

Министерство общего и профессионального образования Ростовской области
НОВОШАХТИНСКИЙ ТЕХНИКУМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ –
филиал Государственного бюджетного профессионального образовательного
учреждения Ростовской области «ШАХТИНСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ
КОЛЛЕДЖ ТОПЛИВА И ЭНЕРГЕТИКИ им. ак. Степанова П.И.»

Методические указания по проведению практических занятий
по **МДК01.05.Техническое регулирование и контроль качества**
электрического и электромеханического оборудования для обучающихся
очной формы обучения для специальности **13.02.11** Техническая
эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического
оборудования (по отраслям)

**Образовательные результаты, заявленные ФГОС
МДК01.05.Техническое регулирование и контроль качества
электрического и электромеханического оборудования для
специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и
обслуживание электрического и электромеханического
оборудования» (по отраслям)**

В результате освоения **МДК01.05.Техническое регулирование и контроль качества электрического и электромеханического оборудования** обучающийся должен:

Иметь практический опыт	– выполнения работ по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования; использования основных измерительных приборов.
уметь	– определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем; – подбирать технологическое оборудование для ремонта и эксплуатации электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем, определять оптимальные варианты его использования; – организовывать и выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования; – проводить анализ неисправностей электрооборудования; – эффективно использовать материалы и оборудование; – заполнять маршрутно-технологическую документацию на эксплуатацию и обслуживание отраслевого электрического и электромеханического оборудования; – оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования; – осуществлять технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования; – осуществлять метрологическую поверку изделий; – производить диагностику оборудования и определение его ресурсов; прогнозировать отказы и обнаруживать дефекты электрического и электромеханического оборудования.

знать	<ul style="list-style-type: none">- технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин;- классификацию основного электрического и электромеханического оборудования отрасли;- элементы систем автоматики, их классификацию, основные характеристики и принципы построения систем автоматического управления электрическим и электромеханическим оборудованием;- классификацию и назначением электроприводов, физические процессы в электроприводах;- выбор электродвигателей и схем управления;- устройство систем электроснабжения, выбор элементов схемы электроснабжения и защиты;- физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, области применения, правила эксплуатации, электрического и электромеханического оборудования;- условия эксплуатации электрооборудования;- действующую нормативно-техническую документацию по специальности;- порядок проведение стандартных и сертифицированных испытаний;- правила сдачи оборудования в ремонт и приема после ремонта;
--------------	--

Общие указания к составлению отчёта

Практические занятия являются одним из элементов учебной деятельности обучающегося, выполнив которую, он должен составить отчёт. Правильно составить отчёт, значит показать:

- степень усвоения знаний не только по **МДК01.05.Техническое регулирование и контроль качества электрического и электромеханического оборудования** но и по другим дисциплинам, изучаемым обучающимися данной специальности;

- умение проявить самостоятельность;
- творческий подход к выполнению заданий;
- знание нормативных документов, ГОСТов, ЕСКД;
- наиболее лучшую организацию своей работы, чтобы с наименьшими затратами времени и труда найти оптимальное техническое, математическое и другое решение;
- умение пользоваться справочной, информационной, нормативной литературой, ресурсами Интернет.

Отчёт выполняется рукописным способом на обеих сторонах листа формата А4. Оформление отчёта выполняется в соответствии с методическими указаниями по применению стандартов при оформлении учебной документации, текст отчёта иллюстрируется при необходимости графическим материалом в виде рисунков, схем, таблиц. Текст отчёта пишется пастой синего цвета. Отчёт составляется в соответствии с методическими указаниями к работе на основе результатов выполненной работы.

Проверяя отчёт, преподаватель отмечает:

- правильность оформления отчёта, т.е. соблюдение требований ГОСТ, ЕСКД и других нормативных документов;
- правильность выполнения задания;
- достоверность полученных результатов;
- ответы на контрольные вопросы и выводы по работе.

Преподаватель отмечает ошибки и выставляет оценку. В случае неудовлетворительной оценки отчёт возвращается, обучающийся исправляет ошибки

Практическое занятие 1

Тема: Изучение организации противоаварийной работы

Цель: 1) Изучение организации противоаварийной работы

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Обслуживание трансформаторных подстанций – это процесс, от которого во многом зависит надежность процессов приема, передачи и распределения электрической энергии. В рамках этого обслуживания особое место принадлежит организации противоаварийной работы.

При эксплуатации оборудования в штатном режиме большинство из существующих дефектов проявляются не сразу, а постепенно. Примером может служить разрушение контактов в результате увеличения температуры кабелей, электродвигателей, трансформаторов и т.п. Также причиной возникновения аварий на подстанциях бывает чрезмерная вибрация, величина которой также изменяется не сразу, а постепенно. Свой вклад вносят загрязнения и нарушения целостности изоляции, вытекания масла из трансформаторов и выключателей, увлажнения комплектных распределительных устройств.

Нередки случаи невнимательности обслуживающего персонала, которые заканчиваются авариями. В данном случае первоначальная ответственность ложится на дежурный персонал. Именно он принимает решение по осуществлению мер для восстановления нормальной работы оборудования, придерживаясь при этом всех требований существующих инструкций.

Причины возникновения аварий и пожаров на подстанциях

Масштабные аварии (например, взрыв трансформаторной подстанции) в электроэнергетике случаются достаточно редко. Но если такие факты все же имеют место, то последствия могут быть самыми серьезными. Без электроэнергии останутся жилые кварталы и крупные промышленные предприятия. Поэтому обслуживание подстанций просто необходимая мера для бесперебойной работы электроэнергетической системы.

Необходимым условием надежной работы электрических подстанций является их эксплуатация в полном соответствии с существующими инструкциями и правилами, а также привлечение к обслуживанию персонала высокой квалификации. Причин возникновения пожаров и аварий на подстанциях может быть достаточно много. В этой статье мы рассмотрим наиболее распространенные случаи. Среди них стоит выделить:

- ошибочные действия электротехнического персонала;

- некачественный электромонтаж или ремонт;
- неисправности в цепях релейной защиты и автоматики;
- однофазные замыкания на землю в сетях 6-35 кВ;
- грозовые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях.

Силовые трансформаторы являются важнейшей частью подстанции, и в том числе от их работы зависит надежность процессов преобразования и распределения электрической энергии.

Алгоритм действий в случае возникновения аварии:

1. Устранение опасности для персонала и оборудования, если она существует. Отключение поврежденного оборудования.
2. Исключение вмешательства персонала в работу автоматических устройств.
3. Обеспечение нормальной работы механизмов собственных нужд за счет включения резервного питания.
4. Определение характера и объема повреждения на основании показаний измерительных приборов и поведения средств сигнализации.
5. Передача информации о произошедшем диспетчеру, на которого возлагается задача вызова ремонтного персонала или сотрудников отдельной службы.

В случае отсутствия связи с диспетчером дежурный должен самостоятельно ликвидировать аварию. Необходимо установить связь с соседним объектом и согласовав график отключения электропитания потребителей, который будет действовать на время аварийной ситуации.

Электроэнергетические предприятия обязаны периодически организовывать для своего персонала противоаварийные тренировки на специальных тренажерах.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что представляет из себя процесс обслуживания трансформаторных подстанций
 - 2) Причины возникновения аварий и пожаров на подстанциях
 - 3) Алгоритм действий в случае возникновения аварии
- 6 Список литературы

1. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 2

Тема: Организация управления на электрических станциях и в электрических сетях

Цель: 1) изучение организации управления на электрических станциях и в электрических сетях

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Энергосистема представляет собой единую сеть, состоящую из источников электрической энергии – электростанций, электрических сетей, а также подстанций, которые осуществляют преобразование и распределение произведенной электроэнергии. Для управления всеми процессами производства, передачи и распределения электрической энергии существует **система оперативно-диспетчерского управления**.

Энергосистема страны может включать в себя несколько предприятий разной формы собственности. Каждое из электроэнергетических предприятий имеет отдельную службу оперативно-диспетчерского управления.

Все службы отдельных предприятий управляются **центральной диспетчерской системой**. В зависимости от величины энергосистемы центральная диспетчерская система может разделяться на отдельные системы по регионам страны.

Энергосистемы смежных стран могут включаться на параллельную синхронную работу. Центральная **диспетчерская система (ЦДС)** осуществляет оперативно-диспетчерское управление межгосударственными электрическими сетями, по которым осуществляются перетоки мощностей между энергосистемами смежных стран.

Задачи оперативно-диспетчерского управления энергосистемой:

- поддержание баланса между количеством производимой и потребляемой мощности в энергосистеме;
- надежность электроснабжения снабжающих предприятий от магистральных сетей 220-750 кВ;
- синхронность работы электростанций в пределах энергосистемы;
- синхронность работы энергосистемы страны с энергосистемами смежных стран, с которыми есть связь межгосударственными линиями электропередач.

Исходя из вышеперечисленного, следует, что система оперативно-диспетчерского управления энергосистемой обеспечивает ключевые задачи в энергосистеме, от выполнения которых зависит энергетическая безопасность страны.

Особенности организации процесса оперативно-диспетчерского управления энергосистемой

Организация процесса **оперативно-диспетчерского управления (ОДУ)** в энергетике осуществляется таким образом, чтобы обеспечить распределение различных функций по нескольким уровням. При этом каждый уровень подчиняется вышестоящему.

Например, самый начальный уровень - оперативно-технический персонал, который осуществляет непосредственно операции с оборудованием в различных точках энергосистемы, подчиняется вышестоящему оперативному персоналу - дежурному диспетчеру подразделения энергоснабжающего предприятия, за которым закреплена электроустановка. Дежурный диспетчер подразделения, в свою очередь подчиняется диспетчерской службе предприятия и т.д. вплоть до центральной диспетчерской системы страны.

Процесс управления энергосистемой организован таким образом, чтобы обеспечить непрерывный контроль и управление всеми составляющими объединенной энергосистемы.

Для обеспечения нормальных условий работы как отдельных участков энергосистемы, так и энергосистемы в целом, для каждого объекта разрабатываются специальные режимы (схемы), которые следует обеспечивать в зависимости от режима работы того или иного участка электрической сети (нормальный, ремонтный, аварийный режимы).

Для обеспечения выполнения главных задач ОДУ в энергосистеме помимо оперативного управления существует такое понятие как **оперативное ведение**. Все операции с оборудованием на том или ином участке энергосистемы осуществляются по команде вышестоящего оперативного персонала - это **процесс оперативного управления**.

Выполнение операций с оборудованием в той или иной мере оказывает влияние на работу других объектов энергосистемы (изменение потребляемой или вырабатываемой мощности, снижение надежности электроснабжения, изменение значений напряжения). Следовательно, такие операции должны предварительно согласовываться, то есть выполняться с разрешения того диспетчера, который осуществляет оперативное обслуживание данных объектов.

То есть, в оперативном ведении диспетчера находится все оборудование, участки электрической сети, режим работы которых может измениться в результате операций на оборудовании смежных объектов.

Например, линия соединяет две подстанции А и Б, при этом подстанция Б получает питание от А. Отключение линии со стороны подстанции А осуществляется оперативным персоналом по команде диспетчера данной ПС. Но отключение данной линии должно производиться только по согласованию с диспетчером подстанции Б, так как данная линия находится в его оперативном ведении.

Таким образом, при помощи двух основных категорий - оперативное управление и оперативное ведение, осуществляется организация оперативно-диспетчерского управления энергосистемой и ее отдельными участками.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что представляет из себя энергосистема
- 2) Особенности организации процесса оперативно-диспетчерского управления энергосистемой
- 3) Что представляет из себя процесс оперативного управления

6 Список литературы

2. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 3

Тема: Сетевые графики комплексных ремонтов электрооборудования

Цель: 1) изучение сетевых графиков комплексных ремонтов электрооборудования

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Во всех действующих электроустановках периодически проводятся текущие и капитальные ремонты всех элементов оборудования. Проведение периодических профилактических ремонтов позволяет значительно продлить срок службы оборудования и своевременно обнаружить и устранить отклонения от нормального режима работы оборудования электроустановок. Основная задача энергоснабжающих компаний – правильная организация безопасного выполнения работ в электроустановках. Рассмотрим вкратце **порядок проведения ремонтов оборудования электроустановок.**

Инженерно-технический персонал предприятия составляет графики проведения ремонтов оборудования. Данные графики согласовываются с вышестоящим руководством, определяется возможность осуществления данных работ в соответствии с материальными возможностями предприятия.

В соответствии с утвержденными графиками проведения ремонтов в электроустановках подстанций, подаются заявки. Заявки в свою очередь должны согласовываться с ответственными лицами предприятий-потребителей. В данном случае оговаривается возможность отключения присоединения, время проведения работ, а также время аварийного восстановления. Время аварийного восстановления питания подразумевает время, которое необходимо оперативному персоналу электроустановки для включения, выведенного в ремонт оборудования.

В случае разрешения заявки, производится дальнейшая организация работ. На подстанции, где будет производиться плановые ремонтные работы оборудования, обслуживающий персонал подготавливает необходимые бланки переключения. Перед непосредственным проведением оперативных переключений, бланки переключения проверяются дополнительно вышестоящим оперативным персоналом, а также работником, который контролирует процесс переключений.

Заблаговременно, как правило, за день до начала работ, выписывается наряд-допуск, а также назначаются люди, ответственные за безопасное проведение работ.

Перед выводом в ремонт оборудования, на потребительской подстанции снимается нагрузка с данного присоединения и, при необходимости, включается питание от резервных источников.

Далее обслуживающий персонал электроустановки осуществляет подготовку рабочего места по наряду-допуску. Подготовка рабочего места заключается в выполнении мер безопасности, предусмотренных данным нарядом. Это, прежде всего, операции по отключению и заземлению выводимого в ремонт электрооборудования, в том числе и оборудования потребительской подстанции, посредством которого может быть подано напряжение на оборудование, на котором производятся ремонтные работы.

