

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.11.02 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ

Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Профиль образовательной программы Электрооборудование и электротехнологии

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Конспект лекций.....	3
1.1	Лекция № 1 Силовые трансформаторы и автотрансформаторы.....	3
1.2	Лекция № 2 Электрические аппараты и проводники.....	4
1.3	Лекция № 3 Системы контроля и измерения на электрических станциях и подстанциях.....	9
1.4	Лекция № 4 Заземляющие устройства	10
2.	Методические материалы по выполнению лабораторных работ.....	10
2.1	Лабораторная работа 1 Силовые трансформаторы Высоковольтные выключатели	10
2.2	Лабораторная работа 2.3 Трансформаторы тока и напряжения	10
2.3	Лабораторная работа 4 Комплектные распределительные устройства.....	11
2.4	Лабораторная работа 5,6 Высокочастотный загрдитель и ограничитель преренапряжения, реклоузеры.....	11

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Силовые трансформаторы и автотрансформаторы»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Типы и охлаждение трансформаторов.
2. Нагрузочная способность силовых трансформаторов.
3. Автотрансформаторы.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Типы и охлаждение трансформаторов.

Способы охлаждения. Конструктивное выполнение трансформатора определяется в значительной мере способом его охлаждения, который зависит от номинальной мощности. При увеличении мощности трансформатора необходимо увеличивать и интенсивность его охлаждения. В силовых трансформаторах для отвода теплоты от обмоток и магнитопровода применяют следующие способы охлаждения: воздушное, масляное и посредством негорючего жидкого диэлектрика. Каждый вид охлаждения имеет соответствующее условное обозначение.

Трансформаторы с воздушным охлаждением (сухие трансформаторы). При естественном воздушном охлаждении магнитопровод, обмотки и другие части трансформатора имеют непосредственное соприкосновение с окружающим воздухом, поэтому охлаждение их происходит путем конвекции воздуха и излучения. Сухие трансформаторы (рис. 2.18) устанавливают внутри помещений (в зданиях, производственных цехах и пр.), при этом главным требованием является обеспечение пожарной безопасности.

Трансформаторы с масляным охлаждением. В трансформаторах с естественным масляным охлаждением (М) магнитопровод с обмотками погружают в бак, наполненный тщательно очищенным минеральным (трансформаторным) маслом.

Длительная работа трансформаторов гарантируется при соблюдении нормированных условий их эксплуатации. Расчетный срок службы трансформаторов в 25 лет обеспечивается при соблюдении ряда условий.

Реальные условия работы трансформаторов могут существенно отличаться от нормированных. При этом возникает вопрос о допустимых перегрузках трансформаторов, которые возникают при несоблюдении одного или одновременно нескольких условий, обеспечивающих нормативный срок службы силового трансформатора.

2.Нагрузочная способность силовых трансформаторов

Нагрузочная способность трансформаторов — это совокупность допустимых нагрузок и перегрузок.

Допустимая нагрузка — это не ограниченная во времени длительная нагрузка, при которой износ изоляции обмоток от нагрева не превосходит износ, соответствующий номинальному режиму работы.

Перегрузка трансформатора — режим, вызывающий ускоренный износ изоляции. Такой режим возникает, если нагрузка на данный трансформатор окажется больше его номинальной мощности или температура охлаждающей среды больше принятой расчетной +200 С.

3.Автотрансформаторы.

Автотрансформатор — это трансформатор, в котором первичная и вторичная обмотки объединены в общую электрическую цепь. Следовательно, число обмоток автотрансформатора вдвое меньше , чем число обмоток трансформатора; в однофазном

автотрансформаторе – одна, а в трехфазном – три (на каждую фазу по одной). Таким образом добиваются уменьшения массы, размеров и стоимости автотрансформатора.

1. 2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Электрические аппараты и проводники»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Классификация. Контакты шин и аппаратов. Токопроводы.
2. Отключение цепей переменного тока. Отключение цепей постоянного тока.
3. Выключатели высокого напряжения и их приводы. Изоляторы. Плавкие предохранители.
4. Разъединители, отделители, короткозамыкатели и их проводы.
5. Токоограничивающие реакторы, их устройства.
6. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.
7. Электродинамическая и термическая стойкость проводников и электрических аппаратов.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1.Классификация. Контакты шин и аппаратов. Токопроводы

Электрические аппараты (ЭА) — это электротехнические устройства, применяемые при использовании электрической энергии, начиная от ее производства, передачи, распределения и кончая потреблением. Разнообразие видов ЭА и различие традиций мировых электротехнических школ затрудняют их классификацию.

