

РОСЖЕЛДОР
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)
Волгоградский техникум железнодорожного транспорта
(ВТЖТ – филиал РГУПС)

В. В Ильичева

ПМ 01. Техническое обслуживание оборудования
электрических подстанций и сетей
МДК 01.01. Устройство и техническое обслуживание электрических
подстанций

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы
для студентов заочного отделения специальности
13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

Волгоград

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов заочного отделения по МДК 01.01. В.В. Ильичева; ВТЖТ - филиал ФГБОУ ВО РГУПС. - Волгоград

Пособие предназначено для студентов специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям),

Одобрено к изданию учебно - методическим советом ВТЖТ - филиала ФГБОУ ВО РГУПС.

Аннотация

Одним из основных видов учебной работы студента при изучении МДК 01.01 является самостоятельная работа с литературой и закрепление теоретических знаний посредством решения конкретных практических задач.

Настоящее пособие предназначено для студентов заочного отделения специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям). Задача пособия - оказание методической помощи студенту в выполнении домашнего задания при изучении МДК 01.01.

Пособие содержит краткие теоретические сведения, методические указания и примеры решения задач, предусмотренных действующей программой МДК 01.01.

При выполнении и оформлении задач рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

- прежде, чем приступить к выполнению задания, необходимо изучить теоретический материал соответствующей темы МДК, рекомендуемый в методических указаниях (МУ) к заданию.

- после внимательного прочтения условия задачи записать исходные данные и приступить к выполнению задания в последовательности, требуемой МУ.

Одним из важнейших средств, содействующих закреплению знаний, является краткая запись прочитанного.

Конспект - это краткое связное изложение содержания произведения или его части, без подробностей и второстепенных деталей. По своей структуре и последовательности конспект должен соответствовать плану произведения. Поэтому важно сначала составить план, а потом писать конспект в виде ответа на вопросы плана. Если произведение разделено на мелкие озаглавленные части, то заголовки можно рассматривать как пункты плана, а из текста каждой части следует записать те мысли, которые раскрывают смысл заголовка.

Целью данных методических рекомендаций является развитие навыков самостоятельного анализа работы электронных устройств и микропроцессорных систем для передачи, обработки и хранения информации.

Студент, выполняющий задание, должен оперировать знаниями, полученными им при изучении математики, информатики, теоретических основ электротехники и электроники уметь оформить работу в соответствии с ГОСТами.

Выполнение задания предполагает обращение, как к лекционному материалу, так и самостоятельную работу с научно-технической литературой, справочниками и ГОСТами.

Выполнение расчетного задания является одним из этапов изучения студентами МДК 01.01, служит для более глубокого и самостоятельного изучения отдельных разделов курса и имеет цель:

- систематизацию, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по МДК 01.01;

- развитие навыков выполнения самостоятельной работы, овладение методами исследования и экспериментирования при решении поставленных задач;

- применение знаний, полученных по предметам «Математика», «Электротехника», «Информатика», «Материаловедение».

Критерии оценки самостоятельной работы студентов:

Оценка «5» ставится тогда, когда:

- Студент свободно применяет знания на практике;
- Не допускает ошибок в воспроизведении изученного материала;
- Студент выделяет главные положения в изученном материале и не затрудняется в ответах на видоизмененные вопросы;
- Студент усваивает весь объем программного материала;
- Материал оформлен аккуратно в соответствии с требованиями;

Оценка «4» ставится тогда, когда:

- Студент знает весь изученный материал;
- Отвечает без особых затруднений;
- Студент умеет применять полученные знания на практике;
- В условных ответах не допускает серьезных ошибок, легко устраняет определенные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя;
- Материал оформлен недостаточно аккуратно и в соответствии с требованиями;

Оценка «3» ставится тогда, когда

- Студент обнаруживает освоение основного материала, но испытывает затруднения при его самостоятельном воспроизведении и требует дополнительных дополняющих вопросов преподавателя;
- Предпочитает отвечать на вопросы воспроизводящего характера и испытывает затруднения при ответах на воспроизводящие ответы;
- Материал оформлен не аккуратно или не в соответствии с требованиями;

Оценка «2» ставится тогда, когда:

- У студента имеются отдельные представления об изучаемом материале, но все же большая часть не усвоена;
- Материал оформлен не в соответствии с требованиями.

КАК РАБОТАТЬ С ТЕКСТОМ УЧЕБНИКА

1. Прочтите название темы, заглавие параграфа и обдумайте его содержание, связь с ранее изученным учебным материалом.

2. Прочтите весь параграф. Убедитесь, что новые термины и выражения вам понятны. Рассмотрите прилагаемые к тексту иллюстрации и схемы, постарайтесь понять главное в них.

3. Выучите определения понятий, формулировки законов и правил, которые имеются в тексте. Подберите в учебнике или приведите свои примеры для их иллюстрации.

4. Составьте план прочитанного (устно или письменно). Обдумайте, в какой последовательности лучше пересказывать текст и как иллюстрировать свой ответ. Трудный текст прочитайте вновь, уясняя его по абзацам.

5. Перескажите текст мысленно или вслух в соответствии с намеченной последовательностью изложения, так вы лучше запомните и уясните учебный материал.

6. Проверьте, все ли задания в конце параграфа или темы вы можете выполнить. Непонятное выясните у товарищей или у преподавателя.

КАК СОСТАВИТЬ КОНСПЕКТ ИЛИ ПЛАН К ТЕКСТУ УЧЕБНИКА

1. Прочитайте параграф медленно по абзацу или смысловым частям текста.

2. Вычлените в прочитанном существенное, для этого решите, как можно было бы озаглавить текст абзаца.

3. Перескажите существенную часть изложенного в тексте своими словами.

4. Запишите кратко содержание текста. Писать следует чётко, аккуратно применяя общепринятые сокращения и обозначения. В конспект могут быть включены рисунки с поясняющими записями к ним, заменяющие текст схемы и таблицы, дополнительные примеры и выводы.

5. Познакомьтесь с заданиями в конце параграфа, и мысленно решите, готовы ли вы к их выполнению, что нужно ещё раз посмотреть в тексте или уточнить у учителя.

Конспект должен составлять примерно 1/5 часть прочитанного текста, лучше его размещать на развёрнутом двойном листе тетради тогда им будет удобно пользоваться. Конспектирование прочитанного, в конечном счете, экономит время, так как к некоторым текстам нам приходится возвращаться несколько раз.

ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ КОНСПЕКТА

1. У каждого студента должен быть свой **конспект по каждому предмету**. Многие студенты носят одну тетрадь для ведения лекций по всем предметам. Хорошо если она разбита на несколько разделов, но чаще все лекции просто смешались в одну кучу - лишь бы преподаватель видел, что студент что-то пишет.

Так что студентов, не носящих рюкзаки и портфели, а засовывающих тетрадь и ручку в задний карман брюк, становится все больше.

2. Конспект обязательно должен быть **логически завершённым**, передавать смысл лекции преподавателя, т.е. смысл должен быть полностью понятным, хотя бы для вас. Если какие-то вещи вызывают непонимание, и вы забыли или побоялись попросить преподавателя разъяснить их - не полнитесь обратиться к одногруппникам или сходить после лекций в библиотеку.

3. Постарайтесь писать **разборчиво**, не сокращайте слова, или хотя бы сокращайте их как можно реже - это очень затрудняет беглое прочтение текста.

4. **Используйте цвета для выделения выводов**, пояснений и т.п. Если выделяете выводы черным цветом - делайте так во всех лекциях по всем предметам, не меняйте цвета. Не используйте красный и зеленый цвета, они хуже воспринимаются нашим мозгом.

5. В конце конспекта напишите свои **мысли, литературу по теме, план лекции**. Это очень поможет вам при подготовке к экзаменам, да и подобная лекция в будущем просто лучше отложится в памяти.

6. Делайте **пробелы между абзацами**. Разбиение на блоки (лучше, если это будет действительное разделение именно на смысловые блоки) лучше поможет воспринять информацию.

7. Рисуйте **рисунки, схемы, таблицы и т.п.** Даже если их нет в лекции, вы можете самостоятельно составить что-либо из вышеперечисленного для лучшего усвоения материала.

И помните - ведение конспектов лекций, это не только залог успешной сдачи экзаменов, но и неоценимая помощь в лучшем постижении вашей специальности. Тогда вы не просто бездарно потратите время в техникуме, но действительно получите среднее специальное образование и базовый набор знаний, необходимый в будущем.

КАК ПРАВИЛЬНО СОСТАВИТЬ ПРЕЗЕНТАЦИЮ

Презентация - мультимедийный инструмент, используемый в ходе докладов или сообщений для повышения выразительности выступления, более убедительной и наглядной иллюстрации описываемых фактов и явлений.

Перед тем, как выступать, презентовать, доносить сообщение студент должен себе ответить на такие вопросы:

- 1 Какова цель его выступления?
- 2 Как он может достичь этой цели?
- 3 Как он узнает, что цель достигнута?

Полезный совет:

- текст должен контрастировать с фоном, иначе слайд будет плохо читаем.
- не следует делать слайды слишком пёстрыми и разрозненными по цветовому решению. Это вредит формированию неустойчивых зрительных образов.
- использование на слайдах трёх-четырёх цветов благоприятно влияет на концентрацию внимания и улучшает восприятие.

Совет при составлении презентации:

- при разработке презентации важно учитывать, что материал на слайде можно разделить на главный и дополнительный. Главный необходимо выделить, чтобы при демонстрации слайда он нёс основную смысловую нагрузку: размером текста или объекта, цветом, спецэффектами, порядком появления на экране. Дополнительный материал предназначен для подчёркивания основной мысли слайда.

- уделите особое внимание такому моменту, как «читаемость» слайда. Для разных видов объектов рекомендуются разные размеры шрифта. Заголовок слайда лучше писать размером шрифта 22 - 28, подзаголовок и подписи данных в диаграммах - 20 - 24, текст, подписи и заголовки осей в диаграммах, информацию в таблицах - 18 - 22.

- для выделения заголовка, ключевых слов используйте полужирный или подчёркнутый шрифт. Для оформления второстепенной информации и комментариев - курсив.

- чтобы повысить эффективность восприятия материала слушателями, помните о «принципе шести»: в строке - шесть слов, в слайде - шесть строк.

- используйте шрифт одного названия на всех слайдах презентации.

- для хорошей читаемости презентации с любого расстояния в зале текст лучше набирать понятным шрифтом. Это могут быть шрифты Arial, Times New Roman.

- не выносите на слайд излишне много текстового материала. Из-за этого восприятие слушателей перегружается, нарушая концентрацию внимания.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студентов, развитие практических умений и представляет собой:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации для выполнения индивидуальных домашних заданий;
- выполнение домашних заданий, индивидуальных домашних заданий;
- опережающая самостоятельная работа;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе;

- подготовка к защите индивидуального домашнего задания;
- подготовка к защите лабораторной работы.

Творческая проектно - ориентированная самостоятельная работа ориентирована на развитие интеллектуальных умений, комплекса общекультурных и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов и представляет собой:

- анализ индивидуального домашнего задания;
- поиск, анализ и презентация информации;
- выполнение расчетно - графической части задания;
- выполнение индивидуального домашнего задания;
- формулирование выводов о проделанной работе.

Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется посредством защиты индивидуальных домашних заданий и отчетов по выполненным лабораторным работам, подготовки ответов на контрольные вопросы к лабораторным работам. Наряду с контролем СРС со стороны преподавателя предполагается личный самоконтроль по выполнению СРС со стороны студентов.

Раздел 1. Устройство электрических подстанций и составление их схем

Тема 1.1 Общие сведения об электроэнергетических системах, станциях и подстанциях

Разнообразное использование электроэнергии во всех областях народного хозяйства и быта объясняется рядом весьма существенных преимуществ ее по сравнению с другими видами энергий:

- возможностью экономичной передачи на значительное расстояние;
- простотой преобразования в другие виды энергии (механическую с помощью электродвигателей, тепловую с помощью электронагревательных приборов, световую с помощью электроламп и т.д.);
- простотой распределения между любым числом потребителей любой мощности;
- возможностью получения электроэнергии из других видов энергии (тепловой, гидравлической, атомной, энергии ветра и солнца и т.д.).

2 Комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии, называется **электроустановкой**. В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) различают электроустановки напряжением до 1 кВ и выше 1 кВ.

Электроустановка, на которой вырабатывается электрическая, а нередко и тепловая энергия, называется **электростанцией**.

Электроэнергия, вырабатываемая на электростанции, поступает на **электрические подстанции**, на которых происходит преобразование электроэнергии по напряжению, частоте или роду тока. Электрическая подстанция, предназначенная для преобразования электрической энергии одного напряжения в энергию другого напряжения с помощью трансформаторов, называется **трансформаторной подстанцией**.

Электроустановка, предназначенная для приема и распределения электрической энергии на одном напряжении, называется **электрическим распределительным устройством (РУ)**. Распределительное устройство используется во всех звеньях системы электроснабжения:

- на электростанциях для распределения электроэнергии, вырабатываемой генераторами;
- в электрических сетях для приема электроэнергии по одним линиям и распределения ее для передачи по другим линиям;
- у потребителей для распределения поступающей электроэнергии между приемниками.

Совокупность подстанций, распределительных устройств и соединяющих их линий электропередачи (ЛЭП), предназначенная для передачи и распределения электрической энергии на определенной территории, называется **электрической сетью**.

Совокупность генераторов, установленных на электростанциях, электрических сетей и питающихся от них приемников электрической энергии, объединенных общностью производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии, называется **электроэнергетической системой**.