Кроме того, мерами по подготовке рабочего места является ограждение рабочего места и расположенных в непосредственной близости токоведущих частей, находящихся под напряжением, вывешивание плакатов и знаков безопасности, установка запирающих устройств на ограждения соседних электроустановок, на приводах коммутационных аппаратов.

После выполнения всех необходимых мероприятий по подготовке рабочего места, проводится инструктаж и допуск бригады к выполнению ремонтных работ.

Выполнение текущих и капитальных ремонтов оборудования производится в соответствии с технологическими картами, инструкциями, паспортами оборудования и другой технической документации. После проведения работ обязательным условием является проверка работоспособности оборудования, а также, при необходимости, проведения испытаний и измерений необходимых электрических параметров.

После полного окончания работ оперативный персонал электроустановки проверяет возможность включения оборудования в работу, убирает ограждения, запирающие устройства, плакаты и знаки безопасности. После получения разрешения от вышестоящего оперативного персонала, производит необходимые оперативные переключения по вводу оборудования в работу, то есть восстанавливает схему нормального режима подстанции.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Порядок проведения ремонтов оборудования электроустановок
- 2) Кем дополнительно проверяются бланки переключения
- 3) В чем заключается подготовка рабочего места

6 Список литературы

3. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 4

Тема Организация эксплуатации электрических станций и подстанций

Цель: 1) изучение организации эксплуатации электрических станций и подстанций

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Задачи эксплуатации и организационная структура.

Особенности энергетического производства.

Энергетическая система и организация ее эксплуатации.

Производственная структура электростанций и схемы оперативного управления их работой.

Централизованное диспетчерское управление энергосистемой.

Эффективность объединения энергосистем.

Централизованное диспетчерское управление объединенными энергосистемами.

Оперативно-диспетчерский персонал.

Соблюдение природоохранных требований.

Ответственность за выполнение правил технической эксплуатации.

Подготовка персонала. Техническая документация.

Приемка в эксплуатацию оборудования и сооружения.

Общие вопросы нагрева электрооборудования. Измерение температур.

Старение изоляции. Установившийся тепловой режим трансформатора.

Методы и средства измерения температуры трансформаторов и электрических машин.

Измерение и контроль температуры нагрева контактов.

Уход за контактами.

Работа изоляции электрооборудования и контроль за её состоянием.

Испытание изоляции электрооборудования повышенным напряжением.

Измерение сопротивления изоляции. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь.

Эксплуатация генераторов и синхронных компенсаторов.

Особенности конструктивного выполнения гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Системы охлаждения. Масляные уплотнения.

Эксплуатация генераторов и синхронных компенсаторов.

Проверка совпадения фаз, синхронизация и набор нагрузки.

Нормальные режимы работы генераторов. Допустимые перегрузки генераторов.

Несимметричные режимы работы генераторов.

Работа генераторов в режиме синхронных компенсаторов.
Перевод генератора с воздуха на водород и с водорода на воздух.
Обслуживание системы водяного охлаждения обмоток.
Паразитные токи в валах и подшипниках.
Перевод генератора с рабочего возбудителя на резервный и обратно.
Объем и периодичность ремонта, подготовка к ремонту.
Разборка и сборка генератора.
Ремонт статора, ротора, масляных уплотнений, возбудителя.
Вибрация электрических машин и ее устранение.
Сушка генераторов и синхронных компенсаторов.

Эксплуатация электродвигателей.

Самозапуск электродвигателей. Допустимые режимы работы двигателей.
Надзор и уход за двигателями. Неисправности двигателей и их причины.

Эксплуатация силовых трансформаторов и автотрансформаторов.

Особенности конструктивного выполнения.
Системы охлаждения и обслуживание охлаждающих устройств.
Регулирование напряжения и обслуживание регулирующих устройств.
Обслуживание устройств регулирования напряжения.
Параллельная работа трансформаторов.
Фазировка трансформаторов. Экономический режим работы трансформаторов.

Эксплуатация трансформаторных масел.

Эксплуатация распределительных устройств.

Эксплуатация выключателей, разъединителей, отделителей и короткозамыкателей, измерительных трансформаторов и конденсаторов связи, шин и токопроводов, реакторов, блокировки и заземляющих устройств, установок для приготовления сжатого воздуха и воздухораспределительной сети.

Эксплуатация устройств систем управления, контроля релейной защиты и автоматики.

Щиты управления и вторичные устройства.
Обслуживание устройств релейной защиты, электроавтоматики и измерительных приборов.
Техническая и оперативная документация.
Источники оперативного тока. Аккумуляторные батареи и их обслуживание.
Уход за батареями и контроль.

Эксплуатация кабельных линий.

Приемка кабельных линий в эксплуатацию.
Надзор за кабельными линиями и организация их охраны.
Контроль за нагрузкой и нагревом кабельных линий.
Коррозия металлических оболочек кабелей и меры защиты их от разрушения.
Профилактические испытания. Определение мест повреждений, ремонт кабелей.

Эксплуатация маслонеполненных кабельных линий.

Эксплуатация воздушных линий электропередачи.

Приемка воздушных линий в эксплуатацию. Охрана воздушных линий.
Способы очистки трасс от зарослей. Периодические и внеочередные осмотры
линий.

Эксплуатация линейных изоляторов. Эксплуатация линейной арматуры.
Эксплуатация и ремонт проводов, тросов и их соединительных зажимов.
Эксплуатация опор воздушных линий.

Средства защиты линии от грозовых перенапряжений.

Меры борьбы с гололедом и вибрацией проводов и тросов.

Определение мест повреждений на линиях 6-750 кВ.

Выполнение оперативных переключений в электроустановках.

Организация и порядок переключений.

Техника операций с коммутационными аппаратами.

Последовательность основных операций.

Перевод присоединений с одной системы шин на другую.

Вывод в ремонт системы сборных шин.

Переключения при выводе в ремонт выключателей и вводе их в работу после
ремонта.

Ликвидация аварий в электрической части электрической станции или подстанции и на линиях электропередач.

Самостоятельные действия оперативного персонала станций и подстанций
при ликвидации аварий.

Ликвидация аварий на понижающих подстанциях.

Ликвидация аварий в главной схеме электростанций.

Ликвидация аварий в схеме с.н. электростанций.

Ликвидация аварий в энергосистемах.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Задачи эксплуатации и организационная структура

2) Эксплуатация распределительных устройств

3) Ликвидация аварий в электрической части электрической станции

или подстанции и на линиях электропередач

6 Список литературы

4. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 5

Тема: Изучение контроля состояния изоляции

Цель: 1) Изучение контроля состояния изоляции

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Для нормального функционирования кабельных линий связи и электроустановок необходимо непрерывно контролировать состояние изоляционного покрытия. В данном процессе необходимо использовать устройство контроля качества изоляции. [Устройства для контроля качества изоляции](#) предназначено для проведения измерений состояния изоляции сети, которая находится под постоянным напряжением и для оценки результатов проведенных измерений. Все устройства, которые используют для контроля изоляции, ведут непрерывный контроль ее состояния путем проведения измерений сопротивления изоляции для обеспечения условий электробезопасности.

Существуют следующие группы устройств, для контроля состояния изоляции:

А – устройства, которые предназначены для проведения непрерывного, автоматического контроля над состоянием сопротивления изоляционного покрытия сети или же установки относительно земли;

Б – инспекторские приборы, которые предназначены для проведения периодических контрольных замеров сопротивления изоляционного покрытия во время работы сети;

В – устройства, которые предназначены для селективного обнаружения в разветвленных электрических сетях присоединения (фидера) с пониженным уровнем сопротивления изоляции.

Вышеперечисленные устройства отличаются областью применения, техническими характеристиками и методами проведения контроля изоляции. На сегодняшний день существует множество различных методов контроля состояния изоляции. Все существующие методы контроля изоляции можно разделить на две группы:

- разрушающие;
- неразрушающие.

Разрушающие методы контроля изоляции предполагают использования для испытаний повышенного напряжения, а неразрушающие не требуют его использования и могут быть самыми различными. Так для контроля качества изоляции можно использовать следующие неразрушающие методы:

1. метод проведения измерений тока сквозной проводимости или сопротивления изоляции;
2. метод проведения измерения угла диэлектрических потерь;
3. метод основанный на измерении ёмкости;
4. метод измерения распределения напряжения;
5. метод измерения частичных разрядов в изоляции;
6. метод основанный на использовании ультразвука или рентгеновских лучей для просвечивания.

Стоит отметить, что все неразрушающие методы являются в какой-то степени косвенными, а разрушающие могут вызвать возникновения повреждения там, где его не было.

Одним из широко распространенных разрушающих методов является метод проведения испытаний изоляционного покрытия повышенным напряжением.

Метод проведения испытаний изоляционного покрытия повышенным напряжением

Данный метод используют для измерения степени ее электрической прочности. Для того чтобы провести КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗОЛЯЦИИ необходимы приведенные в таблице №1. значения испытательного напряжения.

Номинальное напряжение, кВ	До 0,69	3	6	10
Испытательное напряжение, кВ	1	5	10	16

Таблица №1

Контроль состояния изоляции при помощи повышенного напряжения нужно проводить, придерживаясь правил. Первое – нужно повышать уровень напряжения очень плавно. Второе – испытание должно длиться не больше 60 секунд. Если на протяжении одной минуты под напряжением изоляционное покрытие осталось целостным и уровень тока не изменился, значит изоляция находится в отличном состоянии. Со схемой проведения испытаний повышенным напряжением, можно ознакомиться на Рис.1. Для питания (регулируемого трансформатора) Т1 его необходимо подключить к источнику линейного напряжения, благодаря этому можно будет установить влияние гармоник, кратное трем, которое может вызвать появление пиков напряжения. Элемент схемы Т2 - повышающий трансформатор имеет мощность не более 1кВА, все зависит от ёмкости испытуемых обмоток по отношению к корпусу. Элемент схемы R –сопротивление, предназначено для ограничения выхода тока, в случаи обнаружения повреждения целостности изоляционного покрытия. Элемент схемы F представляет собой воздушный промежуток для шарового разрядника, при помощи которого происходит

урегулирование величины уровня поступающего пробивного напряжения, которое может быть на уровне выше на 10% чем нужно.

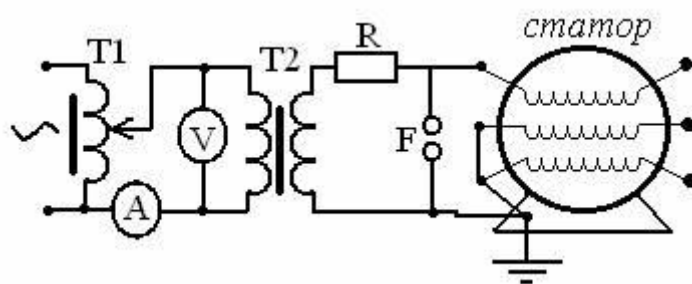


Рис.1. Схема испытания изоляции обмотки повышенным переменным напряжением.

Благодаря проведению постоянного контроля качества изоляции обеспечивается безопасность использования электроэнергии и предотвращение потерь энергии на поврежденных участках.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Устройства для контроля качества изоляции

2) Существующие методы контроля изоляции

3) Метод проведения испытаний изоляционного покрытия

повышенным напряжением

6 Список литературы

5. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 6

Тема: Изучение методов испытания изоляции

Цель: 1) Изучение методов испытания изоляции

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Метод абсорбции. Этот метод основан на сравнении показаний мегаомметра, полученных через 15 и 60 с после приложения напряжения к изоляции электрооборудования.

Физический смысл метода абсорбции заключается в том, что всякая электрическая изоляция, будучи диэлектриком, обладает электрической емкостью, причем значение этой емкости зависит от геометрических размеров и материала изоляции. Всякая изоляция гигроскопична, т. е. способна поглощать влагу, а влага и высокая температура способствуют ухудшению изоляции. Приложенное к изоляции напряжение мегаомметра обуславливает проникновение через толщу изоляции токов, которые как бы «насыщают» изоляцию. Эти токи названы токами абсорбции. Времени для проникновения тока в изоляцию требуется тем больше, чем больше ее геометрические размеры и выше качество. Чем крупнее машины, тем затруднительнее, вращая ручку мегаомметра вручную, определить коэффициент абсорбции. В этих случаях применяются мегаомметры с пристроенным электроприводом, обеспечивающим равномерное вращение ручки мегаомметра с необходимой скоростью. Чем больше изоляция содержит посторонних включений, в частности, чем сильнее она увлажнена, тем коэффициент абсорбции будет меньше. При увеличении температуры коэффициент абсорбции уменьшается и, наоборот, при снижении — увеличивается. Это следует принимать во внимание при оценке результатов измерений, полученных при температурах, отличных от нормируемых.

Значение сопротивления изоляции, полученное при отсчетах в различные моменты времени, зависит от длительности приложения напряжения к изоляции. Чем больше времени прошло от момента приложения к изоляции напряжения до момента отсчета, тем больше получается измеренное значение сопротивления изоляции.

Изучение характера изменения коэффициента абсорбции при влажном и сухом состоянии изоляции электрических машин и трансформаторов позволило применить этот метод для контроля качества сушки изоляции.

U Коэффициент абсорбции дает возможность судить о состоянии изоляции обмоток. При температуре 15...30 °С для неувлажненных обмоток

этот коэффициент составляет 1,3...2. Увлажненные обмотки имеют коэффициент абсорбции, близкий к единице.

