**КУРС ЛЕКЦИЙ**

**13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)**

**по ПМ.01**

**Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования**

### Содержание:

### ТЕМА 1. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ, АППАРАТУРА И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

1.[ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.](#_ПРИСПОСОБЛЕНИЯ_И_ИНСТРУМЕНТЫ,)

[2. АГРЕГАТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МОНТАЖА ЗАЗЕМЛЕНИЯ](#_АГРЕГАТЫ_И_ПРИСПОСОБЛЕНИЯ)

3[. НАГРЕВ ПРОВОДНИКОВ И КОНТАКТОВ. ДОПУСТИМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА И ПРЕВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР](#_НАГРЕВ_ПРОВОДНИКОВ_И)

[4. ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕТЛИ «ФАЗА-НУЛЬ»](#_ИЗМЕРЕНИЯ_СОПРОТИВЛЕНИЯ_ПЕТЛИ)

5. [ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ, ФАЗЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧЕРЕДОВАНИЯ ФАЗ](#_ИЗМЕРЕНИЯ_КОЭФФИЦИЕНТА_МОЩНОСТИ,)

**ТЕМА 2.ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

1. [ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ](#_ВИДЫ_ТЕХНИЧЕСКОГО_ОБСЛУЖИВАНИЯ)
2. [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН: ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ И УЗЛОВ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ И КОМПЕНСАТОРОВ (СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ, ОХЛАЖДЕ¬НИЯ, МАСЛЯНЫХ УПЛОТНЕНИЙ, ЩЕТОЧНЫХ АППАРАТОВ)](#_ТЕХНИЧЕСКОЕ_ОБСЛУЖИВАНИЕ_ЭЛЕКТРИЧЕС)

### [ДВИГАТЕЛИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД: НАДЗОР И УХОД](#_ДВИГАТЕЛИ_СОБСТВЕННЫХ_НУЖД:)

1. [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ: СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МАСЛА, ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ](#_ТЕХНИЧЕСКОЕ_ОБСЛУЖИВАНИЕ_УСТРОЙСТВ)

### [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ](#_ТЕХНИЧЕСКОЕ_ОБСЛУЖИВАНИЕ_УСТРОЙСТВ)

1. [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ](#_ТЕХНИЧЕСКОЕ_ОБСЛУЖИВАНИЕ_КОММУТАЦИО)
2. [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, СБОРНЫХ ШИН И ИЗОЛЯТОРОВ](#_ТЕХНИЧЕСКОЕ_ОБСЛУЖИВАНИЕ_ИЗМЕРИТЕЛЬ)
3. [ВИДЫ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ. УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ](#_ВИДЫ_ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ_В)
4. [ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЗЕМЛЯЮЩИМ УСТРОЙСТВАМ, ИХ КОНСТРУКЦИИ. СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ](#_ТРЕБОВАНИЯ_К_ЗАЗЕМЛЯЮЩИМ)
5. [УСТРОЙСТВО АККУМУЛЯТОРОВ, ИХ ТИПЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ](#_УСТРОЙСТВО_АККУМУЛЯТОРОВ,_ИХ).
6. [СХЕМЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И ПОДСТАНЦИЯХ. ОБСЛУЖИВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ](#_СХЕМЫ_АККУМУЛЯТОРНЫХ_УСТАНОВОК)
7. [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ: НАДЗОР ЗА КАБЕЛЬ-НЫМИ ЛИНИЯМИ, КОНТРОЛЬ НАД НАГРУЗКАМИ И НАГРЕВОМ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ](#_ТЕХНИЧЕСКОЕ_ОБСЛУЖИВАНИЕ_КАБЕЛЬНЫХ).
8. [КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБМОТОК КАБЕЛЕЙ И МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЕ](#_КОРРОЗИЯ_МЕТАЛЛИЧЕСКИХ_ОБМОТОК).
9. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.](#_ОПРЕДЕЛЕНИЕ_МЕСТ_ЗАМЫКАНИЙ)
10. [Общие сведения о техническом обслуживании воздушных линий](#_ОПРЕДЕЛЕНИЕ_МЕСТ_ЗАМЫКАНИЙ)
11. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВЛ.](#_ОПРЕДЕЛЕНИЕ_МЕСТ_ЗАМЫКАНИЙ)
12. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ](#_ОПРЕДЕЛЕНИЕ_МЕСТ_ЗАМЫКАНИЙ)

[НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 КВ.](#_ОПРЕДЕЛЕНИЕ_МЕСТ_ЗАМЫКАНИЙ)

**ТЕМА 1. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ, АППАРАТУРА И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

ЛЕКЦИЯ 55

## [ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ](#_Содержание:).

Все работы по техническому обслуживанию производятся с помощью различных приспособлений и инструмента. Каждый электрик должен иметь клещи универсальные КУ-1, предназначенные для снятия изоляции с проводов, откусывания проводов, ими можно зачищать оголенные жилы. Они применяются при обработке 1,2 или 3-хжильных проводов всех марок сечением 1,2, 2,5, 4мм2. Кроме того необходимо иметь нож монтерский складной с предохранителем от самоскладывания, указатель напряжения, пробник, бокорезы для откусывания медных и алюминиевых проводов малых сечений, плоскогубцы универсальные для зажима и откусывания проводов малых сечений и т.д. Весь инструмент должен быть изолирован.

Специальные инструменты и приспособления для монтажа проводов и кабелей.

Оконцевание и соединение жил алюминиевых и медных проводов и кабелей методом сварки, опрессовки или пайки.

**Сваркой** называют процесс получения неразъемного соединения твердых металлов, осуществляемый при использовании междуатомных сил сцепления. Междуатомное сцепление происходит при расплавлении металла и последующим его остывании. Это сварка плавлением. Существует еще сварка давлением. В этом случае производят сдавливание свариваемых элементов.

При электромонтажных работах широко используется ручная электродуговая сварка. Питание сварочной цепи производится от передвижных сварочных трансформаторов, которые подключаются к сети напряжением 380/220В. В зависимости от типа трансформатора рабочее напряжение сварочной цепи равно 25…35В, напряжение хх 60…79В, сварочный ток регулируется в пределах от 55…60 до 400…700А

При сварке на постоянном токе питание сварочной цепи осуществляется от вращающегося преобразователя.

Сварку алюминия производят в среде аргона алюминиевым плавящимся электродом, сварку меди- медным электродом. Для соединения алюминия и меди применяют сварку неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона.

При соединении алюминиевых жил широко используют электросварку контактным разогревом. Для этого с концов жил снимают изоляцию на длине 35…40мм, зачищают концы наждачной бумагой до металлического блеска и скручивают вместе. После этого включают сварочный аппарат. Под действием пружины угольный электрод по мере расплавления жил движется вперед и сваривает их. Сварка прекращается автоматически в момент оплавления соединяемых жил на заданную длину. Место соединения изолируют лентой или полиэтиленовым колпачком.

Соединение жил методом **опрессовки** выполняют ручными клещами, механическим, пиротехническим или гидравлическим прессом с помощью сменных пуансонов или матриц.

**Матрица** - это короб, который образует форму будущего изделия. Изготавливают из металла. Стенки конструкции строго параллельны друг другу, крышки нет.

**Пуансон** - специальная конструкция, который совпадает с профилем матрицы. Это замыкающий элемент, при помощи которого образуется изделие сверху. Пуансон выполняет функцию пресса (иное название - пресс-штемпель или шплинтон), штампа или маркировщика. Система либо выдавливает деталь, либо наносит маркировку (обычную или в зеркальном виде), либо штампует детали.

Смысл опрессовки заключается в соединении токоведущих жил через соединительную гильзу

**Существует 3 метода опрессовки**: местным вдавливанием, сплошным обжатием или комбинированное обжатие

При опрессовке способом **местного вдавливания** зубьями пуансона в одном или нескольких местах создается большое давление в одном месте и наилучший электрический контакт (рис. 1,а). При опрессовке **сплошным обжатием** большое давление, а следовательно, и хороший электрический контакт создаются на всем протяжении обжатия (рис. 1,б). **Комбинированное обжатие** (рис. 1,в) позволяет улучшить электрический контакт между жилой и трубчатой частью наконечника или гильзы благодаря тому, что в условиях сплошного обжатия создается дополнительно большое давление в месте вдавливания зуба пуансона. Надежность контактного соединения во всех случаях достаточно высока, если правильно определена область применения, точно выбраны наконечник или гильза, рабочие инструменты, тщательно подготовлены поверхности и правильно произведена опрессовка.

 Местное вдавливание

 Сплошное обжатие

 пуансон

 гильза комбинирован. обжатие

 жила кабеля

 матрица

Порядок проведения опрессовки:

1. С концов жил удаляется изоляция на расстояние 20-25 мм, жилы зачищаются до металлического блеска. Алюминиевые жилы при этом сразу же смазываются кварцевазелиновой пастой, медные жилы допускается не смазывать
2. По таблице выбираем гильзы, матрицы и пуансоны. Если гильзы имеют больший размер, чем это необходимо, то свободное место уплотняют при помощи дополнительных жил. В случае соединения многопроволочных жил не допускается удаление проволоки жилы для подгонки ее сечения под гильзу
3. Жилы укладывают параллельно друг другу так, чтобы они не были скручены, после чего на них одевается соединительная гильза. При соединении медных жил их вначале оборачивают двумя слоями фольги из меди или латуни, а затем надевают гильзу. Ширина фольги — 18-22 мм, толщина — 0.2 мм
4. Соединение обжимают при помощи пресс-клещей методом однократного местного вдавливания. Степень вдавливания (опрессовки) h должна соответствовать данным в таблице
5. После опрессовки соединение протирается тряпкой с бензином и изолируется.



Для опрессования жил применяют пресс- клещи, гидравлические и монтажные клещи, для соединения и оконцевания жил сечением 16…240мм2 применяют механический или гидравлический пресс.

В случае отсутствия возможности применения сварки или опрессования жил применяют пайку. Для этого используют припой, флюсы и паяльник. Соединение и ответвление **медных**жил сечением 2,5…10мм2производят скруткой. Для этого с жил снимают изоляцию на длину до 35мм, зачищают наждачной бумагой до металлического блеска, пропаивают в ванночке с расплавленным припоем ПОССу 40-0,5. После остывания место пайки изолируют. Соединение и ответвление медных жил сечением до 240мм2 выполняют в гильзах пайкой способом полива. После подготовки жил полив припоя производя в течении 1,5мин (Сибикины «Технология электромонтажных работ» стр.69).

Пайку соединений и ответвлений однопроволочных **алюминиевых** жил сечением 2,5…10мм2 производят двойной скруткой с желобком. С жил снимают изоляцию, зачищают до металлического блеска, нагревают пламенем пропан- кислородной горелки до начала плавления припоя. Потирая желобок палочкой припоя А, введенной в пламя, лудят жилы и заполняют желобок припоем сначала с одной стороны, а затем с другой стороны. После остывания место соединения изолируют.

Для пайки алюминия и его сплавов применяют припои

1. П250А: 250оС – температура плавления,

2. П300А: температура плавления 300оС применяют при намотке обмоток трансформатора

3. П300Б: температура плавления410оС, применяют при плавке заливкой проводов

Флюсы для пайки

1. КЭ – канифоль 30%, спирт этиловый 70%. Применяют для пайки токопроводящих частей из меди, латуни, бронзы

2. ВТС – вазелин 63%, триэтаноламин 6,5%, кислота салициловая 6,3%, спирт этиловый 24,2%, для для пайки алюминия, меди, латуни, бронзы

3. ФВ-3 для пайки алюминия и его сплавов цинковыми и алюминиевыми припоями

И т.д.

Оловянно- свинцовые припои

1. ПОС-40 пайка меди, бронзы, латуни

2. ПОССу95-5, ПОССу40-0,5 – пайка коллекторов, якорных секций, бандажей, токопроводящих соединений эл. машин

ЛЕКЦИЯ 56

## [АГРЕГАТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МОНТАЖА ЗАЗЕМЛЕНИЯ](#_Содержание:)

**Замыканием на землю** называют случайное электрическое соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли или непосредственно с землей.

Замыкание, возникшее в машинах, аппаратах, линиях на заземленные конструктивные части электроустановки называют **замыканием на землю**.

**Заземляющее устройство**- это совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

**Заземлитель** представляет собой металлический проводник или группу проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

**Заземляющими проводниками** являютсяметаллические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

**Заземлением** какой-либо части электроустановки называют преднамеренной электрическое соединение ее с заземляющим устройством.

**Напряжением относительно земли** при замыкании на корпус называют напряжение между этим корпусом и точками зе6мли находящимися вне зоны токов в земле, но не ближе 20м.

**Сопротивление заземляющего устройства**- это сумма сопротивлений, слагающаяся из сопротивления заземлителя относительно земли и сопротивления заземляющих проводников

**Сопротивление заземлителя**- это отношение напряжения на заземлителе относительно земли к току, проходящему через заземлитель в землю.

**Током замыкания на землю** считается ток, проходящий через землю в месте замыкания.

Электроустановками **с большими токами замыкания на землю** называются электроустановки напряжением выше 1кВ, в которых 1-фазный ток замыкания на землю более 500А

Электроустановками **с малыми токами замыкания на землю** называются электроустановки напряжением выше 1кВ, в которых 1-фазный ток замыкания на землю менее или равен 500А

**Глухозаземленной нейтралью** называют нейтраль трансформатора или генератора, присоединенную к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (ТТ и др.)

**Изолированной нейтралью** называют нейтраль, не присоединенную к заземляющему устройству или присоединенную через аппараты, компенсирующие емкостный ток в сети, ТН и другие аппараты, имеющие большое сопротивление.

**Нулевой провод**- это провод сети, соединенный с глухозаземленной нейтралью трансформатора или генератора, или это средний заземленный провод в сети постоянного тока, служащий обратным проводом при неравномерной нагрузке фаз или полюсов.

В электроустановках напряжением до 1000В с глухозаземленной нейтралью источника питания для защиты от поражения эл. током при прикосновении к металлическим частям, оказавшимися под напряжением вследствие повреждения изоляции, является зануление.

**Зануление**- это преднамеренное электрическое соединение металлических частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью источника питания посредством нулевых защитных проводников.

ПУЭ устанавливает следующие значения сопротивлений заземляющих устройств:

- в электроустановках напряжением до 1000В Rз ≤ 10 Ом

- в электроустановках напряжением выше 1000В с большими токами замыкания на землю (глухозаземленная нейтраль) Rз ≤ 0,5 Ом

- выше 1000В с малыми токами замыкания на землю (изолированная нейтраль) Rз ≤ 250/Iз

Заземление и зануление в электроустановках выполняются

- при 380В и выше переменного тока и 440В и выше постоянного тока во всех случаях

- при напряжении выше 42В и ниже 380В переменного тока и выше 110В но ниже 440В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках

- во взрывоопасных помещениях при любых напряжениях

Заземлители делятся на 3 группы:

- углубленные – из полосовой или круглой стали, укладываемых горизонтально на дно котлованов зданий по периметру фундаментов

- горизонтальные- из круглой или полосовой стали, уложенные в траншею

- вертикальные- из стальных вертикально ввинченных или вдавленных в грунт стержней из круглой стали.

Для заземлителей обычно применяют круглую сталь диаметром 10…16мм, полосовую сталь сечением 40х4мм, отрезки угловой стали 50х50х5мм. Длина вертикальных ввинчиваемых или вдавливаемых заземлителей 4,5…5м, забиваемых 2,5…3м. В помещениях с электроустановками до 1кВ применяют магистрали заземления из стальной полосы сечением не менее 100мм2, а напряжение выше 1кВ – не менее 120мм2.

Для ввертывания или вдавливания заземлителей в грунт применяют различные передвижные механизмы: копры, автоямобуры, вибраторы, гидропрессы, бурильно- крановые машины и ручные приспособления. Рытье мащин производят землеройными машинами.

Верх вертикальных заземлителей заглубляют на 0,6…0,7м от уровня земли. Над дном траншеи заземлители должны выступать на 0,1…0,2м для приварки к ним горизонтальных соединительных стержней круглого сечения (сталь круглого сечения более устойчива к коррозии, чем полосовая). Горизонтальные заземлители укладывают в траншеи глубиной 0,6…0,7м от уровня земли. Все соединения выполняют сваркой. Качество сварки проверяют осмотром, а прочность- ударом молотка массой 1кг. Места сварки покрывают битумным лаком во избежание коррозии.

Горизонтальные заземлители в местах пересечения с подземными кабелями, трубопроводами или с железнодорожными путями и автодорогами защищают асбестоцементными трубами.

ЛЕКЦИЯ 57

## [НАГРЕВ ПРОВОДНИКОВ И КОНТАКТОВ. ДОПУСТИМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА И ПРЕВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР](#_Содержание:)

При работе эл. машин, аппаратов, проводов, кабелей возникают потери энергии, которые превращаются в теплоту. Теплота повышает температуру обмоток, контактных соединений, конструктивных деталей и одновременно рассеивается в окружающую среду. Нагревание оборудования ограничивает его мощность и является главной причиной старения изоляции.

По нагревостойкости, т.е. способности длительно выдерживать повышение температуры без повреждений и ухудшения характкристик, электроизоляционные материалы разделены на классы:

Y- допустимая температура 90оС. Представляет собой волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и натурального шелка, не пропитанные и не погруженные в жидкий электроизоляционный материал

A – 105. Представляет собой волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и искусственного шелка, пропитанные или погруженные в жидкий электроизоляционный материал

E-допустимая температура 120. Представляет собой синтетические органические материалы (пленки, волокна, смолы и т.д.)

B-допустимая температура 130. Представляет собой материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими и пропитывающими составами

F- допустимая температура 155. Представляет собой материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими и пропитывающими составами

H- допустимая температура 180. Представляет собой материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые с кремнейорганическими связующими и пропитывающими составами

C- допустимая температура свыше 180о. Представляет собой материалы на основе слюды, керамических материалов, стекла, кварца, применяемые без связующих и пропитывающих составов.

Если температура выдерживается в допустимых пределах, то обеспечивается нормальный срок службы оборудования. С вопросом нагревостойкости связан вопрос старения изоляции, т.е. изменения ее структуры, развития местных дефектов, понижения электрической и механической прочности. Наиболее интенсивно старение изоляции идет под действием высоких температур.

Эл. ток в цепи нагревает проводники и контактные соединения. Количество теплоты, выделяющейся в 1сек. в контактном соединении, пропорционально I2Rк, где Rк- переходное сопротивление контакта, т.е. сопротивление в месте перехода тока с одной контактной поверхности на другую.

Опытом установлено, что значение Rк плоского контакта зависит от удельного сопротивления и твердости металла, качества обработки и чистоты контактных поверхностей и от давления, сжимающего контактные части. Установлено также, что оно не зависит от общей площади соприкасающихся поверхностей, поскольку электрический контакт между ними всегда образуется лишь отдельными точками. С увеличением давления растет число контактных точек и значение переходного сопротивления уменьшается.

Средства измерения температур нагрева и превышения темпе­ратур

Тепловой контроль заключается в обеспечении дежурного персонала информацией о тепловом состоянии оборудования. Наибольшее распространение при контроле температуры трансформаторов и эл. машин нашли 3 способа измерений: метод термометра, сопротивления и термопары.

Метод термометра применяется для измерения местных температур. При этом используются ртутные, спиртовые и толуоловые стеклянные термометры, погружаемые в специальные гильзы, герметически встроенные в крышки и кожухи оборудования.

**Ртутные термометры** обладают наибольшей точностью, но применять их в условиях электромагнитных полей не рекомендуется из-за погрешности, вносимой дополнительным нагревом от вихревых токов.

При необходимости передачи измеренного сигнала на расстояние в несколько метров используются термометры манометрического типа, например, термосигнализаторы ТСМ-100. Прибор заполнен хлористым метилом. При изменении температуры изменяется давление пара хлористого метила, которое передается стрелке прибора. Достоинство манометрических приборов заключается в их вибрационной стойкости. Прибор имеет контактное устройство для автоматического включения и отключения вентиляторов дутья и насосов циркуляции масла в системах охлаждающих устройств трансформаторов.

**Метод сопротивления** основан на учете изменения сопротивления металлического проводника от его температуры. При ремонте генератора значения сопротивлений определяются методом амперметра и вольтметра. У работающего генератора они определяются с помощью термометра сопротивления (терморезистора). Датчики температуры с терморезисторами называются **термометрами сопротивления**. Терморезистор (непосредственно датчик температуры) устанавливается непосредственно в зоне контролируемой температуры и соединяется с прибором с помощью кабеля через зажимы.Конструкции этих термометров разнообразны. Наибольшее применение имеют терморезисторы, выполненные из платиновой или медной проволоки. Преимущество медных термометров в том, что они имеют линейную зависимость сопротивления от температуры. Недостаток: низкий температурный диапазон (до 130оС). Платиновые термометры имеют температуру измерения до 1130оС, но зависимость сопротивления от температуры носит нелинейный характер.

В платиновых термометрах сопротивления применяется проволока без изоляции, наматываемая на каркас из слюдяных пластин. В медных- используется медная проволока, изолированная эмалью или шелком, которая наматывается на каркас из пластмассы или керамики.

В качестве измерительной пары, работающей в совокупности с термометром сопротивления, применяется автоматические мосты и логометры. Установку термометров сопротивлений в статор производят при изготовлении машины.На рис. 9.1 показано устройство платинового термометра сопро­тивления. Сам терморезистор выполнен из платиновой проволо­ки *1,*намотанной на слюдяную пластину *2*с нарезкой. Слюдяные накладки *3*защищают обмотку и крепятся серебряной лентой *4.*Се­ребряные выводы *5*пропущены через фарфоровые изоляторы *6.*Термосопротивление помещается в металлический защитный че­хол 7.

|  |
| --- |
| http://baumanki.net/uploads/lectures/avtomatizaciya/elektromehanicheskie-i-magnitnye-elementy-sistem-avtomatiki/files/7-9.-termorezistory.jpg |

**Метод термопары.** При измерении температуры этим способом используется термоэлектрический эффект, т.е. зависимость ЭДС в цепи от разности температур спая и свободных концов двух разнородных проводников, например, медь- константан.Термопара (термоэлектрический преобразователь температуры) представляет собой спай двух проводников *А*, *B* (термоэлектродов). Место соединения термоэлектродов называется горячим (рабочим) спаем, а противоположные концы холодным (свободным)*.*В замкнутой электрической цепи, образованной двумя разнородными проводниками, при нагревании «горячего» спая на концах «холодного» спая возникает термо-Э.Д.С. постоянного тока (рис. 5.66), зависящая от рода металлов и пропорциональная разности температур спаев, и не зависит от других параметров: диаметра (сечения), длины и удельного сопротивления термоэлектродов, т. е*. ЕAB=f*(*t°C*). ЭДС термопары не превосходит 50 мВ.