Энергетической системой (энергосистемой) называется совокупность электростанций электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

Приемник электрической энергии (электроприемник) - устройство, в котором происходит преобразование электрической энергии в другой вид энергии для ее использования. Приемники электроэнергии весьма разнообразны. К ним относятся:

- электрические двигатели, служащие приводом различного станочного оборудования и электрического транспорта;
- осветительные приборы с лампами накаливания, люминесцентными, ртутными и другими газоразрядными лампами;
- электротехнологическое оборудование (сварочные машины и аппараты, электрические печи, станки для искровой обработки металлов);
- электробытовые приборы (холодильники, пылесосы, электрические плиты и утюги, радио- и телеаппаратура);

- электромедицинские приборы и аппараты;
- приборы и установки научных учреждений, информационных и вычислительных центров.

Перечень приемников электроэнергии можно продолжать и дальше, но и то, что уже указано, дает представление об их разнообразии.

На электростанциях вырабатывается **трехфазный переменный ток** частотой 50 Гц и напряжением 3,15; 6,3; 10,5; 15,75 и 21 кВ. Часть электрической энергии передается потребителям по ЛЭП на генераторном напряжении, другая часть поступает на расположенную рядом повышающую трансформаторную подстанцию (см. рис. 1.2 и 1.3), где напряжение повышается до десятков или сотен киловольт. Передача электроэнергии высоким напряжением на большие расстояния более экономична, так как снижаются ее потери в проводах ЛЭП. Принято выбирать напряжение ЛЭП из расчета 1 кВ на 1 км длины ЛЭП.

Трехфазные сети напряжением 380/220 В обычно используют для питания осветительных электроустановок и электродвигателей небольшой мощности. Эти сети выполняют четырехпроводными (три фазы и нулевой провод) с заземленной нейтралью, что обеспечивает автоматическое отключение поврежденной фазы при замыкании ее на землю, что повышает безопасность обслуживания таких сетей.

В ряде отраслей народного хозяйства наряду с системой трехфазного тока применяют систему **постоянного тока**.

Напряжение 600В постоянного тока используют в тяговых сетях трамвая и троллейбуса; 825В - для метрополитена; 3000В - для электрифицированных магистральных дорог. Постоянный ток используется в цветной металлургии и химической промышленности.

Система однофазного переменного тока напряжением 25 кВ нашла широкое применение в тяговых сетях электрифицированных железных дорог, в том числе современная система тягового электроснабжения 2×25кВ.

Длительное или кратковременное состояние, возникающее в электрической установке и характеризующееся определенными параметрами (напряжение, ток, мощность, частота и т. д.), называется **режимом работы**. Режим, для которого спроектированы и изготовлены машины и аппараты, называется **номинальным**. Он характеризуется номинальными параметрами.

Номинальным параметром называется указанное изготовителем электротехнического устройства значение параметра, являющееся исходным для отсчета отклонений от этого значения при эксплуатации и испытаниях устройства. Номинальные параметры указываются в каталогах, справочниках, на щитках оборудования, их величина задается заводами - изготовителями.

Одним из основных параметров, определяющим уровень изоляции оборудования электроустановки, является **номинальное напряжение**, при котором электроустановка предназначена для нормальной работы в течение срока, гарантированного изготовителем.

Ниже приведена шкала действующих значений номинальных линейных напряжений переменного тока приемников электроэнергии и линий электропередачи

$U_{\text{ном}}$, кВ: 0,22; 0,38; 0,66; 3; 6; 10; 20; 35; 110; 220; 330; 500; 750; 1150.

Номинальным током электрических аппаратов и оборудования называется наибольший допустимый ток, при прохождении которого сколь угодно длительное время температура нагрева токоведущих частей и изоляции не превышает установленной нормами величины при определенной расчетной температуре окружающей среды. Для электрических машин и аппаратов температура окружающей среды в большинстве случаев принимается + 35° С. В целях унификации оборудования, установлены следующие значения номинальных токов

$I_{\text{ном}}$, А: 1,0; 1,6; 2,5; 4; 6,3.

Номинальная мощность определяется номинальным напряжением и током, а также количеством фаз электрооборудования.

Номинальная мощность электрических машин и устройств:

- постоянного тока - $P_{\text{ном}} = I_{\text{ном}} \times U_{\text{ном}}$, кВт;

- однофазного переменного тока - $S_{\text{ном}} = I_{\text{ном}} \times U_{\text{ном}}$, кВА;

трехфазного переменного тока — $S_{\text{ном}} = \sqrt{3} \times U_{\text{ном}}$, кВА. - трехфазного переменного тока - $S_{\text{ном}} = 3 \times I_{\text{ном}} \times U_{\text{ном}}$, кВА.

Номинальные мощности определяются при тех же условиях, что и номинальные токи, т.е. при расчетной температуре окружающей среды и длительно допустимой температуре нагрева токоведущих частей и изоляции.

Районные электростанции служат для электроснабжения электроэнергией большого экономического района. Электрическую энергию районные электростанции, отдают в энергосистему, откуда ее получают потребители всего обслуживаемого района.

Местные электростанции строятся в местах, удаленных на большие расстояния от энергосистемы, для обеспечения электроэнергией одного или нескольких потребителей.

Передвижные электростанции используются чаще всего при ремонтно-восстановительных работах, новом строительстве или для временного электроснабжения потребителей до их подключения к постоянному источнику электроэнергии.

Для выработки электроэнергии в больших масштабах используются электростанции атомные (АЭС), тепловые (ТЭС), гидравлические (ГЭС). ТЭС вырабатывают около 72 % всей электроэнергии, производимой в России. Примерно 15 % электроэнергии дают ГЭС, остальные 13 % электроэнергии вырабатывается на АЭС. Солнечные (СЭС) и ветровые (ВЭС) электростанции в России пока находятся на стадии опытной разработки и большого промышленного значения не имеют.

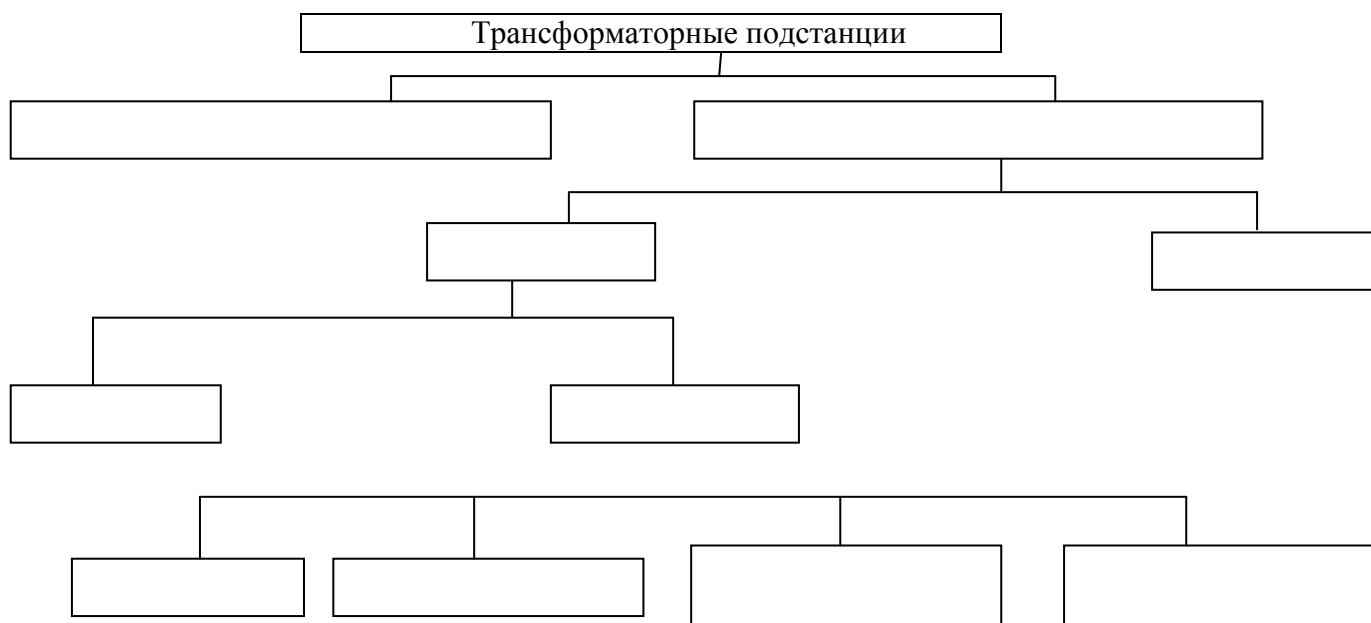
Основу электроэнергетики в нашей стране составляют паротурбинные электростанции, которые по типу турбины делятся на конденсационные (КЭС), теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и геотермальные (ГЕОТЭС). Тепловые электростанции с газовыми турбинами имеют ограниченное применение, так как требуют для своей работы специального очищенного газообразного и жидкого топлива. В стадии опытной промышленной разработки находятся электростанции с магнитогидродинамическими (МГД) генераторами, в которых тепловая энергия преобразуется непосредственно в электрическую, минуя промежуточную стадию преобразования тепловой энергии в механическую. Электроэнергия в МГД - генераторах вырабатывается в результате взаимодействия потока горячих электропроводящих газов с неподвижным магнитным полем. Дизельные электростанции (ДЭС) имеют небольшую единичную мощность и используются в качестве стационарных резервных источников электроэнергии и передвижных на автомобильном или железнодорожном ходу при строительстве и ремонтно-восстановительных работах.

Самостоятельная работа обучающихся

[1], стр. 4 - 6, стр. 11 - 17, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

Изучить [1], стр. 21 - 22 и составить таблицу «классификации трансформаторных подстанций



Подготовить сообщение или мультимедийную презентацию

Темы для подготовки сообщений или презентаций

- 1 производство электроэнергии на электрических подстанциях.
- 2 производство электроэнергии на конденсационной электростанции (КЭС).
- 3 производство электроэнергии на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).
- 4 производство электроэнергии на геотермальной электростанции (ГЕОТЭС)».
- 5 производство электроэнергии на атомной электростанции (АЭС)».
- 6 производство электроэнергии на гидроэлектростанции (ГЭС)».
- 7 производство электроэнергии на гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС)».
- 8 производство электроэнергии на приливной электростанции (ПЭС)».

Изучить [1], стр. 271 - 279 и вычертить электрические схемы электроустановок.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризовать классификацию электрических станций, категории потребителей
- 2 Проанализировать производство электроэнергии на электрических подстанциях, работу и их особенности
- 3 Дать понятие основным номинальным параметрам электрооборудования
- 4 Проанализировать классификацию и назначение электрических сетей
- 5 Проанализировать системы тока, используемые в промышленности и на транспорте
- 6 Охарактеризовать параметры тяговых сетей и назначение
- 7 Проанализировать классификацию ТП и их назначение

Тема 1.2 Короткие замыкания в электроустановках

Электрические сети характеризуются нормальным, ненормальным и аварийным режимами работы.

При **нормальном** режиме по всем элементам сети протекают рабочие токи, не превышающие допустимых, электроэнергия передается от источников питания к потребителям с нормальными расчетными потерями напряжения и электроэнергии на всех элементах сети.

При **ненормальном** режиме (например, перегрузке) допускается работа электроустановки в течение определенного времени, после чего должно следовать отключение.

Аварийный режим работы характеризуется резким изменением ряда параметров (повышение тока, снижение напряжения) и требует немедленного отключения электроустановки.

Большая часть аварий в электрических сетях вызывается **короткими замыканиями (КЗ)**, основной причиной которых является нарушение изоляции токоведущих частей. Механические повреждения изоляции возникают, например, при повреждении изоляции силовых кабелей во время земляных работ, при падении опор воздушных линий или обрыва проводов. Повреждения изоляции могут иметь место при перенапряжениях, например, при прямых ударах молнии в провода воздушных линий или открытых электроустановок. Короткие замыкания возможны также вследствие перекрытия токоведущих частей птицами и животными или ошибочных действий персонала.

При возникновении КЗ:

- общее электрическое сопротивление электрической системы уменьшается;
- токи и углы между токами и напряжениями увеличиваются;
- напряжения в отдельных частях системы снижаются.

Токи КЗ могут в десятки, сотни раз превышать рабочие токи элементов электроустановок и достигать десятков тысяч ампер. Наступление **аварийного режима КЗ** приводит к значительным электродинамическим (механическим) и термическим (тепловым) воздействиям на токоведущие части и электрооборудование. В трехфазных сетях переменного тока различают пять основных видов коротких замыканий: однофазное, двухфазное, двухфазное на землю, трехфазное и трехфазное на землю (рис.2.1).

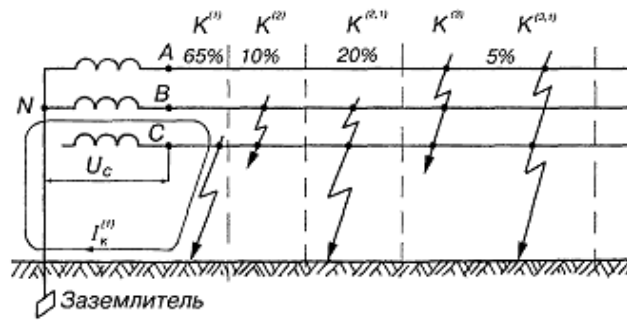


Рисунок 1 – Виды короткого замыкания

Если все виды КЗ принять за 100%, то относительная частота появления замыканий в сети составляет: однофазных - 65%; двухфазных - 10%; двухфазных на землю - 20%; трехфазных и трехфазных на землю - 5%.

Самостоятельная работа обучающихся

Работа с конспектом лекции.

Изучить [1], стр. 24 - 25 и вычертить схему «виды короткого замыкания»

подготовить мультимедийную презентацию «причины возникновения короткого замыкания»

Подготовка к защите отчетов по практическому занятию.