Одним из основных признаков классификации ЭА является напряжение. Различают аппараты низкого напряжения (АНН) — до 1000 В и аппараты высокого напряжения (АВН) — свыше 1000 В.

Большинство *аппаратов низкого напряжения* условно можно разделить на следующие основные виды:

аппараты управления и защиты — автоматические выключатели, контакторы, реле, пускатели электродвигателей, переключатели, рубильники, предохранители, кнопки управления и другие аппараты, управляющие режимом работы оборудования и его защитой;

аппараты автоматического регулирования — стабилизаторы и регуляторы напряжения, тока, мощности и других параметров электрической энергии;

аппараты автоматики — реле, датчики, усилители, преобразователи и другие аппараты, осуществляющие функции контроля, усиления и преобразования электрических сигналов.

Аппараты высокого напряжения работают в сетях с напряжением до 1150 кВ переменного тока и 750 кВ постоянного тока и также существенно отличаются по своим функциям. В настоящем учебном пособии аппараты высоко напряжения не рассматриваются.

Отключение цепей переменного постоянного и переменного тока обычно сопровождается кратковременными повышениями напряжения - перенапряжениями на коммутирующих элементах и на отдельных участках отключаемой цепи. С физической точки зрения перенапряжения вызваны появлением избыточных электрических зарядов на емкостных элементах оборудования, появляющихся в процессе обмена энергией, сосредоточивающейся на индуктивных и емкостных элементах цепи.

3.Выключатели высокого напряжения и их приводы. Изоляторы. Плавкие предохранители.

Линейный изолятор — устройство для подвешивания и изоляции проводов и кабелей на опорах воздушной линии электропередачи (ВЛ).

Электрические изоляторы классифицируются по назначению, конструктивному исполнению, материалу изготовления, техническим характеристикам и условиям эксплуатации.

Опорный.

Для работы в помещениях — с гладкой поверхностью и ребристые.

Для работы на открытом воздухе — штыревые, стержневые.

Проходной.

Для работы в помещениях — с токоведущими шинами (токопроводами), без токоведущих шин.

Для работы на открытом воздухе — с нормальной и усиленной изоляцией.

Высоковольтные вводы для работы на открытом воздухе — в герметичном и негерметичном исполнении.

Линейный для работы на открытом воздухе — штыревой, тарельчатый, стержневой, орешковый, анкерный.

Защитный — полый изолятор, предназначенный для использования в качестве изолирующей защитной оболочки электротехнического оборудования.

Такелажный изолятор для установки между работающими на растяжение тросами оттяжек антенных мачт, подвесками контактной сети, проводами антенн.

Электрические изоляторы могут изготавливаться из стекла, фарфора и полимерных материалов. Фарфоровые изоляторы покрываются глазурью для улучшения изолирующих свойств.

Плавкий предохранитель — компонент силовой электроники одноразового действия, выполняющий защитную функцию. В электрической цепи плавкий предохранитель является слабым участком электрической цепи, сгорающий в аварийном режиме, тем самым разрывая цепь и предотвращая последующее разрушение высокой температурой[1]. Минимальный ток перегрузки, при котором произойдёт гарантированное сгорание плавкой вставки составляет 1,6 от номинального тока.

4.Разъединители, отделители, короткозамыкатели и их проводы

Разъединитель - контактный коммутационный аппарат, который обеспечивает в отключенном положении изоляционный промежуток, удовлетворяющий нормированным требованиям.

Разъединители служат для создания видимого разрыва, отделяющего выведенное из работы оборудование от токопроводящих частей, находящихся под напряжением. Это необходимо, например, при выводе оборудования в ремонт в целях безопасного производства работ.

Разъединители не имеют дугогасительных устройств и поэтому предназначаются, главным образом, для включения и отключения электрических цепей при отсутствии тока нагрузки и находящихся только под напряжением или даже без напряжения.

При отсутствии в электрической цепи выключателя в электроустановках 6-10 кВ допускается включение и отключение разъединителями небольших токов, значительно меньших номинальных токов аппаратов, о чем сказано ниже.

Отделитель — высоковольтный аппарат, предназначенный для автоматического отключения повреждённых участков цепи в бестоковую паузу АПВ, поскольку его конструкция не рассчитана на гашение электрической дуги. Устройство отделителя такое же как и разъединителя. Отличие от последнего в том, что отделитель в комбинации с

короткозамыкателем создаёт систему отделитель-короткозамыкатель которая представляет альтернативу высоковольтному выключателю.