Милливольтметр с данной термопарой образует термоэлектрический термометр.

|  |
| --- |
| http://zadocs.ru/pars_docs/refs/8/7264/7264_html_1b1d7e76.png |
| ***Рис. 5.66. Соединение термоэлектродов в термопару*** |

 Термопары присоединяют к измерительным приборам компенсационного типа, потенциометрам постоянного тока,которые предварительно градуируют. С помощью термопар измеряют превышение температур контролируемых элементов.

Термопары, изготовляемые из одних и тех же материалов, развивают при одинаковых температурных условиях одинаковую т. э. д. с. Эти термопары взаимозаменяемы, т.е. любая из термопар данного типа может работать с одним и тем же измерительным прибором данной градуировки.

Схема включения термопар на один измерительный прибор приведена на рис. 1. От свободных концов 2 трех термопар с горячим спаем 1 т. э. д. с. по компенсационным проводам 3 подается в коробку свободных концов 4, откуда по медным соединительным проводам 6 через панель 7 с подгоночными катушками 8 подводится к переключателю 9.Переключателем можно поочередно подключать каждую из термопар к измерительному прибору 10. В коробке свободных концов установлен термометр 5, которым определяют температуру свободных концов термопар в коробке.

### Схема включения термопар



Т. э. д. с. термопары зависит не только от температуры рабочего спая, но и от температуры свободных концов, которая должна быть постоянной. На панели 7 установлены подгоночные катушки 8, по одной на каждую пирометрическую цепь, для подготовки внешнего сопротивления цепи RBHЮ Термопары можно использовать для измерения разности температур.

Контроль над температурой нагрева контактов производится не по нагреву, а на основании измерения значения падения напряжения на участке цепи, содержащей контактное соединение, или путем измерения переходного сопротивления контакта при помощи милливольтметра и амперметра или с помощью микроомметра.

В первом случае измерение производят под рабочим напряжением специальной измерительн7ой штангой с укрепленным на ней милливольтметром Метод измерения основании на сравнении падения напряжения на участке, имеющим контактное соединение, с падением напряжения на участке целого провода (рис. стр. 42 Мандрыкин «Эксплуатация и ремонт эл. оборудования»)

Во втором случае на отключенном и заземленном участке цепи включают милливольтметр и амперметр. Питание производится от аккумуляторной батареи.

Переходное сопротивление определяется по формуле Rк=ΔUк/I, где ΔUк- падение напряжения на контакте, I- ток, проходящий через контакт.

Дефектность контактного зажима определяется из соотношения: ΔUк/ΔUп= Rк /Rп= Кдеф, где ΔUк, Rк- падение напряжения и сопротивление контакта, ΔUп, Rп - падение напряжения и сопротивление участка целого провода.

При хорошем состоянии контактного зажима Кдеф˂ 1. Если Кдеф ≥ 2, то зажим считается дефектным и его заменяют

ЛЕКЦИЯ 58

## [ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕТЛИ «ФАЗА-НУЛЬ»](#_Содержание:)

**Сопротивление петли фаза-ноль** измеряют для определения поведения защитных автоматов при возникновении короткого замыкания. Короткое замыкание возникает при механическом повреждении кабеля или разрушении изоляции кабеля в результате старения. В электроустановках с заземленной нейтралью нулевой проводник связан с нейтралью трансформатора. Нейтраль трансформатора объединена с контуром заземления.  При замыкании фазы на фазу, на корпус или ноль получается электрическая цепь. Такую цепь называют петля фаза-ноль. При межфазном замыкании ток в контуре будет больше, чем при однофазном замыкании. Сопротивление петли фаза-ноль должно быть как можно более маленьким, тогда ток короткого замыкания в петле будет наибольшим и защита сработает быстрее.

 **Измерение петли фаза-ноль** и токов коротких фазных замыканий проводится для определения времени срабатывания защитных устройств. По полученному значению сопротивления петли фаза-ноль расчетом получают значение тока короткого замыкания. От величины тока зависит время отработки аппарата защиты.

В качестве аппарата защиты обычно выступает автоматический выключатель. Время срабатывания автомата должно удовлетворять требованиям правил устройства электроустановок. Если это время не выходит за рамки 5 секунд для 380 Вольт и 0,4 секунд для 220 Вольт, то грубо защиту линии можно считать достаточной.

Автоматическое отключение питания должно обеспечить защиту от поражения электрическим током при косвенных прикосновениях и коротких замыканиях. Чем быстрее сработает автоматический выключатель, тем меньшие повреждения будут нанесены людям и проводке в электроустановке, ведь при коротком замыкании мгновенно повышается значение тока, и температура проводника резко возрастает. При этом начинает плавиться и гореть изоляция. Даже нескольких секунд в простое срабатывания защиты может хватить для повреждения и возгорания десятков метров кабеля, так как от поврежденного кабеля воспламеняются соседние кабели.

В последнее время при монтаже используют негорючий кабель, что помогает от возникновения пожаров, но не спасает проводку от повреждения, а помещения от задымления. При желании можно использовать и малодымный кабель, но финансовые условия не всегда позволяют это сделать. На [сопротивление петли фаза-ноль](http://www.energetik-ltd.ru/lawyer/price/work/) влияет длина линии, сечение проводников линии, способ соединения участков линии, качество прокладки линии, количество болтовых соединений.

Вместе с проверкой самих аппаратов защиты **измерение фаза-ноль** дает хороший результат в обеспечении безопасности электроустановки.

В установках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали необходимо измерять сопротивление петли фаза-нуль для наиболее удаленных и мощных приемников электроэнергии, но не менее 10% общего числа приемников электроэнергии, питаемых от одного трансформатора. Зная это сопротивление и напряжение сети, можно выбрать плавкие предохранители и уставки автоматов с тем, чтобы при замыкании фазных проводов электроустановки на части, соединенные с заземленным нулевым проводом, происходило автоматическое отключение поврежденного участка.

 Сопротивление петли фаза-нуль можно измерять методом амперметра и вольтметра при отключенном испытываемом оборудовании, а также с помощью специальных приборов без отключения испытываемого оборудования.

При измерении методом амперметра и вольтметра собирают схему. Питание на схему подают от понижающего трансформатора Тр2 (нагрузочного, сварочного или другого с соответствующим вторичным напряжением), который размещают вблизи силового трансформатора Tpl. Для образования петли фаза-нуль соответствующий фазовый провод А наиболее удаленного проверяемого электроприемника М соединяют с корпусом электроприемника перемычкой П, предварительно измерив сопротивление изоляции фазовых проводов и убедившись в хорошем ее состоянии, и включают соответствующий рубильник. Приборы выбирают класса 0,5 на пределы, соответствующие вторичному напряжению трансформатора Тр2 для вольтметра и 20—30 А для амперметра (или прибор 5 А с трансформатором тока 20—30/5 А).Остальные электроприемники, питающиеся от той же линии, нужно отключить соответствующими коммутационными аппаратами. После этого включают рубильник Р и, установив силу тока в цепи 10—20 А, снимают показания приборов. После подачи напряжения измеряются ток I и напряжение U, Сопротивление измеренной петли Zп=U/I. Полученное значение Zп должно быть арифметически сложено с расчетным значением полного сопротивления одной фазы питающего трансформатора Rт/3.



Измерение сопротивления петли фаза-нуль

Ожидаемый ток короткого замыкания рассчитывается по отношению к номинальному напряжению сети по формуле:



Отклонение напряжения сети от номинального вызовет линейное отклонение рассчитанного тока от действительного.

Для обеспечения надежного отключения поврежденного участка электрической сети номинальный ток плавкой вставки или ток уставки расцепителя автомата выбирают из условия /8>/nК (А), где К — коэффициент, равный не менее 3 при защите предохранителями или автоматами с тепловыми расцепителями или 1,1КР (Кр — коэффициент разброса, заданный заводом), для автоматов с электромагнитным расцепителем. При отсутствии данных по коэффициенту разброса для автоматов с электромагнитным расцепителем на ток до 100 А К равен 1,4, а на ток более 100 А — 1,25.

ЛЕКЦИЯ 59

## [ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ, ФАЗЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧЕРЕДОВАНИЯ ФАЗ](#_Содержание:)

Коэффицие́нт мо́щности — безразмерная физическая величина, характеризующая потребителя [переменного электрического тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) с точки зрения наличия в нагрузке [реактивной составляющей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C). Коэффициент мощности показывает, насколько сдвигается по фазе переменный ток, протекающий через нагрузку, относительно приложенного к ней напряжения.

Численно коэффициент мощности равен косинусу этого фазового сдвига.

Можно показать, что если к источнику синусоидального тока (например, розетка ~220 В, 50 Гц) подключить нагрузку, в которой ток опережает или отстаёт по фазе на некоторый угол от напряжения, то на [внутреннем активном сопротивлении источника](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) выделяется повышенная мощность. На практике это означает, что при работе на нагрузку со сдвинутыми напряжением и током от электростанции требуется больше энергии; избыток передаваемой энергии выделяется в виде тепла в проводах и может быть довольно значительным.

Коэффициент мощности равен [отношению](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) потребляемой электроприёмником активной [мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%28%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) к [полной мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C). Активная [мощность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%28%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) расходуется на совершение [работы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F). Полная [мощность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%28%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) — геометрическая сумма активной и реактивной мощностей (в случае синусоидальных тока и напряжения). В общем случае полную мощность можно определить как произведение действующих (среднеквадратических) значений тока и напряжения в цепи. Полная мощность равна корню квадратному из суммы квадратов активной и [реактивной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C#.D0.A0.D0.B5.D0.B0.D0.BA.D1.82.D0.B8.D0.B2.D0.BD.D0.B0.D1.8F_.D0.BC.D0.BE.D1.89.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D1.8C) мощностей. В качестве единицы измерения полной мощности принято использовать [вольт-ампер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82-%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80) (В∙А).
 Для прямого измерения cos φ и фазы применяются специальные электроизмерительные приборы - фазометры.
При отсутствии таких приборов коэффициент мощности можно определить косвенным методом по показаниям трех приборов :амперметра, вольтметра и ваттметра. Тогда в однофазной цепи cos φ = P / (U х I),
где Р, U, I - показания ваттметра, вольтметра и амперметра, соответственно.
В симметричной трехфазной цепи
cos φ = Pw / (√3 х Uл х Iл);
где Pw – активная мощность трехфазной системы,
Uл, Iл – соответственно линейные напряжение и ток.
В симметричной трехфазной цепи значение коэффициента мощности можно определить также по показаниям двух ваттметров Pw1 и Pw2 по формуле


Коэффициент мощности величина не постоянная, он зависит от характера и величины нагрузки. Для асинхронного двигателя изменение нагрузки от нуля до номинальной приводит к изменению cos φ от 0,1 на холостом ходу до 0,86 - 0,87 при номинальной нагрузке. Для практических целей расчета мощности компенсирующих устройств в электрических сетях используют средневзвешенный коэффициент мощности за некоторый интервал времени - сутки или месяц. Для этого за рассматриваемый период снимают показания счетчиков активной и реактивной энергии Wa и Wр и рассчитывают средневзвешенный коэффициент мощности по формуле


Под **чередованием фаз** понимают очередность, в которой фазы трехфазной цепи (отдельные провода линии, обмотки и выводы электрической машины и т. д.) расположены в пространстве, если обход их каждый раз начинать из одного и того же пункта (точки) и производить в одном и том же направлении, например сверху вниз, по часовой стрелке и т. д. На основании такого определения говорят о чередовании обозначений выводов электрических машин и трансформаторов, расцветки проводов и сборных шин.

 В ряде случаев порядок чередования фаз строго регламентирован. Так, порядок чередования обозначений выводов синхронных машин принимается соответствующим порядку следования фаз для установленного направления вращения ротора. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) предусматривают для закрытых РУ следующий порядок чередования окрашенных сборных шин при расположении их в вертикальной плоскости: верхняя шина — желтая, средняя — зеленая, нижняя — красная. При расположении шин в горизонтальной плоскости наиболее удаленная шина окрашивается в желтый цвет, а ближайшая к коридору обслуживания — в красный. На открытых подстанциях чередование окраски сборных и обходных шин ориентируют по силовым трансформаторам. Ближайшая к ним фаза шин окрашивается в желтый цвет, средняя — в зеленый, отдаленная — в красный.

**Совпадение фаз.** При фазировке трехфазных цепей могут быть различные варианты чередования обозначений (расцветки) вводов на включающем аппарате и подачи на эти вводы напряжения разных фаз. Для простоты дальнейших рассуждений допустим, что фазируемые напряжения двух систем шин электроустановки имеют одинаковые порядки следования фаз А, В, С и Ах, Bi, С|. При этом условии фазы одноименных напряжений могут совпасть, а порядок чередования обозначений вводов у выключателя может не совпасть (рис- 2, а) или, наоборот, при одном и том же порядке чередования обозначений вводов фазируемые напряжения могут оказаться сдвинутыми по фазе (рис. 2, б). Поворот одноименных векторов напряжений относительно друг друга может быть не только на угол 120°, как это показано на рис. 2,6, но на любой угол, кратный 30е, что Характерно для трансформаторов, имеющих разные группы соединения обмоток. В обоих приведенных случаях включение выключателя неизбежно приводит к КЗ.
В то же время возможен вариант, когда совпадает и то, и другое (рис. 2, в) - Короткое замыкание между соединяемыми частями установки здесь исключено.
Под совпадением фаз при фазировке как раз и понимают именно этот случай, когда на вводах выключателя, расположенных друг против друга и принадлежащих одной фазе, одноименные напряжения двух частей установки совпадают по фазе, а обозначения (расцветка) вводов выключателя согласованы с соответствующими фазами напряжения и имеют один и тот же порядок чередования.

Рис. 2. Варианты несовпадения (е. б) и совпадения (в) фаз двух частей электроустановки

**ФАЗИРОВКА**– операция технологическая, предназначенная для определения порядка чередования и одноименности фаз.Фазировку можно  выполнить  вольтметром, фазоуказателем,  мегаомметром, пробником, а также приборами для измерения фазных углов.

 С помощью вольтметра обычно производят фазировку вторичных  обмоток трехфазных трансформаторов перед их включением на  параллельную работу(рис. 1).

Перед фазировкой  необходимо измерить сопротивление  изоляции вторичных обмоток относительно корпуса.

Если у трансформаторов есть заземленные нулевые выводы или выведенные зажимы нулевых точек, соединяемые временной перемычкой *Е,*то собственно фазировка заключается в отыскании выводов, между которыми разность напряжений равна нулю.

|  |
| --- |
| http://maximarsenev.narod.ru/slovar2/Fhasing.files/image002.jpg |
| Рис. 1 Фазировка трансформаторов напряжения с выведенной нулевой точкой. |

Фазировку начинают с того, что произвольно выбранный вывод одного из трансформаторов обозначают как *а1* и, подключив к нему щуп вольтметра, рассчитанного на измерение двойного фазного напряжения, вторым щупом отыскивают вывод другого трансформатора, относительно которого напряжение равно нулю.

Найденный   вывод обозначают *а2* и повторяют указанные действия   для другого вывода первого трансформатора, обозначив его *b1.*Найдя  вывод *b2*,  повторяют фазировку для вывода  *с1.*

Выводы *а1*и *а2, b1*и  *Ь2, c1*и *с2* соединяют при включении трансформаторов  на параллельную  работу.

Если ни в одном из вариантов подключения вольтметра относительно вывода  a1 напряжение не было равно нулю, то данные  трансформаторы относятся к разным группам соединения  обмоток и их нельзя включить на параллельную работу без специальных проверок.

 Данным  способом мы  получили сведения о соединении вторичных выводов трансформаторов и нашли одноименные фазы, однако порядок чередования фаз остался неизвестным.

Для определения одноименности фаз вторичной и первичной обмоток трансформатора отключают одну из фаз первичной обмотки от сети, оставляя подключенными две другие.

Затем вольметром или фазоуказателем (пробником) проверяют наличие напряжения на выводах вторичной обмотки. Вывод, напряжение на котором отсутствует или близко к нулю, будет одноименным с отключенной фазой первичной обмотки.

Аналогично находят и два других вывода. Порядок чередования фаз в этом случае специально находить не нужно, так как маркировка выводов трансформаторов известна.

**ТЕМА 2.ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

ЛЕКЦИЯ 60

## [ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ](#_Содержание:)

Техническое обслуживание — комплекс работ для поддержания исправного состояния и работоспособности электрооборудования в процессе эксплуатации. Техническое обслуживание электрооборудования подразделяется на два вида: производственное и межремонтное.

**Производственное** техническое обслуживание осуществляет в процессе эксплуатации персонал, обслуживающий рабочие машины, и дежурные электромонтеры.
В производственное техническое обслуживание входит очистка от пыли и грязи, регулировка креплений (болтов, винтов, гаек), контроль за режимом работы электрооборудования и другие операции. Электромонтеры контролируют выполнение производственными рабочими правил эксплуатации электрооборудования, проверяют и регулируют электрооборудование, проводят ежедневный осмотр и устраняют обнаруженные мелкие неисправности.

В объем **межремонтного** технического обслуживания эл. машин входят операции производственного обслуживания, а также проверка заземления, степени нагрева (корпус, контактные кольца, подшипники), отсутствия ненормальных шумов при работе, центровки привода и рабочей машины, надежности соединений, правильности работы и при необходимости регулировка пуско-защитной аппаратуры или ее выбор, проверка измерительных приборов, выявление и устранение мелких неисправностей.
В объем технического обслуживания низковольтной аппаратуры входят: очистка от пыли и грязи, проверка заземления, контактных соединений, изоляционных панелей, включающих и выключающих устройств, приводов, элементов защиты, дугогасительных камер, станций управления и автоматических устройств и устранение выявленных неисправностей.
В техническое обслуживание внутренних проводок входят: очистка от пыли и грязи, проверка надежности крепления всех элементов проводок, изоляции»и изоляторов, соединения проводов и их натяжений, уплотнений, заземлений, состояния окраски конструкционных элементов и устранение выявленных неисправностей. Один раз в два года в помещении с нормальной средой и один раз в год в сырых, пыльных и пожароопасных помещениях измеряют сопротивление изоляции проводок мегомметром на 1000 В, оно должно быть не ниже 0,5 МОм.
Техническое обслуживание включает в себя регулярные осмотры электрического и электромеханического оборудования и технические мероприятия в соответствии с рекомендациями завода- изготовителя. Эти мероприятия производятся по специальному графику и программе. ТО проводится на отключенном оборудовании (за исключением внешних осмотров) при снятом напряжении и поэтому графики ТО должны быть согласованы с графиками работы основного технологического оборудования.

Электрическое и электромеханическое оборудование по своему функциональному назначению делится на основное и вспомогательное.

К основному относится оборудование, без которого невозможно проведение нормального технологического процесса по выпуску продукции. К вспомогательному относится оборудование, служащее для улучшений условий труда и повышения его производительности. Его отказ не приводит к перерывам в основном технологическом процессе.

Основная цель ТО – обеспечить надежную безаварийную работу оборудования. Но аварии могут происходить не только по причине плохой эксплуатации, но и вследствие нарушения стандартов качества электроэнергии по ГОСТ 13109-97. Аварии и отказы приводят к материальным и экономическим ущербам. Поэтому выявление причин отказов и аварий также является задачей эксплуатации.

Существует 3 системы ТО

- практически без обслуживания. Применяется к вспомогательному электрооборудованию типа освещения, вентиляции, эл. обогревательных устройств. При таком обслуживании производится замена оборудования.

- планово- предупредительная система обслуживания и ремонта (ППР) является основным видом ТО. ППР предусматривает плановые осмотры и ремонты всего оборудования.

- обслуживание с ремонтом по мере необходимости. Этот вид ТО обеспечивает необходимый уровень надежности работы оборудования при минимальной стоимости обслуживания

В процессе эксплуатации происходит износ электрического и электромеханического оборудования. Существует 3 вида износа: механический, электрический и моральный.

**Механический износ** является следствием длительных и многократных механических воздействий на отдельные узлы и детали оборудования. В результате их первоначальная форма и качество ухудшаются. Так, в эл. машинах подвержены износу трущиеся детали: коллектор, контактные кольца, щетки, подшипники, шейки валов, а в эл. аппаратах- контактные поверхности, пружины и т.д.

**Электрический износ** приводит к невосстанавливаемой потере электроизоляционными материалами своих изоляционных свойств. Износ изоляции происходит под действием 4-х основных факторов: тепловых, электрических, механических и под действием окружающей среды. С повышением температуры уменьшаются механическая прочность твердой изоляции и коэффициент теплопередачи, при тепловом расширении изоляции ослабляется ее структура, возникают внутренние термомеханические напряжения. В процессе износа в изоляции могут накапливаться продукты ее распада, приводящие к появлению газовых пузырей и проводящих примесей, которые снижают ее пробивное напряжение

Электрические воздействия на изоляцию определяются уровнем напряжения оборудования. Перенапряжения вызывают неравномерное распределение напряжения вдоль обмотки и могут вызвать ее пробой.

Условия работы изоляции ухудшаются под действием атмосферных воздействий: влаги и примесей, содержащихся в воздухе.

Механические воздействия проявляются 1)при вибрации, 2) при протекании переменных токов по обмоткам, приводящим к возникновению в них знакопеременных электродинамических усилий, 3) из-за центробежных сил в подвижных и вращающихся частях. В результате этих воздействий может происходить пробой изоляции, а на частях оборудования, не находящихся в нормальных условиях под напряжением, могут появляться высокие электрические потенциалы. Устранение этого износа требует капитального ремонта.

**Моральный износ** характеризуется появлением в эксплуатации нового оборудования, характеризующегося более высокими технико- экономическими показателями (КПД, производительность, меньшая стоимость и т.д.). Тогда использование старого оборудования становится нецелесообразным и необходимо произвести капитальный ремонт с улучшением характеристик оборудования или заменить его на новое.

Эта классификация является условной, т.к. все виды износа взаимосвязаны.

Процесс определения состояния объекта называется **диагностированием**. Объектом диагностирования может быть блок, устройство, прибор, комплекс, состояние которых устанавливается.

Часть объекта, которую при диагностировании нельзя разделить на более мелкие, называется **элементом**. Любой объект диагностирования состоит из элементов.