Изучить [1], стр. 34-4 - произвести расчет короткого замыкания

Пример расчета

Исходные данные:

Определить относительные результирующие сопротивления X_{*bk1} , X_{*bk2} и X_{*bk3} до точек K_1 , K_2 и K_3 расчетной схемы на рисунке 1, на которой указаны все необходимые расчетные величины. Активные сопротивления не учитывать, так как они значительно меньше индуктивных. Номинальные напряжения всех элементов считать равными средним напряжениям соответствующих ступеней, указанным на расчетной схеме.

Схема замещения приведена на рисунке 2.

Принимаем $S_6 = 100 \text{ МВ} \times \text{А}$ и рассчитываем все сопротивления схемы замещения при этой базисной мощности.

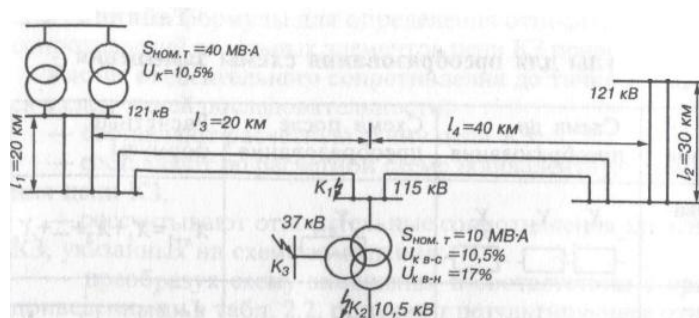


Рисунок 2 – Расчетная схема

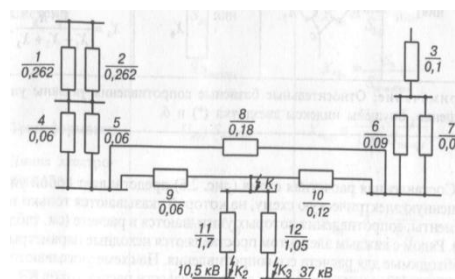


Рисунок 2 – Схема замещения

Сопротивление трансформаторов расчетной и районной подстанции РП₁ определяем по формуле

$$X_{*6T} = \frac{U_K}{100} \times \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{НОМ.Т}}},$$

$$X_{*6\bar{6}} = \frac{U_K}{100} \times \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{10,5}{100} \times \frac{100}{40} = 1,7,$$

$$X_{*611} = \frac{U_K}{100} \times \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{17}{100} \times \frac{100}{10} = 1,7,$$

$$X_{*612} = \frac{U_K}{100} \times \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{10,5}{100} \times \frac{100}{10} = 1,05,$$

Сопротивление системы до шин районной подстанции РП₂ определяем по формуле

$$X_{*6\bar{6}} = \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{КС}}},$$

$$X_{*63} = \frac{100}{1000} = 0,1,$$

Сопротивления линий при напряжении 115 кВ определяем по формуле

$$X_{*6\bar{6}} = X_0 \times l_1 \times \frac{S_{\bar{6}}}{U_{\text{ср}}^2},$$

$$X_4 = X_5 = 0,4 \times 20 \times \frac{100}{115^2} = 0,06,$$

$$X_6 = X_7 = 0,4 \times 30 \times \frac{100}{115^2} = 0,09,$$

$$X_8 = 0,4 \times (20 + 40) \times \frac{100}{115^2} = 0,18,$$

$$X_9 = 0,4 \times 20 \times \frac{100}{115^2} = 0,06,$$

$$X_{10} = 0,4 \times 40 \times \frac{100}{115^2} = 0,12,$$

Результаты расчетов проставляем на схеме замещения (рис. 2.).

Пользуясь формулами преобразования [1, табл. 2.2], заменяем как параллельные X_1 и X_2 на X_{13} , X_4 и X_5 на X_{14} , X_6 и X_7 на X_{15} , а X_8 , X_9 и X_{10} , соединенные в треугольник, заменяем на X_{16} , X_{17} и X_{18} соединенные в звезду

$$X_{13} = \frac{X_1}{2} = \frac{0,262}{2} = 0,131,$$

$$X_{14} = \frac{X_4}{2} = \frac{0,06}{2} = 0,03,$$

$$X_{15} = \frac{X_6}{2} = \frac{0,09}{2} = 0,045,$$

$$X_{16} = \frac{X_8 \times X_9}{X_8 + X_9 + X_{10}} = \frac{0,18 \times 0,06}{0,18 + 0,06 + 0,12} = 0,03,$$

$$X_{17} = \frac{X_8 \times X_{10}}{X_8 + X_9 + X_{10}} = \frac{0,18 \times 0,12}{0,18 + 0,06 + 0,12} = 0,06,$$

$$X_{18} = \frac{X_9 \times X_{10}}{X_8 + X_9 + X_{10}} = \frac{0,06 \times 0,12}{0,18 + 0,06 + 0,12} = 0,02,$$

Полученные результаты проставляем на схеме преобразования (рис. 3., а), сопротивления X_3 , X_{11} и X_{12} переносим на схему без изменений.

Упрощаем полученную схему, заменив последовательные сопротивления X_{13} , X_{14} и X_{16} на X_{19} и сопротивления X_3 , X_{15} и X_{17} на X_{20} , получим

$$X_{19} = X_{13} + X_{14} + X_{16} = 0,131 + 0,03 + 0,03 = 0,191,$$

$$X_{20} = X_3 + X_{15} + X_{17} = 0,1 + 0,045 + 0,006 = 0,205.$$

Полученный результат проставляем на схему (рис. 3, б), X_{11} , X_{12} и X_{18} переносим без изменения. Определяем относительное базисное сопротивление до точки, K_1 :

$$X_{6K1} = X_{22} = X_{21} + X_{18} = 0,1 + 0,02 = 0,12.$$

Определяем относительное базисное сопротивление до точки, K_2 :

$$X_{6K2} = X_{23} = X_{22} + X_{11} = 0,12 + 1,7 = 1,82.$$

Определяем относительное базисное сопротивление до точки, K_3 :

$$X_{6K3} = X_{24} = X_{22} + X_{12} = 0,12 + 1,05 = 1,17.$$

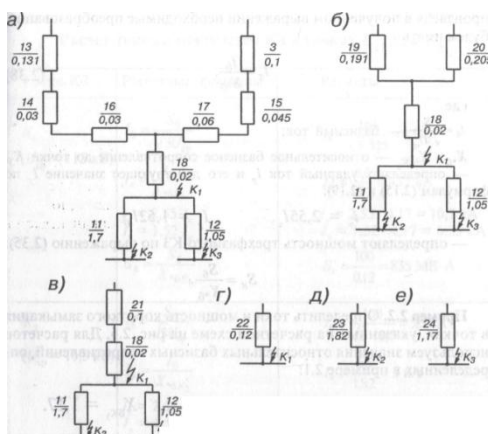


Рисунок 3 – Схема преобразования

Вопросы для самоконтроля

- 1 Пояснить порядок расчета токов КЗ в электроустановках напряжением до 1000 В
- 2 Проанализировать порядок расчета токов КЗ методом именованных и относительных единиц
- 3 Охарактеризовать методы ограничения токов короткого замыкания
- 4 Дать понятие основным режимам работы трансформаторных подстанций
- 5 Дать понятие короткого замыкания; виды коротких замыканий (КЗ) в электрических сетях
6. Проанализировать электродинамическое и термическое действие токов КЗ на электрооборудование
- 7 Пояснить порядок расчетов электродинамических и термических воздействий токов КЗ на электрооборудование
8. Дать понятие несимметричного короткого замыкания; причины возникновения
- 9 Дать понятие назначению и конструкции реакторов
- 10 Проанализировать порядок расчета токов КЗ в электроустановках напряжением выше 1000 В для опорной подстанции
- 11 Пояснить процессы образования электрической дуги, способы её гашения

Тема 1.3 Силовые и измерительные трансформаторы

Силовые трансформаторы служат для преобразования электрической энергии одного напряжения в энергию другого напряжения. Они являются основным оборудованием электрических подстанций. Электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях, при передаче к

потребителям претерпевает многократную трансформацию в повышающих и понижающих трансформаторах. Передача электроэнергии на большие расстояния более экономична высоким напряжением. Мощность трансформаторов, установленных в электроэнергетических системах, превышает установленную мощность генераторов в 4-5 раз. Несмотря на относительно высокий КПД трансформаторов стоимость энергии, теряемой ежегодно в них, составляет значительную сумму. Необходимо стремиться к уменьшению числа ступеней трансформации, уменьшению установленной мощности трансформаторов.

Трансформаторы изготовляют однофазными и трехфазными, двух- и трехобмоточными. Преимущественное применение в системах и сетях имеют трехфазные трансформаторы, экономические показатели которых выше показателей групп из однофазных трансформаторов. Группы из однофазных трансформаторов применяют только при самых больших мощностях и напряжениях 500 кВ и выше в целях уменьшения массы для транспортировки от места изготовления до места установки. Однофазные трансформаторы применяются также на тяговых подстанциях при электрификации железных дорог переменным током.

При сборке схем обмоток трансформаторов большое значение придается не только получению результирующего напряжения на его зажимах, но и направлению векторов напряжений первичной и вторичной обмоток, определяющих группу соединения трансформатора. Стандартом предусмотрены группы соединения обмоток трансформаторов: нулевая (0) и одиннадцатая (11). За единицу группы принят угол смещения вектора линейного напряжения обмотки НН относительно соответствующего вектора линейного напряжения обмотки ВН, равный 30° . Смещение отсчитывают от вектора линейного напряжения ВН по часовой стрелке.

Начала фазных обмоток ВН трехфазных трансформаторов обозначают прописными латинскими буквами A, B, C, концы - буквами X, Y, Z. Начала обмоток НН обозначают строчными латинскими буквами a, b, c, концы - буквами x, y, z. Для трехобмоточных трансформаторов начала обмоток среднего напряжения (СН) обозначают буквами A_m , B_m , C_m , концы - буквами X_m , Y_m , Z_m .

Фазные обмотки трехфазных трансформаторов могут быть соединены в звезду (Y), треугольник (Δ) или зигзаг (Z). Эти схемы в тексте обозначают буквами Y, Δ и Z.

В схеме соединения обмоток трансформатора ответвление нейтрали, сделанное на внешний зажим, обозначается буквой N.

Таблица - Схемы и группы соединения двухобмоточных трансформаторов, векторные диаграммы направлений холостого хода

Схемы соединения обмоток		Группы	Условные обозначения	Векторные диаграммы напряжений	
ВН	НН			ВН	НН
		0	Y/Y-0		
		11	Y/Δ-11		
		11	Δ/Y-11		

Самостоятельная работа обучающихся

[1], стр. 84 - 88, стр. 97 - 103, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

Подготовить сообщение или мультимедийную презентацию

Темы для подготовки сообщений или презентаций

1 Силовые трансформаторы

2 Трансформаторы тока, условные обозначения.

3 Трансформаторы напряжения, условные обозначения.

Подготовка к защите отчетов по практическому занятию.

Вычертить схемы соединения обмоток

Вопросы для самоконтроля

1 Охарактеризовать выбор и проверку трансформаторов тока

2 Проанализировать конструктивное исполнение и принцип работы силовых трансформаторов

3 Проанализировать схемы и группы соединения обмоток трансформаторов

4 Пояснить назначение, типы и конструктивное исполнение трансформаторов напряжения

5 Пояснить назначение, типы и конструктивное исполнение трансформаторов напряжения

6 Дать анализ устройству, типам, параметрам силовым трансформаторам

7 Пояснить назначение, типы и конструктивное исполнение трансформаторов тока

8 Охарактеризовать виды охлаждения силовых трансформаторов

Тема 1.4 Изоляторы и токоведущие части

Изоляторы служат для крепления токоведущих частей и изоляции их от заземленных конструкций и других частей электроустановки, находящихся под иным потенциалом. Различают изоляторы по назначению:

- линейные служат для крепления проводов воздушных линий к опорам открытых распределительных устройств;

- аппаратные для крепления токоведущих частей распределительных устройств и аппаратов.

К изоляторам предъявляется ряд требований, определяемых условиями их эксплуатации. Изоляторы должны сохранять электрическую прочность при рабочих напряжениях, а также при атмосферных и коммутационных перенапряжениях, должны быть механически устойчивы при нормальных режимах работы и коротких замыканиях, должны быть устойчивы к атмосферным воздействиям и загрязнениям внешней среды. По конструкции аппаратные изоляторы делятся на опорные, опорно-стержневые, опорно-штыревые, проходные и маслонаполненные вводы.

Самостоятельная работа обучающихся

[1], стр. 117 - 121, стр. 123 - 125, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

подготовить мультимедийную презентацию «изоляторы»

подготовить мультимедийную презентацию «шины и провода распределительного устройства»

Подготовка к защите отчетов по практическому занятию.

Вопросы для самоконтроля

1 Проанализировать способы крепления проводов ВЛ к изоляторам

2. Пояснить назначение, типы конструктивное исполнение изоляторов РУ

3. Пояснить порядок испытания изоляторов

4 Проанализировать назначение, типы и конструктивное исполнение шин и проводов РУ

5 Пояснить выбор и проверку токоведущих частей изоляторов для ОРУ

6 Пояснить выбор и проверку токоведущих частей изоляторов для ЗРУ

Тема 1.5 Коммутационное и защитное оборудование распределительных устройств

Контакт означает касание, соприкосновение. **Электрическим контактом** называется место соприкосновения двух или нескольких проводников между собой, через которое электрический ток проходит из одной цепи в другую. Детали, находящиеся в соприкосновении, принято называть контактными частями или контактами. В электрических цепях контактами называют каждый из соприкасающихся проводников контактного соединения.