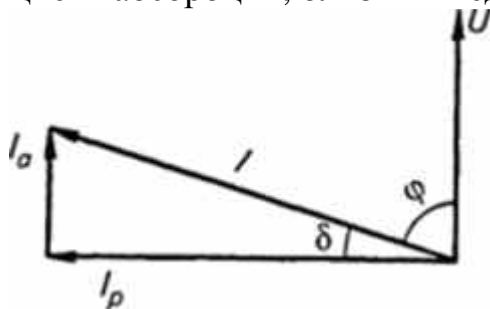


Рис. 2.16. Векторная диаграмма токов в изоляции

Метод измерения угла диэлектрических потерь. Изоляция, находящаяся под воздействием переменного напряжения, поглощает некоторое количество электроэнергии, которая превращается в теплоту. Поглощаемая в единицу времени энергия (мощность) определяет собой диэлектрические потери в изоляции. Если бы диэлектрических потерь не было, угол сдвига фаз между напряжением, приложенным к изоляции, и током, проходящим через изоляцию, был бы точно равен 90° . В изоляции, выполненной из любых применяемых на практике материалов, при наличии диэлектрических потерь угол сдвига фаз между напряжением и током меньше 90° . Разность между углом 90° и углом сдвига фаз обозначают δ и называют *углом диэлектрических потерь* или сокращенно — *углом потерь*.

В случае приложения к изоляции напряжения переменного тока процесс зарядки емкостей и протекания тока через сопротивления схемы повторяется каждый период. Значение силы установившегося тока / будет определяться двумя составляющими (рис. 2.16): I_a — активной составляющей силы тока, зависящей от значения сопротивления изоляции; I_p — реактивной составляющей, зависящей от геометрической емкости.

Так как сила тока через изоляцию зависит не только от свойств изоляции, но и от размеров оборудования, то по значению активной составляющей еще нельзя судить о качестве изоляции. Показателем качества изоляции служит отношение активной составляющей силы тока к реактивной. Это отношение, как можно видеть из рисунка 2.16, равно $\operatorname{tg}\delta$.

Таким образом, тангенс угла диэлектрических потерь — важный показатель состояния изоляции. Его используют, во-первых, для характеристики надежности ее по отношению к тепловому пробую (тепловая устойчивость) и, во-вторых, для проверки общего старения или увлажнения изоляции. Угол диэлектрических потерь изоляции меняется в зависимости от состояния изоляции. Если изоляция отсырела или в ней появились посторонние включения, то угол δ резко увеличивается.

На практике обычно принято $\operatorname{tg}\delta$ измерять в процентах, т. е. $\operatorname{tg}\delta$ показывает, сколько процентов составляет активная составляющая силы тока по отношению к реактивной. Чем ниже этот процент, тем выше качество изоляции. Угол диэлектрических потерь у крупных объектов позволяет судить о состоянии изоляции только в среднем, так как местный дефект не может сколько-нибудь существенно изменить соотношение активной и

реактивной составляющих при значительных размерах оборудования. У объектов с малыми геометрическими размерами по значению $\text{tg}\delta$ можно обнаружить и местный дефект.

Метод измерения $\text{tg}\delta$ дает лучшие результаты при оценке состояния увлажнения обмоток трансформатора.

Методом диэлектрических потерь проверяют также изоляцию проходных изоляторов, вводов конденсаторов и обмоток трансформаторов, генераторов и электродвигателей, трансформаторов тока, а также изоляцию длинных кабелей и другую изоляцию, кроме чисто фарфоровой. Измерения диэлектрических потерь широко применяют в лабораторных условиях и ремонтных мастерских для проверки изоляции после ремонта, а также для контроля диэлектрических потерь масел и заливочных масс.

Диэлектрические потери изоляторов рекомендуется измерять при температурах от 10 до 40 °С, так как в этом интервале $\text{tg}\delta$ мало зависит от температуры и для многих типов изоляторов не нужно делать поправок на температуру.

При измерениях диэлектрических потерь необходимо учитывать наличие электрических влияний, поверхностных загрязнений и увлажнения оборудования (особенно в сырую или туманную погоду), а также то, что корпуса оборудования, оболочки кабелей и другие элементы, как правило, наглухо заземлены. Последнее приводит к необходимости применения мостов переменного тока с «перевернутой» схемой.

Методы испытания изоляции повышенным напряжением. Цель испытания изоляции повышенным напряжением — проверка наличия в ней необходимого запаса электрической прочности, способного обеспечить безаварийную работу электрооборудования и заблаговременно выявить и устранить неисправность. Испытание повышенным напряжением проводят с использованием как переменного тока промышленной частоты, так и постоянного (выпрямленного) тока высокого напряжения.

Испытание изоляции повышенным напряжением переменного тока. Значение испытательного напряжения определяют, исходя из опыта эксплуатации на основе учета возможных внутренних перенапряжений в действующих электроустановках, а также характеристик разрядников, используемых для защиты от атмосферных перенапряжений (молния). Для возможности наблюдения за результатами испытания, а также для того, чтобы начавшийся пробой мог завершиться и, тем самым, мог быть выявлен дефект в изоляции, испытательное напряжение должно быть приложено в течение 1 мин. Более длительное испытание может привести к повреждению изоляции из-за теплового пробоя даже при отсутствии дефектов в изоляции. Исключение составляют изоляционные органические материалы (бакелит, дерево, кабельная бумага и т. п.), в которых основную роль играет поверхностная изоляция. Так как в этих материалах обычно не контролируются диэлектрические потери, то время приложения высокого напряжения при испытаниях принято равным 5 мин, с тем чтобы после окончания испытания и снятия напряжения можно было проверить на ощупь,

нет ли местных нагревов. Пробивное напряжение изоляции аппаратов, трансформаторов и изоляторов выбирают выше разрядного напряжения по воздуху, которое, в свою очередь, выше испытательного напряжения, принятого на заводе-изготовителе для новых изоляторов, аппаратов и трансформаторов.

С течением времени прочность изоляции в эксплуатации может снижаться, но она не должна быть ниже установленного минимума. Изоляция считается выдержавшей испытание на электрическую прочность, если при этом не было пробоя, частичных разрядов, выделений газа или дыма, а также если приборы не указывали на наличие повреждений.

Пробой изоляции при испытании отмечают по амперметру — по возрастанию силы тока и по вольтметру — по снижению напряжения.

Чтобы не повредить частичными разрядами изоляцию, следует при их возникновении прекратить испытание высоким напряжением до устранения дефекта и ремонта изоляции.

Испытательное напряжение следует прикладывать: между токоведущими и заземленными частями (для коммутационных аппаратов во включенном и отключенном положениях); между токоведущими частями соседних полюсов (для коммутационных аппаратов во включенном и отключенном положениях); между разомкнутыми контактами одного и того же полюса при отключенном положении аппарата.

Испытание изоляции высоким напряжением постоянного (выпрямленного) тока. Проводят для оборудования с большой емкостью (кабели, конденсаторы, генераторы, электродвигатели и др.), для испытания которого переменным током необходимы испытательные трансформаторы большой мощности. Поэтому кабельные линии уже довольно давно испытывают постоянным (выпрямленным) напряжением, что вполне себя оправдало.

Преимущество испытаний изоляции постоянным напряжением — возможность вести контроль за состоянием ее путем измерения силы тока утечки.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) В чем физический смысл метода абсорбции
- 2) Испытание изоляции повышенным напряжением переменного тока
- 3) Испытание изоляции высоким напряжением постоянного (выпрямленного) тока

6 Список литературы

6. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 7

Тема: Изучение допустимых температур нагрева и перегрева токоведущих частей электрооборудования

Цель: 1) Изучение допустимых температур нагрева и перегрева токоведущих частей электрооборудования

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Измерение температуры и контроль нагрева контактных соединений. При обслуживании подстанций оперативный персонал ведет контроль за состоянием контактных соединений, как правило, по степени их нагрева в периоды прохождения максимальных токов нагрузки. Двумя другими методами (измерения падения напряжения и переходного сопротивления) пользуется ремонтный персонал. Правильность отбраковки дефектных контактов этими методами выше, чем при измерении температуры нагрева контакта.

Измерение температуры нагрева контакта производится переносным электротермометром или при помощи термосвеч, которые позволяют лишь ориентировочно определить степень нагрева. Переносный электротермометр, предназначенный для измерений на токоведущих частях напряжением до 10 кВ, представляет собой компактный неравновесный мост. В одно из плеч которого включен медный термометр сопротивления, а в диагональ – микроамперметр. Для питания моста применяется сухая батарейка. Прибор крепится на изолирующей штанге. При измерении его прижимают к контакту и через 20-30 с измеренное значение температуры контакта считывается со шкалы прибора. Перед использованием электротермометром стрелку прибора устанавливают в нулевое положение при помощи корректора. Погрешность электротермометра $\pm 2,5\%$.

Степень нагрева контактов определяется при помощи термосвеч. Эксплуатационный комплект состоит из пяти свечей с температурами плавления 50, 80, 100, 140 и 160°C. Свечой, закрепленной специальным держателем на изоляционной штанге касаются отдельных частей контакта. При температуре нагрева обследуемой части, близкой к температуре плавления материала свечи, конец ее плавится. Первой применяют свечу с наиболее низкой температурой плавления. Если она плавится, то применяют другие свечи в порядке возрастания их температур плавления. Нагрев контактных соединений контролируют при осмотрах при помощи термопленочных указателей многократного действия в закрытых РУ и

термоуказателей однократного действия с легкоплавким припоем – на открытых РУ.

Термопленочные указатели в виде узких полосок наклеивают на металлические части, образующие контактное соединение. В интервале температур 70-100°C термопленка изменяет свой цвет с красного на черный. При охлаждении контакта черный цвет переходит в красный. Если контакт нагревается до температуры более 120°C и температура его удержится на этом уровне в течение 1-2 ч, термопленка приобретет грязновато-желтую окраску и после охлаждения контакта уже не восстановит своего первоначального красного цвета. По этим свойствам термопленки судят о нагреве контактов.

В местах, недоступных для контроля нагрева контактов при помощи термопленок (например, в открытых РУ). Применяют указатели нагрева с легкоплавким припоем. Два конца медной проволоки спаивают припоем с различным содержанием олова, свинца и висмута. Температура плавления таких припоев может быть получена от 95 до 160°C. Один конец спаянной проволоки закрепляют непосредственно на контактном зажиме, а другой, загнутый в колечко, - служит указателем. При нагреве контакта (а вместе с ним и указателя) до температуры, несколько превышающей температуру плавления припоя, указатель отпадает, что свидетельствует о недопустимости нагрева контакта.

В последние годы для выявления перегрева контактов используются тепловизоры и инфрокрасные радиометры. Радиометр – прибор, фокусирующий тепловое излучение на чувствительный элемент, передающий соответствующий выходной сигнал на стрелочный индикатор. Радиометр типа ИК – 10Р способен регистрировать температуру в диапазоне 35 – 200°C. Наводка объектива радиометра на исследуемое контактное соединение производится через оптический окуляр. При измерении прибор устанавливается на расстоянии 2—20 м от токопроводящей части.

Опыт эксплуатации радиометров показал, что с их помощью выявляют неисправные контактные соединения разъединителей, токопроводов, наконечников кабелей, выводов силовых трансформаторов и другого оборудования.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Измерение температуры и контроль нагрева контактных соединений
- 2) Чем определяется степень нагрева контактов
- 3) Область применения тепловизоров и инфрокрасных радиометров.

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 8

Тема: Изучение контроля нагрева электрического оборудования

Цель: 1) Изучение контроля нагрева электрического оборудования

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Для контроля нагрева электрооборудования применяют четыре метода измерений: **метод термометра, метод сопротивления, метод термопары и метод инфракрасного излучения.**

Контроль нагрева электрооборудования по методу термометра

Метод термометра применяют для измерения температуры доступных поверхностей. Используют ртутные, спиртовые и толуоловые стеклянные термометры, погружаемые в специальные гильзы, герметически встроенные в крышки и кожухи оборудования.

Ртутные термометры обладают более высокой точностью, но применять их в условиях действия электромагнитных полей не рекомендуется ввиду высокой погрешности, вносимой дополнительным нагревом ртути вихревыми токами.

При необходимости передачи измерительного сигнала на расстояние нескольких метров (например, от теплообменника в крышке трансформатора до уровня 2...3 м от земли) используют **термометры манометрического типа**, например **термосигнализаторы ТСМ-10**.

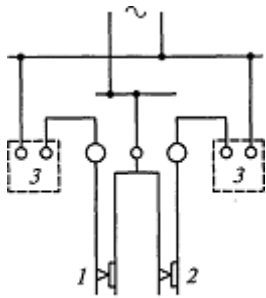
Термосигнализатор ТСМ-10 состоит из термобаллона и полой трубки, соединяющей баллон с пружиной показывающей части прибора.

Термосигнализатор заполнен жидким метилом и его парами. При изменении измеряемой температуры изменяется давление паров хлористого метила, который передается стрелке прибора. Достоинство манометрических приборов заключается в их вибрационной устойчивости.

Контроль нагрева электрооборудования по методу сопротивления

Метод сопротивления основан на учете изменения величины сопротивления металлического проводника от его температуры. Для мощных трансформаторов и синхронных компенсаторов применяют **термометры с указателем манометрического типа**. Схема включения дистанционного электротермометра показаны на рисунке.

В зависимости от температуры жидкость, заполняющая измерительный щуп электротермометра, воздействует через соединительную капиллярную трубку и систему рычагов на стрелку указателя.



б

Дистанционный электротермометр манометрического типа: 1 и 2 — сигнальные контакты; 3 — реле

В дистанционном электротермометре стрелки указателя имеют контакты 1 и 2 для сигнализации температуры, заданной установкой. При замыкании контактов срабатывает соответствующее реле 3 в схеме сигнализации.

Для измерения температуры в отдельных точках синхронных компенсаторов (в пазах для измерения стали, между стержнями обмоток для измерения температуры обмоток и других точках) устанавливаются **терморезисторы**. Сопротивление резисторов зависит от температуры нагрева в точках измерения.