Результат диагностирования, т.е. заключение о состоянии технического объекта, называется **диагнозом**.

Состояние объекта оценивается по диагностическим показателям, т.е. по параметрам или характеристикам, определяющим состояние объекта. Если объект может выполнять возложенные на него функции, то он называется **работоспособным**, а состояние – **работоспособным** состоянием.

При изменении диагностического показателя недопустимым образом в объекте возникает **дефект**. В объекте, состоящим из нескольких элементов, дефектом будет и нарушение связи или появление лишней связи между элементами.

Возникновение дефекта в объекте, состоящим из 1 элемента, соответствует потере работоспособности. Дефект в объекте, состоящим из нескольких элементов, не обязательно приводит к потере работоспособности. В этом случае говорят, что снизилась **степень** работоспособности и повысилась **вероятность** его отказа в дальнейшем.

Процесс установления состояния объекта производят по заданным алгоритмам диагностирования и программе диагностирования.

Алгоритм представляет собой совокупность предписаний о выполнении определенных действий в процессе диагностирования.

Программа диагностирования состоит из множества алгоритмов, направленных на определение состояния объекта.

Т.о. процесс диагностирования выполняет следующие задачи:

- определяет работоспособность объекта

- определяет характер дефекта

- прогнозирует изменение состояния объекта

Первая задача решатся при диагностировании.

Если объект потерял работоспособность, то возникает вторая задача и производится поиск дефекта и определяется возможность восстановления объекта, т.е. возможность устранения дефекта.

При решении третьей задачи изучается характер изменения диагностических показателей и предсказывается момент времени, когда объект потеряет работоспособность, т.е. производится поиск возможных дефектов. Этот процесс называется проверкой исправности объекта.

ЛЕКЦИЯ 61

## [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН: ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ И УЗЛОВ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ И КОМПЕНСАТОРОВ (СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ, ОХЛАЖДЕ­НИЯ, МАСЛЯНЫХ УПЛОТНЕНИЙ, ЩЕТОЧНЫХ АППАРАТОВ)](#_Содержание:)

Осмотры и проверки генераторов производятся перед запуском генератора и во время его работы. При этом осматривают генератор и оборудование, включаемое вместе с ним в работу.

При осмотре генератора перед пуском **после ремонта** необходимо проверить: все ли работы завершены, есть ли об этом запись в журнале ремонта. При осмотре необходимо проверить состояние щеток на роторе и на коллекторе возбудителя, отсутствие подгара и рисок- задиров на пластинах., отсутствие загрязнений на изоляции. Пыль и грязь удаляется протиранием.

При осмотре помещения выводов и ячейки генератора проверяется отсутствие закороток на ошиновке, следов нагрева контактных соединений по термоуказателям или по следам побежалости.Проверяется, не попадает ли масло на оборудование выводов.Включается вентиляция помещения выводов, производится опробывание автомата гашения поля (АГП) и выключателей путем их включения и отключения.

Проверяется готовность к пуску газомасляной системы генератора и системы водяного охлаждения обмоток. Важно убедиться, что открыты все вентили на маслопроводах подачи масла на уплотнения от инжектора. Вместе с машинистом турбины проверяется работа автоматического ввода резерва (АВР) маслонасосов турбины и водородного охлаждения, циркуляционных и др. насосов. Перед проверкой АВР проверяется сопротивление изоляции всех двигателей, принадлежащих турбогенератору, если они были в ремонте или в резерве. Измеряется сопротивление обмотки статора мегомметром 2500В и цепи ротора мегомметром 500…1000В и результат сравнивается с предыдущими измерениями. При уменьшении сопротивления изоляции обмотки статора в 3…5 раз, а в цепи ротора ниже нормированного значения необходимо, разделяя цепи, определить участок с пониженной изоляцией и принять меры к ее восстановлению. определить поврежденный участок и заменить изоляцию.

Сопротивление цепи возбуждения генератора синхронного компенсатора с воздушным охлаждением должно быть не менее 0,5 Мом при водяном охлаждении полупроводниковых преобразователей- не менее 100кОм. Сопротивление изоляции цепи возбуждения с водяным охлаждением обмотки ротора должно быть не менее 10кОм

При увеличении частоты вращения во время пуска необходимо контролировать работу регулятора, поддерживающего необходимый перепад между давлениями масла на уплотнениях и водорода в генераторе, а также следить по термометрам сопротивлений за температурой вкладышей уплотнений. Если при этом обнаружены отклонения, то необходимо снизить частоту вращения и устранить причину отклонения.

При осмотре генератора, находящегося в работе, проверяют:

- нет загрязнения на кольцах ротора и коллекторе возбудителя, на щеточном аппарате, не попадают ли на кольца и коллектор пары масла, нет ли на коллекторе рисок

- не усилилась ли вибрация подшипников, не изменился ли шум генератора

- температуру подшипников и вкладышей уплотнений

- отсутствие увеличения слива масла из уплотнений в сторону водорода

- перепад давления масла на уплотнения и водорода

Осмотр производится начальником смены не реже 1 раза в смену и мастером по генераторам не реже 1раза в сутки.

Основными параметрами СГ являются полная мощность, напряжение и ток статора, ток ротора, коэф. мощности, частота, температура и давление окружающей среды.

Не допускается увеличивать мощность при снижении температуры входящей в обмотку статора воды для генераторов с водяным охлаждением. При повышении температуры охлаждающей воды снижение нагрузки должно быть таким, чтобы температура выходящей воды не превышала 85о.

Все генераторы могут работать с номинальной мощностью при изменении напряжения в пределах ±5% от номинального.

Отклонение давления водорода в СГ от номинального должно быть не более ±0,02МПа при номинальном давлении 0,1МПа и выше, ±0,01МПа при номинальном давлении 0,05МПа и выше, ±0,001МПа при номинальном давлении 0,005МПа.

Повышение влажности водорода снижает надежность и срок службы изоляции, ограничивает снижение температуры холодного водорода в зимнее время из-за возможности конденсации влаги на стенках газоохладителей. Для снижения влагосодержания газа применяют холодильные установки

Для определения состояния машины необходимо произвести дефектацию. Ее начинают с внешнего осмотра при отключенном напряжении. При этом определяют течь масла, следы повреждений изоляции и проводов и т.д. Одновременно проверяют состояние крепления как самой машины, так и ее отдельных частей: муфты, смотровые лючки, вентиляцию и т.д.

Искрение на **щетках коллектора** может перейти в круговой огонь, а на кольцах ротора – в КЗ между кольцами. Этого можно избежать, если работа щеток будет проверяться регулярно в течении смены.

При осмотре щеткодержателя особенное внимание обращают на степень износа внутренней поверхности обоймы, заклинивание щеток в обойме, повреждение токопроводящего провода.

Щетки в обойме должны скользить свободно без качаний . Зазор между щеткой и обоймой не должен превышать 0,25мм по короткой стороне и 0,5мм по длинной.

Нажимные пружины должны обеспечивать постоянное прижатие щеток независимо от степени ее износа. Измерение нажатия осуществляется динамометром. Показания динамометра считываются в момент отрыва щетки от коллектора и сравниваются с рекомендуемыми. При этом показание динамометра делят на площадь поперечного сечения щетки. Для графитовых щеток Г3 и 611М рекомендуемое давление 80кПа, для угольно- графитовых Г20, Г21, Г22- 20кПа, электорографитированных ЭГ2, ЭГ2АФ и др – 80кПа, металлографитированных М1, М3, МГ4 и т.д. – 15…25кПа.

При износе щеток выше допустимого, когда пружины не могут обеспечить нормальное нажатие, их заменяют на новые. Недопустимо применять в одной машине щетки разных марок. Поэтому при износе одной щетки заменяют все. Замену производят согласно рекомендуемым заменам: щетки 611М можно заменить на ЭГ4, ЭГ5, Г1 и т.д.

 ЭГ74 на ЭГ8, 9, 15 и т.д.

 МГ64 на М1, МГ, МТ1,2,3, и т.д.

Чтобы обеспечить хороший контакт между щеткой и коллектором их прошлифовывают шлифовальной бумагой.


Рис. 6. **Правильная (а) и неправильная (б) шлифовка щеток**

Щетки должны быть притерты к поверхности коллектора или контактных колец. Для этого под щетки 2—3 бракетов траверсы подкладывают стеклянную бумагу, обращенную рабочей стороной к щеткам; после этого бумагу передвигают взад и вперед при нормальном давлении пружин на щетки.Применение наждачного или карборундового полотна для шлифовки щеток недопустимо. Для правильной притирки щеток концы бумаги нужно отогнуть вниз (рис. 6, а), так как при отгибании бумаги вверх (рис. 6, б) края щеток будут опилены и уменьшится активная ширина щеток, что может вызвать искрение на коллекторе. Притирку щеток твердых марок начинают с более крупных номеров бумаги и кончают более мелкими, лишь щетки мягких марок пришлифовываются мелкими номерами бумаги. После притирки щеток производятся очистка и продувка сжатым воздухом коллектора, контактных колец, щеток и щеткодержателей для удаления угольной пыли и зерен стекла.
При продувке имеет место, однако, крайне вредный перенос угольной пыли из одной части машины в другую; во избежание этого нужно по возможности применять для чистки машины пылесос.

Качество проверяют на хх: после 15…20мин работы по всей поверхности щетки появляются блестящие зеркальные следы, а после 2…3 час работы- почти вся поверхность становится зеркальной.

ЛЕКЦИЯ 62

(продолжение)

Неисправности **обмоток** вызваны следующими причинами:

1. Порчей изоляции из-за случайного или систематического перегрева. В первом случае изоляция обгорает до обугливания, во 2-ом – до превращения в рассыпающуюся труху. В обоих случаях требуется полная перемотка обмоток.

2. Пробой изоляции на корпус – возможна ликвидация дефекта ремонтом части обмотки

3. межвитковое замыкание- требуется перемотка

4. обрыв- может вызвать частичную или полную перемотку обмотки

5. плохая пайка, требующая перепайки

Обнаружение этих дефектов производится наружным осмотром или с помощью спец. оборудования. Например, сгоревшая обмотка определяется на глаз, а пробой изоляции на корпус- с помощью мегомметра. Определить место пробоя сложнее. Для этого через обмотку якоря пропускают ток.

 -

 +

Величину тока выбирают такой, чтобы напряжение по коллектору не превосходило пределов измерения прибора. Один полюс прибора подключают к корпусу якоря (например, к валу), а другой при помощи проводника и щупа перемещают по коллектору. При присоединении щупа к пластине с поврежденной секцией вольтметр ничего не покажет или покажет минимальное значение. При этом переход щупа через эту пластину вызовет отклонение стрелки в другую сторону.

Витковое замыкание представляет собой замыкание между рядом лежащими витками. Они появляются в следующих случаях: 1. Когда витки накладываются не параллельными рядами, а в разброс. Тогда отдельные проводники перекрещиваются между собой и могут порезать изоляцию

2. При плохой изоляции возникают большие напряжения между витками

Для определения витковых замыканий в катушках возбуждения их соединяют последовательно и подключают к источнику постоянного тока. Т.к. все катушки одинаковые, то при исправных катушках напряжение на всех катушках на всех катушках одинаково. При наличии замыкания напряжение катушки будет меньше (т.к. сопротивление меньше).

Обрыв катушки возбуждения определяется с помощью вольтметра. Концы катушки освобождаются от изоляции и подводят постоянный ток. Вольтметр поочередно параллельно присоединяют к освобожденным концам. Присоединение вольтметра к исправной катушке никаких отклонений у него не вызовет. Неисправная катушка покажет полное напряжение источника.

Если при дефектации катушки возбуждения обнаружились дефекты, требующие ремонта, то генератор выводится из работы. Перед снятием катушки с полюса необходимо сделать эскизы, чтобы при сборке все поставить на свои места. Затем надо снять все детали, крепящие катушку на сердечник.

Если чертежей на катушку нет, то надо определить данные по дефектной катушке: определить марку провода, диаметр, число витков в каждом слое и общее число витков, габариты катушки.

Перед намоткой катушки изготавливают шаблон. Его величину рассчитывают т.о., чтобы новая катушка после наложения изоляции имела бы те же размеры, что и поврежденная.

Перед намоткой начало обмотки надо припаять к выводному проводу или пластине шаблона и заизолировать место соединения миканитом или лакотканью. Шаблон установить на станок и намотать катушку. Если катушка имеет каркас, то шаблон не нужен.

По мере намотки витки осаживаются молотком через прокладку из гетинакса или текстолита.

После намотки необходимого числа витков, определяемого по счетчику, зачищают провод и проверяют сопротивление катушки. Если оно соответствует паспортным данным, то провод обрезают, а его конец припаивают к выводной пластине. Витки перевязывают киперной лентой и снимают с шаблона, изолируют выводы и накладывают общую изоляцию.

**Обслуживание системы охлаждения генераторов.** При обслуживании газомасляной системы генераторов и синхронных компенсаторов, в которых применяется охлаждение обмоток водородом, нельзя допускать образования взрывоопасной смеси водорода с воздухом, т. е. содержания водорода в воздухе от 3,3 до 81,5%. Перед вскрытием нельзя вытеснять из генератора водород воздухом, и наоборот. Для этой цели применяют инертный газ : азот или углекислый газ.

Типовые неисправности и их устранение

1. Генератор **не создает нужное напряжение или силу тока в цепи питания**. Это возможно по трем причинам:

а) Залипание щеток – ослабли пружины или сильно загрязнились токосъемники, необходимо их почистить, сняв зажимы щеточного узла, удалить пыль и механический мусор. Возможно, щетки сильно истерты (близко от медной основы), нужно заменить их. Для этого, ослабив щеткодержатели, вытаскиваем изношенные токосъемники и вставляем новые, поджимая их пружинами.

б) Загрязнение коллектора. Вытаскиваем ротор и зачищаем коллектор от грязи и нагара мелкой наждачной стеклянной бумагой.

в) Неисправность автомата контроля напряжения. Скорее всего, его придется заменить на новый (он размещен снаружи генератора, как отдельный модуль).

2. **Сильный шум** при работе генератора и нестабильность напряжения – следствие износа подшипников ротора. Их нужно заменить. Для этого надо снять кожух генератора и, раскрутив болты-стяжки, аккуратно вытащить ротор, затем снять с него подшипники или вынуть их из гнёзд, и установить новые той же серии.

3. **СГ не выдает напряжение**. Причинами могут быть

а) потеря остаточного магнетизма в обмотках статора. Для устранения неисправности надо через обмотку возбуждения пропустить постоянный ток

б) потеря контактов на панели и контактах разъёма. Надо открыть крышку панели, проверить, не отошли ли контакты; таким же образом проверить контакты разъёма

в) отказ вращающегося выпрямителя. Надо проверить диоды один за другим с помощью авометра, и заменить неисправные диоды.

4.**Падение напряжения при нагрузке** синхронного генератора

а) Неисправна плата регулятора. Надо отрегулировать потенциометр регулятора и выходное напряжение до 400 В на холостом ходе. После этой регулировки, если напряжение падает, заменить плату.

б) Очень сильное падение цикла приводной машины. Надо отрегулировать мощность приводной машины.

в) Перегрузки свыше мощности синхронного генератора- не перегружать свыше номинала.

5. **Напряжение увеличивается при нагрузке** синхронного генератора. Неисправностью может быть наличие в сети двигателей, вращающихся в обратную сторону - Поменять местами выходные кабели генератора.

6. **Чрезмерный перегрев обмоток**

а) Генератор нагружен свыше номинала- снизить нагрузку

б) Короткое замыкание обмоток

ЛЕКЦИЯ 63

## [ДВИГАТЕЛИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД: НАДЗОР И УХОД](#_Содержание:)

ЭД **топливоподачи** обслуживают механизмы разгрузки, дробления и подачи топлива в бункера котельной. При полной загрузке бункера запас топлива в нем обеспечивает работу в течении нескольких часов. Поэтому нет необходимости самозапуска двигателя при его временном отключении. Двигатели работают в сильно запыленном помещении и поэтому должны иметь закрытое исполнение.

ЭД **пылеприготовления** обслуживают систему размола и подачи топлива в топку. Почти во всех схемах пылеприготовления имеются питатели сырого угля, мельничные вентиляторы, шнеки, питатели пыли. Двигатели пылеприготовления работают в условиях загрязненной среды и высокой температуры. На питателях пыли в основном применяются двигатели постоянного тока, на мощных котлах для шаровых мельниц применяют синхронные двигатели, т.к. они имеют тяжелые условия пуска. Во всех остальных случаях применяют АД с короткозамкнутым ротором

ЭД **мазутных насосов** являются ответственными механизмами и должны обеспечиваться самозапуском и автоматическим включением двигателя резервного насоса.

ЭД **тягодутьевых устройств** обеспечивают работу дымососов, отсасывающих из топки газы, образующиеся при сгорании топлива, и дутьевых вентиляторов, подающих воздух в топку. Остановка дымососа или вентилятора приводит к отключению котла, если он имеет 1 вентилятор и 1 дымосос, или снижает производительность котла до 70% по 2 вентилятора и дымососа на каждый котел.

На мощных котлах для привода дымососов и вентиляторов применяют 2-хскоростные двигатели типа ДАЗО, имеющие 2 обмотки статора, рассчитанные на разные частоты вращения. Т.к. остановка двигателей приводит к нарушению нормальной работы станции, то предусматривается их самозапуск.

ЭД **питательных насосов** подают воду в котлы. Их остановка даже 10-30с может привести к аварии котла и поэтому предусматривается резерв по питательным агрегатам и их автоматическое включение. На крупных электростанциях с высоким давлением пара мощность двигателей достигает нескольких МВт. Применяются АД с водяным охлаждением. В некоторых установках могут применяться СД.

ЭД **конденсатных насосов** приводят в движение насосы, откачивающие конденсат из конденсаторных труб и подающие их в деаэраторы.

Деаэрация - это процесс подготовки питательной воды для котлов, связанный с удалением газов.

При остановке конденсатных насосов конденсат начинает заполнять конденсатор, а это влечет за собой снижение вакуума и остановку турбины. Поэтому предусматривается самозапуск двигателя и автоматическое включение резервного двигателя.

ЭД **циркуляционных насосов** относятся к числу ответственных. Их отключение влет за собой срыв вакуума и остановку турбин. Поэтому предусматривается самозапуск двигателя и автоматическое включение резервного двигателя.

Кроме того, применяются двигатели сетевых насосов, маслонапорных установок и двигатели вспомогательного оборудования (пожарное водоснабжение, дренажные насосы, нагнетательной и вытяжной вентиляции и т.д.). Применяются АД

При обслуживании ЭД должен производиться надзор за нагрузкой ЭД, температурой подшипников и охлаждающего воздуха, поддержание масла в подшипниках. Это производится персоналом, обслуживающим механизмы.

Регулярно должно производиться измерение **сопротивления изоляции**. В ПУЭ установлены следующие нормы:

- для измерения обмоток МПТ следует использовать мегомметры класса напряжения до 1000В

 - для измерения сопротивления изоляции обмоток статора машин переменного тока напряжением до 1кВ использовать мегомметры класса напряжения до 1000В, а для обмоток ротора- мегомметры класса напряжения 500В

- для измерения сопротивления машин переменного тока выше 1кВ используют мегомметры класса напряжения 2500В

 В эксплуатации эта величина не нормируется, но при уменьшении сопротивления изоляции ниже 1МОм на 1кВ вероятность повреждения обмотки из-за пробоя изоляции резко возрастает и поэтому перед работой такой двигатель необходимо просушить.

Надзор и уход за работой **подшипников** состоит в контроле за их температурой и отсутствии ненормального шума.

Для подшипников качения предельно допустимая температура нагрева составляет 100оС. Фактически температура нагрева значительно меньше. Если температура подшипников повысилась по сравнению с длительной температурой нагрева, а температура двигателя и наружного воздуха не изменилась, то это указывает на появление дефекта в подшипнике. Двигатель следует остановить при первой возможности.

Вкладыши подшипников скольжения не должны нагреваться выше 80оС, а разность между температурой вкладыша и окружающего воздуха не должна превышать 45оС. Кроме того, необходимо следить за уровнем и чистотой масла. При низком уровне масла производят его доливку. Нормально доливать масло в подшипники считается 1 раз в месяц и реже. Более частая доливка производится при утечке масла из подшипника, что свидетельствует о возникновении серьезного дефекта. Особенно опасна утечка масла внутрь двигателя, т.к., попадая на обмотку, масло разрушает изоляцию.

Основные виды работ при ТО:

-. ежедневный контроль за выполнением правил эксплуатации и инструкций завода – изготовителя: контроль за нагрузкой, температурой отдельных узлов, температурой охлаждающей среды, качество и наличие смазки в подшипниках и т.д.

- ежедневный контроль исправности заземления

- обтирка, чистка и продувка машины, выявление мелких неисправностей и их устранение во время перерывов в работе основного технологического оборудования: подтяжка контактов и креплений, замена щеток, регулирование траверс и т.д.

- проверка состояния эл. машины с использованием средств технической диагностики

- приемо- сдаточные испытания после монтажа, ремонта и наладки машин и их систем защиты и управления

- плановые осмотры по графику, утвержденному главным энергетиком с заполнением карты осмотра

|  |
| --- |
| Основные неисправности ЭД:1**1**. Двигатель при пуске **не разворачивается**, гудит |

 а) Отсутствие или недопустимое уменьшение напряжения питающей сети.

б) Перепутаны начало и конец фазы обмотки статора. Надо произвести подключение фаз согласно схеме.

в) Двигатель перегружен.

**2**.**Остановка**работающегодвигателя

а) Прекращение подачи напряжения.

б) Неполадки в аппаратуре распределительногоустройства и питающей сети

в) Заклинивание приводного механизма

г)Сработала защита. Проверить обмоткустатора и устранитьпричину

**3**. **Вал вращается,**но нормальная**частота вращенияне достигается**

а) Во время разгона отключилась одна из фаз.

б) Уменьшилось напряжение в питающей сети.

в)Двигатель перегружен

**4**. **Повышенныйперегрев двигателя**

а) Двигатель перегружен по току

б) Повышено или понижено напряжение в сети.

в) Повышена температура окружающей среды.

г) Нарушена нормальнаявентиляция (загрязненывентиляционные каналы и корпус двигателя).Нарушена нормальнаяработа приводного механизма

**5**. **Обмотка статораперегревается**,двигатель сильногудит и неразвиваетнормальнойчастоты вращения

а) Межвитковое замыкание в обмотке статора.
 б)Обмотка одной из фазпробита на корпус (землю) в двух местах.