По назначению и условиям работы контакты разделяют на две основные группы **неразмыкаемые и размыкаемые**. Неразмыкаемые контакты делятся на:

- **неподвижные** (жесткие) контакты, в которых отсутствует перемещение контактных частей относительно друг друга и которые служат для соединения проводов и шин (рис. 5.1), ответвлений от них, выполняемых сваркой и при помощи пружинных болтовых соединений;

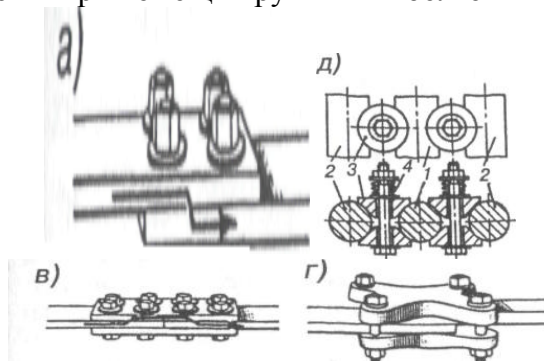


Рисунок 5.1 - Неразмыкаемые контактные соединения

- **подвижные** контакты, в которых имеет место скольжение или качение одной контактной части относительно другой.

На рис. 5.1. приведены болтовые соединения, выполненные внахлестку (а), встык с помощью накладок (в), внахлестку с помощью сжимов (г). Сварка обеспечивает более надежные по сравнению с болтовыми контактные соединения шин и, следовательно, повышает надежность ошиновки в целом. Сварные соединения по сравнению с болтовыми менее трудоемки и более экономичны, поскольку требуют меньше шин из-за выполнения соединений встык. Поэтому сварку шин следует применять во всех случаях, за исключением тех, когда по условиям эксплуатации необходимо иметь разъемные соединения.

На рис. 5.1, д показано устройство неразмыкаемых подвижных контактов роликового типа. Подвижный контактный стержень 1 перемещается вверх и вниз вдоль своей оси, сохраняя при этом контакт с неподвижными стержнями 2 через конические ролики 3, прижимаемые к ним пружинами 4. Число пар роликов выбирают в соответствии с номинальным током аппарата.

Размыкаемые (размыкающие электрическую цепь) контакты классифицируют по виду контактных поверхностей, конструктивному выполнению и назначению.

По виду контактных поверхностей контакты бывают:

- **поверхностными** (рис. 5.2, а), когда контакт образуется при соприкосновении двух плоскостей;

- **линейными** (рис. 5.2, б), образующиеся при соприкосновении цилиндрической поверхности с плоскостью или двух цилиндрических поверхностей по их общей образующей;

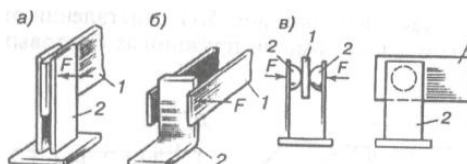


Рисунок 5.2. - Виды контактных поверхностей

- **точечными** (рис. 5.2, в), образующиеся при соприкосновении сферических поверхностей, сферы и плоскости или двух цилиндрических поверхностей, образующие которых расположены под углом друг к другу.

По конструктивному выполнению различают контакты:

- **плоскостные пружинные рубящего типа**, состоящие из пружинящих контактных стоек 1 (рис. 5.3, а), подвижного контактного ножа 2 и стальной пружины 3, обеспечивающей при необходимости дополнительное давление в контактах;

- **торцевые**, имеющие в качестве контактных частей: плоскость - торец стержня, стержень - стержень; труба-труба; плоскость-торец трубы (рис. 5.3, б), где подвижный контакт 2 выполнен в виде медной трубы со съёмными латунными наконечниками, а неподвижный контакт 1 также со съёмным наконечником, соединен с корпусом 6 гибкими связями 3; пружина 4 создает необходимое контактное давление и предотвращает жесткие удары при включении, когда оба контакта продолжают двигаться вверх по направляющему стержню 5, сжимая пружину, упирающуюся в изолирующую пластмассовую шайбу 7;

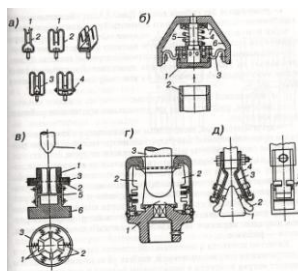


Рисунок 5.3 - Конструкции размыкаемых контактов

- **розеточные с гибкими связями** (рис. 5.3, в), состоящие из нескольких контактных сегментов 1, снабженных пружинами 2 и соединенных токоведущими связями 5 с контактодержателем 6; пружины, упираясь в кольцо 3, прижимают сегменты к подвижному контакту 4, диаметр которого несколько больше внутреннего диаметра сжатой розетки;

- **розеточные без гибких связей** (рис. 5.3, г) обеспечивающие электрическую связь подвижного контакта 3 с контактодержателем 1 через контактные сегменты 2, нижние выступы 4 которых при включении упираются в кольцевую выточку в кольцевую выточку контактодержателя;

- **пальцевые**, гибких токоведущих пластин 3 и прижимаемые плоскими стальными пружинами 4 к клинообразному контактному ножу 7.

По назначению контакты бывают:

- **рабочие**, рассчитанные на длительное протекание рабочих токов нагрузки;

- **дугогасительные**, включаемые параллельно рабочим контактам и предназначенные для разрыва электрической дуги при размыкании цепи и защиты рабочих контактов от дуги.

При наличии рабочих и дугогасительных контактов у отключающих аппаратов подвижную, систему выполняют так, чтобы при отключении сначала расходились рабочие контакты, а дугогасительные некоторое время оставались замкнутыми, а затем разрывали цепь, образуя дугу, сохраняя при этом дорогостоящие массивные рабочие контакты. Процесс включения проходит в обратном порядке, первыми замыкаются дугогасительные контакты, затем - рабочие.

Качество контакта в значительной степени характеризуется его электрическим соприкосновением, так как от величины последнего зависит нагрев контакта в нормальном режиме и при протекании тока короткого замыкания. Чрезмерный перегрев контактов может привести к их разрушению и тяжелой аварии.

Образование электрической дуги. При отключении электрических цепей под нагрузкой между контактами отключающего аппарата, как правило, возникает электрическая дуга, представляющая собой поток заряженных частиц (электронов и положительных ионов), который течет от одного электрода к другому. При этом выделяется большое количество тепловой энергии и температура стержня дуги достигает 10000 °С и выше, в зависимости от силы тока, свойств окружающей газовой среды и ее давления. Высокая температура дуги является основной причиной износа контактов отключающего аппарата, чтобы его уменьшить, необходимо быстро погасить дугу.

Для существования дуги между контактами необходимо, чтобы ток в цепи был не меньше 80

мА, а напряжение между контактами не менее 10 - 20 В. Образование дуги начинается в момент размыкания контактов, когда давление в них и количество точек их касания уменьшается, а переходное сопротивление и нагрев контактов быстро увеличиваются. При отрыве контактов друг от друга на катоде обычно имеется сильно раскаленные участки, излучающие свободные электроны.

Гашение электрической дуги осуществляется путем воздействия на происходящие в ней процессы ионизации и деионизации, ослабляя первые и усиливая вторые.

Интенсивность деионизации дуги в большой степени зависит от свойств той среды, в которой горит дуга. Наилучшими дугогасящими свойствами обладает водород и несколько худшими водяной пар, углекислый газ и воздух. Гашение дуги в водороде происходит в масляных выключателях, где трансформаторное масло, разлагаясь под действием высокой температуры дуги, выделяет в качестве одной из главных составных частей водород. Выделенный водород используется для гашения дуги, возникающей при отключении.

В отключающих аппаратах применяют различные способы ускорения гашения электрической дуги, основанные на рассмотренных выше процессах, происходящих в дуге.

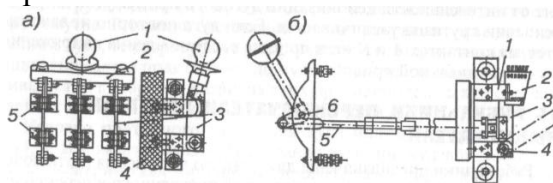
Рубильники предназначены для ручного включения и отключения низковольтных электрических цепей постоянного и переменного тока. Это наиболее простые и широко распространенные аппараты для цепей с номинальным током до 1000 А.

По способу управления бывают с центральной рукояткой Р и боковой РБ, с центральным рычажным приводом - РПЦ и боковым РПБ.

По количеству полюсов рубильники бывают одно-, двух-, трех- и четырехполюсные.

По месту установки рубильники выпускаются с расположением на лицевой и задней стороне щита. Рубильники, установленные на лицевой стороне, могут иметь переднее и заднее присоединение проводов.

В обозначение типа рубильника кроме букв входят цифры, указывающие число полюсов, номинальный ток и другие данные. Например, Р16 означает, что это рубильник однополюсной, на 600 А. На рисунке 5.4, а изображен трехполюсный рубильник с центральной рукояткой и передним присоединением проводов. На панели 4 из изоляционного материала крепятся неподвижные контактные стойки 5 с губками. Подвижные контактные ножи 3 шарнирно связаны с нижними стойками. Соединительная изоляционная планка 2 с рукояткой управления 1 объединяет ножи между собой и обеспечивает их одновременное размыкание с верхними контактными стойками 5 при отключении и замыкание - при включении. Открытые рубильники такого типа служат для отключения электрических цепей без нагрузки с целью создания видимого разрыва цепи при ремонтных работах.



а - с центральной ручкой; б - с рычажным приводом

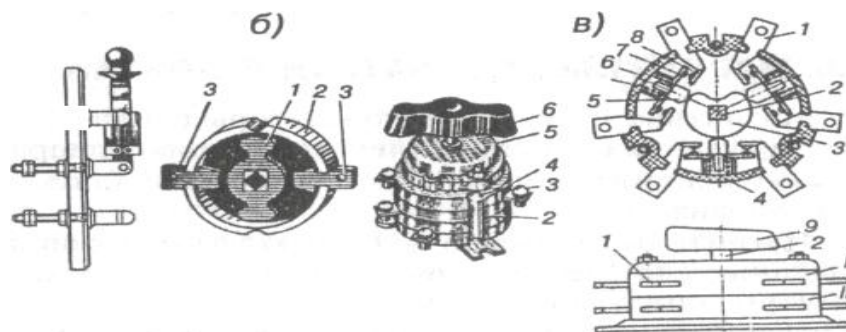
Рисунок 5.4 - Трехполюсный рубильник:

На рисунке 5.4, б показан рубильник с рычажным приводом, подвижный контактный нож 3 вращается в шарнирной стойке 4, создавая разрыв с неподвижным контактом 1. Дугогасительная камера 2 обеспечивает гашение электрической дуги, возникающей при размыкании контактов. Это происходит при повороте рукоятки управления на лицевой панели шкафа вокруг оси 6, при этом тяга 5 перемещается вправо и передает движение ножам 3 всех полюсов, объединенным валом. Контактная система рубильника расположена внутри шкафа, что делает операции с рубильниками безопасными для персонала.

Переключатели предназначены для поочередного включения и отключения низковольтных электрических цепей.

Конструктивно они отличаются от рубильников дополнительными неподвижными контактными

стойками и двусторонними ножами (рис. 5.16, а). В обозначениях переключателей вместо Р (рубильник) ставится П (переключатель). Например, ППЦ - переключатель с рычажным центральным приводом.



а - переключатель, б и в - пакетные выключатели

Рисунок 5.5 - Коммутационные аппараты

Пакетные выключатели имеют то же назначение, что рубильники и переключатели. Пакетные выключатели позволяют надежно включать и отключать низковольтные электрические цепи при значительных токах, благодаря двойному разрыву дуги в каждом полюсе, гашению дуги в закрытой дугогасительной камере и значительной скорости размыкания контактов.

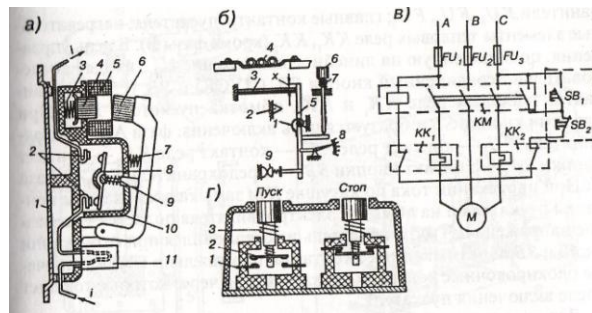
Пакетный выключатель (рис. 5.5, б) имеет четыре пластмассовых диска (пакета) 2, в вырезы которых вставлены неподвижные контакты 3 (по два на каждый полюс). Замыкание и размыкание контактов осуществляется контактным мостиком 1, получающим вращение от рукоятки 6, на одном валу с которой он находится. Три рабочих пакета и один холостой собираются вместе и стягиваются шпильками, пропущенными через каналы 4. Выключатель снабжен пружинным механизмом мгновенного переключения, который помещен в кожухе 5.

На рис. 5.5, в показан пакетный кулачковый выключатель, предназначенный для поочередного замыкания одной из трех электрических цепей одного пакета. На основании выключателя укреплены два пакета I и II, внутри которых расположены по три полюса контактной системы с контактами 7. При повороте рукоятки 9 поворачивается вал 2 и закрепленный на нем кулачок 3. При попадании штока 5 в выемку кулачка контактный мостик 7 под действием пружины 6 замыкается с контактом 8. При отжатии штока 5 выступом кулачка контакты размыкаются и возникшая дуга гасится в закрытом пространстве пакета.

Пакетные выключатели не обеспечивают видимого разрыва цепи, поэтому в некоторых цепях устанавливают рубильники.

Магнитные пускатели - коммутационные аппараты, предназначенные для дистанционного пуска и остановки низковольтных электродвигателей, а также для защиты их от токов перегрузок.