Терморезисторы изготовляют из платиновой или медной проволоки, их сопротивления калиброваны при определенных температурах (при температуре 0 °С для платины сопротивление равно 46 Ом, для меди — 53 Ом; при температуре 100 °С для платины — 64 Ом, для меди — 75,5 Ом соответственно).

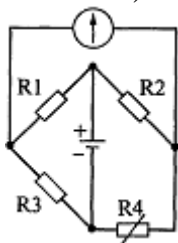


Схема измерения температур с помощью терморезистора

Такой терморезистор R4 включается в плечо моста, собранного из резисторов. В одну из диагоналей моста включается источник питания, в другую — измерительный прибор. Резисторы R1... R4 в плечах моста подбираются таким образом, что при номинальной температуре мост находится в равновесии и ток в цепи прибора отсутствует.

При отклонении температуры в любую сторону от номинальной изменяется сопротивление терморезистора R4, нарушается баланс моста и стрелка прибора отклоняется, показывая температуру измеряемой точки. На этом же принципе основан переносной прибор. Перед измерением стрелка прибора должна находиться в нулевом положении.

Для этого кнопкой К подается питание, переключатель П устанавливается в положение 5 и переменным резистором R5 стрелку прибора устанавливают на нуль. Затем переключатель П переводится в положение 6 (измерение). Измерение температуры контактов производится

прикосновением головки датчика к поверхности контакта и нажатием штанги на головку электротермометра (при нажатии замыкается кнопка К и питание подается в схему). Через 20... 30 с измеренное значение температуры контакта считывается со шкалы прибора.

Контроль нагрева электрооборудования по методу термопары

Метод термопары основан на использовании термоэлектрического эффекта, т. е. зависимости ЭДС в цепи от температуры точек соединения двух разнородных проводников, например: медь - константан, хромель - копель и др.

Термопары присоединяют к измерительным приборам компенсационного типа, потенциометрам постоянного тока и автоматическим потенциометрам, которые предварительно градуируют. С помощью термопар измеряют температуры конструктивных элементов турбогенераторов, охлаждающего газа, активных частей, например активной стали статора.

Контроль нагрева электрооборудования по методу инфракрасного излучения

Метод инфракрасного излучения положен в основу приборов, работающих с использованием фиксации инфракрасного излучения, испускаемого нагретыми поверхностями. В энергетике получили применение как **тепловизоры (термовизоры)**, так и **радиационные пирометры**. Тепловизоры обеспечивают возможность получения картины теплового поля исследуемого объекта и его температурного анализа. С помощью радиационного пирометра определяется только температура объекта контроля.

Очень часто тепловизор используется совместно с пирометром. Вначале с помощью тепловизора выявляют объекты с повышенным нагревом, а затем, используя пирометр, определяют его температуру. Поэтому точность измерения температуры определяется прежде всего параметрами применяемого пирометра.

Производство пирометров различного конструктивного исполнения и назначения освоено многими предприятиями России. По техническим параметрам отечественные пирометры не уступают лучшим зарубежным образцам. Выбор при закупке типа пирометра зависит прежде всего от возможной области его применения и связанных с этим факторов.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Контроль нагрева электрооборудования по методу сопротивления
- 2) Контроль нагрева электрооборудования по методу термопары
- 3) Контроль нагрева электрооборудования по методу инфракрасного излучения

излучения

6 Список литературы

7. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Практическое занятие 9

Тема: Изучение контроля состояния и обслуживания устройств охлаждения генераторов и синхронных компенсаторов

Цель: 1) Изучение контроля состояния и обслуживания устройств охлаждения генераторов и синхронных компенсаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Система охлаждения

В работающем синхронном компенсаторе выделяется теплота, обусловленная нагревом обмоток статора и ротора электрическим током, электромагнитными потерями в стали, потерями на вентиляцию и трение. Нормальная работа синхронного компенсатора возможна при отводе тепла охлаждающей средой - воздухом или водородом.

Применяемая в синхронных компенсаторах система охлаждения называется косвенной (или поверхностной), потому что тепло передается охлаждающему газу внешней поверхностью активных частей машины.

По сравнению с воздухом водородное охлаждение обладает рядом преимуществ, обусловленных особыми свойствами водорода: теплопроводность водорода в 7 раз превышает теплопроводность воздуха; он легче воздуха в 14,3 раза, что способствует уменьшению вентиляционных потерь почти в 10 раз. Кроме того, в окружении водорода изоляция обмоток работает лучше. На нее не оказывает влияния кислород (озон). Уменьшается опасность развития пожара в машине, так как водород не поддерживает горения. Вместе с тем водородное охлаждение сложнее в обслуживании, чем воздушное. Водород в смеси с воздухом образует взрывоопасную смесь, поэтому машины с водородным охлаждением должны быть газоплотными. В них постоянно должно поддерживаться избыточное давление водорода, чтобы воздух не попал в корпус машины. Оптимальным для отечественных компенсаторов средней мощности принято рабочее давление водорода 0,1 МПа. С уменьшением давления мощность синхронного компенсатора падает. Если водород в системе охлаждения заменить воздухом, то допустимая нагрузка синхронного компенсатора ограничится 60-70% его номинальной мощности.

Синхронные компенсаторы серии КСВ имеют замкнутую систему вентиляции. У синхронных компенсаторов наружной установки газоохладители размещаются вертикально внутри корпуса вблизи торцевых щитов. Они состоят из стальных трубных досок, между которыми проходят латунные трубки. Внутри трубок циркулирует вода, снаружи - охлаждаемый водой газ. Перемещение газа в машине обеспечивается двумя вентиляторами,

расположенными по торцам ротора. Вентиляторы прогоняют охлаждающий газ по замкнутому пути: зона торцевых щитов - радиальные вентиляционные каналы в стали статора и лобовые части обмоток статора камера горячего воздуха - газоохладители. Ротор охлаждается газом, проходящим по радиальным каналам остова, под действием эффекта самовентиляции. Из камеры контактных колец охлаждающий газ возвращается в корпус синхронного компенсатора через маслогазовый фильтр, очищающий газ от угольной пыли.

Газоснабжение. На рис. 2.9 представлена принципиальная схема газоснабжения синхронного компенсатора 50 МВ·А.

В процессе эксплуатации возникает необходимость перевода синхронного компенсатора с воздушного охлаждения на водородное и обратно. Для предотвращения образования взрывоопасной смеси эта операция проводится с предварительным вытеснением из корпуса воздуха (или водорода) диоксидом углерода.

Рассмотрим процесс вытеснения воздуха диоксидом углерода. Подача диоксида углерода производится через нижний коллектор компенсатора и через нижний газопровод камеры контактных колец. Воздух как более легкий газ удаляется из верхних точек этих объемов. Баллоны с диоксидом углерода 23 подсоединяют к коллектору 21 без редукторов. Одновременно разряжают несколько баллонов.

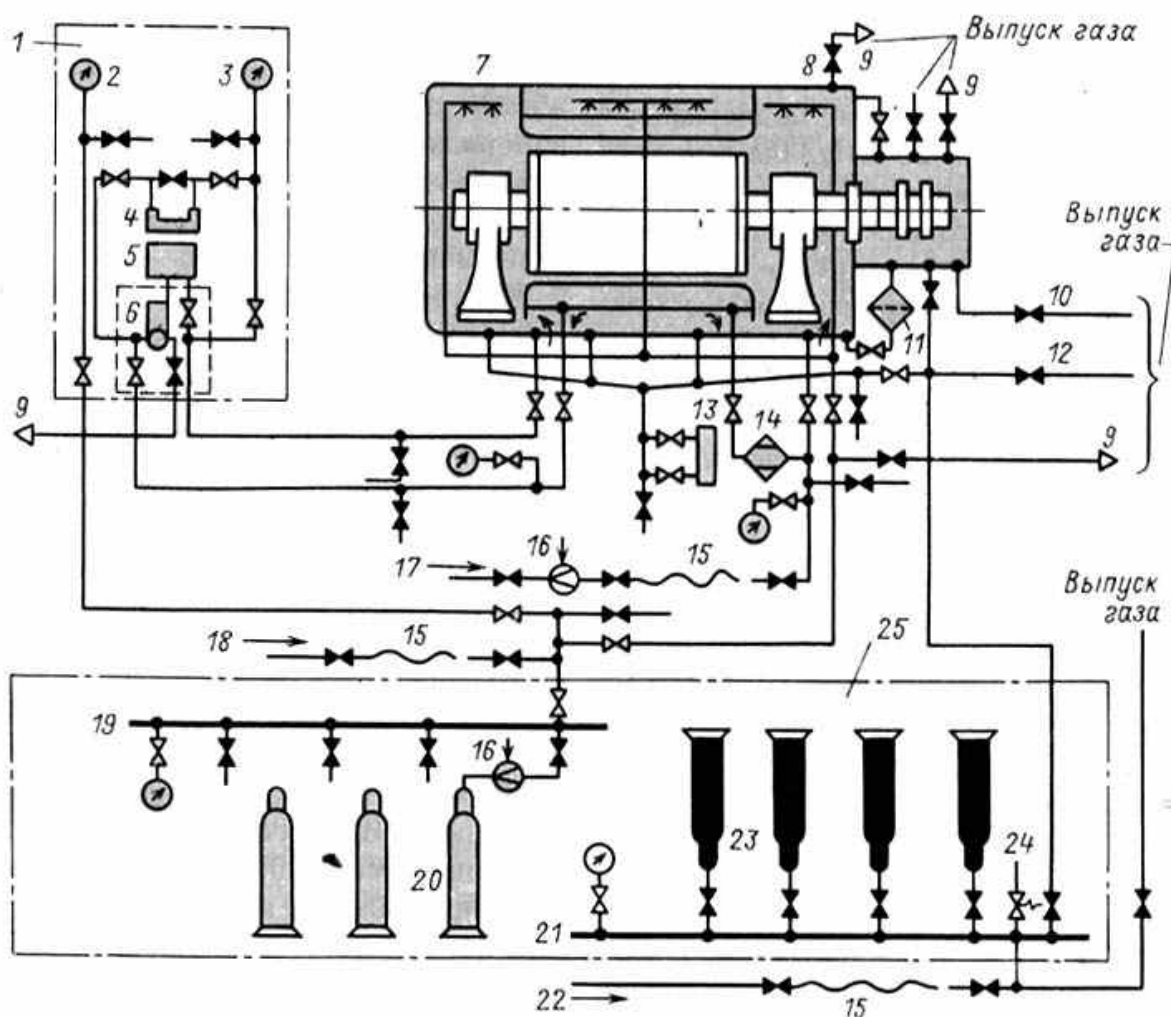


Рис. 2.9. Принципиальная схема газоснабжения синхронного компенсатора 50 МВ·А:

1 - панель контроля и сигнализации; 2 - манометр; 3 - электроконтактный манометр; 4 - дифференциальный манометр; 5 - электрический газоанализатор; 6 - блок регулирования и фильтрации газоанализатора; 7 - синхронный компенсатор; 8, 10, 12 - вентили на выпуске газа в атмосферу; 9 - огнепреграждающее устройство; 11 - фильтр; 13 - указатель жидкости (УЖИ); 14 - осушитель газа; 15 - гибкий шланг; 16 - механический регулятор давления; 17 - газопровод сжатого воздуха из ресивера; 18 - газопровод водорода из центрального водородного хозяйства; 19 - коллектор водорода газового поста; 20 - баллоны с водородом; 21 - коллектор диоксида углерода газового поста; 22 - газопровод диоксида углерода из ресивера; 23 - баллоны с диоксидом углерода; 24 - предохранительный клапан; 25 - газовый пост. Положение вентилей и кранов соответствует нормальной работе с водородным охлаждением. Изображения закрытых вентилей и кранов зачернены

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Водородное охлаждение

2) Синхронные компенсаторы серии КСВ

3) Процесс вытеснения воздуха диоксидом углерода

6 Список литературы

8. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 10

Тема: Изучение возбуждения и регулирования напряжения генераторов и синхронных компенсаторов

Цель: 1) Изучение возбуждения и регулирования напряжения генераторов и синхронных компенсаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Все турбогенераторы, гидрогенераторы, дизель-генераторы, синхронные компенсаторы и двигатели, изготавливаемые в настоящее время, оснащаются современными полупроводниковыми системами возбуждения – рис.5.2 – 5.7. В этих системах используется принцип выпрямления трехфазного переменного тока повышенной или промышленной частоты возбудителей или напряжения возбуждаемой машины.

Электромашинные системы возбуждения (рис.5.1), выпускавшиеся заводами более 30 лет назад и находящиеся до сих пор в эксплуатации, могут быть заменены на современные полупроводниковые статические системы с любым набором заданных функций.

Системы возбуждения обеспечивают следующие режимы работы синхронных машин:

1. начальное возбуждение;
2. холостой ход;
3. включение в сеть методом точной синхронизации или самосинхронизации;
4. работу в энергосистеме с допустимыми нагрузками и перегрузками;
5. форсировку возбуждения по напряжению и по току с заданной кратностью;
6. разгрузку по реактивной мощности и развозбуждение при нарушениях в энергосистемах;
7. гашение поля генератора в аварийных режимах и при нормальной остановке;
8. электрическое торможение агрегата.

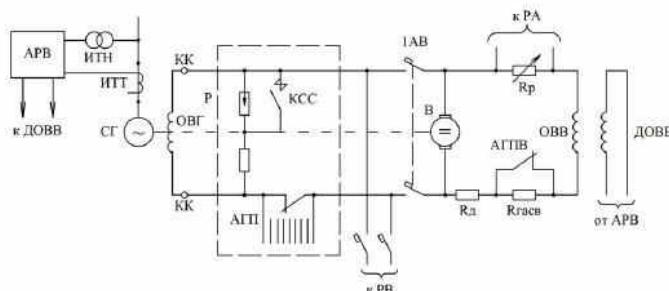


Рис.5.1. Система независимого возбуждения с возбудителем постоянного тока.