в)Короткое замыканиемежду фазами.

г) Обрыв одной из фаз

**6**. **Повышенныйперегрев** и стукподшипников

а) Неправильнаяцентровка двигателяс приводным механизмом или ее нарушение.

б) Повреждение подшипников

**7**. **Повышеннаявибрация** работающего двигателя

а) Недостаточная жесткость фундамента.

б) Несоосностьвала двигателя с валом приводного механизма.

в) Не сбалансированпривод или соединительная муфта (шкив)

**8**. **Пониженноесопротивление**изоляции обмоток

а) Загрязнение илиотсырение обмоток

ЛЕКЦИЯ 64

## [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ: СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МАСЛА, ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ](#_Содержание:)

В процессе эксплуатации трансформаторов осуществляется их оперативное и техническое обслуживание и планово- предупредительные ремонты.

При **оперативном** обслуживании производится

1. **Контроль режима работы.** Номинальным режимом работы трансформатора называется режим работы с номинальными параметрами напряжения, частоты тока и нагрузки и параметрами охлаждающей среды, соответствующих техническим условиям. Режим считается номинальным, если его параметры отличаются от номинальных в пределах, допустимыми стандартными.

Для масляных трансформаторов классов напряжения 110кВ и выше допускается превышение напряжения в 1,3 раза по отношению к номинальному в течении 20с при номинальной нагрузке м в 1,15раза в течении 20мин с нагрузкой не более 0,5 номинальной.

Допустимые продолжительные повышения напряжения для трансформаторов до 35кВ и от 110 до 1150кВ указаны в стандартах или технических условиях на эти трансформаторы.

Периодический контроль режима работы трансформатора осуществляется путем проверки нагрузки, уровня напряжения температуры масла с помощью измерительных приборов. Результаты измерений записываются в суточные ведомости: на электростанциях подстанциях с постоянным дежурным персоналом измерения производятся с периодичностью в 1-2 часа. На подстанциях без постоянного дежурного персонала – при каждом посещении разъездным оперативным персоналом. При возникновении перегрузки контроль ведется чаще.

Дополнительно на гидроэлектростанциях и подстанциях без постоянного дежурного персонала не менее 2-х раз в год (обычно зимой и летом) должны производиться почасовые записи нагрузки для уточнения сезонных изменений режима работы трансформаторов. Кроме того, производится непрерывный автоматический контроль за перегрузкой

2. **Визуальный контроль состояния трансформаторов** производится для своевременного обнаружения неисправностей, которые могут привести к авариям. Осмотр производится без отключения трансформатора.

 Плановые осмотры главных трансформаторов электростанции и подстанции с постоянным дежурным персоналом, трансформаторов собственных нужд подстанции производятся не реже 1 раза в сутки, без постоянного дежурного персонала – не реже 1 раза в месяц. Остальные трансформаторы осматриваются не реже 1 раза в неделю с постоянным персоналом, 1 раз в месяц без постоянного персонала и 1 раза в 6 месяцев на трансформаторных пунктах.

При плановом периодическом осмотре проверяют:

- состояние внешней изоляции: вводов трансформаторов, а также установленных на них разрядников и опорных изоляторов (целостность фарфора, наличие трещин, степень загрязнения поверхности.)

- целостность мембраны выхлопной трубы

- состояние доступных уплотнений фланцевых соединений

- отсутствие течи масла

- состояние доступных для наблюдения контактных соединений

- по маслоуказателям и масломерным стеклам определяют уровень масла в баке трансформатора и расширителе, а также обращают внимание на цвет масла.

Показателем состояния трансформатора может служить характер издаваемого шума. Прослушивание следует вести при остановленных вентиляторах. Свидетельством возможной неисправности может быть потрескивание или щелчки, которые могут быть связаны с разрядами в баке (например, из-за обрыва заземления активной части)

Осмотры следует производить в светлое время суток или при включении освещения, т.к. в темноте можно определить повреждения, которые сами являются источником света, например, нагрев контактных соединений, коронные и другие виды разрядов.

Внеочередные осмотры трансформаторов наружной установки следует производить при экстремальных атмосферных условиях: резкое снижение температуры воздуха, ураган, сильный снегопад, гололед. При этом проверяются уровень масла, состояние вводов, системы охлаждения. Эти осмотры производят также после КЗ обмоток или при появлении сигнала газового реле. При необходимости внеочередные осмотры могут производиться и с отключением трансформатора

При **техническом** обслуживании наиболее ответственным является эксплуатация трансформаторного масла, которое предназначено для изоляции находящихся под напряжением частей и узлов активной части трансформатора, для отвода тепла от нагревающихся частей.

В процессе эксплуатации масло загрязняется механическими примесями, увлажняется, в нем накапливаются продукты окисления. Наблюдение за состоянием масла ведется путем отбора проб и проведения лабораторных испытаний. Отбор производится в сухую погоду в промытые и хорошо высушенные стеклянные банки емкостью 0,5 и 1л. При обнаружении изменений показателей необходимо принять меры по восстановлению утраченных свойств. Это достигается очисткой, осушкой и регенерацией масла.

Различают 3 вида испытания масла:

1) испытание на электрическую прочность включает в себя определение пробивного напряжения, определение наличия воды и визуальное определение механических примесей

2) сокращенный анализ включает в себя, кроме выше названных, определение кислотного числа, содержание водорастворимых кислот, температуры вспышки и цвета масла

3) испытание в объеме полного анализа производится в основном на нефтеперегонных заводах и масла после регенерации. Регенерация – это восстановление окисленного масла, т.е. удаления из него продуктов старения

Для эксплуатационного масла производят в основном сокращенный анализ в следующие сроки:

- в приработочный период после включения: через 10дней и через 1 месяц для трансформаторов 110…220кВ; через 10дней , через 1 месяц и через 3 месяца для трансформаторов напряжением 330кВ и выше

- масло из силовых трансформаторов мощностью более 6300кВА и напряжением 6кВ и выше, из измерительных трансформаторов напряжением 35кВ и выше – не реже 1раза в 3 года.

Масло, не удовлетворяющее нормам на эл. прочность в связи с его увлажнением или загрязнением механическими примесями, подвергается центрифугированию, но масло при этом не очищается полностью: остаются легкие волокна, частица взвешенных твердых примесей. Более глубокая очистка производится при фильтровании масла в фильтр- прессе. Масло под давлением 0,4…0,6 МПа продавливается насосом через пористую среду (бумагу) с большим количеством капилляров, задерживающих в себе частички воды и примесей размером более 10…15мкм.

Более совершенным является сушка масла распылением в вакууме. Для этого в специальной вакуумной камере производится тонкое распыление увлажненного масла. Образующиеся при этом пары воды отсасываются вакуумным насос, а осушенное масло выпадает в виде капель на дно камеры.

 Кроме того, применяется сушка масла при помощи синтетического циолита, который содержит огромное количество пор, имеющих размеры молекул. При прохождении сырого масла через слой высушенного циолита молекулы воды поглощаются его порами и удерживаются в них.

Для защиты масла от увлажнения и старения применяют специальные устройства: воздухоосушители, термосифонные фильтры и т.д. Кроме того применяют специальные антиокислительные и стабилизирующие присадки.

К техническому обслуживанию относится обслуживание системы охлаждения. Трансформаторы имеют следующие системы охлаждения: масляное охлаждение с естественной циркуляцией масла внутри бака и воздуха снаружи- обозначение **М**; масляное дутьевое охлаждение с естественной циркуляцией масла – **Д**; масляное охлаждение с принудительной циркуляцией масла – ДЦ; масляное водяное охлаждение с принудительной циркуляцией масла и воды – Ц.

Масляное охлаждение с естественной циркуляцией масла применяется для трансформаторов небольшой мощности (до 25кВА). Бак такого трансформатора имеет гладкие стенки. По мере увеличения мощности для увеличения площади охлаждения устанавливают стальные трубы. Для трансформаторов мощностью 1,6…10МВА устанавливаются радиаторы.

У трансформаторов мощностью выше 10МВА применяют принудительное дутье, которое осуществляется вентиляторами.

У мощных трансформаторов и автотрансформаторов дутьевое охлаждение не обеспечивает полного отвода тепла. В этих случаях применяется система воздушно- масляного охлаждения с принудительной циркуляцией масла с помощью насосов и интенсивным обдувом охладителей вентиляторами, установленными на охладителях.

Обслуживание систем охлаждения заключается в наблюдении за работой и уходе за оборудованием, используемом в системе охлаждения. Осмотры систем охлаждения производятся одновременно с осмотром трансформатора. При осмотре проверяется отсутствие течи масла из систем охлаждения; работа охладителей по нагреву, определяемая на ощупь; отсутствие нагрева, шума и вибрации маслоперекачивающих насосов, работа вентиляции по отсутствию вибрации.

Уход за оборудованием систем охлаждения включает в себя устранение обнаруженных при осмотрах неисправностей, замену износившихся деталей, чистку охладителей и вентиляторов, смазку подшипников, сопротивление изоляции электродвигателей.

 **Сопротивление изоляции обмоток силовых трансформаторов**

Испытания и измерения силовых трансформаторов может производить бригада в составе не менее 2 человек из лиц ЭТЛ. Производитель работ при высоковольтных испытаниях должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, а остальные не ниже III группы. Работы проводятся по наряду с применением защитных средств.

Техническая оснащенность.

**1.** Средства защиты: переносное заземление; предупредительные плакаты; диэлектрические боты или коврик;диэлектрические перчатки.

**2.** Приборы:мегаомметр электронный

Перед началом испытаний необходимо провести внешний осмотр трансформатора, проверить исправность бака и радиаторов, состояние изоляторов, уровень масла, целостность маслоуказательного стекла, заземление трансформатора.

Замеры изоляционных характеристик допускается измерять не ранее чем через 12 ч. после окончания заливки трансформатора маслом. Характеристики изоляции измеряются при температуре изоляции не ниже 10°С у трансформаторов напряжением до 150 кВ, мощностью до 80 МВА.

Все выводы трансформатора на время производства работ должны быть закорочены и заземлены. Снимать закоротки и заземление допускается только на время испытаний.

Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформаторов производится мегомметром между каждой обмоткой и корпусом (землей) и между обмотками при отсоединенных и заземленных на корпус остальных обмотках.

Состояние изоляции силовых трансформаторов характеризуется не только абсолютным значением сопротивления изоляции, которое зависит от габаритов трансформаторов и применяемых в нем материалов, но и **коэффициентом абсорбции** (отношением сопротивления изоляции, измеренного дважды - через 15 и 60 с после приложения напряжения на испытуемом объекте, R6o"и R15"). За начало отсчета допускается принимать [начало вращения рукоятки мегаомметра](http://electricalschool.info/main/naladka/204-porjadok-provedenija-izmerenijj-pri.html).

Измерение сопротивления изоляции позволяет судить как о местных дефектах, так и о степени увлажнения изоляции обмоток трансформатора. Измерение сопротивления изоляции должно производиться мегаомметром, имеющим напряжение не ниже 2500 В с верхним пределом измерения не ниже 10000 МОм. На трансформаторах с высшим напряжением 10 кВ и ниже допускается измерение сопротивления изоляции производить мегаомметром на 1000 В с верхним пределом измерения не ниже 1000 МОм.

Перед началом каждого измерения по рис.1 испытуемая обмотка должна быть заземлена не менее 2 мин. Сопротивление изоляции R6o"- не нормируется, и показателем в данном случаеявляется сравнение его с данными заводских или предыдущих испытаний. Коэффициент абсорбции также не нормируется, но учитывается при комплексном рассмотрении результатов измерения.

Обычно при температуре 10 - 30°С для неувлажненных трансформаторов он находится в следующих пределах: для трансформаторов менее 10000 кВА напряжением 35 кВ и ниже - 1,3, а для трансформаторов 110 кВ и выше - 1,5 - 2. Для трансформаторов, увлажненных или имеющих местные дефекты в изоляции, коэффициент абсорбции приближается к 1.

В связи с тем, что при приемосдаточных испытаниях приходится измерять трансформаторов при различных температурах изоляции, следует учитывать, что значение коэффициента изменяется с изменением температуры. Зависимость Kaбc = R60"/ R15"- показана на рис.2.

Для сравнения сопротивления изоляции необходимо измерять при одной и той же температуре и в протоколе испытания указывать температуру, при которой проводилось измерение. При сравнении результаты измерений сопротивления изоляции при разных температурах могут быть приведены к одной температуре с учетом того, что на каждые 10 °С понижения температуры R6o" увеличивается примерно в 1,5 раза.

В инструкции на этот счет даются следующие рекомендации: значение R60 сек должно быть приведено к температуре измерения, указанной в заводском паспорте, оно должно быть: для трансформаторов 110 кВ - не менее 70 %, для трансформаторов 220 кВ - не менее 85 % значения, указанного в паспорте трансформатора.



Рис. 1. Схемы измерения сопротивления изоляции обмоток трансформатора: a – относительно корпуса; б – между обмотками трансформатора



Рис. 2 Зависимость Kaбc = R6o" / R15"

Измерение сопротивления изоляции вводов с бумажно-масляной изоляцией производится мегаомметром на напряжение 1000 - 2500 В. При этом измеряется сопротивление дополнительной изоляции вводов относительно соединительной втулки, которое должно быть не менее 1000 МОм при температуре 10 - 30 °С. Сопротивление основной изоляции ввода трансформатора должно быть не менее 10000 МОм.

Для трансформаторов на напряжение до 35 кВ включительно, мощностью до 10 МВА сопротивление изоляции обмоток должно быть не ниже следующих значений:

Температура обмотки,  °С  10        20        30        40        50        60        70

R60//, МОм                             450      300      200      130      90        60        40

Сопротивление изоляции сухих трансформаторов при температуре обмоток 20-30°С должно быть для трансформаторов с номинальным напряжением:

До 1 кВ включительно                               –          не менее 100 МОм;

Более 1 кВ до 6 кВ включительно            –          не менее 300 МОм;

Более 6 кВ                                                    –          не менее 500 МОм.

Если при осмотре была обнаружена сгоревшая обмотка, то ее необходимо заменить на новую. Намотка новых катушек производится тем же проводом и тех же размеров, что была у старой. Намотка производится также как у обмотки возбуждения генератора. При намотке должна сохраняться форма катушек (цилиндрическая, дисковая) и направление намотки. Условно принято считать, что, если смотреть на катушку с торца, то при направлении витков по часовой стрелке намотка считается правой, а против часовой – левой. Обмотки ВН всегда многослойны. Слои изолируются друг от друга. При большом числе слоев (˃15) в цилиндрических катушках делают охлаждающий канал, разделяющий обмотку на 2 самостоятельных цилиндра. Цилиндры и каркасы под обмотки изготавливаются только из изоляционных материалов.

После ремонта производится сборка трансформатора и его испытание. Он сначала испытывается на хх в течении 15…20мин, затем под 50- процентной нагрузкой в течении 1 часа и после этого при полной нагрузке в течении 4 часов. Во время испытаний необходимо вести наблюдение за температурой, измерять напряжение и ток нагрузки.

Проверку коэффициента трансформации производят методом 2-х вольтметром: один подсоединяют к ОНН, другой- к ОВН.

Проверку группы соединения производят методом 2-х вольтметров или фазометром.

При использовании фазометра последовательную обмотку прибора присоединяют через реостат к зажимам одной из обмоток, а параллельную- к одноименным зажимам второй обмотки. К одной из обмоток подводят пониженное напряжение, достаточное для работы фазометра. Прибор показывает угол сдвига фаз между вторичной и первичной обмоткой.

При вводе трансформатора в действие включать и отключать их надо только со стороны ОВН. При вводе их на параллельную работу включают их со стороны сначала первичной обмотки, а затем вторичную. Выводить- в обратном порядке.

ЛЕКЦИЯ 65

## [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ](#_Содержание:)

В процессе эксплуатации трансформаторов иногда возникает необходимость в поддержании на определенном уровне вторичного напряжения при его изменении вследствие больших падений напряжений в питающей сети. Соотношения между первичной и вторичной обмоткой зависят от коэффициента трансформации: U1/U2= W1/W2, откуда U2= U1W2/W1. Отсюда следует, что регулирования вторичного напряжения следует изменять число витков у одной из обмоток. Для этого одна из обмоток выполняется с рядом ответвлений. Переключения ответвлений производятся специальными переключателями, встроенными в трансформатор.

Существует 2 способа переключения ответвлений: переключение без возбуждения (ПБВ), т.е. после отключения всех обмоток от сети и переключение под нагрузкой (регулирование под нагрузкой РПН).

Устройствами ПБВ снабжаются почти все выключатели. Они позволяют регулировать напряжение ступенями относительно номинального: ±5%, ±2,5%, Uном. Регулировочные ответвления делают или в каждой фазе или посредине обмотки.В первом случае на каждой фазе делают по 3 ответвления, при этом среднее ответвление соответствует номинальному коэф. трансформации, а 2 других – коэффициентам трансформации, отличающимся от номинального на ±5%.

Во втором случае обмотку разделяют на 2 части и делают 6 ответвлений. Это дает возможность кроме номинального получить еще 4 коэффициента трансформации, отличающихся от номинального на ±2,5% и ±5%.

Для управления ПБВ применяется переключатель ответвлений, устанавливаемый на каждую фазу. При этом вал вращает контактные кольца переключателей по всем фазам одновременно и связан посредством штанги с рукояткой на крышке бака трансформатора.

Принцип РПН основан на изменении коэффициента трансформации посредством регулировочных ответвлений. Переключение с одного ответвления на другое осуществляется безразрывацепи рабочего тока. Для этого обмотку каждой фаза снабжают специальным переключающимустройством,состоящимиз реактора Р, 2-х контакторов с контактами К1 иК2ипереключателяс2-мяподвижными контактами П1 и П2. В рабочем положении оба подвижных контакта переключателя находятся на одном ответвлении, контакты К1иК2замкнутыирабочийтокнаправленпараллельно по 2-м половинам обмотки реактора.Есливозникаетнеобходимость переключения с одного ответвления на другое, например, с Х1 на Х3, то разомкнутся контакты контактора К1 (пунктиром на рис.), подвижный контакт П1 переключателя обесточенной ветви переводится на другое ответвление и контакты К1снова замыкаются.

Аппаратура РПН располагается в общем баке с трансформатором, а ее переключение автоматизируется или осуществляется дистанционно со щита управления. Трансформаторы с РПН рассчитаны для регулирования напряжения в пределах 6…10%.

При регулировании напряжения нельзя допускать длительного повышения на трансформаторе выше допустимого.

При регулировании напряжения параллельно работающих трансформаторов изменение их коэффициентов трансформации следует производить по возможности одновременно, чтобы избежать перегрузки уравнительным током.

Обслуживание переключателей.

Перестановка переключателей БПВ с одной ступени на другую в эксплуатации производится редко (2-3 раза в год при сезонном регулировании). При длительной работе без переключений контактные кольца и стержни покрываются пленкой окиси. Чтобы разрушить эту пленку и создать хороший контакт, рекомендуется при каждом переводе переключателя предварительно прокручивать его не менее 5…10 раз из одного крайнего положения в другое. При пофазном переводе переключателей проверяется их одинаковое положение. Приводы переключателей на каждой ступени фиксируются стопорными болтами.

Устройство РПН должно постоянно находится в работе с включенными блоками АРТК- блок автоматического регулирования коэффициента трансформации. Они предназначены для автоматического управления РПН. На дистанционное управление РПН переводят только при неисправном блоке АРТК. При осмотрах РПН сверяют показания указателей положения переключателей на щите и на приводах РПН, т.к. по ряду причин возможно рассогласование сельсина- датчика и сельсина приемника. Проверяется также одинаковое положение переключателей РПН всех параллельно работающих трансформаторов.

Контакторы проверяются на наличие масла по маслоуказателю. При понижении уровня масла увеличивается время горения дуги на контактах. Нормальная работа контакторов гарантируется при температуре масла не ниже -20оС. При более низкой температуре масла сильно густеет и контактор испытывает значительные механические нагрузки, которые могут вызвать его поломку. Что этого избежать при температуре ниже -15оС должна включаться система автоматического обогрева контакторов.

ЛЕКЦИЯ 66

## [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ](#_Содержание:)

Основными элементами коммутационных аппаратов являются электромагнит, дугогасительное устройство и контактная система.

Электромагниты преобразуют электрическую энергию, протекающего по нему току, сначала в энергию магнитного поля, а затем в механическую энергию, которая приводит в движение механизмы включения и отключения контактов.

Для дугогасительных систем используют дугогасительные камеры.

Наибольшему износу подвержены контакты и поэтому они требуют постоянного и регулярного ТО.

При ТО электрических аппаратов выполняют следующие работы:

- внешний осмотр аппаратов: определяют наличие внешних повреждений корпуса

-удаление пыли, грязи, масляных пятен с поверхности аппаратов

- частичная разборка отключенных аппаратов для проверки и обслуживания внутренних механизмов, контактных групп, дугогасительных устройств

- контроль состояния контактов: осмотр, зачистка контактов, при необходимости их замена или ремонт

- контроль состояния дугогасительных устройств: очистка камер и, при необходимости, их замена или ремонт

- контроль работы механических частей привода подвижных элементов: очистка, смазка подвижных частей и, при необходимости, замена пружин

Основными элементами **масляных выключателей** являются токоведущие и контактные системы с дугогасительными устройствами, вводы, корпус, приводные механизмы.

Гашение дуги в таких выключателях обеспечивается воздействием на дугу масла. Процесс сопровождается сильным нагревом и разложением масла и образованием газа. В газовой среде содержится до 70% водорода, что определяет высокую дугогасящую способность масла.

В современных масляных выключателях применяются специальные дугогасительные устройства, ускоряющие восстановление электрической прочности промежутка между контактами во время отключения выключателя. Основную роль при этом играет скорость движения контактов выключателя. Одним из способов повышения скорости контактов является увеличение числа последовательных разрывов на каждом полюсе выключателя.

