трансформатора на стороне высокого напряжения?

Вопрос 55. При какой мощности, в случае магистрального питания ТП, на вводе трансформатора устанавливается предохранитель и выключатель нагрузки?

Вопрос 56. При какой мощности, в случае магистрального питания ТП, на вводе трансформатора устанавливается разъединитель и предохранитель?

Вопрос 57. Как изменится срок службы ламп накаливания при длительном повышении напряжения на 10 %?

Вопрос 58. Как выбирается значение нормы дисконтирования при сравнении вариантов СЭС?

Вопрос 59. Какие показатели оценки экономической эффективности проекта используются при сравнении вариантов СЭС?

Вопрос 60. На каком расчетном периоде рекомендуется рассматривать изменение показателей экономической эффективности для электрических сетей?

Вопрос 61.

Какое максимальное количество кабелей допускается прокладывать по территории предприятия при прокладке в кабельных сооружениях?

Вопрос 62. Какие допущения используются при расчете токов КЗ в сети 0,4 кВ?

Вопрос 63. В каких случаях асинхронные двигатели необходимо учитывать при расчете токов КЗ ?

Вопрос 64. Какие параметры необходимо задать для выбора силового пункта?

Вопрос 65. Какие распределительные шкафы рассчитаны на одностороннее обслуживание?

Вопрос 66. Чем определяется выбор степени защиты оборудования?

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам. Сформированность компетенций на высоком уровне.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций на базовом уровне.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны, средства для раскрытия темы, оперирует неточными формулировками. Сформированность компетенций на удовлетворительном уровне.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ не соответствует заданным параметрам, не освоен основной понятийный аппарат, оперирует неточными формулировками, нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций слабая.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55**. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя защиту лабораторных работ и обсуждение вопросов для самостоятельного изучения.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить следующие компетенции:

ПК-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности в области электроэнергетики

ПК-2. Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики

ПК-3. Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ПК-4. Способность использовать современные цифровые технологии для решения режимно-технологических задач

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо в течение времени, отведенного на самостоятельную работу, подготовить ответы на вопросы. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочной литературой. При проверке задания оцениваются последовательность и комплексность ответов.

Комплект заданий для курсового проекта по дисциплине «Основы проектирования распределительных сетей»

Исходные данные для контрольной работы приведены в методических указаниях по выполнению курсового проекта, содержат 50 вариантов задания.

Перечень подлежащих разработке вопросов при выполнении КП:

- описать потребителей заданного района с определением степени бесперебойности электроснабжения, потребителей по категориям взрыво-, пожаро- и электробезопасности;
- определить расчетные электрические нагрузки по району и узлам нагрузки с учетом осветительной нагрузки, режимов работы и пространственного размещения потребителей электрической энергии;
- выбрать количество и мощность силовых трансформаторов;
- провести расчет компенсации реактивной мощности в сети 0,4 кВ и уточнить мощность силовых трансформаторов;
- разработать варианты схемы электроснабжения потребителей проектируемого района до шин 0,4 кВ;
- провести раскладку кабелей по трассам;
- г) определить расчетную максимальную нагрузку на шинах РП 10 кВ (с учетом потерь мощности в трансформаторах ТП и кабелях от РП к ТП);
- определить необходимость в установке конденсаторов на шинах РП 6-10 кВ, принимая требуемое значение коэффициента мощности не менее 0,95;
- провести выбор сечений сетей напряжением 10 кВ, марок кабелей и способов их прокладки в соответствии с условиями нормального и послеаварийного режимов;
- выполнить технико-экономическое сравнение вариантов и выбрать оптимальный вариант;
- рассчитать установившийся режим максимальных нагрузок;
- наметить точки короткого замыкания и провести расчет токов короткого замыкания в соответствии с условиями нормального и послеаварийного режимов;
- проверить термическую устойчивость при КЗ, выбранных ранее кабелей;
- провести выбор основного электрооборудования сети с учетом его конструктивного исполнения конкретным заводом-изготовителем;
- изложить конструктивное исполнение элементов электрической сети;
- описать виды релейных защит для всех элементов схемы электроснабжения.

3. Перечень графического материала

1. Генеральный план района с нанесением картограммы нагрузок, вариантов и результатов технико-экономического сравнения.
2. Однолинейная схема электроснабжения потребителей района

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетно-графическая работа выполнена верно и в полном объеме, а его ответ на защите соответствует заданным параметрам. Сформированность компетенций на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если расчетно-графическая работы выполнена верно и в полном объеме, а его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если расчетно-графическая работа выполнена верно и в полном объеме, а его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны, средства для

раскрытия темы, оперирует неточными формулировками. Сформированность компетенций на удовлетворительном уровне.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если расчетно-графическая работа выполнена неверно и/или не в полном объеме. Сформированность компетенций слабая.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55**. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя защиту лабораторных работ и обсуждение вопросов для самостоятельного изучения.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить следующие компетенции:

ПК-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности в области электроэнергетики

ПК-2. Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики

ПК-3. Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ПК-4. Способность использовать современные цифровые технологии для решения режимно-технологических задач

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо в течение времени, отведенного на самостоятельную работу, подготовить ответы на вопросы. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочной литературой. При проверке задания оцениваются последовательность и комплексность ответов.