КК – контактные кольца, Rcc и КСС – сопротивление и контактор самосинхронизации, РВ – резервный возбудитель, АГП – автомат гашения поля, АГПВ – автомат гашения поля возбудителя, Rp – регулировочный реостат, Rд и Rгасв – резисторы добавочный и гасительный в цепи ОВВ, ДОВВ – добавочная обмотка возбуждения возбудителя.

Системы тиристорного независимого возбуждения (СТН)

Системы тиристорные независимые (СТН) предназначены для питания обмотки возбуждения крупных турбо- и гидрогенераторов выпрямленным регулируемым током, применяемые при [выработке электроэнергии на ГЭС](#) и других генерирующих станциях – рис.5.2.

В отличие от систем самовозбуждения (СТС), в СТН тиристорные выпрямители главного генератора получают питание от независимого источника [напряжения](#) переменного тока промышленной частоты – от вспомогательного синхронного генератора, вращающегося на одном валу с главным генератором.

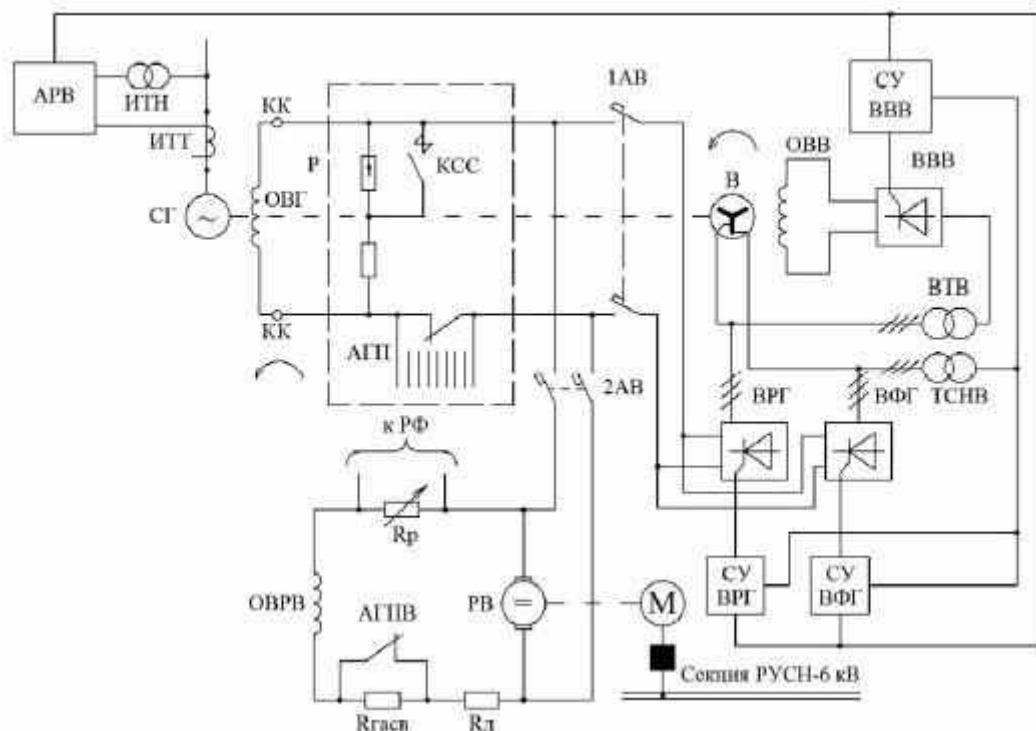


Рис.5.2. Система тиристорная независимая (СТН) с возбудителем переменного тока и двумя группами тириستоров, в сочетании со схемой резервного возбуждения от двухмашинного агрегата асинхронный двигатель-возбудитель постоянного тока. В – возбудитель (вспомогательный генератор) переменного тока, ОВВ обмотка возбуждения возбудителя, ВРГ, ВФГ – тиристорные вентили рабочей и форсировочной групп, ВВВ – тиристорные вентили выпрямителя возбудителя, СУВРГ, СУВФГ, СУВВВ – системы

управления вентилями соответствующих групп, ВТВ – выпрямительный трансформатор возбудителя, ТСНВ – трансформатор СН тиристорных выпрямителей.

Вспомогательный генератор переменного тока возбуждения построен по схеме самовозбуждения. СТН обладает важным преимуществом – её параметры не зависят от процессов, протекающих в энергосистеме.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Какие режимы работы синхронных машин обеспечивают системы возбуждения

2) Система независимого возбуждения с возбудителем постоянного тока.

3) Система тиристорная независимая (СТН) с возбудителем переменного тока и двумя группами тиристоров

6 Список литературы

9. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 11

Тема: Изучение обслуживания коллектора, контактных колец и щеточного аппарата

Цель: 1) Изучение обслуживания коллектора, контактных колец и щеточного аппарата

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Поверхности колец, коллекторов и щеток должны быть чистыми и иметь правильную цилиндрическую форму. Щетка должна прилегать к кольцам или коллектору не менее чем двумя третями контактной поверхности.

Вредное влияние на щеточный контакт оказывает угольная или металлическая пыль, образующаяся при трении щеток о кольца или коллектор. Загрязнения коллектора являются причиной искрения под щетками. При стечении неблагоприятных условий работы щеточного контакта искрение бывает настолько сильным, что вызывает нагар на коллекторе или кольцах. В особо тяжелых случаях возникает «круговой огонь» — перекрытие коллектора по поверхности между разнополярными щетками.

Неблагоприятно влияют на работу коллекторов и колец дефекты поверхностей скольжения — царапины, шероховатости, неровности. Эти дефекты при высоких скоростях скольжения вызывают вибрацию щеток на поверхности скольжения, сопровождающуюся явлениями, близкими к разрыву цепи щеточного контакта. Аналогично проявляют себя выступы изоляции между коллекторными пластинами. Они образуются вследствие того, что медные пластины изнашиваются от трения быстрее, чем миканитовая изоляция между ними.

Иногда происходит биение коллектора. Оно может возникнуть от неравномерной выработки поверхности коллектора, от ослабления и расшатанности отдельных пластин, от чрезвычайного износа коллектора.

При обнаружении неровностей, биений или эксцентриситета размером до 200 мкм коллектор полируют, от 200 до 500 мкм — шлифуют, более 500 мкм — протачивают. Проточку коллектора выполняют при капитальном ремонте.

Поверхность коллектора и контактных колец поддерживается в чистом состоянии, не допуская царапин, канавок, углублений и выступов изоляции. Коллектор и контактные кольца можно чистить на ходу машины

деревянной колодкой, обернутой сухой тряпкой (для изоляции от токопроводящих частей).

Для окончательной полировки используют колодку из твердых несмолистых пород дерева (бук, клен) без шлифовальной бумаги и других абразивных материалов. Волокна деревянной колодки, обработанной по форме коллектора, должны располагаться торцами к полируемой поверхности. Такая обработка коллектора способствует образованию на его поверхности пленки (политуры), улучшающей условия коммутации. Готовый коллектор обдувают сжатым воздухом для удаления миканитовой и металлической пыли.

Основные неисправности щеточного механизма следующие: механическое повреждение или обгорание обоймы, плохая пайка и ослабление контактов, перекося кольца, трещины в траверсе, износ и выкрашивание щеток, износ или порча пружины. Изношенные щеткодержатели должны быть отремонтированы или заменены.

Уход за щетками состоит в наблюдении за их контактной поверхностью, обеспечении ее чистоты и достаточной площади прилегания щеток на кольца или коллектор. Кроме того, следят за тем, чтобы контактное давление всех щеток было одинаковым, так как в противном случае щетки изнашиваются неравномерно. Изношенные щетки заменяют.

Контактное давление щеток должно соответствовать заводским нормативам (ориентировочно около 200 Н/м^2). Пружины щеткодержателей регулируют так, чтобы отклонения их усилий были в диапазоне $\pm 10\%$ среднего значения. Усилия пружины измеряют ручным динамометром в точке нажатия щеткодержателя на щетку (рис. 97,6). Отсчет показаний динамометра делают в момент освобождения из-под щетки предварительно заложённой полоски папиросной бумаги. Показания динамометра делят на контактную площадь щетки. Полученное от деления контактное давление сравнивают с нормами по данным завода-изготовителя электродвигателя. Марки новых щеток выбирают также по этим данным.

Щетки в обоймах щеткодержателей должны перемещаться свободно. Для этого между обоймой и щеткой должен быть зазор $100 - 200 \text{ мкм}$. Кромка обоймы должна быть удалена от поверхности скольжения на $2 - 4 \text{ мм}$.

При возникновении искрения под щетками контролируют их расположение на коллекторе. Расстояние между сбегающими кромками соседних рядов щеток по окружности коллектора должно быть точно равно полюсному делению. На поверхности коллектора щетки должны располагаться определенным образом. Соседние ряды щеток размещают попарно так, чтобы вслед за положительной щеткой одного ряда находилась отрицательная щетка второго ряда. Остальные пары рядов щеток сдвигают относительно первой в шахматном порядке. Такое размещение щеток обеспечивает равномерный износ поверхности коллектора.

Положение щеток по окружности коллектора регулируют изменением толщины прокладок между траверсой и обоймой щеткодержателя, а по оси коллектора — перемещением щеткодержателей вдоль пальцев траверсы.

Одним из обязательных условий безыскровой коммутации в машинах постоянного тока является расположение щеток на нейтральных машинах. При возникновении повышенного искрения следует проверить правильность расположения щеток на нейтральной. Если произошел сдвиг траверсы, необходимо установить ее в положение, соответствующее геометрической нейтральной. Сравнительно простым способом установки щеток на нейтраль является индукционный. Подключив к щеткам милливольтметр и перемещая траверсу со щетками относительно неподвижного коллектора, находят такое ее положение, при котором отклонения стрелки прибора равны нулю или минимальны. Это положение соответствует размещению щеток на геометрической нейтральной, при котором щетки контактируют с точками соединения параллельных ветвей обмотки якоря. Для создания колебаний в обмотке возбуждения используют независимый источник постоянного тока, способный создать в обмотке возбуждения ток, составляющий 5 — 10% от номинального. Ручным выключателем периодически замыкают цепь обмотки возбуждения и источника тока и наблюдают за показаниями милливольтметра в момент размыкания цепи, отмечая направление и амплитуду отклонения стрелки.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что оказывает вредное влияние на щеточный контакт
- 2) В чем состоит уход за щетками
- 3) Что является одним из обязательных условий безыскровой коммутации в машинах постоянного тока

6 Список литературы

10. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.
Составил Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 12

Тема: Изучение допустимой вибрации генераторов и синхронных компенсаторов

Цель: 1) Изучение допустимой вибрации генераторов и синхронных компенсаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Осмотр синхронного компенсатора, находящегося в работе, дежурным персоналом производится не реже 1 раза в смену. Кроме того, периодические осмотры должны производиться инженерно-техническими работниками участков и служб подстанций.

При осмотре проверяются режим работы синхронного компенсатора и температура активных частей машины, сопротивление изоляции цепи возбуждения и подшипников, вибрация подшипников, работа систем охлаждения и смазки, внешнее состояние синхронного компенсатора и системы возбуждения.

Проверка вибрации. Вибрация синхронного компенсатора может быть вызвана как механической неуравновешенностью ротора, так и несимметрией электромагнитных сил в машине. Вибрация, вызванная механическими причинами, почти не зависит от изменения нагрузки синхронного компенсатора и появляется уже на холостом ходу.

Несимметрия электромагнитных сил, действующих на ротор, может возникнуть в результате нарушения равномерности воздушного зазора в машине или при появлении виткового замыкания в обмотке ротора.

Вибрация, связанная с несимметрией электромагнитных сил, зависит от нагрузки синхронного компенсатора и возрастает с увеличением тока возбуждения. В эксплуатации наиболее часто вибрация возникает в результате воздействия обоих указанных факторов.

Независимо от причины появления вибрации она сравнительно быстро вызывает износ отдельных деталей и приводит к выводу из строя синхронного компенсатора. Установлено, что вибрация подшипников у синхронных компенсаторов не должна превышать 80 мкм. При осмотре синхронного компенсатора его вибрационное состояние проверяется, как правило, на ощупь. В случае резкого повышения вибрации синхронный компенсатор разгружают и, если вибрация не прекращается, отключают от

сети и затормаживают.

На синхронных компенсаторах серии КСВ предусмотрено дистанционное измерение вибрации.

Проверка работы систем охлаждения и смазки. При осмотре обращается внимание на положение вентилях водяной и газовой систем охлаждения, а также системы смазки подшипников. Положение вентилях и кранов должно соответствовать режиму работы системы. Все вентиля и краны должны быть пронумерованы, и на них должны быть нанесены индексы: в системе смазки М; в газовой системе, заполненной водородом В, диоксидом углерода - У. Индексы указываются перед номером вентиля и крана.

Проверяются уровень воды в брызгальных бассейнах, работа сопел, давление и температура воды в напорном и сливном коллекторах синхронного компенсатора. На ощупь проверяется температура двигателей циркуляционных насосов и уровень масла в подшипниках.

При наличии установок противонакипной магнитной обработки воды (типа ЭМА) проверяют значения напряжения и выпрямленного тока и соответствие их установленным во время наладочных испытаний параметрам. Важен также контроль температуры полупроводниковых выпрямителей, так как их нормальная работа возможна только в строго определенном диапазоне температур.

При осмотре масляной системы проверяются (на ощупь и на слух) работа маслонасоса, давление и температура циркулирующего масла, уровень масла в маслобаке. Снижение уровня масла в баке до уровня сливного маслопровода вызывает подсос воздуха в маслосистему, срыв струи масла и отключение синхронного компенсатора.