При наружном осмотре масляных выключателей проверяют

- действительное положение (включенное или отключенное) выключателя

- состояние поверхности фарфоровых покрышек вводов, изоляторов и тяг

- отсутствие выбросов масла из газоотводов

- отсутствие течи масла и уровень его в баке и на вводах

- на слух определяется отсутствие треска и шума внутри выключателя

- по цвету термопленок, наклеенных на контактные соединения, устанавливается отсутствие перегрева контактов

Уровень масла должен быть в пределах допустимых отклонений. Уровень определяется по указателю уровня. Высокий уровень масла уменьшает объем воздушного пространства над поверхностью масла. В этих условиях при гашении дуги возможны сильный удар в крышку выключателя и опасное повышение давления внутри бака. Если уровень масла занижен, то, выделяющийся при разложении масла газ, проходя через небольшой слой масла над контактами, не успеют охладиться и в смеси с кислородом воздуха взорвутся. При значительном снижении уровня масла необходимо принять меры, препятствующие отключению выключателя под нагрузкой и особенно при КЗ. Для этого достаточно снять предохранители на полюсах цепи электромагнита отключения. Отключение цепи в этом случае производится при помощи других выключателей, например, шиносоединительным или обходным.

При проверке приводов выключателей, снабженных АПВ, отключение производят от релейной защиты, а включение от АПВ. При отказе выключатель немедленно выводится в ремонт.

В **воздушных выключателях** дугогасительные устройства состоят из фарфоровых или стальных камер с размещенными в них системами неподвижных и подвижных контактов.

При осмотре проверяется действительное положение всех полюсов по показателям сигнальных ламп и манометров. Кроме того, по манометрам определяется давление сжатого воздуха в резервуарах и поступление его на вентиляцию.

Проверяют общее состояние воздушного выключателя; целостность фарфоровых покрышек и изоляторов.

При ТО 1раз в месяц из резервуаров, расположенных на земле, удаляют накопившийся в них конденсат. Во время дождей увеличивают расход воздуха на вентиляцию полых изоляционных конструкций. При понижении температуры ниже -5о включают электрический обогрев. Не реже 2раз в год проверяют работоспособность выключателя путем контрольных опробований на отключение и включение при давлении 2…1,6МПа.

Для обеспечения необходимых плотных соединений между фарфоровыми и металлическими деталями применяют резиновые уплотнители, но они не обладают достаточной эластичностью и со временем увеличивают свою остаточную деформацию. Поэтому для предупреждения повреждений выключателя 2 раза в год, весной и осенью, необходимо производить проверку и подтяжку болтов всех соединений, имеющих уплотнение. Кроме этого, необходимо визуально проверять целостность резиновых прокладок. Работа выключателей с выдавленными или поврежденными уплотнениями недопустима.

Во время эксплуатации **разъединителей** к ним предъявляются следующие требования:

1. Разъединитель должен создавать видимый разрыв эл. цепи. Длина разрыва должна соответствовать классу напряжения электроустановки

2. при длительной работе с номинальным током контактные соединения не должны нагреваться более 78о

3. При прохождении токов КЗ ножи разъединителя должны удерживаться во включенном положении

4. Контактная система должна обладать необходимой термической и динамической стойкостью

5. Изоляция разъединителей должна обеспечивать надежную работу при дожде, гололеде и запыленности воздуха

6. Механизм главных ножей разъединителей должен иметь блокировку с выключателем и заземляющими ножами

Отделители по конструкции мало отличаются от разъединителей и не приспособлены для операций под током нагрузки

При внешнем осмотре разъединителей, отделителей и короткозамыкателей основное внимание обращается на состояние контактных соединений и изоляции этих аппаратов.

Для поддержания и крепления токоведущих частей разъединителей, короткозамыкателей и отделителей наружной установки используются опорно- штыревые и опорно- стержневые изоляторы. Опорно- стержневые изоляторы изготовливаются цельными для напряжений до 110кВ включительно. Для аппаратов выше 110кВ колонки набираются из штыревых или стержневых изоляторов, устанавливаемых друг на друга.

Надежность работы изоляторов проверяется их электрической и механической прочностью: они не должны терять изоляционных свойств при изменении атмосферных условий и должны выдерживать воздействие рабочих ударных нагрузок, электродинамических сил, тяжений проводов.

Колонки опорно- штыревых изоляторов на механическую прочность не испытывают. Механическая прочность опорно- стержневых изоляторов проверяется на напряжении 35…220кВна изгиб.

Колонки опорно- штыревых изоляторов проверяются измерением распределения рабочего напряжения по отдельным элементам. Каждый элемент имеет определенное значение рабочего напряжения. Если в результате пробоя или повреждения сопротивление изоляции изменится, то это повлечет за собой перераспределение напряжения между элементами колонки. Измерения производятся с помощью измерительной штанги.

ЛЕКЦИЯ 67

## [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, СБОРНЫХ ШИН И ИЗОЛЯТОРОВ](#_Содержание:)

Эксплуатация **измерительных трансформаторов** тока и напряжения заключается а периодических осмотрах, текущих ремонтах и эксплуатационных испытаниях.

Осмотр производится одновременно с осмотром всего остального оборудования. При осмотрах проверяют отсутствие течи масла у маслонаполненных аппаратов через швы и уплотнения, уровень масла по маслоуказателю, состояние и степень загрязнения изоляции, отсутствие разрядов и треска внутри аппаратов. На поверхности изоляторов не должно быть сколов и трещин. При их обнаружении аппарат должен быть отключен и подвергнут детальному осмотру и испытанию. Для предупреждения появления железистых подтеков по поверхности изоляторов необходимо своевременное удаление ржавчины с металлических поверхностей.

 **Токопроводом** называется устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии. Оно состоит из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций.

В зависимости от вида проводников токопроводы подразделяются на гибкие (при использовании проводов) и жесткие (при использовании жестких шин). Жесткий токопровод до 1 кВ заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями, называется шинопроводом.

В зависимости от назначения шинопроводы подразделяются на:

1. Магистральные, предназначенные в основном для присоединения к ним распределительных шинопроводов и силовых распределительных пунктов, щитов и отдельных мощных электроприемников;

2.Распределительные, предназначенные в основном для присоединения к ним электроприемников;

3. Троллейные, предназначенные для питания передвижных электроприемников;

4. Осветительные, предназначенные для питания светильников и электроприемников небольшой мощности.

|  |
| --- |
| . Токопровод напряжением выше 1 кВ, выходящий за пределы одной электроустановки, называется протяженнымЭлектрическое оборудование соединяется между собой для совместной работы системами проводников — шинами и шинопроводами. По экономическим соображениям, как правило, применяют шины из алюминия и его сплавов. Медные шины в последнее время находят применение в установках с большими токами и в специальных установках.По По форме поперечного сечения шины могут быть прямоуголь­ными (плоские полосы), трубчатыми (квадратного и круглого се­чения). Применяются также шины корытного профиля, которые по своим свойствам близки к трубчатым шинам.Для установок с большими токами (более 2000А) применяются шины швеллерного профиля. При изменении температуры изменяется длина жестких шин. Эти изменения воспринимаются специальными компенсаторами, которые представляют собой пакеты изогнутых медных или алюминиевых лент, соединенных последовательно с шинами.Соединения и ответвления шин из алюминия и алюминиевого сплава выполняют сваркой (неразборные соединения) или бол­тами (разборные соединения). Для открытых РУ напряжением 35 кВ и выше шины изготовля­ют из гибкого провода или жестких труб. Гибкая ошиновка кре­пится к гирляндам подвесных изоляторов.Неизолированные алюминиевые провода изготавливают сече­нием 16...600 мм2, а неизолированные сталеалюминиевые, в конструкции которых предусмотрен сердечник из стальных прово­лок, — сечением 10/1,8...800/105 мм2 (в числителе указано сече­ние алюминиевых проволок, в знаменателе — диаметр сердечни­ка из стальных проволок).Сечение шин выбирают по экономической плотности тока и проверяют по длительно допустимому току нагрузки, при проте­кании которого шины не должны нагреваться выше 70 °С при тем­пературе окружающего воздуха 25 °С.Шины проверяют на термическую и электродинамическую стой­кость при токах КЗ, а при напряжении 110 кВ и выше — на коронирование. Гибкие шины на электродинамическую стойкость не проверяют.Основной задачей обслуживания шин является контроль за ис­правностью их контактных соединений и состоянием изоляции. Опорные фарфо­ровые одноэлементные изоляторы внутренней и наружной уста­новки испытывают повышенным напряжением промышленной частоты (продолжительность испытаний 1 мин):Номинальное напряжение изолятора, кВ.......... 3     6     10   20   30Испытательное напряжение изолятора, кВ.......25   32    42   68  100Опорно-стержневые изоляторы напряжением 35 кВ и выше в эксплуатации не подвергаются электрическим испытаниям.Состояние подвесных изоляторов в РУ контролируют штангой с переменным искровым промежутком.На электростанциях соединения выводов генера­торов с блочными повышающими трансформаторами выполня­ются открытыми шинными мостами или комплектными токопроводами заводского изготовления. По сравнению с открытыми ши­нами токопроводы обладают рядом эксплуатационных преиму­ществ: токоведущие части и изоляторы предохраняются от пыли и атмосферных осадков, исключается возможность возникнове­ния междуфазных КЗ на генераторном напряжении, обеспечива­ется безопасность обслуживания.В целях уменьшения электродинамических усилий между токоведущими частями, возникающих при КЗ, генераторные токопроводы выполняют пофазноэкранированными. Токопроводы поставля­ются в виде однофазных монтажных секций длиной до 12 м, состоящих из цилиндрической алюминиевой шины, установленной на опорных изоляторах и заключенной в цилиндрический алюминие­вый экран.Изоляторы закреплены на опорных элементах экрана через спе­циальные люки, уплотненные пластмассовыми крышками. Конст­рукция опорных элементов и наличие амортизаторов в верхней ар­матуре изоляторов позволяет производить при необходимости за­мену изоляторов без наблюдения за местом их соприкосновения с шиной.Токопроводы устанавливаются на опорных балках, поставляе­мых комплектно с токопроводами, либо на переходных швеллерах или пластинах, прикрепляемых к строительным конструкциям. При осмотре токопроводов измеряют температуру экранов и поддерживающих конструкций, которая не должна превышать 50 °С. Оборудование, встроенное в токопроводы (изоляторы, изме­рительные трансформаторы, разрядники и др.), подвергается электрическим испытаниям в соответствии с установленными для него нормами.**Обслуживание изоляторов сборных шин.**На подстанциях для изоляции шин применяют подвесные и опорные изоляторы. Каж­дый изолятор состоит из изолирующей части, изготовляемой из электротехнического фарфора или щелочного стекла специаль­ной технологии, служащей для крепления изолятора к зазем­ленной металлической или железобетонной конструкции, с од­ной стороны, и для крепления к изолятору токопроводящей ча­сти — с другой стороны. Изолирующие части соединяются с арматурой с помощью цементно-песчаных связок из портланд­цемента.Изоляторы, изготовляемые из фарфора, обладают высокой электрической и механической прочностью, а также стойкостью к атмосферным воздействиям и химически агрессивным средам. Внешняя поверхность фарфоровых изоляторов защищается глазу­рью, что уменьшает загрязняемость поверхности, облегчает ее са­моочистку и повышает электрические и механические характери­стики фарфора. Недостатками фарфоровых изоляторов являются их хрупкость и низкая ударная вязкость.Изоляторы из щелочного стекла также имеют высокие элект­рические и механические характеристики, хорошую стойкость к перепадам температуры и к воздействию химически агрессивных сред.В процессе изготовления изоляторов детали из стекла для них подвергают закалке, т.е. нагреву в печах и последующему охлаж­дению поверхности холодным воздухом. В результате термообра­ботки внешний слой стекла сжимается, а внутренние слои оста­ются растянутыми — в стекле возникает равновесие напряжений сжатия и растяжения.Напряжение сжатия достаточно велико. Чтобы разрушить изо­лятор из закаленного стекла, необходимо преодолеть силы на­пряжения. Именно этим и объясняются повышенные механиче­ские свойства и термостойкость изоляторов из стекла. Однако при сильных концентрированных ударах (например, камнем) ме­ханическая прочность стеклянных изоляторов оказывается ниже, чем фарфоровых: закаленное стекло рассыпается на мелкие ку­сочки.Разрушенные стеклянные изоляторы выявляют визуально при осмотрах. Они подлежат замене, так как электрическая прочность остатков резко снижается, хотя механическая прочность их сохра­няется некоторое время на достаточно высоком уровне.**Осмотры изоляторов.**Дефектная изоляция на подстанциях вы­является визуальными осмотрами и проведением профилактиче­ских испытаний. При осмотрах обращают внимание на целость изо­ляторов, отсутствие трещин и сколов, защищенность цементных швов от влаги, окраску арматуры и отсутствие подтеков ржавчи­ны по поверхности изоляторов, степень загрязнения их поверх­ности, отсутствие коронирования. При осмотрах подвесных изо­ляторов проверяется состояние узлов сочленения изоляторов (не расцепились ли изоляторы в гирляндах, не порваны ли шапки изоляторов).Визуальные осмотры штыревых изоляторов коммутационных аппаратов должны производиться перед началом каждой опера­ции включения или отключения аппарата, если операции выпол­няются с места установки аппарата. |
|  |

ЛЕКЦИЯ 67

## [ВИДЫ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ. УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ](#_Содержание:)

Перенапряжение – это скачкообразное увеличение уровня напряженности в любой точке [ЛЭП](http://pue8.ru/transport-elektroenergii/48-vozdushnye-linii-elektroperedachi.html) или электроустановки. Это явление опасно для состояния изоляции электрооборудования и, следовательно, представляет угрозу для оборудования и здоровья людей.

     К качественным характеристикам таких процессов в электросети относят:

- кратность, которая равна отношению максимальной величины перенапряжения к максимальной амплитуде рабочего напряжения;

- максимальную величину;

- продолжительность (обычно составляет от нескольких долей микросекунд до нескольких часов);

- количество импульсов;

- повторяемость;

- время нарастания напряжения.

Перенапряжения кдассифицирубт по следующим признакам:

    1.  **По месту возникновения бывают**

- внутрифазные (между витками трансформатора, нейтралью и землей);

- фазные;

- междуфазные.

   2**.  В зависимости от причин возникновения перенапряжения**

- внутренние – возникающие из-за аварий, коммутаций и различных резонансных явлений;

- внешние – источником служит разряд молнии или любой другой внешний источник.

     **Кроме того, внутренние перенапряжения классифицируют на:**

- атмосферные (формирующиеся в результате грозовых разрядов);

- коммутационные (возникающие в результате переключений);

- переходные, вызванные токами промышленной частоты;

- электростатические (возникающие в результате электростатических воздействий).

          1. **Атмосферные перенапряжения** считаются наиболее опасным типом аварийных процессов. Они являются природными явлениями и вызываются грозовыми разрядами при атмосферных осадках при сосредоточении электрических зарядов на поверхности объектов. Для данной разновидности атмосферных явлений характерна высокая величина номинала напряжения, которая может достигать нескольких десятков тысяч вольт за период времени до 1мсек. Такие мощные потоки энергии не выдерживает не только [электропроводка](http://pue8.ru/elektricheskie-seti/355-elektricheskaya-set-doma.html), но и различные типы оборудования.

     2. **Коммутационные перенапряжения** формируются в результате резкого изменения режима работы электросети, связанными с изменениями включениями/отключениями мощных приемников, с емкостным или индуктивным характером нагрузки. Такие явления в[электросетях](http://pue8.ru/elektricheskie-seti.html) принято называть **переходными процессами**. Значение импульсов и волн в таком случае достигает десятков – сотен вольт и определяется характеристиками электросети.

Ключевыми причинами возникновения коммутационных перенапряжений являются:

- отключение/включение устройств [релейной защиты](http://pue8.ru/relejnaya-zashchita.html) (автоматов, плавких предохранителей, реле, контакторов);

- остановка или пуск мощных [синхронных](http://pue8.ru/silovaya-elektronika/198-sistemy-vozbuzhdeniya-sinhronnyh-generatorov.html), [асинхронных](http://pue8.ru/elektricheskie-mashiny/204-asinhronnyy-rezhim-raboty-generatora.html) двигателей, трансформаторов;

- включение/отключение [батарей статических конденсаторов](http://pue8.ru/reaktivnaya-moshchnost/57-istochniki-reaktivnoy-moschnosti.html).

     3. **Электростатические перенапряжения** возникают в основном в сухих средах при скапливании электростатического разряда, которые формируют электростатическое поле.

     4. **Переходные перенапряжения** возникают под влиянием напряжений промышленной частоты.

Такие явления возникают вследствие внутренних повреждений из-за дефектов фаза/корпус, обрыва нейтрального проводника и пр. Частота таких процессов равна частоте сети.

Для защиты от перенапряжений в низковольтных сетях применяют следующую способы:

1.Реле контроля фаз применяется в системах автоматического управления. Оно обеспечивает контроль за наличием и симметрией напряжения, порядком чередования фаз в трехфазных системах напряжения, а также защиту от недопустимой асимметричности фазных напряжений, работы без одной фазы

**2.** Стабилизатор напряженияявляется сложным электротехническим устройством. По принципу своего действия они подразделяются на несколько типов.  Это [устройство подключают](http://electricvdome.ru/zachita-ot-perenaprjazhenija/podklyuchenie-stabilizatora-napryazhenija.html) между электрической сетью (источником) и нагрузкой, им контролируется напряжение, идущее на потребителей. В стабилизаторах предусмотрена функция контроля, когда величина напряжения выходит за контролируемый стабилизатором диапазон, например выше 260 В или ниже 150 В, то стабилизатор блокируется и выключает потребителя от сети. После того, как напряжение возвращается до приемлемых значений, стабилизатор опять включается.

Подстанции 110 - 750 кВ с КРУЭ подвергаются воздействию грозовых, низко- и высокочастотных коммутационных и резонансных перенапряжений и должны быть надежно защищены от них. Комплекс для защиты изоляции газонаполненных элементов КРУЭ и оборудования ПС может включать в свой состав следующие технические средства:

• нелинейные ограничители перенапряжений как обычного исполнения (ОПН), так и в элегазе (ОПНЭ). Они применяются для ограничения амплитуд низкочастотных коммутационных перенапряжений, возникающих при коммутациях ненагруженных воздушных линий и силовых трансформаторов (автотрансформаторов), и грозовых перенапряжений, набегающих с ВЛ.

• предвключаемые резисторы в элегазовых выключателях. Они применяются для снижения амплитуд низкочастотных коммутационных перенапряжений при плановых включениях линий, • встроенные в элегазовые разъединители предвключаемые резисторы двустороннего действия, уменьшающие амплитуду и растягивающие фронт высокочастотных коммутационных перенапряжений

• снижение сопротивления заземления опор и повышение эффективности тросовой защиты ВЛ на подходах к ПС, что ограничивает амплитуду и число волн грозовых перенапряжений, набегающих с воздушной линии на подстанцию.

Для каждой ПС с КРУЭ возможно применение нескольких вариантов комплекса защитных средств.

Защита от перенапряжений электроустановок переменного тока должна удовлетворять требованиям ПУЭ и РД 34.21.122-87. Применяются следующие основные виды защиты:

1. Защита от прямых **ударов молнии** может быть выполнена стержневыми или тросовыми молниеотводами**.**

К устройствам защиты от молнии относится также металлическая кровля или сетка, которая накладывается на неметаллическую кровлю, с присоединением их к заземлителям.

2**Вентильные разрядники** и ограничители перенапряжений всех классов напряжения должны быть постоянно включены.

В ОРУ допускается отключение на зимний период (или отдельные его месяцы) вентильных разрядников, предназначенных лишь для защиты от грозовых перенапряжений в районах с ураганным ветром, гололедом, резкими колебаниями температуры и интенсивным загрязнением.

**Трубчатые разрядники** и защитные промежутки на ВЛ всех классов напряжения допускается оставлять на зимний период

Вентильные и трубчатые разрядники, а также ограничители перенапряжений подлежат испытаниям

 В электросетях всех классов напряжения вентильные разрядники рекомендуется заменять на ограничители перенапряжений. Замена вентильных разрядников ограничителями перенапряжений должна быть выполнена на основании проектного решения.

**Осмотр** устройств защиты от перенапряжений осуществляют: на подстанциях с постоянным дежурством персонала - при очередных осмотрах, а также после каждой грозы, вызвавшей стойкое замыкание на землю; на подстанциях без постоянного дежурства персонала - при осмотре всего оборудования.

Осмотр трубчатых разрядников, установленных на ВЛ, и защитных промежутков проводит с земли лицо, выполняющее обход: при каждом очередном обходе ВЛ; в случае отключения ВЛ или работы устройства АПВ после грозы при подозрении в повреждения изоляции (появление «земли»).

Трубчатые разрядники, установленные на вводах в подстанцию, и основное оборудование оперативный персонал осматривает периодически, а также после грозы в районе расположения подстанции или на отходящих от нее участках линий электропередачи.

На ВЛ напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью перед грозовым сезоном выборочно (по усмотрению лица, ответственного за электрохозяйство) необходимо проверять исправность заземления крюков и штырей крепления фазных проводов, установленных на железобетонных опорах, а также арматуры этих опор. В сетях с заземленной нейтралью проверяют зануление этих элементов.

На ВЛ напряжением до 1000 В, построенных на деревянных опорах, проверяют заземление и зануление крюков и штырей изоляторов на опорах, на которых есть защита от грозовых перенапряжений, а также там, где осуществлено повторное заземление нулевого провода.

ЛЕКЦИЯ 68

## [ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЗЕМЛЯЮЩИМ УСТРОЙСТВАМ, ИХ КОНСТРУКЦИИ. СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ](#_Содержание:)

Заземляют следующие металлические части электроустановок:

1. Корпуса эл. машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.д.

2. Приводы эл. аппаратов, вторичные обмотки измерительных трансформаторов

3. Каркасы распределительных щитов, щитов управления, шкафов

4. Кабельные конструкции, кабельные муфты и т.д.

5. На воздушных линиях напряжением 6…10кВ заземляют железобетонные и металлические опоры, расположенные в населенных пунктах,

6. Каркасы и корпуса разъединителей, предохранителей, разрядников, установленных на деревянных, железобетонных или металлических опорах

Не заземляют

1. Оборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях. На этих конструкциях должны быть зачищенные и незакрашенные места для обеспечения электрического контакта

2. Корпуса электроизмерительных приборов, установленных на щитах, в шкафах или на стенах камер распределительных устройств

3. Съемные или открывающиеся части ограждений, шкафов и камер РУ, установленных на металлических заземленных каркасах.

Заземлители разделяются на естественные и искусственные.

Естественный заземлитель- это части коммуникаций, зданий и сооружений, используемые для заземления.

Искусственный заземлитель- это заземлитель, специально сооружаемый для целей заземления.