Вопросы к экзамену

по дисциплине «Основы проектирования распределительных сетей»

22. Нормативные документы по проектированию СЭС РС.
23. Этапы и стадии проектирования СЭС РС.
24. Основные требования к системам электроснабжения
25. Методы определения расчетных электрических нагрузок и рекомендации по их использованию.
26. Определение расчетных электрических нагрузок от однофазных электроприемников и пиковых нагрузок.
27. Расчет нагрузки электроприемников напряжением выше 1 кВ.
28. Определение расчетной нагрузки промышленного предприятия.
29. Определение условного центра электрических нагрузок и построение картограммы нагрузок
30. Построение картограммы нагрузок.
31. Выбор мощности трансформаторов главной понижающей подстанции.
32. Основные требования к схемам СЭС.
33. Общие принципы построения схем электроснабжения промышленных предприятий.
34. Схемы электрических сетей внутри объекта на напряжении 6... 10 кВ.
35. Режимы работы электрических сетей промышленного предприятия.
36. Определение мощности батарей конденсаторов в сетях напряжением выше 1000 В.
37. Определение реактивной мощности, генерируемой СД.
38. Предварительный выбор числа цеховых трансформаторов на предприятии.
39. Выбор оптимального числа трансформаторов цеховых подстанций.
40. Выбор сечений кабельных линий.
41. Выбор сечений шинопроводов.
42. Выбор сечений воздушных линий электропередач.
22. Комплектные трансформаторные блочные подстанции напряжения 35-220 кВ.
23. Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией.
24. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ промышленного типа.
25. Низковольтные комплектные устройства.
26. Условия сопоставимости вариантов инвестирования
27. Оценка эффективности инвестиций
28. Учет изменения во времени приведенных затрат
29. Переходный процесс при КЗ. Основные соотношения между токами при трехфазном КЗ.
30. Допущения при расчете токов КЗ.
31. Система относительных единиц. Определение результирующих сопротивлений.
32. Расчет токов КЗ в СЭС.
33. Определение токов КЗ по расчетным кривым.
34. Способы ограничения токов КЗ.
35. Схемы защиты силовых трансформаторов и линий отходящих от ГПП.
62. Источники оперативного тока.
63. Выбор плавких предохранителей на напряжение до 1000 В.
64. Выбор плавких предохранителей на напряжение выше 1000 в
65. Выбор автоматических выключателей
66. Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения внутренней установки напряжением 10 кВ
67. Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения внутренней установки напряжением 10 кВ

68. Моноблок «Ладога» компании ОАО «ПО Элтехника»
69. Комплектные распределительные устройства наружной установки
70. Выбор комплектного распределительного устройства.
71. Автоматические выключатели и контакторы
72. Низковольтные комплектные устройства «Нева» ЩО-2000
73. Низковольтное коммутационное оборудование
74. Низковольтные сборки типа TUR
75. Выбор однолинейной схемы ГПП
76. Однолинейные схемы РП
77. Однолинейные схемы цеховых ТП
78. Компоновки открытых и закрытых распределительных устройств (подстанций)
79. Способы повышения надежности и
80. Способы резервирования
81. Основные направления энергосбережения.
82. Потери электроэнергии в электрических сетях.
83. Повышение эффективности электросбережения многоотраслевых технологических процессов и оборудования
84. Конструктивное исполнение ГПП
85. . Конструктивное РП
86. Конструктивное исполнение цеховых ТП
87. Конструкция кабельной линии

Практико-ориентированные задачи к экзамену

Задача 1.

Чему равна эквивалентная трехфазная нагрузка при включении на линейное напряжение трех однофазных нагрузок 40, 30 и 20 кВА?

+: 105 кВА

Задача 2.

Чему равна эквивалентная трехфазная нагрузка при включении на фазное напряжение трех однофазных нагрузок 40, 30 и 20 кВА?

+: 120 кВА

Задача 3.

Оценить эффективность отключения одного из силовых трансформаторов на двух трансформаторной подстанции, если снижение нагрузочных потерь электроэнергии составило 40 кВт, а увеличение потерь холостого хода 39 кВт.

+: оставить оба параллельно работающих трансформатора

Задача 4.

На сколько снизится реактивная мощность, вырабатываемая конденсаторами, при снижении напряжения на 10 %?

На 19 %

Задача 5.