Состояние газовой системы проверяется по давлению водорода, отсутствию утечек водорода на слух, а также путем контрольных замеров давления по манометру, проводимых через 1 ч при постоянном температурном режиме синхронного компенсатора. Отбирается проба газа из компенсатора, и производится ее химический анализ на аппарате типа ВТИ-2. По результатам анализа проверяют, правильно ли работает автоматический газоанализатор.

При неисправности автоматического газоанализатора он отключается, а состав газа контролируется химическим анализом, проводимым не реже 1 раза в смену.

Проверка состояния синхронного компенсатора и оборудования систем возбуждения. Работающий синхронный компенсатор прослушивается. Если синхронный компенсатор исправен, характер его шума не изменяется.

Осматривается щеточный аппарат. Щетки на кольцах ротора и коллектора возбuditеля не должны иметь искрения, так как при постепенном усилении оно может привести к круговому огню на коллекторе и КЗ между кольцами ротора. Вероятность возникновения кругового огня и перекрытия коллекторных пластин особенно возрастает в режиме форсировки возбуждения. Среди причин, вызывающих искрение щеток на кольцах ротора, могут быть названы следующие:

- недостаточное нажатие всех или части щеток,

- плохая подгонка (не по всей поверхности) щеток к кольцам,
- подгар рабочей поверхности колец,
- заклинивание щеток в щеткодержателях,
- применение щеток разных марок или различных по характеристикам,
- срабатывание щеток, вибрация щеток из-за биения поверхности колец вследствие неравномерной выработки или вибрации конца вала ротора.

Биение колец не допускается более 0,1 мм.

Искрение на коллекторе возбuditеля помимо указанных выше причин может произойти также вследствие возвышения миканитовых прокладок над поверхностью коллекторных пластин, из-за неудовлетворительной наладки коммутации, при витковых замыканиях в обмотках главных и дополнительных полюсов, из-за некачественной пайки в петушках коллектора. Часто искрение щеток вызывается их перегрузкой.

Дополнительное нажатие на них пружинами еще больше увеличивает перегрузку и искрение. Поэтому следует добиваться равномерного нажатия пружин на все щетки и увеличивать нажатие лишь там, где оно недостаточно. Нормальным считается давление 1,5-2 Н/см².

Безыскровой работе щеток способствуют винтовые канавки на их рабочей поверхности, а при отсутствии канавок - диагональные прорези, наносимые ножовочным полотном на глубину 6-8 мм.

При работе электрических машин поверхности их коллекторов и колец покрываются тонким слоем темной политуры, представляющей собой пленку закиси меди, покрытую частицами графита. Медные поверхности, покрытые политурой, изнашиваются медленнее свежетополированной меди. Поэтому при ремонте без надобности не следует удалять политуру шлифовкой.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Периодичность осмотра синхронного компенсатора, находящегося в работе, дежурным персоналом
- 2) Проверка состояния синхронного компенсатора и оборудования систем возбуждения
- 3) Какие причины искрения на коллекторе возбuditеля

6 Список литературы

11. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.
 Составил Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 13

Тема: Изучение профилактических испытаний генераторов и синхронных компенсаторов

Цель: 1) Изучение профилактических испытаний генераторов и синхронных компенсаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Испытание синхронных генераторов проводится с целью проверки их соответствия требованиям ПУЭ

Перед проведением испытаний:

1. Расположить генератор высоковольтный в максимально горизонтальной плоскости на расстоянии не доступном для механического повреждения при нарушении изоляции кабеля во время испытаний;
2. Надежно заземлить генератор высоковольтный и пульт управления при помощи проводов заземления (ПЩ-4,0мм²), прилагаемых к аппарату;
3. Удалить генератор высоковольтный от пульта управления на расстояние не менее трех метров;
4. Высоковольтный вывод генератора заземлить.

Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

При проведении испытаний изоляции повышенным напряжением промышленной частоты следует руководствоваться следующим:

а) испытание изоляции обмоток статора генератора рекомендуется производить до ввода ротора в статор. Если стыковка и сборка статора гидрогенератора осуществляются на монтажной площадке и впоследствии статор устанавливается в шахту в собранном виде, то изоляция его испытывается дважды: после сборки на монтажной площадке и после установки статора в шахту до ввода ротора в статор.

В процессе испытания осуществляется наблюдение за состоянием лобовых частей машины: у турбогенераторов - при снятых торцовых щитах, у гидрогенераторов - при открытых вентиляционных люках;

б) испытание изоляции обмотки статора для машин с водяным охлаждением следует производить при циркуляции дистиллированной воды в системе охлаждения с удельным сопротивлением не менее 100 кОм/см и номинальном расходе;

в) после испытания обмотки статора повышенным напряжением в течение 1 мин у генераторов 10 кВ и выше испытательное напряжение снизить до номинального напряжения генератора и выдержать в течение 5 мин для наблюдения за коронированием лобовых частей обмоток статора. При этом не должно быть сосредоточенного в отдельных точках свечения желтого или красного цвета, появления дыма, тления бандажей и тому подобных явлений. Голубое и белое свечение допускается;

г) испытание изоляции обмотки ротора турбогенераторов производится при номинальной частоте вращения ротора;

д) перед включением генератора в работу по окончании монтажа (у турбогенераторов - после ввода ротора в статор и установки торцевых щитов) необходимо провести контрольное испытание номинальным напряжением промышленной частоты или выпрямленным напряжением, равным $1,5U_{ном}$. Продолжительность испытаний 1 мин.

5.2 Измерение сопротивления постоянному току.

Нормы допустимых отклонений сопротивления постоянному току приведены в табл. 1.

При сравнении значений сопротивлений они должны быть приведены к одинаковой температуре.

Таблица 1

Допустимое отклонение сопротивления постоянному току

Испытуемый объект	Норма
Обмотка статора (измерение производить для каждой фазы или ветви в отдельности)	Измеренные сопротивления в практически холодном состоянии обмоток различных фаз не должны отличаться одно от другого более чем на 2%. Вследствие конструктивных особенностей (большая длина соединительных дуг и пр.) расхождение между сопротивлениями ветвей у некоторых типов генераторов может достигать 5%.
Обмотка ротора	Измеренное сопротивление обмоток не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 2%. У явнополусных роторов измерение производится для каждого полюса в отдельности или попарно.
Резистор гашения поля, реостаты возбуждения	Сопротивление не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 10%.
Обмотки возбуждения коллекторного возбудителя	Значение измеренного сопротивления не должно отличаться от исходных данных более чем на 2%.
Обмотка якоря возбудителя (между	Значения измеренного сопротивления не должны отличаться друг от друга более чем на 10%

коллекторными пластинами)	за исключением случаев, когда это обусловлено схемой соединения.
---------------------------	--

5.3 Измерение сопротивления обмотки ротора переменному току.

У неявнополюсных роторов измеряется сопротивление всей обмотки, а у явнополюсных – каждого полюса обмотки в отдельности или двух полюсов вместе. Измерение следует проводить при подводимом напряжении 3 В на виток, но не более 200 В.

Сопротивление обмоток неявнополюсных роторов определяют на трёх-четырёх ступенях частоты вращения, включая номинальную, и в неподвижном состоянии, поддерживая приложенное напряжение или ток неизменным. Сопротивление по полюсам или парам полюсов измеряется только при неподвижном роторе. На возникновение витковых замыканий указывает скачкообразный характер снижения сопротивления

5.4 Определение характеристик генератора:

а) трехфазного КЗ. Характеристика снимается при изменении тока статора до номинального. Отклонения от заводской характеристики должны находиться в пределах погрешности измерения.

Снижение измеренной характеристики, которое превышает погрешность измерения, свидетельствует о наличии витковых замыканий в обмотке ротора.

У генераторов, работающих в блоке с трансформатором, снимается характеристика КЗ всего блока (с установкой закоротки за трансформатором). Характеристику собственно генератора, работающего в блоке с трансформатором, допускается не определять, если имеются протоколы соответствующих испытаний на стенде заводов-изготовителей.

б) холостого хода. Подъем напряжения номинальной частоты на холостом ходу производить до 130% номинального напряжения турбогенераторов и синхронных компенсаторов, до 150% номинального напряжения гидрогенераторов. У генераторов, работающих в блоке с трансформаторами, снимается характеристика холостого хода блока; при этом генератор возбуждается до 1,15 номинального напряжения (ограничивается трансформатором). **Испытание генератора (компенсатора) под нагрузкой.**

Нагрузка определяется практическими возможностями в период приемо-сдаточных испытаний. Нагрев статора при данной нагрузке должен соответствовать паспортным данным.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Работы проводимые перед испытаний синхронных генераторов
- 2) Измерение сопротивления постоянному току
- 3) Определение характеристик генератора

6 Список литературы

12. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Практическое занятие 14

Тема: Изучение сушки генераторов и синхронных компенсаторов

Цель: 1) Изучение сушки генераторов и синхронных компенсаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Способы сушки электрических машин

Различают 5 видов сушки электрических машин:

1. током короткого замыкания;
2. индукционными токами;
3. постоянным или однофазным переменным током;
4. внешним нагреванием;
5. на основе электрокинетического эффекта.

При этом способе фазные обмотки статора генератора замыкаются накоротко через амперметры pA (рис. 6.15).

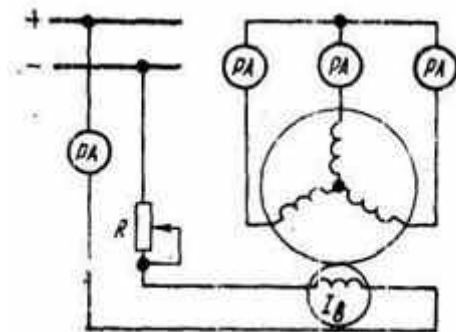


Рис. 6.15. Схема сушки синхронных генераторов током короткого замыкания

Для сушки вращают ротор генератора при помощи дизеля (турбины) и одновре-

менно подают в обмотку возбуждения ток возбуждения $I_{в}$.

При этом в обмотке статора индуцируется ЭДС

$$E = c * \omega * \Phi,$$

где c – конструктивный коэффициент машины (величина постоянная);

ω – угловая скорость вала;

Φ – магнитный поток обмотки возбуждения.

По закону Ома, ток обмотки статора прямо пропорционален ЭДС E .

Необходимое значение тока сушки, равное 0,5...0,8 номинального, устанавливают

изменением тока возбуждения I_{Φ} (т.е. магнитного потока Φ) при помощи реостата R , а при необходимости, дополнительно – изменением угловой скорости вала ω .

Температуру нагрева обмотки проверяют, измеряя температуру нагрева проволочных бандажей лобовых частей обмотки – она не должна превышать 100°C

Сушка электрических машин внешним нагреванием

Способ рекомендуется для всех машин и обязателен при сушке сильно отсыревших машин. В этом случае в качестве источника теплоты применяются воздуходувки, электронагревательные элементы и лампы накаливания.

В последнем случае очень эффективен метод сушки инфракрасным облучением при помощи специальных сушильных ламп; этот метод ускоряет процесс сушки и позволяет вести ее при более низких температурах, не ухудшая диэлектрических и механических свойств изоляционных материалов. При этом происходит непосредственная передача лучистой энергии обмоткам.

Специальные сушильные лампы в отличие от обычных имеют меньшую температуру накала, что увеличивает срок их службы до 10 000 ч. Эти лампы выпускаются промышленностью мощностью 200, 500 и 1000 Вт и снабжаются рефлектором с хорошей отражательной способностью, обеспечивающим более полное использование лучистого потока и равномернее распределение его.

Наиболее удобно сушить электрическую машину внешним нагреванием в закрытом ящике. В судовых условиях не всегда возможно изготовить ящик, поэтому в процессе сушки ограничиваются укрытием машины брезентом, не допуская сближения брезента с горячими деталями.

При сушке внешним нагревом температура ближайших к источнику теплоты частей машины не должна быть более 100°C .

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Способы сушки электрических машин
- 2) Сушка электрических машин внешним нагреванием
- 3) При каком способе сушки происходит непосредственная передача лучистой энергии обмоткам.

6 Список литературы

13. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.
Составил Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 15

Тема: Выполнение оперативных переключений в электроустановках

Цель: 1) Изучение оперативных переключений в электроустановках

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

«Организация и порядок переключений»

Электрическое оборудование может находиться в одном из следующих оперативных состояний: в работе, ремонте, резерве (ручном или автоматическом). В состоянии резерва оборудование может быть без напряжения или находиться под напряжением, если оно включено или связано токоведущими частями с источником напряжения, например трансформатор на холостом ходу. Вращающиеся генераторы и синхронные компенсаторы, даже если они не возбуждены, рассматриваются как находящиеся под напряжением.

Изменением оперативного состояния оборудования, операции с которым требуют координации действий дежурного персонала нескольких энергообъектов, руководит диспетчер энергосистемы, а оборудованием местного значения — начальники смен электростанций, диспетчеры предприятий электросетей, районов, дежурные узловых (базисных) подстанций. Если оборудование находится в оперативном управлении одного из названных выше дежурных, то все операции с этим оборудованием (включение, отключение, заземление и т. д.) выполняются только по распоряжению этого дежурного.

Часть оборудования, переданного в оперативное управление персонала низших ступеней диспетчерского управления, оперативное состояние и режим работы которого влияют на режим и надежность работы энергосистемы, может находиться в так называемом оперативном ведении диспетчера энергосистемы, ОДУ, ЦДУ. В этом случае распоряжение о переключении отдается подчиненному персоналу после предварительного получения разрешения соответствующего диспетчера.

Распоряжение о переключении. Оно отдается непосредственно подчиненному персоналу. В нем указываются последовательность и конечная цель переключений. Распоряжение повторяется дежурным и записывается в оперативный журнал. Заданная последовательность операций проверяется по оперативной схеме.