В качестве естественных заземлителей используют:

1. Металлические конструкции зданий и сооружений, соединенных с землей и не находящихся в агрессивных средах. Не следует использовать железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой, т.к. возможно повышение нагрева арматуры токами нулевой последовательности при КЗ на землю и снижение прочности конструкции

2. Проложенные в земле металлические трубы водопровода

3. Металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле

4. Нулевых провода ВЛ до 1кВ с повторными заземлителями при количестве ВЛ не менее двух.

В качестве искусственных заземлителей применяют заземляющие устройства контурного типа.

Заземлитель имеет 4 основные характеристики

1. Напряжение относительно земли при замыкании на корпус – это напряжение между корпусом электрооборудования и зоной нулевого потенциала.

Зона нулевого потенциала- это расстояние не менее 20м от границ заземлителя

2. Напряжение прикосновения – это напряжение между корпусом электрооборудования и точкой на поверхности земли, отстоящей на расстояние 1м

3. Напряжение шага – напряжение между 2-мя точками на поверхности земли, находящимися на расстоянии 1м друг от друга

4. Сопротивление заземляющего устройства- это отношение напряжения относительно земли к току, проходящему через заземлитель

ПУЭ нормирует следующие значения сопротивлений заземляющих устройств RЗ:

1. Сеть напряжением до 0,4кВ с глухозаземленной нейтралью RЗ= 4 Ом

2. Сеть напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью 6…35кВ RЗ= 10 Ом

Если заземляющее устройство используется только для установок 6…35кВ, то должно выполняться условие RЗ= 250/ Iз.з., где Iз.з.- расчетный ток замыкания на землю, А, значение 250В – это напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю.

При использовании заземляющего устройства одновременно для установок напряжением 6…35кВ и 0,4 кВ необходимо иметь RЗ= 4 Ом.

На концах воздушных линий или ответвлений от них длиной более 200м, а также на вводах к электроустановкам, в которых в качестве защитной меры при косвенном прикосновении применяют автоматическое отключение питания, должны быть выполнены повторные заземления проводника. Общее сопротивление всех повторных заземлителей каждой ВЛ не должно превышать 10 Ом.

В сетях напряжением 110кВ и выше с глухозаземленной нейтралью сопротивление не должно превышать 0,5 Ом.

ЛЕКЦИЯ 69

## [УСТРОЙСТВО АККУМУЛЯТОРОВ, ИХ ТИПЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ.](#_Содержание:)

Аккумуляторные батареи применяются для создания оперативного тока на электростанция и подстанциях.  Большим преимуществом их является независимость от внешних условий, что позволяет обеспечивать работу вторичных устройств даже при полном исчезновении напряжения в основной сети станции (подстанции).
Другим немаловажным достоинством этого источника является способность выдерживать значительные кратковременные перегрузки, необходимость в которых возникает при наложении на нормальный режим аккумулятора толчковых токов включения приводов выключателей.

Оперативный ток предназначен для питания цепей управления, релейной защиты и сигнализации. В качестве источника постоянного оперативного тока используются аккумуляторные батареи типа СК или СН, а также необслуживаемые (герметичные) аккумуляторы.

Потребители постоянного тока:

1- постоянно включенная нагрузка – аппараты, устройств управления, блокировки, сигнализации, а также постоянно включенная часть освещения.

2- временная нагрузка – появляющаяся при исчезновении переменного тока во время аварийного режима – токи нагрузки аварийного освещения, эл.двигатели постоянного тока

3- кратковременная нагрузка (длительность не более 5 с) создается токами включения и отключения приводов выключателей и др.

 На станциях и подстанциях применяются главным образом свинцово- кислотные аккумуляторы типаСК и свинцово кислотные с намазными электродами СН

Аккумуляторы **типа СК** - свинцово кислотные с поверхностными положительными и коробчатыми отрицательными электродами.Положительные электроды поверхностной конструкции изготавливаются отливкой из чистого свинца в форму, позволяющую увеличить действующую поверхность в семь-девять раз. Электроды изготавливаются трех размеров и обозначаются И-1, И-2, И-4. Их емкости находятся в соотношении 1:2:4.
 Отрицательные электроды коробчатой конструкции состоят  из решетки свинцово-сурьмяного сплава, собранной из двух половинок. В ячейки решетки вмазывается активная масса, приготовленная из окислов свинцового порошка и закрывается с обеих сторон листами перфорированного свинца.
Отрицательные электроды делятся на средние и боковые. Боковые имеют активную массу только с одной рабочей стороны. Также как и положительные, они изготавливаются трех размеров с тем же соотношением емкостей.
Для изоляции электродов различной полярности, а также создания между ними промежутков, вмещающих необходимое количество электролита, устанавливаются сепараторы (разделители) из мипласта  (микропористый полихлорвинил),  вставляемые в полиэтиленовые держатели.
Для фиксации положения электродов и предотвращения всплытия сепараторов в баке устанавливаются винипластовые пружины между крайними электродами и стенками бака. Пружины устанавливаются в стеклянные и эбонитовые баки с одной стороны (2 шт.) и в деревянные с двух сторон (6 шт).
В стеклянных и эбонитовых баках электроды подвешиваются ушками на верхние кромки бака,  в деревянных баках - на опорные стекла.
Аккумуляторы поставляются потребителю в разобранном виде, т.е. отдельными деталями с незаряженными электродами.

Аккумуляторы **типа СН** - свинцово кислотные с намазными электродами.
Положительные и отрицательные электроды состоят из решетки свинцового сплава, в ячейки которой вмазывается активная масса. Положительные электроды на боковых кромках имеют специальные выступы для подвески их внутри бака. Отрицательные электроды опираются на придонные призмы баков. Активная масса представляет собой пасту из свинцового порошка, замешанного на слабом растворе серной кислоты.

Решетку с пастой просушивают и подвергают особой обработке: формованию. Для этого ее погружают в раствор серной кислоты, подключают к источнику постоянного тока и подвергают многократным зарядам и разрядам, в результате чего она становится рыхлой и губчатой. Это повышает соприкосновение пластин с электролитом и при этом повышается емкость аккумулятора.
Для предупреждения коротких замыканий между электродами, удержания активной массы и создания необходимого запаса электролита около  положительного электрода используются комбинированные сепараторы из стекловолокна и листов мипласта.  Листы мипласта по  высоте на 15 мм больше  высоты электродов. На боковые кромки отрицательных электродов установлены винипластовые обкладки.
Баки аккумуляторов из прозрачной пластмассы закрыты несъемной крышкой.  В крышке имеются отверстия для  вывода и отверстие в центре крышки для заливки электролита, доливки дистиллированной воды, измерения температуры и плотности электролита, а, также для  выхода газов. Это отверстие закрывается фильтр-пробкой, задерживающей аэрозоли серной кислоты.
Крышки и бак в месте соединения необходимо склеить. Между выводами и крышкой следует сделать уплотнение из прокладки и мастики.  На стенке бака должны иметься отметки максимального  и минимального уровней электролита.
Аккумуляторы выпускаются в собранном виде без электролита с разряженными электродами.

Принцип действия аккумуляторов основан на поляризации свинцовых электродов. Под действием зарядного тока электролит (раствор серной кислоты) разлагается на кислород и водород. Продукты разложения вступают в химическую реакцию со свинцовыми электродами: на положительном электроде образуется двуокись свинца, а на отрицательном электроде – губчатый свинец.
В результате образуется гальванический элемент с напряжением около 2 В. При разряде такого элемента в нем происходит обратный химический процесс: химическая энергия превращается в электрическую. Под влиянием разрядного тока из электролита выделяются кислород и водород.
Кислород и водород, вступая в реакцию с двуокисью свинца и губчатым свинцом, восстанавливают первую и окисляют второй. По достижении равновесного состояния разряд прекращается. Такой элемент обратимый и может быть повторно заряжен

Процесс разряда. При включении аккумулятора на разряд ток внутри аккумулятора протекает от катода к аноду, при этом серная кислота частично разлагается, и на положительном электроде выделяется водород. Совершается химическая реакция, при которой двуокись свинца превращается в сульфат свинца и выделяется вода. Остаток частично разложившейся серной кислоты вступает в соединение с губчатым свинцом катода, также образуя сульфат свинца. На эту реакцию расходуется серная кислота и образуется вода. Благодаря этому удельный вес электролита по мере разряда снижается.

Процесс заряда.При разложении серной кислоты во время заряда водород переносится к отрицательному электроду, восстанавливает на нем сульфат свинца до губчатого свинца и образует серную кислоту. На положительном электроде образуется двуокись свинца. При этом образуется серная кислота и расходуется вода. Удельный вес электролита повышается.





..

Внутреннее сопротивление аккумулятора складывается из сопротивлений аккумуляторных пластин, сепараторов и электролита. Удельная проводимость активной массы пластин в заряженном состоянии близка к проводимости металлического свинца, а разряженных пластин – сопротивление велико. Поэтому сопротивление пластин зависит от степени заряженности аккумулятора. По мере разряда сопротивление пластин возрастает.
Рабочая емкость аккумулятора – это количество электричества, отданное аккумулятором в определенном режиме разряда до предельного для данного режима разряда напряжения. Рабочая емкость всегда меньше его полной емкости. Отбирать полную емкость от аккумулятора нельзя, так как это приведет к его невосстановимому истощению. В последующем изложении рассматривается только рабочая емкость АЭ.
Температура электролита. На емкость АЭ заметное влияние оказывает температура. При повышении температуры электролита емкость АЭ увеличивается примерно на 1% на каждый градус повышения температуры над 25°С. Повышение емкости объясняется снижением вязкости электролита, а следовательно, усилением диффузии свежего электролита в поры пластин и уменьшением внутреннего сопротивления АЭ. При понижении температуры – растет вязкость электролита – снижается емкость. Емкость при снижении температуры с 25°С до 5°С может упасть на 30%.

Емкость аккумулятора зависит от количества и качества активной массы пластин, величины разрядного тока, температуры и плотности электролита. Чем больше разрядный ток, тем меньшая часть активной массы успевает вступить в реакцию и емкость падает.

При зарядке аккумулятора плотность электролита возрастает за счет выделения серной кислоты, при разрядке уменьшается из-за образования сульфата свинца и выделения воды. Оптимальная плотность электролита составляет 1,2…1,3.

Зарядку производят от источника постоянного тока или через выпрямитель. Заряжать аккумулятор можно после того, как доведены до нормы уровень и плотность электролита.

Включение батареи производится в соответствие с полярностью, т.е. положительная клемма подключается к положительному полюсу источника, отрицательная – отрицательному полюсу. При отсутствии обозначений клемм их определяют по внешнему виду: диаметр положительной клеммы больше, чем отрицательной.

Окончание зарядки сопровождается бурным выделением взрывоопасных газов и нагревом аккумулятора (электролит «кипит»). Зарядный ток при этом необходимо уменьшить. Зарядка закончена, если плотность и напряжение аккумулятора не изменяется в течении 2…3часов.

При эксплуатации стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей на тепловых и гидравлических электростанциях и подстанциях энергосистем необходимо соблюдать следующие меры безопасности:
1. Обслуживание аккумуляторных батарей должно быть возложено на аккумуляторщика или специально обученного электромонтера.
2. Должна быть исключена возможность нахождения в аккумуляторном помещении лиц,  не имеющих отношения к обслуживанию батареи. Для этого аккумуляторное помещение должно быть постоянно закрыто на замок. Ключ от него необходимо хранить на щите управления и выдавать только лицам, обслуживающим батарею, и лицам, имеющим право на осмотр распределительных устройств.
3. Посторонние лица допускаются в аккумуляторное помещение только в сопровождении аккумуляторщика или электромонтера, выполняющего обязанности аккумуляторщика.
4. При отсутствии или бездействии вентиляции в аккумулятор ном помещении может образоваться взрывоопасная концентрация водорода. Даже при постоянном подзаряде из элементов выделяется некоторое количество водорода. При загрязнении электролита вредными примесями выделение водорода усиливается. Поэтому в аккумуляторных помещениях запрещается курение и использование электронагревательных приборов, а также аппаратов, которые могут дать электрическую искру.
5. На дверях аккумуляторного помещения должны быть надписи: «Аккумуляторная», «Огнеопасно», «С огнем не входить», «Курение запрещается».
6. При приготовлении электролита необходимо надевать очки, резиновые перчатки, фартук, сапоги

7. Нельзя вливать воду в кислоту, т.к. при этом происходит реакция с выделением тепла и вода нагревается до кипения. Необходимо кислоту вливать в дистиллированную воду небольшими порциями, периодически помешивая

8. После разборки аккумуляторов, зачистки и правки электродов необходимо тщательно вымыть руки с мылом, а перед курением и приемом пищи полоскать рот водой

9. При попадании концентрированной серной кислоты на кожу следует быстро ее удалить тампоном (ватой, марлей и т.п.), место попадания кислоты обильно промыть водой, а затем нейтрализовать 5 %-ым раствором соды. Для этого в аккумуляторном помещении должны быть бутыли емкостью 3-5 л  с четкой надписью «Раствор двууглекислой соды».

10. Концентрированная серная кислота должна храниться в плотно закупоренных бутылях,  помещенных в прочные обрешетки. На горлышках бутылей должны быть подвешены бирки с четкими надписями: «Концентрированная серная кислота», «Электролит».

11. Перед началом заряда АКБ должна быть введена в действие система вентиляции аккумуляторного помещения. Лицо, ведущее заряд, должно проверять работу вентиляции в процессе заряда, по окончании заряда вентиляция должна действовать еще в пределах от 1,5 до 2,0 часов.

ЛЕКЦИЯ 70

## [СХЕМЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И ПОДСТАНЦИЯХ. ОБСЛУЖИВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ](#_Содержание:)

На мощных электрических станциях и на крупных узловых подстанциях устанавливаются аккумуляторные батареи напряжением 110—220 В, а на небольших подстанциях напряжением 24— 48 В, на станциях до 50 МВт устанавливается одна батарея 220 В, а на станциях большей мощности две такие батареи, причем одна батарея рассчитывается на полную нагрузку оперативных цепей и на 60 % мощности аварийного освещения, а другая на 100 % мощности аварийного освещения и на нагрузку одного масляного насоса турбины. При этом каждая из батарей должна обеспечить и толчковую нагрузку при включении приводов выключателей. На блочных станциях большой мощности для каждых одного-двух блоков устанавливают отдельную батарею, как правило, на напряжение 220 В.На крупных узловых подстанциях напряжением 220 кВ и выше должны устанавливаться две одинаковые батареи 220 В, а на подстанциях 35—110 кВ с трансформаторами 5,6 MB-А и больше — одна батарея 220 или 110 В.На подстанциях 35 кВ и ниже с трансформаторами мощностью меньше 5,6 MB-А обычно устанавливают одну батарею 24 В или питают оперативные цепи от источников переменного тока.
Существует несколько схем включения аккумуляторных батарей. На старых электроустановках можно встретить схемы заряд-разряд (рис. 9-3), при которой всю основную нагрузку длительно несет батарея, а зарядное устройство подключается только на время заряда разряженной батареи. Мощность зарядного устройства, таким образом, должна быть достаточной для одновременного заряда батареи и питания всей основной нагрузки. Однако в последнее время от этой схемы отказались, так как частые глубокие разряды батареи быстро изнашивают активную массу пластин аккумуляторов и усложняют эксплуатацию.

Рис. 9.З. Схема аккумуляторной установки, работающей по методу «заряд— разряд»
Б — аккумуляторная батарея; P1— Р2 — элементный коммутатор; 3.4 — зарядный агрегат

Сейчас применяют исключительно схему постоянного подзаряда (рис. 9-4), которая отличается от схемы заряд— разряд режимами работы батареи и наличием специального подзарядного агрегата. Подзарядный агрегат работает в этой схеме непрерывно, неся постоянную нагрузку, подключенную к шинам, и подзаряжая батарею небольшим током. Батарея принимает на себя только толчковую нагрузку, возникающую, например, при включении выключателей.На рис. 9-4 можно видеть элементный коммутатор Р1— Р2, назначение которого — поддерживать постоянным напряжение на зажимах батареи. При отклонении напряжения от нормального элементный коммутатор подключает или отключает часть аккумуляторов, поддерживая напряжение на шинах постоянным. Так как скользящие контакты вносят известную ненадежность в работу схемы, а также имеют недостаточное быстродействие, в современных схемах применяются не элементные коммутаторы, а тиристорные зарядно-подзарядные устройства (выпрямительные агрегаты). При этом в нормальном режиме нагрузка питается от выпрямительного устройства, а при повышенной нагрузке тиристорное устройство практически мгновенно подключает к шинам дополнительные элементы.


Рис. 9-4, Схема аккумуляторной установки, работающей по методу постоянного подзаряда
ПЗА  - подзарядный агрегат; Д  -  выпрямитель


Рис. 9-5. Схема аккумуляторной установки с противоэлементами. ПЭ — противоэлементы; Н — нагрузка

Существует также схема аккумуляторной установки, в которой часть нагрузки, нуждающаяся в регулировании напряжения, подключается к батарее через группу электролитических элементов, состоящих из стальных пластин, погруженных в раствор щелочи (едкого кали или натра). При прохождении тока через эти так называемые противоэлементы в них возникает реакция электролиза щелочного раствора, сопровождающаяся поглощением энергии и падением напряжения, не зависящим от тока. Таким образом, изменяя число включенных противозлементов, можно понижать напряжение на регулируемых шинах до нужного уровня (рис. 9-5).
Достоинствами схемы с противоэлементами являются отсутствие элементного коммутатора, уменьшение износа и увеличение срока службы основных аккумуляторов. Схема с противоэлементами известна давно, но широкого распространения не получила, по-видимому, из-за некоторой громоздкости и усложнения эксплуатации.

**Обслуживание** аккумуляторных батарей должен выполнять специалист аккумуляторщик, в обязанность которого входит периодический контроль состояния и режима работы АКБ и производство мелких ремонтов.Заряды и разряды АКБ, а также уравнительные заряды производятся специалистом аккумуляторщиком, а при его отсутствии - дежурным персоналом.
Работы в помещении аккумуляторной АКБ выполняемой аккумуляторщиком или дежурным персоналом, производятся без наряда.Работы, выполняемые ремонтным или лабораторным персоналом, производятся по оформленному допуску.
Перед вводом в эксплуатацию вновь смонтированной или вышедшей из капитального ремонта АКБ должны проверяться емкость АКБ током 10 часового разряда, качество и плотность электролита, напряжение аккумуляторов в конце заряда и разряда и сопротивление изоляции АКБ относительно земли.
Наружный осмотр АКБ должен производиться:
- дежурным персоналом один раз в сутки;
- начальником (мастером) структурного подразделения по обслуживанию электрооборудования один раз в неделю;
- аккумуляторщиком ежемесячно по графику, утвержденному главным инженером станции.
Все аккумуляторные установки должны подвергаться периодическому техническому освидетельствованию.

**Техническое освидетельствование** АКУ производится комиссией энергообъекта, возглавляемой техническим руководителем электростанции или его заместителем. В комиссию включаются руководитель и специалисты соответствующей службы энергообъекта, представители электротехнических служб энергосистемы (генерирующих компаний), специалисты специализированных организаций и органов государственного контроля и надзора.
Задачами технического освидетельствования АКУ являются оценка их состояния, а также определение мер, необходимых для обеспечения установленного ресурса АКБ.
В объем периодического технического освидетельствования должны быть включены: наружный и внутренний осмотр, проверка технической документации, испытания на соответствие условиям безопасной эксплуатации аккумуляторных установок.
Одновременно с техническим освидетельствованием должна осуществляться проверка выполнения предписаний органов государственного контроля и надзора и мероприятий, намеченных по результатам расследования нарушений работы АКУ и несчастных случаев при обслуживании АКБ, а также мероприятий, разработанных при предыдущем техническом освидетельствовании АКУ.Результаты технического освидетельствования должны быть занесены в технический паспорт АКУ.

Для поддержания АКУ в исправном состоянии должны производиться следующие виды технического обслуживания:осмотры АКУ; профилактический контроль;
 профилактическое восстановление.Текущие и капитальные ремонты АКУ выполняются по мере необходимости.
**Периодические осмотры** АКУ производятся лицами, контролирующими их безопасную эксплуатацию.Периодичность осмотров устанавливается техническим руководителем электростанции. Результаты осмотров должны фиксироваться в специальном журнале.
Работник, осуществляющий контроль технического состояния и безопасную эксплуатацию АКУ должен: соблюдать технические условия эксплуатации АКУ;
 вести учет состояния и отказов в работе АКБ; осуществлять расследование отказов в работе АКБ; вести эксплуатационную и ремонтную документацию.

В процессе эксплуатации через определенные промежутки времени для поддержания АКБ в исправном состоянии должны проводиться следующие виды технического обслуживания:
 осмотры АКБ; профилактический контроль; профилактическое восстановление (ремонт).
Текущие и капитальные ремонты АКБ выполняются по мере необходимости.
Текущие осмотры аккумуляторных батарей проводятся по утвержденному графику персоналом, обслуживающим батарею.Во время текущего осмотра проверяется:
 напряжение, плотность и температура электролита в контрольных аккумуляторах (напряжение и плотность электролита во всех и температура в контрольных аккумуляторах не реже 1 раза в месяц); напряжение и ток подзаряда основных и добавочных аккумуляторов;
 уровень электролита в баках; правильность положения покровных стекол или фильтр-пробок;
 целостность баков, чистота баков, стеллажей и пола; вентиляция и отопление;
 наличие небольшого выделения пузырьков газа из аккумуляторов; уровень и цвет шлама в прозрачныхбаках.
Если в процессе осмотра выявлены дефекты, которые могут быть устранены единолично осматривающим, он должен получить по телефону разрешение начальника соответствующего структурного подразделения на проведение этой работы. Если дефект не может быть устранен единолично, способ и срок его устранения определяется начальником соответствующего структурного подразделения по эксплуатации электрооборудования.
**Инспекторские осмотры** проводятся двумя работниками: лицом, обслуживающим батарею, и лицом, ответственным за эксплуатацию электрооборудования энергопредприятия, в сроки, определяемые местными инструкциями, а также после монтажа, замены электродов или электролита.Во время инспекторского осмотра проверяются: напряжение и плотность электролита во всех аккумуляторах батареи, температура электролита в контрольных аккумуляторах; отсутствие дефектов, приводящих к коротким замыканиям;
 состояние электродов (коробление, чрезмерный рост положительных электродов, наросты на отрицательных, сульфатация); сопротивление изоляции; содержание записей в журнале, правильность его ведения.
При обнаружении во время инспекторского осмотра дефектов намечаются сроки и порядок их устранения.Результаты осмотров и сроки устранения дефектов заносятся в журнал АКБ.
**Профилактический контроль** проводится в целях проверки состояния и работоспособности АКБ.Объем работ, периодичность и технические критерии при профилактическом контроле:
1. Проверка емкости (контрольный разряд) для СК 1 раз в 1-2 года и должно быть соответствие заводским данным, после 15 лет эксплуатации не менее 70% номинальной. Для СН 1 раз в год и должно быть соответствие заводским данным, после 10 лет эксплуатации не менее 80% номинальной

2. Проверка напряжения, плотности, уровня и температуры электролита в контрольных аккумуляторах и аккумуляторах с пониженным напряжением для СК не реже 1 раза в месяц

3. Измерение сопротивления изоляции батареи для СК и СН 1 раз в 3 месяца. Внеплановый анализ электролита из контрольных аккумуляторов проводится при обнаружении массовых дефектов в работе батареи:
- коробление и чрезмерный рост положительных электродов, если не обнаружены нарушения режима работы батареи;- выпадение светло-серого шлама;- пониженная емкость без видимых причин.
При внеплановом анализе, кроме железа и хлора, определяются следующие примеси при наличии соответствующих показаний:- марганца - электролит приобретает малиновый оттенок;- меди - повышенный саморазряд при отсутствии повышенного содержания железа;
- окислов азота - разрушение положительных электродов при отсутствии в электролите хлора.