Обычно отделитель представляет контактную систему рубящего типа без дугогашения и снабжённого пружинно — моторным приводом. В нормальном режиме электродвигателем осуществляется натяжение пружины и постановку механизма на защёлку. При подаче сигнала защелка освобождается специальным расцепителем электромагнитного действия и под действием натянутой пружины отделитель размыкает цепь. Такой принцип (пружинное отключение) необходим для энергонезависимости срабатывания отделителя (для надёжной его работы). Необходимо также отметить обязательную блокировку отключения отделителя под током.

Короткозамыкатель — электрический аппарат, предназначенный для создания искусственного короткого замыкания на землю в сетях электроснабжения.

Конструктивно короткозамыкатель аналогичен заземлителю, но за счёт мощной контактной системы может включаться на короткое замыкание.

5.Токоограничивающие реакторы, их устройства.

Токоограничивающий реактор — электрический аппарат, предназначенный для ограничения тока короткого замыкания. Включается последовательно в схему и работает как индуктивное дополнительное сопротивление, уменьшающее ток при коротком замыкании, что увеличивает устойчивость генераторов и системы в целом.

Измерительные трансформаторы тока и напряжения предназначены для уменьшения первичных токов и напряжений до значений, наиболее удобных для подключения измерительных приборов, реле защиты, устройств автоматики. Применение измерительных трансформаторов обеспечивает безопасность работающих, так как цепи высшего и низшего напряжения разделены, а также позволяет унифицировать конструкцию приборов и реле.

При проверке проводников и электрических аппаратов электроустановок на электродинамическую и термическую стойкость при КЗ предварительно должны быть выбраны расчетные условия КЗ, т.е. расчетная схема электроустановки, расчетный вид КЗ в электроустановке, расчетная точка КЗ, а также расчетная продолжительность КЗ в электроустановке (последнюю используют при проверке на термическую стойкость проводников и электрических аппаратов, а также при проверке на невозгораемость кабелей).

Расчетная схема электроустановки должна быть выбрана на основе анализа возможных электрических схем этой электроустановки при продолжительных режимах ее работы. К последним следует относить также ремонтные и послеаварийные режимы работы.

6.Измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Измерительный трансформатор — электрический трансформатор, предназначенный для измерения и контроля, например, в системах релейной защиты сетей, напряжения, тока или фазы электрического сигнала, обычно переменного тока промышленной частоты (50 или 60 Гц) в контролируемой цепи.

Применяется в тех случаях, когда непосредственное подключение измерительного прибора неудобно или невозможно, например, при измерении очень больших токов или напряжений. Также применяется для обеспечения гальванической изоляции первичной цепи от измерительной или контролирующей цепи.

Измерительный трансформатор рассчитывается таким образом, чтобы оказывать минимальное влияние на измеряемую (первичную) цепь и минимизировать искажения формы сигнала и фазы измеряемого сигнала первичной цепи, пропорционально отображаемого во вторичную измерительную цепь.

По исполнению и применению трансформаторы тока бывают следующих видов:

- встроенный трансформатор тока — трансформатор тока, первичной обмоткой которого служит ввод электротехнического устройства;
- опорный трансформатор тока — трансформатор тока, предназначенный для установки на опорной плоскости;
- проходной трансформатор тока — трансформатор тока, предназначенный для использования его в качестве ввода;
- шинный трансформатор тока — трансформатор тока, первичной обмоткой которого служит одна или несколько параллельно включенных шин распределительного устройства (шинные трансформаторы тока имеют изоляцию, рассчитанную на наибольшее рабочее напряжение);
- втулочный трансформатор тока — проходной шинный трансформатор тока;
- разъемный трансформатор тока — трансформатор тока без первичной обмотки, магнитная цепь которого может размыкаться и затем замыкаться вокруг проводника с измеряемым током;
- Токоизмерительные клещи — ручной измерительный прибор, переносный разъемный трансформатор тока.

Трансформаторы напряжения бывают следующих видов:

- заземляемый трансформатор напряжения — однофазный трансформатор напряжения, один конец первичной обмотки которого должен быть заземлен, или трехфазный трансформатор напряжения, нейтраль первичной обмотки которого должна быть заземлена;
- незаземляемый трансформатор напряжения — трансформатор напряжения, у которого все части первичной обмотки, включая зажимы, изолированы от земли до уровня, соответствующего классу напряжения;
- каскадный трансформатор напряжения — трансформатор напряжения, первичная обмотка которого разделена на несколько последовательно соединенных секций, передача мощности от которых к вторичным обмоткам осуществляется при помощи связывающих и выравнивающих обмоток;
- ёмкостный трансформатор напряжения — трансформатор напряжения, содержащий ёмкостный делитель;
- двухобмоточный трансформатор напряжения — трансформатор напряжения, имеющий одну вторичную обмотку;
- трехобмоточный трансформатор напряжения — трансформатор напряжения, имеющий две вторичные обмотки: основную и дополнительную.