На рисунке 5.6, а приведена в упрощенном виде конструкция магнитного пускателя. Он располагается на металлическом основании 1. Неподвижные контакты 2 и подвижные контактные мостики 8 располагаются в дугогасительной камере 10. При включении пускателя на катушку 5 электромагнита подается напряжение. При протекании тока по катушке 5 намагничивается сердечник 4 и притягивает якорь 6, поворачивая рычаг якоря вокруг оси O_1 и преодолевая при этом усилие возвратной пружины 7. Для смягчения ударов якоря 6 о сердечник 4 используется амортизирующая пружина 3. При повороте рычага якоря происходит замыкание контактов 2 и 8, в цепи возникает ток, который протекает через нагревательный элемент теплового реле 11.



а - магнитный пускатель; б - тепловое реле;
в - схема управления асинхронным электродвигателем; г - кнопочная станция
Рисунок 5.6 - Магнитный пускатель

Эскиз биметаллического теплового реле показан на рис. 5.17, б. Размыкание контактов 9 реле происходит под действием пружины 1 в том момент, когда изгибающаяся при нагреве биметаллическая пластина 3 освободит защелку 5. Нагревательный элемент 4, по которому протекает ток фазы электродвигателя, выделяет при перегрузке необходимое для этого количество тепла. Упор 2 ограничивает ход защелки 5 при размыкании контактов.

Механическая система реле не обеспечивает автоматического замыкания контактов после охлаждения биметаллической пластины. Возврат реле в исходное положение осуществляется вручную нажатием кнопки 6, снабженной пружиной 7.

Регулирование тока уставки теплового реле осуществляется с помощью регулировочного рычага 5, который перемещается по шкале, расположенной на лицевой панели реле. Перемещение рычага вниз приводит к увеличению расстояния x , на которое должна прогнуться биметаллическая пластина 3, чтобы освободить защелку 5. Чем больше x , тем больше нужен ток в нагревательном элементе для срабатывания реле и отключения двигателя.

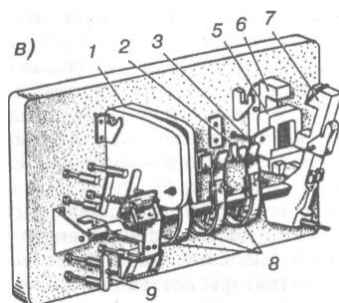
Схема управления трехфазным асинхронным электродвигателем с помощью магнитного пускателя приведена на рис. 5.6, в. В силовую цепь электродвигателя последовательно включены: предохранители FU_1 , FU_2 , FU_3 ; предназначенные для защиты электродвигателей от токов к. з.; главные контакты пускателя; нагревательные элементы тепловых реле KK_1 , KK_2 (кроме фазы В). В цепь управления, подключенную на линейное напряжение U_{AC} , входят последовательно соединенный кнопки SB_1 (ПУСК) и SB_2 (СТОП), контакты тепловых реле KK_1 и KK_2 , обмотка пускателя КМ. При нажатии кнопки SB_1 , образуется цепь включения: фаза А - предохранитель FU_1 - контакт реле KK_1 - контакт реле KK_2 - контакт кнопки SB_2 - контакт кнопки SB_1 - предохранитель FU_3 - фаза С. При протекании тока по катушке КМ замыкаются главные контакты пускателя и на обмотки электродвигателя подается трехфазное напряжение. Чтобы двигатель не остановился при отпускании кнопки SB_1 и размыкании ее контакта, параллельно ему подключены блокировочные контакты пускателя КМ, через которые ток идет после включения пускателя. Для отключения двигателя достаточно нажатием кнопки SB_2 разомкнуть цепь катушки пускателя, который разомкнет свои контакты, в том числе и блокировочный. После отпускания кнопки цепь управления останется разомкнутой блокировочными контактами и контактами кнопки SB_1 . Аналогично происходит отключение двигателя в результате срабатывания тепловых реле KK_1 и KK_2 .

Включение и отключение магнитных пускателей производится дистанционно с помощью кнопочных станций (рис. 5.6, г). Двухкнопочная станция состоит из кнопок "ПУСК" и "СТОП" с неподвижными контактами 1 и подвижными 2. При нажатии кнопки "ПУСК" контакты замыкаются, "СТОП" - размыкаются. Пружина 3 служит для возврата контактной системы в исходное состояние после отпускания кнопки.

Контакторы - коммутационные аппараты, предназначенные для дистанционного управления электрическими цепями постоянного и переменного тока в электроустановках напряжением до 1000 В при частых включениях и отключениях.

Контакторы переменного тока по принципу действия не отличаются от магнитных пускателей. Основное их отличие в конструктивном выполнении и отсутствии у контакторов

тепловых реле. В контакторах переменного тока применяют магнитные системы клапанного (рис. 5.18, а) и прямоходового (рис. 5.7, б) типов. Магнитопровод 4 и якорь 1 набирают из пластин электротехнической стали, которые стягивают шпильками 8, расклепанными на концах. В электромагнитах клапанного типа якорь имеет шарнирное соединение с рычагом, тот в свою очередь шарнирно связан с основанием контактора. В контакторах прямоходового типа исключаются шарнирные соединения, что позволяет получить высокую механическую износостойчивость.



а - магнитные пускатели клапанного типа; б - прямоходного типа;

в - внешний вид пускателя клапанного типа

Рисунок. 5.7 - Контактор переменного тока

При подаче напряжения на катушку 2 якорь 1 притягивается к магнитопроводу 4, происходит замыкание мостиковых контакторов б с двумя разрывами на каждый полюс. Применение мостиковых контактов в контакторах (магнитных пускателях) напряжением до 380 В, как правило, исключает необходимость в специальных дугогасительных камерах. Благодаря двум разрывам цепи на фазу дуга гаснет в закрытых камерах при первом же переходе тока через нуль. Амортизационные пружины 5 снижают силу удара и расклепывание поверхностей сердечников, а корот-козамкнутые витки 3 на концах полюсов магнитопровода устраняют вибрацию якоря. Пружина 7 служит для создания дополнительного усилия в контактах.

Разрядники являются защитными аппаратами. Они предназначены для защиты изоляции электрооборудования от перенапряжений. В распределительных устройствах электроустановок применяются вентильные разрядники.

Вентильные разрядники состоят из искровых промежутков, включенных последовательно с рабочим резистором, имеющим нелинейную вольт - амперную характеристику. В некоторых разрядниках параллельно искровым промежуткам присоединяют шунтирующие резисторы для равномерного распределения напряжения между ними.

В условных обозначениях разрядников буквы означают:

Р - разрядник; В - вентильный, П - подстанционный (поляризованный для разрядников постоянного тока); С - станционный; М - с магнитным дутьем; О - облегченной конструкции; У - униполярный; К - для ограничения коммутационных перенапряжений. Цифры, следующие за буквами в обозначении, означают напряжения разрядника

Ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН) предназначены для защиты изоляции электрооборудования подстанций и электрических сетей от атмосферных и кратковременных коммутационных перенапряжений.

ОПН комплектуется из большого числа последовательно и параллельно соединенных оксидно - цинковых варисторов. Число последовательно соединенных в колонку варисторов и число параллельных колонок в ограничителе перенапряжений определяется номинальным напряжением сети и зависит от требований к защитному уровню напряжения и пропускной способности ограничителей по току.

Пропускная способность ОПН и характер их повреждения зависят от амплитуды и длительности протекающего через них тока. При импульсах тока большой длительности, характерных для коммутационных перенапряжений, наблюдается существенный нагрев ОПН, в результате таких воздействий может происходить проплавление в варисторах сквозных отверстий

и их разрушение при токах с амплитудой 80 - 120 А. При кратковременных импульсах тока, характерных для грозových перенапряжений, варисторы не разрушаются даже при воздействии импульсов с амплитудой 1000 - 1500 А. Дальнейшее увеличение тока может приводить к их перекрытию по боковой поверхности, однако, ток перекрытия может быть значительно увеличен, если покрыть боковую поверхность варисторов специальным изоляционным лаком или залить колонку варисторов полимерным компаундом.

Короткозамыкатели предназначены для создания искусственного короткого замыкания в сетях 35 кВ и выше, когда ток при повреждении в трансформаторе недостаточен для срабатывания релейной защиты.

Короткозамыкатели и отделители выполняют совместно роль выключателей на стороне высшего напряжения трансформатора.

Стоимость короткозамыкателя и отделителя значительно ниже стоимости выключателя, который они заменяют, поэтому большая промежуточных и тупиковых подстанций не имеют выключателей на стороне высшего напряжения.

Короткозамыкатели типа КЗ - 110 и КЗ - 220 на напряжения 110 и 220 кВ выполняются в виде однополюсных аппаратов, а типа КЗ - 35 на напряжение 35 кВ - в виде двух отдельных полюсов, соединяемых при монтаже в один двухполюсный аппарат. При включении КЗ - 35 происходит двухфазное короткое замыкание на землю, а при включении КЗ - 110 или КЗ - 220 - однофазное КЗ.

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для оперативных включений и отключений низковольтных электрических цепей и защиты их от токов КЗ и перегрузок, а также от исчезновения или снижения напряжения сети.

Роль защитных элементов, реагирующих на отклонение той или иной контролируемой величины от своего нормального значения, выполняют расцепители. В автоматах могут быть установлены следующие расцепители:

- максимального тока, срабатывающие мгновенно при токе КЗ в цепи;
- минимального напряжения, срабатывающие в случае понижения или исчезновения напряжения;
- обратного тока, которые срабатывают при изменении направления тока в цепи постоянного тока;
- независимые (ни от каких параметров электрической цепи), которые служат для дистанционного отключения автоматов;
- тепловые, применяемые для защиты от перегрузок (по типу тепловых реле пускателей);
- комбинированные, включающие электромагнитные и тепловые расцепители одновременно.

Автоматические выключатели снабжаются **механизмом свободного расцепления (МСР)**, который позволяет обеспечить отключение автомата в процессе включения или после него.

Предохранители являются защитными аппаратами. Они применяются для защиты от токов КЗ и перегрузок как низковольтных так и высоковольтных электрических цепей.

Широкое распространение получили пробочные и трубчатые предохранители напряжением до 1000 В типов ПР-2, ПН-2, НПН (трубчатые) и ПРС (пробочные). Пробочные предохранители применяются для защиты маломощных цепей электрического освещения, отопления, электродвигателей и др. Применение предохранителей значительно удешевляет электроустановки. Однако из-за старения плавких вставок и по другим причинам защитные характеристики предохранителей весьма нестабильны, что заставляет применять в высоковольтных сетях выключатели с релейной защитой.

Высоковольтные выключатели служат для включения и отключения высоковольтных цепей по всех режимах работы электроустановок (нормальном, ненормальном, аварийном).

К выключателям предъявляются следующие требования:

- надежность в работе и безопасность в обслуживании;
- минимальное время отключения;

- малые габариты и масса;
- удобство и простота монтажа и эксплуатации;
- возможность после отключения автоматического повторного включения (АПВ);
- сравнительно невысокая стоимость.

Требование надежности является одним из важнейших, так как от надежной работы выключателем зависит надежность работы электроустановки и даже всей системы.

Минимальное время отключения, т.е. быстродействие выключателя весьма желательно по следующим соображениям:

- снижается термическое воздействие тока КЗ на элементы электроустановки, по которой он протекает;
- снижается опасность распространения аварии на другие электроустановки повышается устойчивость параллельной работы трансформаторов и линий электропередачи;
- уменьшается опасность поражения током от прикосновения к заземленным частям при однофазном КЗ.

По принципу гашения дуги и роду дугогасящей среды выключатели подразделяются на масляные, воздушные, электромагнитные, элегазовые и вакуумные.

В настоящее время наиболее распространенными являются масляные выключатели, в которых гашение дуги происходит в трансформаторном масле. В малообъемных выключателях масло служит средой для гашения дуги, а в многообъемных оно является еще и изолирующей средой.

В воздушных выключателях гашение дуги осуществляется струей воздуха под высоким давлением. Эти выключатели не получили распространения в железнодорожных электроустановках.

В электромагнитных выключателях гашение дуги осуществляется и за счет перемещения ее в пространстве магнитным полем, и гашение происходит в воздушной среде.

В элегазовых выключателях гашение дуги происходит в среде шестифтористой среде (электрическом газе), которая активно захватывает электроны в столбе дуги.

Вакуумные выключатели осуществляют гашение дуги в вакуумной камере, где газ практически отсутствует. Эти выключатели по своим качествам наиболее близки к идеальным и поэтому в настоящее время получают все более широкое распространение.

Выключатели классифицируются:

- по числу фаз (одно- и трехфазные);
- по месту установки (внутренней и наружной);
- по времени отключения (до 0,08 с - быстродействующие, до 0,12 с - ускоренного действия, до 0,25 с - небыстродействующие).

Разъединители - коммутационные аппараты, предназначенные для замыкания и размыкания предварительно обесточенных высоковольтных цепей с целью создания видимого разрыва цепи при производстве работ со снятием напряжения. Разъединители не имеют устройств для гашения дуги и поэтому не допускается отключение ими цепи под нагрузкой, так как это может привести к возникновению между контактами устойчивой дуги. Отключению разъединителей должно предшествовать отключение цепи выключателем. При включении цепи первыми включаются разъединители, потом - выключатели.

В соответствии с «Правилами эксплуатации электроустановок потребителей» разрешается отключение и включение разъединителями:

- нейтралей силовых трансформаторов напряжением 110-220 кВ;
- заземляющих дугогасящих реакторов напряжением 6-35 кВ при отсутствии в сети замыкания на землю;
- намагничивающего тока силовых трансформаторов напряжением 6-220 кВ;
- зарядного тока и тока замыкания на землю (не КЗ) воздушных и кабельных линий электропередачи;
- зарядного тока систем шин, а также зарядного тока присоединений с соблюдением требований нормативно-технической документации (НТД) питающей энергосистемы;
- уравнивающих токов до 70 А в кольцевых сетях напряжением 6-10 кВ;

- нагрузочного тока до 15 А трехполюсным разъединителем наружной установки при напряжении 10 кВ и ниже.