ЛЕКЦИЯ 71

## [ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ: НАДЗОР ЗА КАБЕЛЬ­НЫМИ ЛИНИЯМИ, КОНТРОЛЬ НАД НАГРУЗКАМИ И НАГРЕВОМ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ](#_Содержание:)

|  |
| --- |
| Кабелями называются изолированные проводники, которые служат для передачи электрического тока в земле, воде и на воздухе.По назначению кабели подразделяют на силовые и контрольные. Силовые кабели используют для передачи электрической энергии там, где применение для этой цели неизолированных шин и проводов невозможно или нерационально. Контрольные кабели применяют для передачи информации в цепях управления, измерения, контроля и учета, защиты и сигнализации, автоматики и телемеханики. Они связывают между собой измерительные трансформаторы и приборы измерения, управляющие устройства и объекты управления, сигнальные приборы и объекты сигнализации. Поэтому контрольные кабели нередко называют кабелями связи.Силовые кабели переменного тока с резиновой изоляцией выполняют на напряжения 0,66-10 кВ, кабели с пластмассовой изоляцией  — на 1,0-35 кВ, с бумажной пропитанной изоляцией — на 1,0-500 кВ.В зависимости от назначения и условий применения кабели имеют различную конструкцию. Основными конструктивными элементами кабеля являются: токоведущие жилы, изоляция, защитная оболочка, броня и наружный покров. Кабели могут иметь все перечисленные элементы или некоторые из них.Силовые кабели изготовляются с одной, двумя, тремя и четырьмя токоведущими жилами. В четырехжильных одна из жил обычно выполняется меньшего сечения, чем остальные. Она используется в качестве нулевой. В качестве материала жил используется медь и алюминий. В зависимости от требуемой гибкости кабеля жилы могут быть однопроволочные и многопроволочные. Для кабелей стационарной прокладки изготовляют жилы круглой и фасонной (сегментной и секторной) формы. Применение секторных и сегментных жил вместо круглых приводят к уменьшению диаметра кабеля на 20-25% и соответственно к сокращению расходов материалов на изоляцию, оболочку и защитные покровы.Алюминиевые однопроволочные жилы изготовляют круглыми при сечении от 2,5 до 240 мм2, фасонными — от 25 до 240 мм2, многопроволочные жилы — круглые при сечении от 70 до 1000 мм2, фасонные — от 70 до 240 мм2.В связи с дефицитом и высокой стоимостью меди применение кабелей с медными жилами значительно ограничено и в каждом конкретном случае требует обоснования. Для изготовления жил кабеля в основном применяют алюминий. **Изоляция** обеспечивает надежную работу кабеля. Она должна иметь такую электрическую прочность, чтобы возможность электрического пробоя ее при напряжении, на которое рассчитан кабель, была исключена.Бумажная пропитанная изоляция жил кабелей имеет хорошие электрические характеристики, продолжительный срок службы, сравнительно высокую допустимую температуру и невысокую стоимость. К недостаткам бумажной изоляции следует отнести ее гигроскопичность, которая требует полной герметичности оболочек кабеля. Кроме того, пропитывающий бумагу состав при значительной разности уровней прокладки кабеля по длине может стекать с верхнего конца, что снижает изоляционную прочность, ухудшает условия охлаждения, сокращает срок службы кабеля. В процессе работы кабели периодически нагреваются и охлаждаются. Нагрев вызывает расширение пропиточного состава и деформацию оболочки. В результате этого в изоляции образуются газовые и вакуумные включения, снижающие ее диэлектрическую прочность. Под действием электрического поля в этих включениях возникает ионизация, сопровождающаяся повышением температуры, ускорением местного старения изоляции и снижением ее электрической прочности. Это ограничивает применение таких кабелей напряжением до 35 кВ.При напряжении на 110 кВ и выше используют **маслонаполненные кабели**. Они выполняются медными жилами.Вэтих кабелях образования газовых включения не происходит. Масло в маслопроводящем канале кабеля постоянно в процессе монтажа и эксплуатации находится под давлением. Давление масла в кабеле поддерживается автоматически в заданных пределах с помощью маслоподпитывающих устройств, устанавливаемых вдоль кабельной линии.Пластмассовую изоляцию для силовых кабелей изготовляют из полиэтилена или поливинилхлорида (ПВХ). Такие кабели прокладывают в пожароопасных каналах, туннелях, в агрессивной среде, при отсутствии механических воздействий. Кабели прокладывают в трубах или располагают их так, чтобы исключить прикосновение к ним обслуживающего персонала. Для прокладки в земле используют кабели с ленточной броней.Кабели с резиновой изоляцией обычно используются в помещениях с агрессивной средой, при отсутствии механических воздействий. К преимуществам резиновой изоляции относится ее гибкость и практически полная негигроскопичность. К недостаткам резиновой изоляции относится ее более высокая стоимость, более низкая рабочая температура (65°С) по сравнению с другими видами изоляции, снижение с течением времени эластичности.Для **защиты изоляции** жил от воздействия света, влаги, различных химических веществ, а также для предохранения ее от механических повреждений кабели снабжают **оболочками**. Лучшими материалами для оболочек в отношении герметичности и влагостойкости, гибкости и теплостойкости являются металлы (свинец, алюминий). Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией не нуждаются в металлической оболочке, поэтому их выпускают обычно в пластмассовой или резиновой оболочке.**Защитные покровы** располагаются поверх оболочки и состоят из подушки, брони и наружного покрова. **Подушка** кабеля представляет из себя слой волокнистого материала или битумного состава и предназначена для предохранения оболочки кабеля от поврежденной стальными лентами или проволоками брони. **Броня** служит для защиты кабеля от механических повреждений. Для кабелей, не подвергающихся в процессе эксплуатации растягивающим усилиям, применяют ленточную броню, состоящую из двух стальных лент, накладываемых так, чтобы верхняя лента перекрывала зазоры между витками нижней.Для кабелей, подвергающихся растягивающим усилиям, применяют броню из оцинкованных плоских или круглых проволок. **Наружный покров**, состоящий из пропитанной пряжи и покрытия из слоя битумного состава, защищает броню кабеля от коррозии.Маркировка кабелей в соответствии с их конструкцией выполняется буквенно-цифровая. Буквы в марке кабеля указывают на следующее:А — алюминиевые жилы;АА — алюминиевые жилы и оболочка;Б — броня из стальных лент с антикоррозионным наружным покровом;Бн — то же, но с негорючим покровом из стеклопряжи и негорючего состава;         В — поливинилхлоридная изоляция и оболочка;В (в конце обозначения) — обедненно пропитанная бумажная изоляция;М- маслонаполненный кабель;Н — негорючая резина;П — броня из оцинкованных плоских проволок;Пс — негорючий полиэтилен (самозатухающий);Р — резиновая изоляция;Г — отсутствие наружного покрова поверх брони.Цифры после буквенного обозначения указывают следующее: первая группа — номинальное напряжение; вторая — количество жил (фаз); третья — сечение жил; четвертая — наличие нулевой жилы; пятая — сечение нулевой жилы.Контрольные кабели выполняются многожильными от 4 до 61 жилы в одном кабеле сечением от 0,7.5 до 10 мм2. Их изоляция преимущественно резиновая или пластмассовая. В марку кабеля входит буква К (контрольный), например, КРВБГ-10х1,5 (контрольный, с резиновой изоляцией и оболочкой ПВХ, бронированный, голый, десять медных жил сечением 1,5 мм2). Если жилы алюминиевые, то первая буква марки кабеля А.При эксплуатации кабельных линий необходимо производить надзор за их техническим состоянием. К основным мероприятиям по охране кабельных линий являются периодические обходы и осмотры кабельных трасс, допуск к раскопкам на трассах и вблизи них, надзор за этими работами.Осмотры кабельных линий производятся по графикам в зависимости от напряжений и условий прокладки кабелей. Например, для кабелей до 35кВ, проложенным в городах с усовершенствованным покрытием, осмотры производят 1 раз в год. Кроме плановых осмотров производят выборочные обходы и осмотры. Плановые осмотры производятся электромонтерами, выборочные- инженерно- техническим персоналом. В периоды паводков, наводнений, при отключении линии релейной защитой производятся внеочередные осмотрыНа электростанциях и подстанциях кабели, открыто проложенные в туннелях, шахтах, осмотры производятся с периодичностью, определенной местными инструкциями. При осмотрах проверяют:- исправность освещения и вентиляции- работу сигнализации о появлении дыма и наличие средств пожаротушения - состояние несгораемых перегородок и дверей между отдельными отсеками в помещениях, где расположены кабели- температуру в помещениях и температуру металлических оболочек кабелей,  |

- состояние соединительных и концевых муфт

- отсутствие воды и работу дренажных устройств

- состояние металлических оболочек кабелей и антикоррозийных покровов брони и т.д.

 Все виды работ на трассах кабельных линий должны производиться при условии предварительного согласования выполнения этих работ с организацией, эксплуатирующей эти линии и получения от нее разрешения на производство этих работ.

Места производства этих работ по степени возможного повреждения кабелей делится на 2 зоны:

1- работы на трассе линии и на расстоянии до 1м от крайнего кабеля

2- работы на расстоянии, превышающем 1м от крайнего кабеля.

При земляных работах в 1-ой зоне представитель эксплуатирующей организации производит допуск к работам и ведет постоянный надзор за работами в течение всего времени их производства. После окончания работ вскрытые кабели осматриваются представителем эксплуатирующей организации, укладываются и засыпаются грунтом.

При работах во второй зоне представитель эксплуатирующей организации выдает разрешение на производство работ, присутствует при допуске к работам и затем периодически посещает место работ. Окончание работ оформляется соответствующим документом.

АВРБ – алюминиевый, поливинилхлоридная изоляция, резиновая оболочка; бронированные

ВРБ- тоже, с медными жилами

АВВГ- А- алюминиевые жилы, ВВ- поливинилхлоридная изоляция и оболочка, Г -отсутствие наружного покрова

ШВВП- шнур, П- плоское исполнение

КВВГ- контрольный кабель

МНАШв- м- маслонаполненный, Н- низкого давления, А- алюминиевой оболочке, Шв- в шланге их ПВХ пластика

ЛЕКЦИЯ 72

## [КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБМОТОК КАБЕЛЕЙ И МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЕ](#_Содержание:)

На оболочку кабелей, проложенных в земле, воздействуют почвенная коррозия, блуждающий электрический ток и вибрация. Почвенная коррозия возникает вследствие взаимодействия металлических оболочек кабелей с грунтом. Ее интенсивность зависит от состава и влажности грунта. Кабели имеют защитные антикоррозионные покрытия, однако в процессе эксплуатации из-за воздействия воды, которая всегда содержит различные кислоты, соли и щелочи, эти покрытия с течением времени разрушаются и не предохраняют оболочки кабелей от коррозии. Как известно, различные промышленные отходы содержат большое количество кислот, солей и щелочей, поэтому, если на трассе имеются такие отходы или сам грунт коррозионно активен, принимаются меры для защиты оболочек. Для оценки грунта измеряют его электрическое сопротивление или отбирают пробы для анализа. Грунт, имеющий высокое электрическое сопротивление, не вызывает сильной коррозии. Если анализ грунта выявляет его высокую коррозионную активность, на действующих трассах грунт заменяют или кабели перекладывают в другое место. Места агрессивных почв наносят на специальную карту коррозионных зон. При обходах трасс КЛ обращают особое внимание на то, чтобы они не загрязнялись отходами (зола, шлак, известь и др.).

Для КЛ наиболее опасным источником коррозии является электрифицированный на постоянном токе транспорт (трамвай, железнодорожный транспорт), рельсы которого используются как токопроводы.

Питание такого транспорта осуществляется от тяговых подстанций, где переменный ток выпрямляется различными выпрямительными установками. Положительный полюс тяговой подстанции подключается к троллейному проводу, отрицательный полюс – к различным точкам рельсовых путей КЛ. Точки присоединения называются отсасывающими пунктами. Электрический ток от источника питания по питающим линиям поступает на троллейные провода, проходит через электродвигатели транспортного средства и по рельсам возвращается обратно к отсасывающим пунктам. Так как рельсы электрически не

изолированы от земли, часть тока ответвляется от них и к отсасывающим пунктам возвращается по пути наименьшего сопротивления. Хорошим проводником на пути таких токов служат оболочки кабелей, железобетонные конструкции и др.

Зона, в которой блуждающий ток входит в оболочку кабеля, называется катодной, а зона, в которой он выходит из этой оболочки, – анодной. Разрушение кабеля в катодной зоне возможно лишь при наличии в ней щелочных веществ. Для определения вида зоны измеряется потенциал по отношению к земле. Если это катодная зона, то измеренный потенциал будет отрицательным, если анодная зона – положительным. Основное разрушение оболочек кабелей происходит в анодной зоне и зависит от плотности тока, стекающего с кабеля в землю. Значение тока, протекающего по оболочкам кабелей, определяется взаимным расположением КЛ и рельсовых путей, состоянием рельсовых путей, количеством отсасывающих пунктов.

В районе с электрифицированным транспортом контроль блуждающих токов осуществляется 2 раза в первый год эксплуатации кабелей или транспорта, далее – согласно местным инструкциям. Наличие блуждающих токов определяют вольтметром с большим внутренним сопротивлением, которым измеряют разность потенциалов между двумя точками земли через каждые 1000 м. Найденная разность потенциалов указывает на наличие блуждающих токов.

Разность потенциалов между металлической оболочкой кабеля и землей измеряют таким же вольтметром, один вывод которого соединяют с оболочкой кабеля, а другой – с заземляющим электродом.

Плотность тока, стекающего с оболочки кабеля, определяют миллиамперметром, один вывод которого соединяют с оболочкой кабеля, а другой – с вспомогательным электродом. Этот электрод должен быть аналогом исследуемого кабеля, т. е. его наружная поверхность должна так же изнашиваться, как и поверхность исследуемого кабеля.

Ток, проходящий по оболочке кабеля, определяют двумя способами – измерением падения напряжения на ней и методом компенсации. Для первого способа используют милливольтметр, выводы которого электрически соединяют с оболочкой кабеля в двух точках, для второго способа к измеряемым точкам подключают дополнительный источник питания и с помощью переменного резистора добиваются, чтобы показания милливольтметра сводились к нулю. Показания амперметра, установленного в цепи дополнительного источника питания, будут равны значению тока, проходящего по оболочке кабеля.

После этого составляют специальные диаграммы потенциалов и плотностей блуждающих токов и при необходимости разрабатывают меры по предотвращению коррозии КЛ.

Для защиты металлических оболочек кабелей применяют катодную поляризацию, электрический дренаж и протекторную защиту.

*При катодной поляризации*на оболочке кабелей от внешнего источника создается отрицательный потенциал, для чего отрицательный полюс источника соединяют с оболочкой, а положительный – заземляют.

*Электрический дренаж*– отвод блуждающих токов от металлических оболочек кабелей к источнику этих токов.

*Протекторная защита*– соединение металлических оболочек кабелей с электродом, заложенным в земле и имеющим более высокий потенциал, чем оболочки кабелей.

Для электрической защиты оболочек кабелей требуются специальные устройства и наблюдение за ними в процессе эксплуатации.

Основной источник больших блуждающих токов – нарушения в выполнении и при эксплуатации рельсовой и отсасывающей сетей электрифицированного транспорта. При обнаружении таких токов принимают меры для снижения их до нормативных требований.

ЛЕКЦИЯ 72

## [ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ](#_Содержание:)

Сначала необходимо определить характер повреждения, что позволит выбрать соответствующие методы определения места повреждения (ОМП). Повреждения могут иметь следующие виды:

1.Повреждение изоляции, вызывающее замыкание 1 жилы на землю

2.Повреждение изоляции, вызывающее замыкание 2 или 3-х на землю или между собой

Приступая к измерению на кабельной линии необходимо на включающем аппарате вывесить плакат «Не включать- работают люди», с противоположной стороны измеряемого кабеля надо вывесит плакат «Стой- высокое напряжение», т.к. в процессе измерения на жилы кабеля подается высокое напряжение. После этого указателем проверить отсутствие напряжения на кабеле и разрядить его наложением заземленной закоротки на все 3 жилы. Затем снять закоротку и приступить к работе с измерительными приборами. Характер повреждения определяется мегомметром 2500В.Для этого измеряется сопротивление изоляции токоведущих жил кабеля относительно земли и между каждой парой жил. После этого определяется зона, где имеется повреждение, и затем место повреждения.

Результаты измерений могут не выявить характер повреждения, поскольку переходное сопротивление в месте повреждения может быть достаточно высоким, в частности, из-за затекания места пробоя изоляции маслоканифольным составом (заплывающий пробой) в кабелях с бумажной пропитанной изоляцией.

Для снижения переходного сопротивления изоляция кабеля в месте повреждения прожигается. Для этого на кабель подается напряжение, достаточное для пробоя изоляции в месте повреждения. После некоторого времени повторения пробоев переходное сопротивление в месте повреждения уменьшается, разрядное напряжение снижается, а ток разряда увеличивается. Изоляция прожигается этим током, переходное сопротивление в месте повреждения уменьшается.

Определение зоны повреждения производится петлевым, импульсным методом и методом колебательного разряда. Точное место повреждения определяется индукционным и акустическим методом.

**Петлевой метод** используется в случае повреждения изоляции 1 или 2-х жил при отсутствии обрыва жил. Для измерения применяется чувствительный мост.

Этот метод основан на измерении омического сопротивления жил кабеля до места повреждения.

На одном конце кабеля замыкаются нормальная и поврежденная жилы (образуется петля). Измерения проводятся с другого конца кабеля (см. рис. 4). Для измерения сопротивлений R.2и R4может использоваться, например, мост постоянного тока.



Рис. 4. **Схема определение зоны повреждения петлевым методом**

В одну диагональ моста включается источник постоянного напряжения -U,в другую - измерительный прибор, например милливольтметр mV.Регулируемыми сопротивлениями R1и R3,достигается равновесие моста - нулевое показание милливольтметра.

Известно, что равновесие моста будет достигаться при выполнении соотношения


где R2 - сопротивление нормальной жилы и участка поврежденной жилы от конца кабеля до места повреждения;

R4 - сопротивление участка поврежденной жилы от начала кабеля до места повреждения.

Поскольку сопротивление жилы кабеля пропорционально его длине, зона повреждения после достижения равновесия моста определяется несложными вычислениями



где / - длина кабеля.

**Импульсным методом**определяется зона однофазного или многофазного замыкания, зона обрыва любого количества фазных жил.В поврежденную линию посылается эталонный электрический импульс. По экрану измерительного прибора, проградуированному в мкс, измеряется интервал времени txмежду моментом подачи импульса и моментом прихода импульса, отраженного от места повреждения (рис. 3).

Скорость распространения электромагнитных волн в силовых кабелях практически не зависит от сечения и материала жил и составляет 160+3 м/мкс. Расстояние до места повреждения вычисляется как Iх= 80tх, м.

Для случая, приведенного на рис. 8.3, зона повреждения находится на расстоянииIх= 80 \* 3,5 = 280 м от места измерения.



Рис. 3. **Экран прибора при определении зоны повреждения кабеля импульсным методом: а - при замыкании; б - при обрыве**

По знаку отраженного импульса судят о характере повреждения. Если посланный и отраженный импульс разного знака - повреждение типа замыкание (рис. 3,а), если одного знака - повреждение типа обрыв (рис. 3,б).

**Индукционный метод**позволяет определить место многофазных замыканий в кабеле после успешного прожига изоляции в месте повреждения. Метод основан на улавливании магнитного поля, создаваемого вокруг кабеля протекающим по нему током. Улавливание поля производится с помощью специальной поисковой катушки, имеющей магнитный сердечник для концентрации поля.

По двум поврежденным жилам кабеля пропускается ток высокой частоты (800... 1000 Гц) от звукового генератораG(рис. 5). Вокруг кабеля образуется магнитное поле высокой частоты. Поместив в это поле поисковую катушку, соединенную через усилитель с наушниками, можно прослушивать звуковой сигнал. Обслуживающий персонал, продвигаясь по трассе КЛ, прослушивает этот звуковой сигнал.



Рис. 5. **Иллюстрация индукционного метода отыскания повреждения**

Слышимость сигнала вдоль кабельной линии будет периодически изменяться от max до min. Это объясняется спиральным повивом жил кабеля. Преобладание над поверхностью земли магнитного поля одной жилы периодически меняется на преобладание противоположного магнитного поля другой жилы.

В месте короткого замыкания ток от генератора Gменяет свое направление, интенсивность магнитного поля и, следовательно, слышимость сигнала в этом месте усиливаются. За местом повреждения звукового сигнала не будет.
Использование тока высокой частоты необходимо для отстройки звукового сигнала от фона промышленной частоты 50 Гц соседних кабелей.

**Акустический метод**позволяет определить место однофазных и многофазных замыканий в кабеле при заплывающем пробое.

В поврежденную жилу (в поврежденные жилы) периодически подаются импульсы постоянного напряжения, например, от накопительного конденсатора. В месте повреждения возникают разряды, вызывающие акустический шум. Уровень этого шума прослушивается с поверхности земли, например, с помощью стетоскопа или прибора с пьезодатчиком-преобразователем механических колебаний в электрические.