7.Электродинамическая и термическая стойкость проводников и электрических аппаратов.

Электродинамическая стойкость аппаратов проверяется по допустимым наибольшему действующему значению периодической составляющей тока .

Электродинамической стойкостью аппарата называется его способность противостоять ЭДУ, возникающим при прохождении токов КЗ.

Для определения электродинамической стойкости аппаратов и жестких шин с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями - трехфазное КЗ.

При расчете электродинамической стойкости аппарата необходимо учитывать возможность появления резонанса между гармонически меняющимся ЭДУ и собственными механическими колебаниями токоведущих деталей.

За расчетный вид КЗ принимают: для определения электродинамической стойкости аппаратов, жестких шин и опорных конструкций для них - трехфазное КЗ; для определения термической стойкости аппаратов и проводников на генераторном напряжении электростанций (кроме участков за линейным реактором) - трехфазное или

двухфазное КЗ (то, которое приводит к наибольшему нагреву); в остальных случаях - трехфазное КЗ.

1. 3 Лекция №3(2 часа).

Тема: «Системы контроля и измерения на электрических станциях и подстанциях»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Назначение систем измерения и контроля.
2. Контрольно-измерительная аппаратура.
3. Системы блокировки и сигнализации.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1.Назначение систем измерения и контроля.

Для обеспечения требуемых режимов электрические станции и подстанции оснащаются системами и устройствами управления, контроля и сигнализации, представляющими собой в большей или меньшей степени автоматизированный информационно-управляющий комплекс.

2.Контрольно-измерительная аппаратура.

Системы и устройства управления позволяют:

- а) разворачивать, синхронизировать с сетью и включать на параллельную работу с ней генераторы электростанций;
- б) включать в работу и отключать от сети элементы электрических систем;
- в) производить переключения в РУ электроустановок, воздействуя на выключатели и разъединители;
- г) изменять режим работы электроустановки.

Системы и устройства контроля позволяют контро-лировать:

- а) режим работы элементов электроустановок (генераторов, синхронных компенсаторов, трансформаторов, электродвигателей, линий электропередачи, реакторов и т. п.), наличие перегрузок, допустимость перехода от одного режима к другому;
- б) положение коммутационных аппаратов (выключателей, разъединителей и т. д.);
- в) параметры режима электрической системы (напряжение в узлах, токи цепей, частоту в сети, температуру различных частей электрооборудования и т. д.);
- г) состояние изоляции силовых цепей переменного тока;
- д) состояние изоляции цепей оперативного тока;

3.Системы блокировки и сигнализации.

Системы и устройства сигнализации оповещают дежурный персонал:

- а) об отклонении режима работы электроустановки или ее элементов от заданного режима;
- б) о перегрузках оборудования;
- в) о нарушении изоляции цепей переменного и постоянного тока;
- г) о неисправности предохранителей в цепях оперативного тока;
- д) о положении коммутационных аппаратов;

В последнее время в связи с вводом на электростанциях мощного уникального оборудования с большим числом вспомогательных устройств функции управления, контроля и сигнализации все больше переходят от чело-века к различного рода системам

автоматики, в том числе к системам с цифровыми вычислительными машинами и к системам с цифро-аналоговыми комплексами.

1. 4 Лекция №4 (2 часа).

Тема: «Заземляющие устройства»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Заземляющие устройства.
2. Расчет и выполнение заземляющих устройств.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1.Заземляющие устройства.

Заземление электроустановок осуществляется преднамеренным соединением их с заземляющим устройством.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлителем называется металлический проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

Заземляющими проводниками называются металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановок с заземлителем.

Заземляющие устройства, сооружаемые в основном для обеспечения условий безопасности персонала, должны удовлетворять также требованиям, обусловленным режимами сетей и защитой от перенапряжений.

Последовательное включение в заземляющий проводник заземляемых элементов установки не допускается, так как при изъятии какого-либо элемента установки для ремонта, замены и т. п. произойдет разрыв цепи заземления со всеми вытекающими отсюда последствиями.