Бланк переключений. В соответствии с распоряжением о переключении дежурный заполняет специальный бланк, в котором последовательно

записывает все операции с коммутационными аппаратами, устройствами релейной защиты и автоматики, операции по проверке отсутствия напряжения и наложению заземлений и др. Бланк является оперативным документом. Уже само его составление дает персоналу возможность осмыслить полученное задание и продумать производство операций. Составление бланка является обязательным, если в РУ блокировка отсутствует или выполнена не в полном объеме.

Порядок выполнения переключений. При переключениях дежурный, имея при себе заполненный бланк, действует в следующем порядке:

- на месте переключений внимательно проверяют по надписи наименование присоединения и название оборудования, с которым предстоит проведение операции;

- убедившись в правильности выбранного оборудования, зачитывает по бланку содержание операции и выполняет ее;

- при производстве переключений двумя лицами содержание операции повторяется исполнителем и затем выполняется им;

- после проведения операции запись ее в бланке зачеркивается.

Переключения в зависимости от их сложности могут выполняться одним или двумя дежурными. При участии двух дежурных старший по должности производит пооперационный контроль и руководит переключениями в целом. Другой дежурный выполняет операции. Дежурные при этом не имеют права уклоняться от выполнения возложенных на них обязанностей. Нельзя, например, допускать, чтобы оба участника переключений одновременно выполняли операции с оборудованием, забыв о необходимости контроля.

Информация об окончании переключений. По окончании переключений в оперативном журнале производится запись о всех операциях с коммутационными аппаратами, изменениях в схемах релейной защиты, установленных (или снятых) заземлениях и пр. Для того чтобы записи о наложении и снятии заземлений выделить среди остального текста, их подчеркивают цветными карандашами: красным — при наложении, синим — при снятии заземления. Одновременно вносятся соответствующие изменения в оперативную схему. Об окончании переключений сообщается дежурному, отдавшему распоряжение о переключении. Сообщает получивший распоряжение.

«Техника операций с коммутационными аппаратами»

Операции с выключателями. Отключение и включение электрической цепи, имеющей выключатель, выполняется выключателем. Управление выключателем может быть дистанционным или ручным. Команда на включение и отключение выключателя с дистанционным управлением подается от ключа управления и с помощью устройства телемеханики; с места установки операции проводятся только при ремонте и ликвидации аварий.

При ремонтных и наладочных работах операции с воздушными выключателями проводят дистанционно — из помещений мастерских и лабораторий.

После завершения той или иной операции с выключателем проверяется его действительное положение, так как команда включения или отключения может оказаться невыполненной. Если после отключения выключателя пред-стоит проведение операций с разъединителями или отделителями, то проверка положения выключателя проводится па месте установки по механическому указателю, положению подвижных контактов и траверс, показаниям манометров у выключателей с газонаполненными отделителями.

Проверка положения выключателя по показаниям сигнальных ламп и измерительных приборов допускается при отключении или включении трансформатора, линии, шин только выключателем (без проведения операций с разъединителями) .

В ряде случаев возникает необходимость фиксировать выключатель в определенном положении, прежде чем персонал приступит к операциям с разъединителями. Например, при переводе присоединений с одной системы шин на другую персонал должен быть уверен в том, что шиносоединительный выключатель включен и никакие случайные действия не могут изменить его положение. Достигается это путем снятия предохранителей (или отключения авто-матических выключателей) на обоих полюсах цепей управления выключателем до проверки его действительного по-ложения на месте.

Операции с разъединителями и отделителями. Перед отключением или включением разъединители или отделители осматриваются. Они не должны иметь видимых дефектов и повреждений. Операции с разъединителями, у которых при измерениях обнаружены дефектные изоляторы, проводятся, как правило, после снятия с них напряжения.

При ручном включении разъединителей и появлении дуги между контактами ножи не следует отводить, так как дуга при расхождении контактов может удлиниться и перекрыть промежуток между фазами. Начатая операция включения во всех случаях продолжается до конца.

При ручном отключении разъединителей вначале делают пробное движение рычагом привода, чтобы убедиться в исправности тяг, отсутствии качаний и дефектов изоляторов. Если в момент расхождения контактов между ними возникнет дуга, что может быть в результате разрыва цепи тока нагрузки, разъединители немедленно включают и до выяснения причины образования дуги операции с ними не производят.

Возможность использования разъединителей и отделителей для отключения и включения намагничивающих токов силовых трансформаторов и зарядных токов воздушных и кабельных линий подтверждается эксплуатационной практикой. В связи с этим выработаны некоторые общие положения, которые должны соблюдаться персоналом, производящим операции.

В цепях 35—220 кВ, имеющих отделители и разъединители, отключение намагничивающих и зарядных токов выполняется отделителями, позволяющими быстро проводить операции благодаря наличию встроенных пружин, а включение — разъединителями при предварительно включенных отделителях.

Значение намагничивающего тока трансформатора зависит от значения подведенного к нему напряжения. С повышением напряжения намагничивающий ток резко возрастает. При отключении ненагруженного трансформатора отделителями или разъединителями значение намагничивающего тока стремятся понизить. Для этого трансформаторы с РПН переводят в режим недо возбуждения.

При отключении ненагруженного трансформатора 110—220 кВ разъединителями или отделителями возможен кратковременный неполнофазный режим вследствие неодновременности размыкания контактов отдельных полюсов, что может вызвать появление перенапряжений. Опасность перенапряжений наименьшая у трансформаторов с заземленной нейтралью. Поэтому перед отключением трансформатора от сети заземляют его нейтраль, если в нормальном режиме она была разземлена и защищена разрядником. Рекомендуется также предварительно отключать дугогасящие реакторы.

После проведения операций включения или отключения разъединителей или отделителей осмотром проверяют действительное их положение, так как в эксплуатации имели место случаи недоклужения ножей, попадание ножей мимо губок, обрывы тяг, разрегулировка приводов и пр.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Организация и порядок переключений

2) Техника операций с коммутационными аппаратами

3) После проведения каких операций проверяют действительное положение разъединителей или отделителей

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

7 СЕМЕСТР

Практическое занятие 1

Тема: Изучение основных параметров и допустимых нагрузок ТСН

Цель: 1) Изучение основных параметров и допустимых нагрузок ТСН

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

На электростанциях и подстанциях 35-220 кВ и более для питания электроэнергией вспомогательных приборов, агрегатов и прочих потребителей собственных нужд (с. н.) используют разветвленные системы электрических соединений. Они обеспечивают нормальное функционирование подстанций, гарантируя бесперебойное электроснабжение ответственных потребителей оперативным переменным, постоянным током. Обесточенные устройств С. Н. может привести к полному погашению подстанции, либо стать причиной развития серьезных проблем в будущем при её восстановлении, вводе в работу.

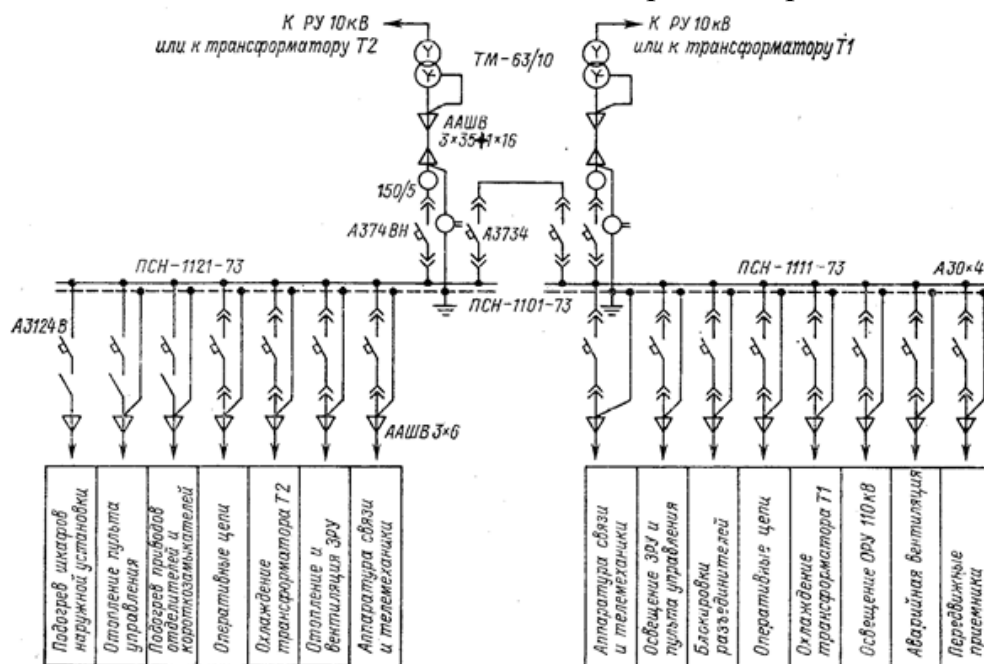
Потребители собственных нужд (СН) подстанций

Состав электроприемников СН определяется исходя из типа подстанции, мощности устройств, используемого топлива и пр.

В общем случае к потребителям собственных нужд относят:

- системы и механизмы охлаждения силовых трансформаторов (автотрансформаторов);
- приспособления, необходимые для регулирования напряжения силового трансформатора под нагрузкой;
- оперативные цепи выпрямленного постоянного, переменного тока;
- зарядные, подзарядные агрегаты для аккумуляторных батарей;
- устройства связи, сигнализации и телемеханики;
- все виды освещения: аварийное, наружное, внутреннее, охранное;
- узлы и детали систем смазки подшипников СК;
- водородные установки;
- насосные агрегаты, обеспечивающие работу систем пожаротушения, технического и хозяйственного водоснабжения;
- системы автоматики и компрессии воздушных выключателей;
- установки электроподогрева помещений выключателей, аккумуляторных батарей, ресиверов и прочих устройств;

— механизмы систем вентиляции, бойлерные и пр.



Обычно суммарная мощность потребителей С.Н. мала, поэтому они подключаются к понижающим трансформаторам с низкой стороны 380/220 В. На двухтрансформаторных подстанциях 35-220 кВ устанавливают 2 рабочих ТСН, [номинальная мощность](#) которых выбирается исходя из нагрузки, при учете допустимых перегрузок. Для наиболее ответственных потребителей размещают и 3 трансформатора С.Н.

Граничная мощность ТСН напряжением 3 – 10/0,4 кВ может быть 1000 -1600 кВа при напряжении [КЗ](#) — 8 %. Граничная мощность ограничивается коммутационной возможностью [автоматов 0,4 кВ](#).

Схемные решения при подключении ТСН на подстанциях

К обустройству систем электроснабжения С.Н. подстанций применяются довольно серьезные требования. Предусматриваются схемные решения, повышающие надежность работы таких систем:

— монтаж не менее 2-х трансформаторов СН, установленной мощностью не менее 560, 630 кВА;

— секционирование шин собственных нужд секционными выключателями 0,4 кВ;

— устройств автоматики: автоматического ввода резерва (АВР) на секционном выключателе;

— резервирование систем с.н. со стороны высшего напряжения и пр.

Для увеличения надежности, равномерной загрузки ТСН, потребители, обеспечивающие работу основного оборудования электростанций (охлаждение трансформаторов, работа компрессора, подогрев выключателей и пр.), подключаются к разным системам шин.

Компоновка подстанции может предусматривать установку одного либо нескольких щитов СН 380/220 кВ. Электропитание приемников 1-й

категории производится по радиальным схемам, 2-й и 3-й – по магистральным. Более сложные электрических соединений применяются на подстанциях 500 кВ и выше. Это объясняется тем, что на [ОРУ](#) в служебных помещениях вместе с механизмами возбуждения СК, щитами РЗ СК, АТ, устанавливаются и щиты с. н., с которых осуществляется управление фидерами 0,4 кВ, коммутирующие эти объекты.

Расход электроэнергии на С. Н. подстанций фиксируется [счетчиками](#), установленными на присоединениях к ТСН.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Потребители собственных нужд (СН) подстанций
- 2) Схемные решения при подключении ТСН на подстанциях
- 3) Что предпринимается для увеличения надежности, равномерной загрузки ТСН

6 Список литературы

14. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 2

Тема: Изучение схемы питания и способов подключения ТСН

Цель: 1) Изучение схемы питания и способов подключения ТСН

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Состав потребителей СН подстанций зависит от типа подстанции, мощности трансформаторов, наличия синхронных компенсаторов, типа электрооборудования. Наименьшее количество потребителей СН на подстанциях, выполненных по упрощенным схемам, без синхронных компенсаторов, без постоянного дежурства. Это электродвигатели обдува трансформаторов, обогрев приводов QR и QN, шкафов КРУН, а также освещение подстанции.

На подстанциях с выключателями ВН дополнительными потребителями являются компрессорные установки (для выключателей ВНВ, ВВБ), а при оперативном постоянном токе – зарядный и подзарядный агрегаты. При установке синхронных компенсаторов необходимы механизмы смазки их подшипников, насосы системы охлаждения ГС.

Наиболее ответственными потребителями СН подстанций являются оперативные цепи, система связи, телемеханики, система охлаждения трансформаторов и ГС, аварийное освещение, системы пожаротушения, электроприемники компрессорной.

Мощность трансформаторов СН выбирается по нагрузкам СН с учетом коэффициентов загрузки и одновременности, при этом отдельно учитываются летняя и зимняя нагрузки, а также нагрузка в период ремонтных работ на подстанции.

В учебном проектировании можно по ориентировочным данным определить основные нагрузки СН подстанции $P_{уст}$, кВт. Приняв для двигательной нагрузки $\cos j = 0,85$, определяют $Q_{уст}$ и расчетную нагрузку:

$$S_{расч} = k_c \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2}$$

где k_c – коэффициент спроса, учитывающий коэффициенты одновременности и загрузки. В ориентировочных расчетах можно принять $k_c = 0,8$.