В траншее проложено 5 кабелей с допустимым током 400 А. Чему равно значение наибольшего расчетного тока при проверке по допустимому нагреву, если величина рабочего тока в каждом кабеле равна 200 А.

+: 250 А

Задача 6.

Перечислите оборудование СЭС ПП, которое можно включить выключателем нагрузки

+: ТП мощностью до 1600 кВА

- + : БСК мощностью до 400 кВА
- + : электродвигатели мощностью до 1500 кВт

Задача 7.

Определить величину активного сопротивления трансформатора, приведенного к напряжению высшей обмотки, если известны $\Delta P_{кз}=1,97$ кВт, $S_{ном}=100$ кВА, $I_{xx}=2,6\%$, $U_{вн}=10$ кВ:
+ : 19,7 Ом

Задача 8.

Определить расчетную нагрузку цеха с установленной мощностью электроприемников в 1000 кВт ($K_c=0,7$) и площадью 10000 м². Значение коэффициент реактивной мощности равно 1,1.

Задача 9.

Определить расчетную осветительную нагрузку наружной территории завода, если известно, что площадь завода равна 90000 м², а площадь цехов 40000 м². Значение удельной осветительной нагрузки равно 3 Вт/м².

Задача 10.

Определить расчетную нагрузку завода, если известно, что $P_{рнн}=5000$ кВт, $Q_{рнн}=4000$ квар, $P_{рвн}=1000$ кВт, $Q_{рвн}=800$ квар, значение коэффициента одновременности максимумов силовой нагрузки равно 0,85, величина осветительной нагрузки равна 10 % силовой нагрузки.

Задача 11.

Выбрать рациональное номинальное напряжение для питания завода, если известно, что суммарная нагрузка завода составляет 20 МВт и завод находится на расстоянии 20 км от источника питания. Потребители завода относятся ко второй категории.

Задача 12.

Рассчитать мощность конденсаторных батарей на шинах 10 кВ ГПП, если известно, что суммарная активная нагрузка равна 10 МВт, а значение $\text{tg}\varphi=0,8$.

Задача 13.

Выбрать номинальную мощность трансформаторов на ГПП, если известно, что расчетная нагрузка равна 10000 кВи и 8000 квар.

Задача 14.

Оценить количество цеховых трансформаторов для завода с расчетной нагрузкой 8000 кВт и 4000 квар, если известно, что плотность нагрузки равна 0,05 кВА/м², и 80% потребителей относятся ко II категории.

Задача 15.

Рассчитать годовые потери активной электроэнергии в трехфазных двухобмоточных трансформаторах ГПП, если известно, что потери мощности холостого хода равны 14 кВт, потери мощности короткого замыкания 60 кВт, а коэффициент загрузки равен 0,7. Время максимальных потерь равно 4000 часов.

Задача 16

Выбрать сечение токоведущих жил кабеля напряжением 10 кВ из СПЭ питающего потребителей 2 категории, по экономической плотности тока, если мощность протекающая по участку равна 1300 кВт и 1000 квар. Время максимальной нагрузки равно 2000 часов.

Задача 17.

Определить мощность батарей статических конденсаторов, которые необходимо установить на шинах 0,4 кВ КТП, если известно, что

Задача 18.

Определить условия и реактивную мощность, которую могут выдавать два синхронных двигателя мощностью по 1000 кВт, загруженные по активной мощности на 85% и имеющие КПД 0,95

Вопрос 1.

На какие параметры влияет режим заземления нейтрали в сети 10 кВ промышленного предприятия

Вопрос 2.

На какие параметры влияет режим заземления нейтрали в сети 0,4 кВ промышленного предприятия

Вопрос 3.

Чему равно напряжение в поврежденной фазе и напряжения неповрежденных фаз относительно земли при возникновении однофазного замыкания в сети с изолированной нейтралью?

Вопрос 4.

Как изменяются зарядные токи неповрежденных фаз в сети с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю?

Вопрос 5. От каких параметров зависит величина коэффициента максимума активной мощности?

Вопрос 6.

При какой мощности, в случае магистрального питания ТП, на вводе трансформатора устанавливается разъединитель и предохранитель?

Вопрос 7.

Трансформаторы какой номинальной мощности нужно использовать при плотности нагрузки более 0,4 кВА/м²?

Вопрос 8.

С учетом каких факторов определяется минимальное значение нормы дисконтирования при сравнении вариантов системы электроснабжения?

Вопрос 9.

Какое максимальное количество кабелей допускается прокладывать по территории предприятия при прокладке в земляных траншеях?

Вопрос 10.

В каких случаях допускается не учитывать активные сопротивления при расчете токов КЗ в сети 0,4 кВ?

Вопрос 11.

В зданиях с какими категориями взрывопожарной опасности допускается размещение силовых трансформаторов ?

Вопрос 12.

Какой объем маслоприемника предусматривается в КТП с масляными трансформаторами?