При параллельном присоединении (т. е. посредством отдельных ответвлений) в этом случае сохраняется непрерывность цепи заземления (заземляющей магистрали). Заземление присоединенных к ней элементов установки не нарушается.

В России требования к заземлению и его устройство регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ). Заземление в электротехнике подразделяют на естественное и искусственное.

Естественное заземление

Заземлитель (металлический стержень) с присоединённым заземляющим проводником

К естественному заземлению принято относить те конструкции, строение которых предусматривает постоянное нахождение в земле. Однако, поскольку их сопротивление ничем не регулируется и к значению их сопротивления не предъявляется никаких требований, конструкции естественного заземления нельзя использовать в качестве заземления электроустановки. К естественным заземлителям относят, например, трубы.

Искусственное заземление

Искусственное заземление — это преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки электрической сети, электроустановки или оборудования, с заземляющим устройством.

Заземляющее устройство (ЗУ) состоит из заземлителя (проводящей части или совокупности соединённых между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землёй непосредственно или через промежуточную проводящую среду) и заземляющего проводника, соединяющего заземляемую часть (точку) с заземлителем. Заземлитель может быть простым металлическим стержнем (чаще всего стальным, реже медным) или сложным комплексом элементов специальной формы.

Качество заземления определяется значением сопротивления заземления / сопротивления растеканию тока (чем ниже, тем лучше), которое можно снизить,

увеличивая площадь заземляющих электродов и уменьшая удельное электрическое сопротивление грунта: увеличивая количество заземляющих электродов и/или их глубину; повышая концентрацию солей в грунте, нагревая его и т. д.

Электрическое сопротивление заземляющего устройства различно для разных условий и определяется/нормируется требованиями ПУЭ и соответствующих стандартов.

2.Расчет и выполнение заземляющих устройств.

Расчет заземляющих устройств сводится главным образом к расчету собственно заземлителя, так как заземляющие проводники в большинстве случаев принимаются по условиям механической прочности и стойкости к коррозии по ПТЭ и ПУЭ. Исключение составляют лишь установки с выносным заземляющим устройством. В этих случаях рассчитываются последовательно включаемые сопротивления соединительной линии и заземлителя, так, чтобы их суммарное сопротивление не превышало допустимого.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «Силовые трансформаторы .Высоковольтные выключатели»

2.1.1 Цель работы: Изучить силовые трансформаторы.

2.1.2 Задачи работы:

1. Назначение силовых трансформаторов.
2. Назначение трехфазных трансформаторов.
3. Назначение трансформаторов с расщепленной обмоткой.
4. Назначение силовых выключателей

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Плакаты

2.Стенды

3.Наглядное оборудование

2.1.4 Описание (ход) работы:

в ходе лабораторной работы изучили назначение, принцип действия трехфазных трансформаторов, трансформаторов с расщепленной обмоткой

2.2 Лабораторная работа №2,3 (4 часа).

Тема: «Трансформаторы тока и напряжения»

2.2.1 Цель работы: изучить трансформатор тока и напряжения

2.2.2 Задачи работы:

1. Назначение трансформатора тока.
2. Назначение трансформатора напряжения.
3. Как работают схемы представленные в лабораторной работе.
4. Преимущества использования трансформаторов тока и напряжения.
5. Недостатки трансформаторов тока и напряжения.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Плакаты

2.Стенды

3.Наглядное оборудование

2.2.4 Описание (ход) работы:

В ходе лабораторной работы изучить трансформаторы тока и напряжения

2.3 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: «Комплектные распределительные устройства»

2.3.1 Цель работы: Изучить комплектные распределительные устройства

2.3.2 Задачи работы:

1. Назначение КРУ.
2. Изучить классификацию КРУ.
3. Устройство КРУ.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Плакаты
2. Стенды
3. Наглядное оборудование

2.3.4 Описание (ход) работы:

В ходе лабораторной работы, с помощью наглядного оборудования изучить КРУ.

2.4 Лабораторная работа №5,6 (4 часа).

Тема: «Высокочастотный заградитель и ограничитель перенапряжения, реклоузеры»

2.4.1 Цель работы: Изучить высокочастотный заградитель и ограничитель перенапряжения, реклоузеры

2.4.2 Задачи работы:

1. Назначение высокочастотного заградителя
2. Назначение ограничителя перенапряжения
3. Назначение реклоузеры
4. Принцип работы высокочастотного заградителя, ограничителя перенапряжения, реклоузеры

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Плакаты
2. Стенды
3. Наглядное оборудование

2.4.4 Описание (ход) работы:

В ходе лабораторной работы изучить заградители , ограничители и реклоузеры