Допустимые значения отключаемых и включаемых разъединителями токов должны быть определены НТД питающей энергосистемы.

Разъединители изготавливают для внутренней и наружной установки, трехполюсные - для всех напряжений, однополюсные - до 110 кВ. По конструктивному исполнению различают разъединители вертикально-рубящего типа, у которых ножи поворачиваются в вертикальной плоскости перпендикулярно основанию, и горизонтально-поворотного, у которых ножи поворачиваются в горизонтальной плоскости параллельно основанию.

Выключатели нагрузки предназначены для замыкания и размыкания высоковольтных цепей под нагрузкой до 800 А. Для отключения токов КЗ в таких цепях используются предохранители типа ПК с кварцевой засыпкой.

Отделители предназначены для автоматического отключения тока электрической цепи в период бестоковой паузы между отключением цепи выключателем и его повторным включением. Отключение отделителя производится за счет усилия отключающей пружины, а включение - вручную. Отделителями можно отключить, небольшие токи, отключение которых не представляет опасности.

Короткозамыкатели и отделители выполняют совместно роль выключателей на стороне высшего напряжения трансформатора.

Стоимость короткозамыкателя и отделителя значительно ниже стоимости выключателя, который они заменяют, поэтому большая часть, промежуточных и тупиковых подстанций не имеют выключателей на стороне высшего напряжения.

Короткозамыкатели типа КЗ-110 и КЗ-220 на напряжения 110 кВ выполняются в виде однополюсных аппаратов, а типа КЕ на напряжение 35 кВ - в виде двух отдельных полюсов, соединенных при монтаже в один двухполюсный аппарат. При включении КРН-35 происходит двухфазное короткое замыкание на землю, при включении КЗ-110 или КЗ-220 - однофазное КЗ на землю.

Быстродействующие выключатели (БВ) применяются для включения и отключения цепей постоянного тока под нагрузкой и автоматического отключения их при перегрузках и КЗ. Они являются одновременно коммутационными и защитными аппаратами.

В тяговых сетях постоянного тока напряжением 3 кВ при возникновении КЗ токи могут достигать 30 + 40 кА. Такие токи представляют большую опасность для сетей и оборудования термическими и динамическими воздействиями. В отличие от цепей переменного тока, где ток периодически снижается до нуля и дуга в отключающем аппарате в этот момент гаснет, в цепях постоянного тока происходит его нарастание до установившегося значения за сотые доли секунды. Отключение такого тока связано с большими трудностями. На практике отключение цепи постоянного тока осуществляют значительно раньше момента достижения током КЗ своего максимального значения. Для этого необходимы быстродействующие выключатели с максимальным током отключения от 15 до 27 кА. В зависимости от параметров отключаемой цепи такой отключающей способности БВ бывает вполне достаточно.

Самостоятельная работа обучающихся

[1], стр. 135 - 140, стр. 153 - 214, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

подготовить мультимедийную презентацию «коммутационные аппараты до 1000 В»

подготовить мультимедийную презентацию «коммутационные аппараты свыше 1000 В»

Описать конструкцию размыкаемых контактов

Описать конструкцию рубильника

Описать конструкцию переключателя

Описать конструкцию пакетного выключателя

Охарактеризовать параметры разрядников

Подготовка к защите отчетов по практическому и лабораторному занятию.

Выбрать и проверить коммутационные аппараты РУ – 110 кВ при максимальном рабочем токе 800 А. Расчетные параметры режима к.з. принимаются из (табл. 2). Время отключения к.з. принимается 0,7 с.

Порядок выполнения:

Определить тепловой импульс B_k

$$B_k = I_k \times (t_{откл} + T_a),$$

$$B_k = 4,17^2 \times (0,7 + 0,05) = 13,1 \text{ кА}^2 \times \text{с.}$$

Рассчитать $I_T^2 \times t_T$ для:

$$\text{МКП} - 110\text{М} \quad 20^2 \times 3 = 1200 \text{ кА}^2 \times \text{с},$$

$$\text{РНДЗ} - 2 - 110/1000 \quad 31,5^2 \times 3 = 2970 \text{ кА}^2 \times \text{с},$$

$$\text{ОД} - 110/1000 \quad 31,5^2 \times 3 = 2970 \text{ кА}^2 \times \text{с},$$

$$\text{КЗ} - 110 \quad 20^2 \times 3 = 1200 \text{ кА}^2 \times \text{с},$$

Выбор и проверка аппаратуры сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Выбор и проверка аппаратуры РУ – 110 кВ

Тип аппарата	Соотношение каталожных (числитель) и расчетных (знаменатель) данных					
	$\frac{U_{ном}}{U_{раб}}, \text{кВ}$	$\frac{I_{ном}}{I_{раб.макс}}, \text{А}$	$\frac{I_{ном.откл}}{I_k}, \text{А}$	$\frac{I_{пр.с}}{I_k}, \text{кА}$	$\frac{i_{пр.с}}{i_y}, \text{кА}$	$\frac{I_T^2 t_T}{B_k}, \text{кА}^2 \times \text{с}$
Выключатель МКП – 110М	$\frac{110}{110}$	$\frac{1000}{800}$	$\frac{20}{4,17}$	$\frac{20}{4,17}$	$\frac{52}{10,7}$	$\frac{1200}{13,1}$
Разъединитель РНДЗ – 2 – 110/ 1000	$\frac{110}{110}$	$\frac{1000}{800}$	-	-	$\frac{80}{10,7}$	$\frac{2970}{13,1}$
Отделитель ОД – 110/1000	$\frac{110}{110}$	$\frac{1000}{800}$	-	-	$\frac{80}{10,7}$	$\frac{2970}{13,1}$
Короткозамыкатель КЗ – 110	$\frac{110}{110}$	-	-	$\frac{20}{4,17}$	$\frac{51}{10,7}$	$\frac{1200}{13,1}$

Вопросы для самоконтроля

- 1 Проанализировать назначение. Разновидности и параметры коммутационных аппаратов напряжением до 1000 В
- 2 Проанализировать назначение. Разновидности и параметры коммутационных аппаратов напряжением выше 1000 В
- 3 Проанализировать назначение, разновидности и параметры защитной аппаратуры выше 1000 В
- 4 Проанализировать назначение, типы, параметры и конструктивное исполнение предохранителей
- 5 Проанализировать назначение, типы, параметры и конструктивное исполнение разрядников
- 6 Проанализировать назначение, типы, параметры и конструктивное исполнение ограничителей перенапряжений
- 7 Проанализировать назначение, типы, параметры и конструктивное исполнение высоковольтных выключателей

Тема 1.6 Электрические подстанции

В современных условиях для обеспечения надежности и экономичности электроснабжения потребителей необходима совместная работа большого числа электростанций, подстанций и

связывающих их электрических сетей разных напряжений. Однако при этом электрические схемы станций и подстанций должны обеспечивать соединение их отдельных элементов достаточно просто, надежно и удобно. В условиях эксплуатации подстанций возникает необходимость изменения схемы при выводе оборудования в ремонт, ликвидации аварий. Чтобы можно было производить эти изменения электрических схем, их элементы - трансформаторы, шины распределительных устройств (РУ), воздушные и кабельные линии - соединяют друг с другом посредством коммутационных аппаратов.

Главной схемой электрических соединений или схемой первичной коммутации называется схема электрических соединений основного электрооборудования, к которому относятся трансформаторы силовые и измерительные, реакторы, коммутационные аппараты и соединяющие их проводники. Для главных схем подстанций определяющими факторами являются местоположение подстанции в энергосистеме и ее назначение, мощность, перерабатываемая на подстанции и проходящая через нее транзитом, количество и мощность трансформаторов и отходящих линий, уровни их напряжений, категории потребителей, которые питаются по этим линиям.

По способу начертания главные схемы подстанций подразделяются на многолинейные, на которых показываются все фазы электроустановки и нулевой провод, и однолинейные, на которых изображается только одна фаза, остальные ввиду их аналогичности не показываются. Графическое изображение однолинейных схем значительно проще, повышается наглядность и запоминаемость таких схем. Однолинейные схемы составляют для всей электроустановки, те участки, схемы, где по фазам есть отличия, имеют многолинейное изображение.

Выбранная схема при выполнении электроустановки должна обеспечивать ряд условий:

- обеспечивать надежность электроснабжения потребителей;
- осуществлять эксплуатацию с минимальными затратами средств и расходом материалов;
- обеспечивать безопасность и удобство обслуживания;
- исключать возможность ошибочных операций персоналом в процессе срочных переключений.

Выполнение последнего условия затрудняется при очень сложной схеме электроустановки, однако значительное упрощение схемы может вызвать трудности для выполнения первого условия в отношении надежности электроснабжения. Железнодорожные потребители в основном относятся к первой и второй категориям, и для их питания используют чаще трансформаторные подстанции с двумя трансформаторами, один из которых может быть резервным. Для электроснабжения потребителей третьей категории применяют схемы однотрансформаторных подстанций.

Тяговые подстанции постоянного тока на протяжении длительного периода электрификации значительно видоизменились. Поэтому находящиеся в эксплуатации подстанции отличаются большим разнообразием в зависимости от : питающего напряжения (6; 10; 35; 110; 220 кВ); года постройки (здания одноэтажные и двухэтажные); применяемых выпрямителей (внутренней установки с принудительным охлаждением, наружной с естественным охлаждением); от типа подстанции, способа подключения ее к питающей электросети и от других факторов.

Система переменного тока напряжением 25 кВ имеет более высокое напряжение в контактной сети и возможность легко понизить его трансформатором электровоза, что является его главным достоинством. Электровоз мощностью 6000 кВт на постоянном токе потребляет из тяговой сети 2000 А, а на переменном - лишь 300 А. Поэтому контактная сеть на переменном токе более легкая, опорные конструкции для ее крепления также более легкие, требуют меньше материала, а значит - дешевле.

Конструкция подстанций переменного тока по сравнению с подстанциями постоянного тока более простая благодаря отсутствию преобразовательных агрегатов, понижающих и выпрямляющих переменное напряжение. Количество подстанций при системе переменного тока значительно меньше, оно составляет менее 400 на всей сети электрифицированных железных дорог страны. Эксплуатационная же длина линий, электрифицированных на переменном токе, составляет более 20 тыс. км. Среднее расстояние между подстанциями переменного тока превышает 50 км.

В зависимости от конструктивного выполнения **распределительные устройства** делятся на внутренние (закрытого типа) и наружные (открытого типа). Аппаратура внутренних РУ размещается в зданиях и, следовательно, защищена от атмосферных осадков, ветра, резких изменений температуры, а также от пыли, вредных химических загрязнений. В наружных установках аппаратура устанавливается вне зданий, поэтому она требует защитных корпусов и кожухов для защиты от внешних воздействий, электрического подогрева в зимнее время. Однако, наружные РУ характеризуются наглядностью расположения оборудования, хорошей обозреваемостью, снижением объема и срока строительно-монтажных работ, так как отпадает необходимость сооружения специальных помещений большого объема.

Распределительные устройства бывают сборными, если большая часть монтажных работ выполняется на месте установки, и комплектными, если они изготавливаются на специализированных заводах и поставляются на место установки в виде блоков, шкафов, панелей и ячеек.

Распределительные устройства любого типа должны отвечать требованиям безопасности, надежности, экономичности, ограничения аварий и возможности расширения.

Закрытые распределительные устройства (ЗРУ) выполняются на напряжение до 10 кВ, что объясняется сравнительно малыми габаритами применяемых аппаратов требующих небольших объемов здания и его стоимости. В этих условиях целесообразны ЗРУ, в аппараты защищены от непогоды и пыли, а обслуживание их удобнее. По мере повышения напряжения объем здания и стоимость строительной части РУ быстро увеличиваются. В электроустановках до 1 кВ ЗРУ сооружаются в виде распределительных щитов, монтируемых из отдельных огражденных или полностью закрытых камер.

Открытые распределительные устройства (ОРУ) выполняются на напряжение 35 кВ и выше выполняются, как и ЗРУ, в соответствии с требованиями ПУЭ. Территория ОРУ и подстанции должна быть ограждена внешним забором высотой 1,8-2 м. При расположении ОРУ на территории подстанции оно должно быть ограждено внутренним забором высотой 1,6 м.

Токоведущие части (выводы, тины, спуски и т.п.) могут не иметь внутренних ограждений, если они расположены над уровнем планировки или уровнем сооружения, по которому могут ходить люди.

Режим работы потребителей электроэнергии не остается постоянным, а меняется в различные часы суток, дни недели и месяцы года. Соответственно меняется нагрузка всех звеньев в цепи передачи электроэнергии от генераторов электростанций до потребителей. Изменение нагрузок удобно изображать в виде графиков в осях координат, откладывая по оси абсцисс - время, в течение которого рассматривается изменение нагрузки, а по оси ординат - нагрузки.

Различают графики активных и реактивных нагрузок. В первом случае по оси ординат откладывается активная нагрузка P , во втором реактивная Q . По продолжительности периода T , для которого строится график, различаются суточные и годовые графики нагрузок. По сезонности графики делятся на зимние и летние.

Значения активных нагрузок в различные часы суток в эксплуатации определяют по показаниям измерительных приборов и наносят на график. Полученные точки соединяют прямыми линиями, график имеет вид ломаной линии.

Для простоты расчетов по графикам, их строят ступенчатой формы. При этом считается, что между двумя замерами нагрузка не меняется. Суточный график активных нагрузок ступенчатой формы показан на рис. 5,8. Наибольшая нагрузка в течение суток повышается до максимального P . Площадь графика в определенном масштабе соответствует выработанной электроустановкой или потребленной потребителем электроэнергии.