Вопрос 13.

В каких случаях открытые токопроводы с жесткой ошиновкой выполняются из шин швелерного профиля?

Вопрос 14.

Как корректируется допустимый ток медного экрана кабеля СПЭ, если его время протекания составляет не 1 сек, а 0,2 сек?

Вопрос 15.

С какой стороны заземляются экраны кабелей из сшитого полиэтилена?

Вопрос 16.

Какие токи должны выдерживать в течение одного часа плавкие предохранители?

Вопрос 17.

По какому условию проверяется предохранитель, идущий к одиночному двигателю с частыми пусками и большой длительностью пускового периода?

Вопрос 18.

По какому условию проверяется предохранитель защиты линии, питающей силовую и смешанную нагрузку?

Вопрос 19.

Укажите условия срабатывания автоматического выключателя по пиковому току.

Вопрос 20.

Укажите условия срабатывания автоматического выключателя по отключающей способности выключателя.

Вопрос 21.

Какие уровни напряжения необходимо поддерживать на шинах 10 кВ ЦП, если величина суммарных нагрузочных потерь электроэнергии - 800 кВт, а суммарных потерь холостого хода – 300 кВт?

Вопрос 22.

Как принять решения о точке размыкания кольцевой сети, если точки потококораздела по активной и реактивной мощности разные?

Вопрос 23.

Как изменяются потери мощности в сети, состоящей из двух параллельно работающих трансформаторов, питающихся по двухцепной линии при отключении одного из трансформаторов загруженных на 60%?

Вопрос 24.

Какой параметр необходимо знать для выбора номинальных мощностей силовых трансформаторов в селитебной зоне?

Вопрос 25.

В каком случае местоположение ГПП необходимо рассчитывать по полной мощности.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам. Сформированность компетенций на высоком уровне.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций на базовом уровне.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны, средства для раскрытия темы, оперирует неточными формулировками. Сформированность компетенций на удовлетворительном уровне.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ не соответствует заданным параметрам, не освоен основной понятийный аппарат, оперирует неточными формулировками, нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций слабая.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя защиту лабораторных работ и обсуждение вопросов для самостоятельного изучения.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить следующие компетенции:

ПК-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности в области электроэнергетики

ПК-2 Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики

ПК-3. Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ПК-4. Способность использовать современные цифровые технологии для решения режимно-технологических задач

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо в течение времени, отведенного на самостоятельную работу, подготовить ответы на вопросы. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочной литературой. При проверке задания оцениваются последовательность и комплексность ответов.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем Электронный ресурс : Учебник / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 400 с. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-5-7782-2463-6

2. Лыкин, А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : Учебное пособие / Лыкин А. В. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 227 с. – Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – ISBN 978-5-7782-2262-5

3. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей Электронный ресурс: Учебное пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин ; ред. В. Т. Федин. – Проектирование распределительных электрических сетей, 2020-06-02. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 365 с. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-985-06-1597-8

Дополнительная литература:

1. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети : учебник для вузов / В. И. Идельчик. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 592с. : ил. – Гриф: Доп. МО. – Библиогр.: с. 585-586. – ISBN 5-283-01012-0

2. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов н/Д : Феникс ; Красноярск : Издательские проекты, 2006. – 720 с. : ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 667-671. – ISBN 5-222-08485-X (Феникс). – ISBN 5-98399-023-3 (Издательские проекты)

3. Горбунова, Л.Н. Теоретические основы электротехники Электронный ресурс: учебное пособие / С.А. Гусева / Л.Н. Горбунова. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015. – 117 с. – Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – ISBN 978-5-9642-0269-1

Интернет-ресурсы:

1. <http://catalog.ncstu.ru> – электронные каталоги Ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО;

2. <http://window.edu.ru> – Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам".

3. <http://biblioclub.ru> – универсальная библиотека online.

4. <http://tpu.ru/> - Сайт Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета.

5. <http://www.news.elteh.ru/> Сайт: новости электротехники. Информационно – справочное издание.

6. <http://www.cpk-energo.ru/index.phtml> - Сайт НОУ "Центра подготовки кадров энергетики".

7. <http://www.npi-tu.ru/> - Сайт Южно – Российского государственного технического

университета (Новочеркасский политехнический институт) (ЮРГТУ НПИ).

8. <http://www.iural.ru> – Сайт Уральского Федерального университета (УрФУ) им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина.

9. <http://www.spbstu.ru/> - Сайт Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

10. <http://ispu.ru/> - Сайт Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина.

11. www.energsovet.ru –портал по энергосбережению. Совместный проект Координационного совета Президиума Генсовета партии «Единая Россия» по вопросам энергосбережения и повышения энергетической эффективности и НП «Энергоэффективный город».

12. <http://www.garant.ru/> - информационно – правовой портал