Сущность акустического метода состоит в создании в месте повреждения искрового разряда и прослушивании на трассе вызванных этим разрядом звуковых колебаний, возникающих над местом повреждения. Этот метод применяют для обнаружения на трассе всех видов повреждения с условием, что в месте повреждения может быть создан электрический разряд. Для возникновения устойчивого искрового разряда необходимо, чтобы величина переходного сопротивления в месте повреждения превышала 40 Ом.

Слышимость звука с поверхности земли зависит от глубины залегания кабеля, плотности грунта, вида повреждения кабеля и мощности разрядного импульса. Глубина прослушивания колеблется в пределах от 1 до 5 м. Применение этого метода на открыто проложенных кабелях, кабелях в каналах, туннелях не рекомендуется, так как из-за хорошего распространения звука по металлической оболочке кабеля можно допустить большую ошибку в определении места повреждения.

В качестве генератора импульсов применяется кенотрон с дополнительным включением в схему высоковольтных конденсаторов и шарового разрядника. Вместо конденсаторов можно использовать емкость неповрежденных жил кабеля. В качестве акустического датчика используют датчики пьеза – или электромагнитной системы, преобразующие механические колебания грунта в электрические сигналы, поступающие на вход усилителя звуковой частоты. Над местом повреждения сигнал наибольший. В качестве прибора можно использовать течетрассопоисковый комплект «ЛИДЕР».

ЛЕКЦИЯ 73

## [Общие сведения о техническом обслуживании воздушных линий](#_Содержание:)

ЛЭП служит для передачи эл. энергии от эл. станции в различные точки энергосистемы или непосредственно потребителю. ЛЭП переменного тока выполняют, как правило, 3-хфазными. Распределительные сети 0,4кВ имеют 4-ый заземленный нулевой провод. На отдельных участках эта сеть может 3-хфазной или 2-хфазной (фаза-нуль).

Воздушной ЛЭП называется устройство для передачи и распределения эл. энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикреплённым при помощи изоляторов и арматуры к опорам.

Трасса линии- это участок земли, на которой сооружена линия.

Линии состоят из следующих конструктивных элементов:

1. Опор различных типов для подвески проводов и грозозащитных тросов
2. Фундаментов опор
3. Проводов для передачи эл. энергии
4. Грозозащитных тросов для защиты линии от грозовых разрядов
5. Изоляторов или гирлянд изоляторов для изоляции проводов от заземленных частей опоры
6. Линейной арматуры для крепления проводов и тросов к изоляторам и опорам
7. Заземляющих устройств и трубчатых разрядников для отвода токов молнии или токов КЗ в землю

Опоры могут быть:

1. Анкерные- это опоры, на которых производят натяжку проводов
2. Транспозиционные опоры- это анкерные опоры, на которых провода разных фаз меняют свое взаимное расположение
3. Анкерный участок или анкерный пролет- расстояние по трассе линии между 2- мя соседними анкерными опорами
4. Промежуточные опоры- это опоры, к которым подвешиваются провода между соседними анкерными опорами
5. Промежуточный пролет- это расстояние между соседними промежуточными опорами
6. Угол поворота линии- это точка, где меняется направление трассы линии и устанавливаются анкерные или промежуточные угловые опоры
7. Переходный пролет- это пролет в месте пересечения линии с инженерными сооружениями (дороги, каналы и т.д.) или естественными преградами (реки, озера, ущелья и т.д.)
8. Габариты проводов- вертикальное расстояние от проводов до земли, поверхности воды или льда, или до пересекаемых инженерных сооружений.

В населенной местности для линий напряжением до 35кВ расстояние от проводов до зданий и сооружений допускается не менее 3м, для линий 110-150кВ- 4м, 220кВ – 5м, 330кВ – 6м. Прохождение линий 400кВ и выше над зданиями и сооружениями не допускается. В остальных местностях габариты зависят от характеристики местности и колеблются от 1м в недоступных склонах гор при напряжении до 1кВ до 12м в ненаселенных пунктах при напряжении 750кВ. В населенных пунктах прохождение таких линий на 750кВ не допускается.

Число проводов на опорах может быть разным. Обычно воздушная линия (ВЛЭП) рассчитана на передачу трёхфазного тока, поэтому опоры **одноцепных**ВЛ напряжением свыше 1 кВ рассчитаны на подвеску трёх фазных проводов, то есть одной цепи. На опорах **двухцепных**ВЛЭП подвешивают две параллельно идущие цепи, то есть 6 проводов.Также бывают ВЛЭП с **расщеплёнными фазами**, когда вместо одного фазного провода большого сечения подвешивается несколько скреплённых между собой проводов меньшего сечения. Расщепление проводов применяется для устранения появления протяжённого коронного разряда (на жаргоне электриков — «короны») на проводах. Появление «короны» не только вызывает дополнительные потери в проводах, но и создаёт дополнительные искажения первоначально синусоидальной формы тока, на работу с которыми сети переменного тока не рассчитаны.

При **техническом обслуживании** воздушных линий (ВЛЭП) проводятся следующие мероприятия:

* периодические осмотры,
* внеочередные осмотры ВЛЭП,
* определение места повреждения при помощи технических средств,
* испытания элементов ВЛЭП при техническом обслуживании:
	+ проверка изоляторов,
	+ проверка соединений проводов,
	+ измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов,
* проверка изоляторов:
	+ фарфоровые подвесные и штыревые изоляторы испытываются согласно требований,
	+ внешний осмотр стеклянных изоляторов,
* проверка соединений проводов (путем внешнего осмотра и измерения падения напряжения или сопротивления),
* измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов.

Осмотр - это обход ВЛЭП с визуальной проверкой состояния трассы и всех элементов ВЛЭП.

График осмотров ВЛЭП утверждается техническим руководителем предприятия в соответствии с требованиями:

1.  Осмотр ВЛЭП по всей длине - не реже 1 раза в год;

2.  Отдельные участки ВЛЭП, включая участки, подлежащие ремонту, не реже 1 раза в год должны осматриваться административно-техническим персоналом;

3.  Для ВЛЭП напряжением 35 кВ и выше не реже 1 раза в 10 лет должны проводиться верховые осмотры (осмотры с подъемом на опору);

4.  Для ВЛЭП напряжением 35 кВ и выше, проходящих в зонах с высокой степенью загрязнения или по открытой местности, а также для ВЛЭП напряжением 35 кВ и выше, эксплуатируемых 20 и более лет, верховые осмотры должны проводиться не реже 1 раза в 5 лет;

5.  Для ВЛЭП напряжением 0,38...20 кВ верховые осмотры должны проводиться при необходимости.

По мере необходимости осмотры ВЛЭП проводятся в темное время суток для выявления коронирования и опасности перекрытия изоляции и возгорания деревянных опор.

Внеочередные осмотры ВЛЭП или их участков должны проводиться при образовании на проводах и тросах гололеда, при пляске проводов, во время ледохода и разлива рек и после стихийных бедствий (бурь, ураганов, пожаров) в зоне прохождения ВЛЭП, а также после отключения ВЛЭП релейной защитой и неуспешного АПВ.

При осмотрах трасс ВЛЭП, проходящих в лесных массивах, обращают внимание на зарастание просек, их ширину и противопожарное состояние.

При прохождении ВЛЭП в населенной местности расстояния по горизонтали от крайних проводов при наибольшем их отклонении до ближайших зданий и сооружений должны быть не менее:

2м - для ВЛ напряжением до 20 кВ;

4м - для ВЛ напряжением 35... 110 кВ;

6 м - для ВЛ напряжением 220 кВ.

При осмотре опор обращают внимание на их отклонения от вертикального положения, разворот и уклон траверс, прогибы (кривизну) элементов опор. В местах заглубления опор не должно быть проседания или вспучивания грунта. У железобетонных фундаментов металлических опор и железобетонных приставок деревянных опор не должно быть трещин и сколов бетона с обнажением стальной арматуры.

На опорах должны присутствовать их порядковые номера, информационные знаки с указанием ширины охранной зоны, а в населенной местности - предупредительные плакаты безопасности. Номер или условное обозначение ВЛЭП должны быть указаны на концевых опорах линии, первых опорах ответвлений, опорах в местах пересечений ВЛЭП одинакового напряжения, опорах пересечения с железными дорогами, опорах участков параллельно идущих линий при расстоянии между ними менее 200 м.

У деревянных опор не должно быть видимого загнивания деревянных частей, следов обгорания или расщепления. Внешнее загнивание опор определяется визуально, наличие внутреннего загнивания - путем простукивания древесины молотком в сухую и не морозную погоду. Звонкий звук указывает на здоровую древесину, глухой - на наличие в ней внутреннего загнивания.

У металлических опор проверяются сварные швы и болтовые соединения, состояние антикоррозийного покрытия и степень поражения элементов опор коррозией в местах нарушения этого покрытия.

У железобетонных опор проверяется состояние антикоррозийного покрытия и степень поражения коррозией металлических траверс. Особое внимание уделяется осмотру железобетонной стойки опоры, в которой не должно быть трещин и других повреждений бетона. Трещины способствуют коррозии арматуры и, следовательно, уменьшению прочности опоры.

У проводов и тросов не должно быть обрывов и оплавлений отдельных проволок, набросов на провода посторонних предметов.

Изоляторы ВЛЭП не должны иметь трещин, ожогов от перекрытия и других видимых повреждений глазури. Все изоляторы в гирляндах должны быть чистыми и целыми. У трубчатых разрядников проверяется направление зоны выхлопа, состояние поверхности разрядника, которая не должна иметь ожогов электрической дугой, трещин, расслоений и глубоких царапин.

У заземляющих устройств проверяется состояние (целостность и степень поражения коррозией) заземляющих проводников и их соединений с заземлителями.

При оценке состояния проводов, изоляторов, арматуры и других элементов ВЛ, расположенных достаточно высоко, целесообразно использовать бинокль.

Все замеченные при осмотрах дефекты и неисправности ВЛ заносятся в листок осмотра,

Все дефекты и неисправности в зависимости от их характера устраняются при техническом обслуживании или плановом ремонте ВЛ. Повреждения аварийного характера должны быть устранены немедленно.

ЛЕКЦИЯ 74

## [ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВЛ](#_Содержание:)

С целью обеспечения повышенной надежности систем электроснабжения по воздушным и кабельным линиям электропередачи (ВЛ и КЛ) их выполняют с изолированной нейтралью. Тогда замыкание одной из фаз на землю (наиболее частый вид повреждения) не приводит к появлению больших токов короткого замыкания (КЗ) и допускается в течение нескольких часов.

Длительность определения мест повреждения (ОМП) составляет примерно ¾ общего времени ликвидации повреждения линий электропередачи.

Технические средства ОМП, применяемые ВЛ, по принципу действия подразделяются на дистанционные и топографические.

*Дистанционные* позволяют указывать предполагаемое расстояние до места КЗ от шин подстанции.

*Топографические* позволяют определять направление к месту повреждения, осуществлять поиск поврежденной опоры или непосредственно места повреждения. На КЛ топографические средства позволяют находить трассу КЛ и выделять поврежденный кабель из пучка кабелей.

Для ОМП на ВЛ используется фиксация токов и напряжения обратной последовательности (приборы типов ФПТ и ФПН), а также фиксация сопротивления (приборы типов ФМК-10 и ФИС).

Комплект топографических средств ОМП на ВЛ содержит указатели поврежденного участка типов УПУ-1 или УКЗ, а также указатели ЗНЗ: токовые типов «Поиск-1» и «Волна», направленные типа «Зонд».

На ВЛЭП для определения мест повреждения (ОМП) применяются приборы, принцип действия которых основан на измерении параметров аварийного режима. По принципу действия устройства ОМП делятся на 3 группы:

1. фиксирующие приборы для определения расстояния до места повреждения на ВЛ, автоматически измеряющие и фиксирующие значения величин во время аварийного режима
2. устройства для определения поврежденных участков при КЗ
3. переносные устройства для определения мест замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью

**Фиксирующие приборы** используются в энергосистемах для фиксации симметричных составляющих токов и напряжений. Определение расчетного расстояния до места повреждения линии производится дежурным диспетчерского пункта. По показаниям фиксирующих приборов диспетчер аналитическим, графическим или графоаналитическим методом рассчитывает расстояние до места повреждения. Результаты расчетов передаются персоналу соответствующего предприятия электросетей, высылающего ремонтную бригаду на место повреждения. В настоящее время широкое применение имеют фиксирующие омметры. Принцип действия основан на измерении реактивной составляющей сопротивления до места повреждения. Шкала градуируется в км и производить расчеты не требуется

По принципу действия фиксирующие приборы могут быть разделены на приборы с механической, магнитной и электрической памятью

В приборах механической памятью подвижная система прибора включается непосредственно на измеряемую величину и механически фиксируется в точке отсчета. Приборы имеют простую конструкцию, но широкого распространения не получили из-за небольшого диапазона измерений.

В приборах с магнитной памятью измеряемая величина производит намагничивание или размагничивание магнитной системы показывающего прибора в процессе КЗ. Остаточная магнитная индукция, вызывающая отклонение стрелки прибора, сохраняет свое значение длительной время.

Наибольшее применение имеют приборы с электрической памятью, у которого запоминающим устройством является конденсатор .Процесс фиксации разбит на 2 этапа:

1этап: во время КЗ запоминающий конденсатор быстро заряжается до напряжения, пропорционального значению фиксируемого тока или напряжения

2 этап: к запоминающему конденсатору подключается считывающее устройство, осуществляющее перенос информации в долговременную память. Т.к. на этом этапе не требуется быстродействие, то это позволяет использовать не очень быстродействующие, но простые и надежные элементы.

К фиксирующим приборам относятся приборы ФИП, ЛИФП, ФПТ и т.д.

По схеме: основными элементами схемы являются 1) блок кратковременной памяти БКП, состоящий из входного трансформатора Т, выпрямителя VS, пускового органа 1К и запоминающего конденсатора С1 2) блок считывания БС, состоящий из измерительного реле 2К и считывающего конденсатора С2 3) блок отсчета БО, содержащий счетчик электрических импульсов СИ. На вход включаются фиксирующие амперметр (прибор ФИП-1) или вольтметр (прибор ФИП-2) через ТТ или ТН.

В момент возникновения повреждения на входе БКП появляется сигнал А, вызывающий срабатывание пускового реле 1К, который через 0,04сек замыкает контакт 1К1 и подключает конденсатор С1 к цепи заряда. При этом конденсатор заряжается до напряжения Uс = КА, где К- коэффициент пропорциональности.

Еще через 0,04сек. Пусковой орган размыкает контакт 1К1 и через 2…3сек замыкает контакт 1К2. Заряженный конденсатор С1 через контакты 1К2, 2К1 и обмотку реле 2К подключается к конденсатору С2. При этом С2 заряжается, а на С1 происходит снижение напряжения до значения U1 = Uс\*С1/(С1+С2), где С1и С2- емкости конденсаторов.

Под действие тока заряда конденсатора С2 происходит срабатывание реле 2К. С выдержкой времени, достаточной для окончания заряда конденсатора С2, реле размыкает контакт 2К1и замыкает контакты 2К2 и 2К3. При этом С2 отключается от С1 и закорачивается, а на вход счетчика импульсов БО поступает первый импульс постоянного тока. Затем свыдержкой времени, достаточной для окончания процесса разряда конденсатора С2 и для надежного срабатывания БО, происходит возврат 2К и разряженный конденсатор С2 вновь подключается к С1. Весь цикл повторяется и БС генерирует следующий импульс, который фиксируется БО.

После того как блоком БО будет зафиксировано Nимпульсов, напряжение на С1 снижается до Uэ, при котором импульс зарядного тока уже недостаточен для приведения в действие реле 2К в БС.

Число импульсов N, зафиксированное счетчиком, является логарифмической функцией сигнала А.

**Устройства для определения поврежденных участков** делятся на 3 основные группы:

- указатели участка воздушной линии с поврежденной изоляцией

- указатели опоры с поврежденной изоляцией

- указатели гирлянды с поврежденной изоляцией

*Указатели участков воздушной линии* с поврежденной изоляцией применяются в основном для сетей 6…20кВ, но могут применяться в сетях 110кВ и выше.

 Указатели сетей 6…20кВ содержат датчики тока, измерительный элемент, индикатор срабатывания и блок возврата, обеспечивающий ручной или автоматический возврат устройства после восстановления нормального режима работы линии.

При отборе информации о возникновении КЗ могут использоваться ТТ или специальные магнитные датчики.

Указатели, использующие ТТ, устанавливаются в 2-х фазах линии. Т.к. эти указатели находятся под рабочим напряжением, их индикатор срабатывания представляет собой электромеханическое сигнальное устройство для визуального наблюдения.

Указатели с магнитным датчиком имеют измерительную часть с магнитным датчиком и контактным выходом, юлок автоматического возврата с антенным отбором напряжения и переносной контактный индикатор срабатывания.

*Указатели опор* с поврежденной изоляцией используются, в основном, в сетях напряжением 110кВ и выше. По принципу действия они могут быть разделены на указатели с механической памятью и с магнитной памятью.

Устройство с механической памятью состоит из трансформатора, у которого в качестве первичной обмотки используется токоведущая арматура опоры, и сигнального элемента. Сигнальный элемент выполняется в виде запальной спирали, подключенной ко вторичной обмотке ТТ, пиропатрона и, связанного с пиропатроном, сигнального флажка. Достоинством указателя является возможность визуального определения срабатывания устройства. Недостаток- сложность возврата в исходное положение, т.к. необходима замена пиропатрона.

Указатели с магнитной памятью основаны на использовании магнитных запоминающих элементов.

Указатели гирлянды с поврежденной изоляцией предназначены для использования в сетях 110кВ и выше. Принцип работы основан на использовании электрода, установленного на ближайшем к опоре изоляторе. При дуговом перекрытии гирлянды указатель сгорает, что позволяет определить место повреждения изоляции с земли или с вертолета. В качестве электрода может использоваться металлизированная пленка или стальная проволока.

ЛЕКЦИЯ 75

## [ОП­РЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ](#_Содержание:)

## [НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 КВ.](#_Содержание:)

Воздушные сети 6…35кВ работают с изолированной или компенсированной нейтралью. Значения токов замыкания на землю в этих сетях относительно невелики и поэтому, применять способы и средства определения мест однофазных замыканий на землю, используемых в сетях более высокого напряжения, нельзя. Для определения замыкания на землю в этом случае используются переносные приборы, которые позволяют путем ряда последовательных измерений определить место повреждения.

При замыкании на землю как в поврежденной, так и в неповрежденной линии протекают токи нулевой последовательности. В поврежденной линии от шин подстанции к месту замыкания протекает суммарный ток нулевой последовательности неповрежденных линий. Направление тока в поврежденной линии противоположно направлению токов в неповрежденной линии. Замыкание на землю вызывает искажение системы фазных напряжений. Токи нулевой последовательности, кроме основной составляющей 50Гц, содержат составляющие высших гармоник. Источником высших гармоник является генератор, у которого ЭДС не является чисто синусоидальной, трансформатор и токоприемники, имеющие нелинейную характеристику.

По измеряемым составляющим тока и напряжения переносные приборы делятся на 2 группы: приборы, работающие на частоте 50Гц и приборы, работающие на высших гармониках. Каждая группа, в свою очередь, токовые и направленные приборы.

Токовые приборы используются для сравнительной оценки токов нулевой последовательности в линиях и участках сети при замыканиях на землю. Направленные приборы дают возможность определить направление протекания этих токов.

При применении токовых приборов измерения производятся сравнением уровня токов нулевой последовательности. На поврежденной линии показания прибора будут наибольшими. Затем на поврежденной линии определяется поврежденное ответвление, а на ответвлении определяется место повреждения. На месте повреждения показания прибора наибольшие, а за ним показания резко снижаются.

Направленные приборы позволяют по показаниям индикатора определить направление к месту повреждения в точке сети, если значение соответствующей составляющей тока нулевой последовательности в данной точке достаточно для работы прибора. Это условие обычно не выполняется на коротких ответвлениях и на концевых участках линии.

Применение приборов, работающих на основной частоте, встречает трудности из-за влияния магнитного поля токов нагрузки, т.к. напряженность этого поля сравнима с напряженностью магнитного поля замыкания на землю.

Использование высших гармоник имеет то преимущество, что их относительный уровень в токе замыкания на землю тем выше, чем выше номер гармоники. Поэтому при использовании токов высших гармоник влияние магнитного поля токов нагрузки значительно меньше.

Наибольшее применение получили приборы «Поиск-1», «Волна», «ЗОНД».

Прибор «Поиск-1» имеет фиксированные настройки на 5,7, и 13 гармоники. Рекомендуемой является использование 5 гармоники. Недостатки прибора: большие габариты и масса.

Отыскание места замыкания на землю производят в следующем порядке: у выходов линий с территории п/ст прибор располагается под одной из них. Переключатель ставится в положение, соответствующее контролю 5 гармоники. При этом фиксируется показание прибора. Повреждённая линия определяется по максимальным показаниям прибора. Далее измерения производятся в местах разветвлений поврежденной линии. Для определения места повреждения на ответвлении производят последовательные измерения на нем. Переход через место замыкания определяется по резкому снижению показаний прибора.

Более современным является прибор «Волна». Он имеет лучшую селективность, более высокую чувствительность и меньшие габариты. Выпускается с настройкой на 550Гц. Отыскание места повреждения производится аналогично.

Кроме замыкания на землю прибор может отыскать ж/б опору, находящуюся под напряжением, место обрыва провода в сети и др. повреждения.

Ж/б опора оказывается под напряжением чаще всего при пробое изоляции и длительном протекании через нее тока замыкания на землю. При этом грунт под опорой высыхает, оплавляется и становится практически непроводящим, а опора находится под высоким напряжением и может стать причиной эл. травмы.

Для определения опоры с поврежденной изоляцией оператор должен подойти к опоре на расстоянии 8-9м. поставить переключатель прибора в положение Uлин и расположить прибор перпендикулярно оси линии. Если опора находится пол напряжением, а заземлении нарушено, то показания прибора превышают 30-40 процентов шкалы. Если опора не находится под напряжением, то показания прибора близки к 0.

 Прибор «ЗОНД» основан на сравнении фаз тока и напряжения 11 гармоники и позволяет определять направление к месту замыкания на землю. Кроме того, он производит измерение тока 11 гармоники и контролирует напряжение нулевой последовательности 50Гц. Контроль напряжения производится с помощью выдвижной телескопической антенны.