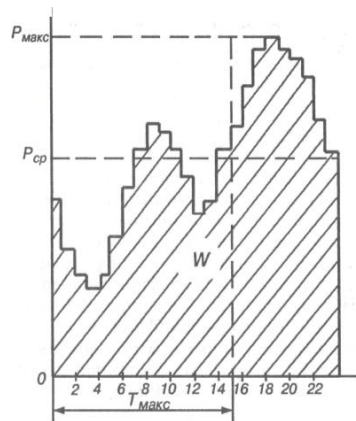


Рисунок 5.8 – Суточный график

Основным оборудованием преобразовательных агрегатов являются преобразовательные (тяговые) трансформаторы и выпрямители.

Преобразовательные трансформаторы предназначены для питания выпрямителей. От обычных понижающих трансформаторов преобразовательные отличаются схемой соединения вторичных обмоток, наличием уравнительного реактора при схеме «две обратные звезды с уравнительным реактором», специфическими условиями работы: значительными колебаниями токов нагрузки; возможностью пробоя диодов фазы; сравнительно частыми КЗ на землю, коммутационными и атмосферными перенапряжениями. Все эти особенности необходимо учитывать при разработке, выполнении и эксплуатации преобразовательных трансформаторов. Для повышения электродинамической стойкости обмоток трансформаторов в аварийных режимах увеличивают радиальный размер вторичных обмоток, снижают плотность тока в них до $2,5...3 \text{ А/мм}^2$ вместо $3...4,5 \text{ А/мм}^2$ для понижающих трансформаторов. Вторичные обмотки выполняют снаружи по отношению к первичным (сетевым) из параллельно соединенных дисковых катушек, которые прессуются специальными сегментами или кольцами. Такое крепление и компоновка обеспечивает высокую электродинамическую прочность и является более технологичным.

В эксплуатации находятся различные преобразовательные трансформаторы для шестифазных нулевых схем выпрямления с уравнительным реактором типов ТМПУ-16000/1ОЖУ1, ТМПУ-6300/35ЖУ1 и для трехфазных мостовых - ТДП-12500/1ОЖУ1, ТМП - 6300/35ИУ1. Для двенадцатипульсовой схемы на базе трансформатора ТДП-12500/1ОЖУ1 разработан преобразовательный трансформатор ТРДП-12500/1ОЖУ1.

Технические характеристики преобразовательных трансформаторов приведены в табл. 8.1 [1].

При преобразовании трехфазного переменного тока в постоянный с помощью выпрямителей кривая выпрямленного напряжения является пульсирующей. У шестипульсовых преобразователей, применяемых на тяговых подстанциях, на интервал времени одного периода основной частоты переменного тока 50 Гц приходится шесть пульсаций, у двенадцатипульсовых - двенадцать. Периодичность пульсаций при этом составляет $50 \times 6 = 300 \text{ Гц}$.

Во многих случаях переменное напряжение энергосистемы несинусоидально, что увеличивает пульсации гармоник и приводит к появлению других, кратных частоте 100 Гц (100; 200; 400; 500 Гц и выше).

Сглаживающие устройства, устанавливаемые в РУ-3,3 кВ, призваны не пропускать с тяговой подстанции в контактную сеть токи высших гармоник.

Схема РУ-3,3 кВ выполняется с рабочей (РШ), запасной (ЗШ) и минусовой (МШ) шинами. Рабочая и запасная шины состоят из трех секций, минусовая - не секционируется. К первой секции присоединяется преобразовательный агрегат ЯЛ, и питающие линии (фидеры) контактной сети и к третьей секции подключаются второй преобразовательный агрегат и третий фидер контактной сети. Ко второй секции подключен разрядник, запасной выключатель и сглаживающее устройство. От минусовой шины отходит рельсовый фидер РФ, называемый также отсасывающей линией, так как по ней ток возвращается на подстанцию из тягового рельса. Секционирование рабочей и запасной шины двумя разъединителями позволяет поочередно выводить в ремонт первую и третью секции без

полного отключения РУ-3,3 кВ. Например, при ремонте первой секции сначала отключают быстродействующие выключатели фидеров контактной сети, затем их разъединители первого фидера, второго фидера (они попарно управляются общим ручным приводом), на вводе от преобразовательного агрегата отключается и разъединитель наконец отключается секционный разъединитель секция заземляется его заземляющим ножом. После окончания ремонтных работ переключения выполняются в обратном порядке: отключают заземляющий нож, включают разъединитель, затем разъединители фидеров.

Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших потребителей электроэнергии. Годовое потребление электроэнергии составляет 35 млрд. кВт × ч, около 70 % из них идет на электрическую тягу поездов. В этих условиях экономия электроэнергии приобретает большое значение. Одним из важнейших мероприятий по снижению расхода электроэнергии на тягу поездов является рекуперативное торможение, позволяющее возвращать около 2 % энергии, используемой на тягу, а на отдельных участках с горным профилем эта величина достигает 20 %.

Энергия рекуперации, вырабатываемая ЭПС при рекуперативном торможении, как правило, потребляется ЭПС, находящимся в режиме тяги на этом же участке. При отсутствии такого потребителя избыточная энергия во избежание срыва торможения должна быть принята другим приемником энергии. В качестве такого приемника на тяговых подстанциях применяются инверторные агрегаты, преобразующие постоянный ток в переменный и отдающие энергию в питающую сеть.

Для перевода выпрямительного агрегата, являющегося источником электроэнергии, в инверторный режим потребителя необходимо выполнить четыре условия.

Первое условие инвертирования - изменить полярность преобразовательного агрегата, так как ток от двигателей ЭПС, работающих при рекуперативном торможении в генераторном режиме, не сможет пройти через полупроводниковые тиристоры инвертора в непроводящем направлении (от катода к аноду). Простое же изменение полярности не приведет к переходу инвертора из режима источника энергии в режим ее потребителя. Необходимо выполнить следующее условия.

Второе условие инвертирования - обеспечить запирающие тиристоры тех фаз трансформатора, напряжение которых в данный момент положительно относительно подводимого из контактной сети инвертируемого напряжения, и отпирание тиристоры фазы, имеющей наиболее отрицательное напряжение. Для выполнения этого условия необходимо в преобразователе использовать управляемые СПП (тиристоры).

Третье условие инвертирования - правильно отрегулировать момент подачи управляющего импульса на тиристор для его отпирания в момент отрицательной ЭДС на его аноде, но когда эта ЭДС выше, чем на аноде тиристора, заканчивающего свою работу. Переключение тиристоры в этом случае происходит автоматически.

Четвертое условие инвертирования - повысить напряжение фазы трансформатора при работе в инверторном режиме. Это условие вытекает из третьего, так как регулирование момента подачи отпирания импульса тиристора приводит к снижению среднего напряжения инвертора за период по сравнению со средним напряжением выпрямителя. Так как на подстанции один преобразователь работает в выпрямительном режиме, то он может подпитывать инвертор, имеющий меньшее среднее напряжение, даже при отсутствии рекуперативного торможения. Чтобы уменьшить уравнивающие токи в цепи выпрямитель-инвертор тяговой подстанции, устанавливают реакторы, воспринимающие мгновенную разность напряжений выпрямителя и инвертора. В процессе рекуперативного торможения эти реакторы воспринимают разность пульсирующего напряжения инвертора и постоянного без пульсаций напряжения тяговых двигателей в генераторном режиме.

Заземляющими называют устройства, служащие для создания надежного пути тока через землю. Если заземление выполнено с целью обеспечения экономически целесообразных условий эксплуатации оборудования электроустановки и питающей ее электрической системы, то оно называется **рабочим заземлением**. Примером рабочего заземления является преднамеренное соединение с землей разрядников, нейтрали трансформаторов или генераторов. Рабочим заземлением является также присоединение к заземлению молниеотводов, защищающих электроустановки от прямых ударов молнии и от индуцированных перенапряжений. Их выделяют в особый класс **грозозащитных заземлений**.

Заземления, выполняемые с целью обеспечения безопасности людей, называются **защитными**. Защитному заземлению подлежат все металлические части корпуса, каркасы, рамы, ограждения электрооборудования, которое нормально не находится под напряжением, но может попасть под него в случае повреждения изоляции.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников. **Заземлителем** называется проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей. Искусственным заземлителем называется заземлитель, специально выполненный для целей заземления. **Естественными** заземлителями называются находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемых для целей заземления. **Заземляющим проводником** называется проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем.

Приемниками электроэнергии собственных нужд (СН) подстанций являются: электродвигатели системы охлаждения трансформаторов; устройства обогрева масляных выключателей и шкафов распределительных устройств с установленными в них аппаратами и приборами; электрическое освещение и отопление помещений и освещение территории подстанций. Наиболее **ответственными приемниками СН** являются устройства системы управления, релейной защиты, сигнализации, автоматики и телемеханики. От этих приемников СН зависит работа основного оборудования подстанций, прекращение их питания даже кратковременно приводит к частичному или полному отключению подстанции. Приемники собственных нужд, перерыв в электроснабжении которых не вызывает отключения или снижения мощности электроустановки, относятся к **неответственным**.

Для электроснабжения потребителей СН подстанций предусматриваются трансформаторы собственных нужд (ТСН) со вторичным напряжением 380/220 В, которые получают электроэнергию от сборных шин РУ-6(10) кВ, а на тяговых подстанциях - от шин РУ-27,5 кВ или РУ-35 кВ (на тяговых подстанциях постоянного тока с первичным напряжением 35 кВ). Такая схема питания ТСН обладает недостатком, который заключается в нарушении электроснабжения потребителей СН при повреждениях на шинах РУ, от которых питаются ТСН. Поэтому ТСН трансформаторных подстанций предпочитают подключать к выводам низшего напряжения главных понижающих трансформаторов - на участках между трансформатором и выключателем.

Питание потребителей СН электроустановок может быть индивидуальным, групповым и смешанным. При индивидуальном питании каждый потребитель получает электроэнергию от шин СН по индивидуальному кабелю, чем обеспечивается высокая надежность электроснабжения, но это приводит к значительному расходу кабелей. При групповом питании потребители получают энергию от групповых щитков и сборок, расположенных вблизи группы потребителей и подключенных одним кабелем к шинам СН. При этом снижается расход кабеля, но возникают дополнительные расходы на групповые щитки и сборки, снижается надежность электроснабжения, так как повреждение кабеля приводит к отключению всех потребителей данной группы. Наиболее рациональным является смешанное питание, при котором ответственные потребители питаются по индивидуальным кабелям непосредственно от шин СН, а остальные - от групповых щитков и сборок.

На тяговых подстанциях от шин СН получают электроэнергию устройства СЦБ железных дорог, дежурные пункты районов контактной сети, совмещенные с тяговыми подстанциями, а также мастерские тяговых подстанций.

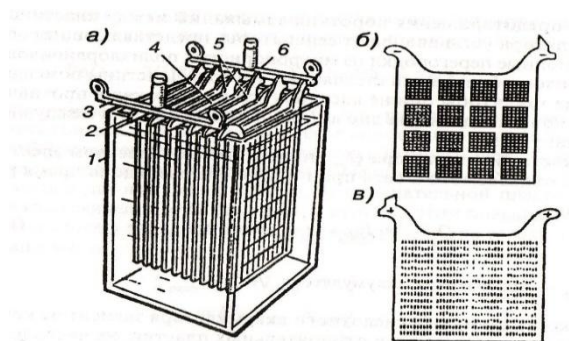
К шинам СН кроме постоянных потребителей могут подключаться также различные передвижные устройства (подстанции, испытательные станции, установки масляного хозяйства).

На тяговых подстанциях всех типов, кроме опорных на напряжение 110-220 кВ, обычно устанавливают по два ТСН мощностью 250-400 кВ-А каждый. На опорных подстанциях 110-220 кВ, масляные выключатели которых имеют мощные подогревательные устройства, применяют два дополнительных ТСН мощностью 250-400 кВ-А для подогрева.

На подстанциях с двумя ТСН мощность каждого трансформатора должна обеспечить (с учетом его перегрузочной способности) питание всех потребителей СН, включая устройства подогрева высоковольтной аппаратуры. На опорных подстанциях, имеющих трансформаторы подогрева, мощность основного ТСН выбирается без учета питания подогревательных устройств РУ-110(220) кВ.

На тяговых подстанциях в качестве источника оперативного постоянного тока используют, как правило, **аккумуляторные батареи** из свинцово-кислотных аккумуляторов типа СК (С - стационарный, К - для кратковременного разряда). Аккумулятор (рис. 5.9, а) состоит из положительных пластин 4 и отрицательных - 5. Пластины каждой полярности спаивают соединительными полюсами. Положительные пластины соединяются между собой полосой 3 и отрицательные - полосой 6. Между собой эти две группы пластин изолированы, а выступами 2 опираются на края стеклянного сосуда /, заполненного электролитом.

Отрицательная пластина (рис. 5.9, б) состоит из свинцово-сурьмяной решетки, заполненной активной массой, состоящей из окислов свинца и свинцового порошка. На обе стороны отрицательной пластины накладывают листы перфорированного свинца для защиты от выпадения активной массы.



а) отрицательная; б) отрицательная
Рисунок 5.9 – Аккумулятор и его пластины

Положительные пластины (рис. 5.9, в) отливают из чистого свинца и для увеличения рабочей поверхности им придают ребристую форму.

Пластины аккумулятора подвергают специальной электрохимической обработке (формовке), после которой на поверхности положительных пластин образуется двуокись свинца, а на поверхности отрицательных - губчатый свинец. Для исключения коробления у положительных пластин должны работать обе стороны, поэтому их на одну меньше, чем отрицательных. Каждая положительная пластина помещена между отрицательными. Средние положительные и отрицательные пластины имеют по две рабочих стороны, крайние отрицательные - одну рабочую сторону. Аккумулятор СК-1 имеет одну положительную пластину и две отрицательные

Выбор аккумуляторной батареи производится, исходя из аварийного режима работы электроустановки, когда к постоянной нагрузке батареи добавляется нагрузка аварийного режима - аварийное освещение, устройства телемеханики и связи и др., которые в нормальном режиме работы питаются от шин собственных нужд переменного тока. При напряжении аккумуляторной батареи 220 В постоянная нагрузка составляет 10-20 А, нагрузка аварийного режима - 10-15 А. Исходной величиной для выбора батареи является ее емкость.

Выбор зарядно-подзарядного агрегата (ЗГГУ) производится по напряжению, току и мощности ЗПУ, исходя из первого (формовочного) заряда аккумуляторной батареи.

В процессе заряда батареи напряжение ЗПУ поддерживается на 2-3 В выше напряжения батареи и продолжается до тех пор, пока на всех аккумуляторах установится одинаковое напряжение, равное 2,15 В и ток заряда будет равен току постоянного подзаряда, что свидетельствует о восстановлении емкости и покрытии нагрузок нормального режима электроустановки.

Самостоятельная работа обучающихся

[1], стр. 386 - 389, стр. 433 - 437, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

Подготовить сообщение или мультимедийную презентацию

Темы для подготовки сообщений или презентаций

1 Назначение, классификация и схемы питания тяговых подстанций.
2 Технические характеристики, конструкция и параметры оборудования преобразовательных агрегатов.

3 Сглаживающие устройства тяговых подстанций.

4 Защита фидеров контактной сети постоянного тока.

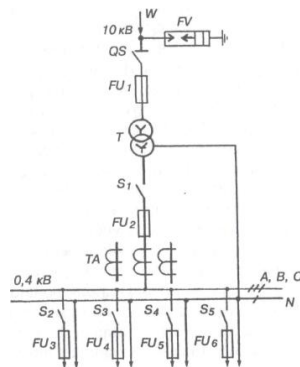
5 Защита фидеров контактной сети переменного тока.

Построить типовые суточные графики нагрузок потребителей.

Изучить [1], стр. 412–416, стр. 437–446 и вычертить схемы тяговых подстанций.

Подготовка к защите отчетов по практическому занятию.

Описать схему однитрансформаторной подстанции с первичным напряжением 10 кВ и вторичным напряжением 0,4 кВ.



Изучить [1], стр. 456–461 - произвести расчет мощности тяговой подстанции

Пример расчета.

Исходные данные:

Выбрать трансформаторы, рассчитать мощность подстанции и максимальные рабочие токи подстанции, схема которой приведена на рис. 6.3 [1]. От подстанции питаются три потребителя со следующими данными:

$$P_{уст1} = 10000 \text{ кВт}, K_{c1} = 0,27, \cos\varphi_1 = 0,93;$$

$$P_{уст2} = 3000 \text{ кВт}, K_{c2} = 0,3, \cos\varphi_2 = 0,92;$$

$$P_{уст3} = 5500 \text{ кВт}, K_{c3} = 0,26, \cos\varphi_3 = 0,93;$$

70% мощности потребителей относится к 1 - й и 2 - й категории и 30% - к 3-й категории. Коэффициент разновременности максимумов нагрузок потребителей $K_{pm} = 0,92$, мощность ТСН $S_{ном.тсн} = 100 \text{ кВ} \times \text{А}$.

Порядок расчета:

1 Расчет максимальных активных мощностей потребителей

$$P_{\text{макс}} = P_{\text{уст}} \times K_c,$$

$$P_{\text{макс}1} = 10000 \times 0,27 = 2700 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{макс}2} = 3000 \times 0,3 = 900 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{макс}3} = 5500 \times 0,26 = 1430 \text{ кВт},$$

$$\sum_{i=1}^n P_{\text{макс}} = 2700 + 900 + 1430 = 5030 \text{ кВт}.$$

2 Расчет максимальных реактивных мощностей потребителей

$$Q_{\text{макс}} = P_{\text{макс}} \times \operatorname{tg} \varphi,$$

$$Q_{\text{макс}1} = 2700 \times 0,394 = 1064 \text{ квар},$$

$$Q_{\text{макс}2} = 900 \times 0,424 = 382 \text{ квар},$$

$$Q_{\text{макс}3} = 1430 \times 0,394 = 563 \text{ квар},$$

$$\sum_1^n Q_{\text{макс}} = 1064 + 382 + 563 = 2009 \text{ квар}.$$

3 Максимальная полная мощность всех потребителей

$$S_{\text{макс}} = K_{\text{р.м}} \times \left(1 + \frac{P_{\text{пост}} + P_{\text{пер}}}{100}\right) \times \sqrt{\left(\sum_1^n P_{\text{макс}}\right)^2 + \left(\sum_1^n Q_{\text{макс}}\right)^2},$$

$$S_{\text{макс}} = 0,92 \times \left(1 + \frac{2+8}{100}\right) \times \sqrt{(5030)^2 + 2009^2} = 5460 \text{ кВ}.$$

4 Расчет мощности на шинах

$$S_{\text{макс.ш}} = S_{\text{макс}} + S_{\text{ном.тсн}},$$

$$S_{\text{макс.ш}} = 5460 + 100 = 5560 \text{ кВ}$$

5 Расчет мощности трансформатора

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{\text{макс}}}{1,4 \times (n-1)},$$

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{5560}{1,4 \times (2-1)} = 3970 \text{ кВ}.$$

По результатам расчета выбирается трансформатор типа ТМН – 4000/35

6. Мощность тупиковой подстанции, питающейся транзитом от шин, (считаем, что на ней установлены 2 трансформатора ТМН – 4000/35:

$$S_{\text{тп}} = n \times S_{\text{ном.т}},$$

$$S_{\text{тп}} = 2 \times 4000 = 8000 \text{ кВА}.$$

7 Мощность проектируемой подстанции с учетом транзита

$$S_{\text{тп}} = (nS_{\text{ном.т}} + \sum S_{\text{транз}}) \times K_{\text{р.м}}'',$$

$$S_{\text{тп}} = (2 \times 4000 + 8000) \times 0,8 = 12800 \text{ кВА}.$$

8. Максимальные рабочие токи сборных шин и присоединений подстанции по формулам (табл. 6.3) [1]

- вводы подстанций $I_{\text{раб.макс}} = \frac{1,3 \times 12800}{\sqrt{3} \times 35} = 275 \text{ А},$

- сборные шины РУ – 35 кВ $I_{\text{раб.макс}} = \frac{1,3 \times 0,6 \times 12800}{\sqrt{3} \times 35} = 165 \text{ А},$

- первичная обмотка трансформатора $I_{\text{раб.макс}} = \frac{1,5 \times 4000}{\sqrt{3} \times 35} = 100 \text{ А},$

- первичная обмотка трансформатора	$I_{\text{раб. макс}} = \frac{1,5 \times 12800}{\sqrt{3} \times 10} = 345 \text{ А} ,$
- сборные шины РУ – 10 кВ	$I_{\text{раб. макс}} = \frac{0,6 \times 2 \times 4000}{\sqrt{3} \times 10} = 276 \text{ А} ,$
- первичная обмотка ТСН	$I_{\text{раб. макс}} = \frac{1,5 \times 100}{\sqrt{3} \times 10} = 8,5 \text{ А},$
- линии потребителей	$I_{\text{раб. макс}} = \frac{1,3 \times 2700}{\sqrt{3} \times 10 \times 0,93} = 217 \text{ А}$
	$I_{\text{раб. макс}} = \frac{1,3 \times 900}{\sqrt{3} \times 10 \times 0,92} = 74 \text{ А}$
	$I_{\text{раб. макс}} = \frac{1,3 \times 1400}{\sqrt{3} \times 10 \times 0,93} = 110 \text{ А}$

Вопросы для самоконтроля

- 1 Показать условные и графические обозначения элементов электрических схем
- 2 Дать понятие электрическим сетям и системам
- 3 Охарактеризовать выбор токоведущих частей электроустановок
- 4 Пояснить схемы присоединения тяговых подстанций переменного тока
- 5 Охарактеризовать требования к РУ открытого и закрытого типа
- 6 Охарактеризовать конструктивное исполнение и назначение аккумуляторных батарей
- 7 Проанализировать виды и периодичность ТО электрических подстанций
- 8 Пояснить схемы питания потребителей собственных нужд
- 9 Проанализировать виды работ в порядке текущей эксплуатации электрических подстанций

Раздел 2 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций

Тема 2.1 Общие сведения о техническом обслуживании оборудования электрических подстанций

Самостоятельная работа обучающихся

[2], стр. 63 - 70, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

Подготовить сообщение или мультимедийную презентацию

Темы для подготовки мультимедийных презентаций

- 1 Виды технического обслуживания оборудования электрических подстанций.
 - 2 Организационные и технические мероприятия при обслуживании электрических подстанций.
 - 3 Основные виды оперативно - технической документации электрических подстанций.
- Подготовка к защите отчетов по практическом занятию.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Пояснить организацию эксплуатации электрооборудования
- 2 Перечислить виды ТО оборудования электрических подстанций
- 3 Охарактеризовать организационные мероприятия при обслуживании электрических подстанций
- 4 Охарактеризовать технические мероприятия при обслуживании электрических подстанций
- 5 Перечислить виды оперативно - технической документации электрических подстанций

Тема 2.2 Организация безопасных условий труда на подстанции

Самостоятельная работа обучающихся

[2], стр. 70 - 77, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

Подготовить мультимедийную презентацию

Темы для подготовки мультимедийных презентаций

- 1 Правила пользования и нормы комплектования средствами защиты
 - 2 Порядок хранения и учета средств защиты.
 - 3 Знаки и плакаты безопасности
 - 4 Оказания первой доврачебной помощи при поражении током
- Подготовка к защите отчетов по практическом занятию.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризовать правила пользования и нормы комплектования средствами защиты
- 2 Проанализировать порядок хранения и учета средств защиты
- 3 Перечислить знаки и плакаты безопасности
- 4 Проанализировать оказание первой доврачебной помощи при поражении током

Тема 2.3 Техническое обслуживание силовых трансформаторов

Самостоятельная работа обучающихся

[2], стр. 78 - 94, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

Подготовить сообщение или мультимедийную презентацию

Темы для подготовки сообщений или мультимедийных презентаций

- 1 Приема в эксплуатацию силовых трансформаторов.
 - 2 Содержание и порядок проведения технического осмотра силового трансформатора.
 - 3 Техническое обслуживание силового трансформатора.
 - 4 Профилактические испытания силового трансформатора.
 - 5 Эксплуатация и испытание трансформаторного масла.
- Подготовка к защите отчетов по практическому занятию.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризовать приемку в эксплуатацию силовых трансформаторов.
- 2 Проанализировать содержание и порядок проведения технического осмотра силового трансформатора.
- 3 Охарактеризовать техническое обслуживание силового трансформатора.
- 4 Проанализировать профилактические испытания силового трансформатора.
- 5 Проанализировать эксплуатацию и испытание трансформаторного масла.

Тема 2.4 Эксплуатация и техническое обслуживание электрооборудования распределительных устройств

Самостоятельная работа обучающихся

[2], стр.108 - 149, изучение текста

Работа с конспектом лекции.

Подготовить сообщение или мультимедийную презентацию

Темы для подготовки сообщений или мультимедийных презентаций

- 1 Порядок приемки в эксплуатацию электрооборудования распределительных устройств.
 - 2 Виды, объемы, нормы технического обслуживания электрооборудования электрических подстанций.
 - 3 Эксплуатация коммутационной аппаратуры.
 - 4 Эксплуатация аккумуляторных батарей.
 - 5 Эксплуатация высоковольтных выключателей.
- Подготовка к защите отчетов по практическому занятию.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризовать порядок приемки в эксплуатацию электрооборудования распределительных устройств.
- 2 Перечислить виды, объемы, нормы технического обслуживания электрооборудования электрических подстанций.
- 3 Проанализировать эксплуатацию коммутационной аппаратуры.
- 4 Проанализировать эксплуатацию аккумуляторных батарей.
- 5 Проанализировать эксплуатацию высоковольтных выключателей.

Перечень учебных изданий, дополнительной литературы

Литература основная

1. Почаевец, В.С. Электрические подстанции: учеб.- М.: Желдориздат, 2010
2. Южаков Б.Г. Технология и организация обслуживания и ремонта устройств электроснабжения: Учебник для техникумов и колледжей ж. – д. транспорта. – М.: Маршрут, 2010
3. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учеб. / Л.Д.Рожкова, Л.К.Карнеева, Т.В.Чиркова.- М.: Академия, 2010
4. Электроснабжение нетяговых потребителей железнодорожного транспорта. Устройство, обслуживание, ремонт: учеб.пособие / под ред. В.М. Долдина.- М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2010

дополнительная

1. Электрические железные дороги: учеб. пособие / под ред. Ю.Е.Просвинова, В.П. Феоктистова.- М.: ФГОУ «УМЦ ЖДТ», 2010
2. Марикин, А.Н. Новые технологии в сооружении и реконструкции тяговых подстанций: учеб.пособие /А.Н. Марикин, А.В. Мизинцев.- М.:ГОУ « УМЦ ЖДТ», 2008
3. Григорьев, В.Л. Тепловые процессы в устройствах тягового электроснабжения: учеб.пособие / В.Л. Григорьев, В.В. Игнатьев.- М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007
4. Коптев, А.А. Устойчивость систем электроснабжения в аварийных и чрезвычайных ситуациях: учеб.пособие.- М.: Маршрут, 2006
5. Коптев, А.А. Сооружение, монтаж и эксплуатация устройств электроснабжения : учеб.пособие / А.А. Коптев, И.А. Коптев.- М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007
6. Инструкция от 14.03.2003 г. № ЦЭ-936. «Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог». М.: Трансиздат, 2003.
7. Инструкция от 18.03.2008 г. № 4054. «Инструкция по безопасности при эксплуатации электроустановок тяговых подстанций и районов электроснабжения железных дорог» (4054). М.: ОАО «РЖД», 2008.