Мощность трансформаторов СН на подстанции без постоянного дежурства и при одном трансформаторе СН

$$S_T \geq S_{расч};$$

при двух трансформаторах СН на подстанции с постоянным дежурством

$$S_T \geq S_{расч} / K_{п},$$

где $K_{п}$ – коэффициент допустимой аварийной перегрузки, его можно принять равным 1,4;

если число трансформаторов СН больше двух, то

$$S_{Т} \geq S_{расч} / n.$$

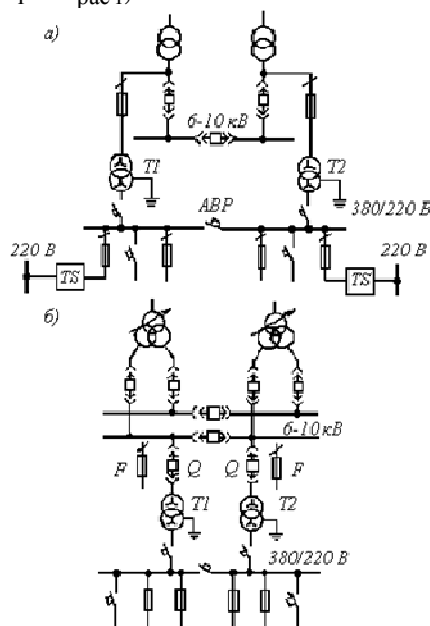


Рис. 4.3. Системы питания СН подстанций:
а – с оперативным переменным током;
б – с оперативным постоянным током

Предельная мощность каждого трансформатора СН должна быть не более 630 кВА. При технико-экономическом обосновании допускается применение трансформаторов 1000 кВА при $u_{к} = 8 \%$.

Два трансформатора СН устанавливают на всех двухтрансформаторных подстанциях 35 – 750 кВ.

Один трансформатор СН устанавливают на однострансформаторных подстанциях 35 – 220 кВ с постоянным оперативным током, без синхронных компенсаторов и воздушных выключателей с силовыми трансформаторами ТМ. В этом случае предусматривается складской резерв в энергосистеме.

Если на однострансформаторной подстанции установлен синхронный компенсатор, воздушные выключатели или трансформатор с системой охлаждения Д и ДЦ, то предусматриваются два трансформатора СН, один из которых присоединяется к местной сети 6 – 35 кВ.

Для питания оперативных цепей подстанций может применяться переменный и постоянный ток.

На подстанциях с оперативным переменным током трансформаторы СН Т1, Т2 присоединяются отпайкой к вводу главных трансформаторов (рис. 4.3,а). Это необходимо для возможности управления выключателями 6 – 10 кВ при полной потере напряжения на шинах 6 – 10 кВ.

Шины 0,4 кВ секционируются. Питание оперативных цепей переменного тока осуществляются от шин СН через стабилизаторы ТS с напряжением на выходе 220 кВ.

На подстанциях с оперативным постоянным током трансформаторы СН Т1, Т2 присоединяются к шинам 6 – 35 кВ (рис. 4.3,б). Если отсутствует РУ 6 – 35 кВ, то трансформаторы СН присоединяются к обмотке НН основных трансформаторов.

Вне зависимости от системы оперативного тока целесообразно присоединять ТСН к независимому источнику, например к линии 6 – 35 кВ от соседней подстанции.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Состав потребителей СН подстанций
- 2) Как выбирается мощность трансформаторов СН
- 3) Как целесообразно присоединять ТСН

6 Список литературы

15. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 3

Тема: Изучение профилактических испытаний электрооборудования

Цель: 1) Изучение профилактических испытаний электрооборудования

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Профилактические испытания электрооборудования

Испытания действующих электроустановок всех потребителей независимо от их ведомственной принадлежности номинальным напряжением до 220 кВ должны производиться в объеме и с периодичностью, указанными в приложении Э1 ПТЭ. При испытании электроустановок номинальным напряжением свыше 220 кВ следует руководствоваться действующими Нормами испытания электрооборудования Минэнерго и инструкциями заводов-изготовителей.

Конкретные сроки испытаний электроустановок определяются ответственным за электрохозяйство лицом на основе норм и ведомственной или местной системы планово-предупредительного ремонта (ППР) в соответствии с типовыми и заводскими инструкциями в зависимости от местных условий и состояния установок.

Для отдельных видов электроустановок, не включенных в нормы, конкретные сроки и нормы испытаний должны устанавливаться лицом, ответственным за электрохозяйство, на основе инструкций заводов-изготовителей и ведомственной или местной системы ППР.

Электрооборудование производства иностранных фирм подлежит испытанию по нормам ПТЭ после истечения гарантийного срока эксплуатации. Изоляция электрооборудования производства иностранных фирм, которая согласно технической документации испытана напряжением ниже предусмотренного нормами, должна испытываться напряжением, устанавливаемым в каждом отдельном случае с учетом опыта эксплуатации, но не ниже 90 % испытательного напряжения, принятого фирмой, если другие указания поставщика отсутствуют.

Заключение о пригодности электрооборудования к эксплуатации дается не только на основании сравнения результатов испытания с Нормами, но и по совокупности результатов всех проведенных испытаний и осмотров.

Значения параметров, полученные при испытаниях, должны быть сопоставлены с исходными, с результатами измерений параметров однотипного электрооборудования или электрооборудования других фаз, а также с результатами предыдущих испытаний.

Под исходными значениями измеряемых параметров следует понимать значения, указанные в паспортах и протоколах заводских

испытаний. При отсутствии таких значений в качестве исходных могут быть приняты значения параметров, полученные при приемосдаточных испытаниях или испытаниях по окончании восстановительного ремонта. Если отсутствуют и эти значения, разрешается за исходные принимать значения, полученные при более раннем испытании.

Электрооборудование и изоляторы на номинальное напряжение, превышающее номинальное напряжение электроустановки, в которой они эксплуатируются, могут испытываться повышенным напряжением по нормам, установленным для класса изоляции данной установки.

При отсутствии необходимой испытательной аппаратуры переменного тока электрооборудование распределительных устройств напряжением до 20 кВ допускается испытывать повышенным выпрямленным напряжением, которое должно быть равно полторакратному значению испытательного напряжения промышленной частоты.

В нормах (приложение Э1 ПТЭ) приняты следующие условные обозначения видов испытаний:

К – испытания при капитальном ремонте электрооборудования;

Т – испытания при текущем ремонте электрооборудования;

М – межремонтные испытания, т. е. профилактические испытания, не связанные с выводом электрооборудования в ремонт.

Оценка состояния изоляции резервного электрооборудования, а также частей и деталей электрооборудования, находящихся в аварийном резерве, производится по нормам, принятым заводом-изготовителем для выпускаемых изделий.

Испытания электрооборудования должны проводиться по программам (методикам), изложенным в стандартах и технических условиях на испытания и электрические измерения, с соблюдением требований правил техники безопасности.

Результаты испытаний должны фиксироваться в протоколах, которые хранятся вместе с паспортами электрооборудования.

Электрические испытания изоляции электрооборудования и отбор пробы трансформаторного масла из баков аппаратов на химический анализ необходимо, как правило, проводить при температуре изоляции не ниже 5 °С, кроме специально оговоренных в нормах случаев, когда требуется более высокая температура.

Перед проведением испытаний электрооборудования (за исключением вращающихся машин и специально оговоренных в нормах случаев) наружная поверхность его изоляции должна быть очищена от пыли и грязи, кроме тех случаев, когда испытания проводятся методом, не требующим отключения электрооборудования.

При испытании изоляции обмоток вращающихся машин, трансформаторов и реакторов с повышенным напряжением промышленной частоты должна быть испытана поочередно каждая электрически независимая цепь или параллельная ветвь (в последнем случае при наличии полной изоляции между ветвями); при этом один полюс испытательного

устройства соединяется с выводом испытываемой обмотки, а другой – с заземленным корпусом испытываемого электрооборудования, с которым на все время испытаний данной обмотки электрически соединяются все другие обмотки.

Обмотки, соединенные между собой наглухо и не имеющие вывода концов каждой фазы или ветви, должны испытываться относительно корпуса без их разъединения.

При испытаниях электрооборудования повышенным напряжением промышленной частоты к испытательной установке рекомендуется подводить линейное напряжение сети.

Скорость подъема напряжения до $1/3$ испытательного значения может быть произвольной. Далее испытательное напряжение должно подниматься плавно, с такой скоростью, чтобы был возможен визуальный отсчет по измерительным приборам, и по достижении установленного значения поддерживается неизменным в течение всего времени испытания. После требуемой выдержки напряжение плавно снижается до $1/3$ испытательного и отключается.

Под *продолжительностью испытания* подразумевается время приложения полного испытательного напряжения, установленного Нормами.

До и после испытания изоляции повышенным напряжением промышленной частоты или выпрямленным напряжением рекомендуется измерять сопротивление изоляции с помощью *мегаомметра*. За сопротивление изоляции принимается одноминутное значение измеренного сопротивления R_{60} .

Результаты испытания повышенным напряжением считаются удовлетворительными, если при приложении полного испытательного напряжения не наблюдалось скользящих разрядов, толчков тока утечки или нарастания установившегося значения, перебоев или перекрытий и если сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром, после испытания осталось прежним.

При измерении параметров изоляции электрооборудования должны учитываться случайные и систематические погрешности, обусловленные погрешностями измерительных приборов и аппаратов, дополнительными емкостями и индуктивными связями между элементами измерительной схемы, воздействием температуры, влиянием внешних электромагнитных и электростатических полей на измерительное устройство, погрешностями метода и т. п.

При измерении тока утечки (тока проводимости) в случае необходимости учитывается пульсация выпрямленного напряжения.

Нормы по тангенсу угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ изоляции электрооборудования и по току проводимости разрядников приведены для измерений, выполненных при температуре оборудования 20°C . Тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции измеряется при напряжении 10 кВ у электрооборудования и вводов на номинальное напряжение 10 кВ и

выше и при напряжении, равном номинальному, у остального электрооборудования.

Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции при сушке трансформатора без масла следует измерять при напряжении не выше 220 кВ. При измерении тангенса угла диэлектрических потерь изоляции электрооборудования следует одновременно определять и ее емкость.

Испытание напряжением 1 кВ промышленной частоты может быть заменено измерением одноминутного значения сопротивления изоляции мегаомметром на напряжение 2500 В. Эта замена не допускается при испытаниях ответственных вращающихся машин и цепей релейной защиты, и электроавтоматики, а также в случаях, оговоренных в соответствующих разделах норм.

При сопоставлении результатов измерения следует учитывать температуру, при которой производились измерения, и вносить поправки в соответствии со специальными указаниями.

При испытании внешней изоляции электрооборудования повышенным напряжением промышленной частоты, проводимом при факторах внешней среды, отличающихся от нормальных (температура воздуха 20 °С, абсолютная влажность 11 г/м³, атмосферное давление 101,3 кПа, если в стандартах на электрооборудование не приняты другие пределы), значение испытательного напряжения должно определяться с учетом поправочного коэффициента на условия испытания, регламентируемого соответствующими стандартами.

При проведении нескольких видов испытаний изоляции электрооборудования испытанию повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка ее состояния другими методами. Электрооборудование, забракованное при внешнем осмотре независимо от результатов испытания должно быть заменено или отремонтировано.

Опыт холостого хода силовых трансформаторов производится в начале всех испытаний и измерений до подачи на обмотки трансформатора постоянного тока, т. е. до измерения сопротивления изоляции и сопротивления обмоток постоянному току, прогрева трансформатора постоянным током и т. п.

Температура изоляции электрооборудования определяется следующим образом:

- за температуру изоляции силового трансформатора, не подвергавшегося нагреву, принимается температура верхних слоев масла, измеренная термометром;
- за температуру изоляции силового трансформатора, подвергавшегося нагреву или воздействию солнечной радиации, принимается средняя температура фазы *B* обмотки высшего напряжения, определяемая по ее сопротивлению постоянному току;

– за температуру изоляции электрических машин, находящихся в практически холодном состоянии, принимается температура окружающей среды.

– за температуру изоляции электрических машин, подвергавшихся нагреву, принимается средняя температура обмотки, определяемая по ее сопротивлению постоянному току;

– за температуру изоляции ввода, установленного на масляном выключателе или силовом трансформаторе, не подвергавшихся нагреву, принимается температура окружающей среды или температура масла в баке выключателя или силового трансформатора.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Профилактические испытания электрооборудования
- 2) Что должно предшествовать при проведении нескольких видов испытаний изоляции электрооборудования
- 3) Каким образом определяется температура изоляции электрооборудования

6 Список литературы

16. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 4

Тема: Изучение осмотров, ремонта и профилактических испытаний оборудования на ТП и РУ.

Цель: 1) Изучение осмотров, ремонта и профилактических испытаний оборудования на ТП и РУ.

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Формы обслуживания ПС и РУ определяются их значением в энергосистеме, промышленном предприятии и степенью автоматизации и телемеханизации. В промышленных предприятиях и сетевых районах имеются ПС и РУ с постоянным дежурным персоналом и без него. В первом случае дежурный персонал постоянно находится на обслуживаемом объекте, во втором — производит одновременное обслуживание нескольких ПС и РУ. На автоматизированных и телемеханизированных ПС и РУ обслуживание централизовано и постоянный дежурный персонал промышленного предприятия или сетевого района, за которым закреплено несколько ПС и РУ, отсутствует.

Осматривать оборудование на ПС и РУ можно при наличии напряжения и при снятом напряжении одновременно с их ремонтом. При осмотре без снятия напряжения соблюдают необходимые меры предосторожности, например, запрещается проникать за ограждения или заходить в камеры РУ и ПС. При осмотрах эксплуатируемых ПС и РУ следят за тем, чтобы температура воздуха внутри помещений не превышала $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не отличалась от температуры наружного воздуха более чем на $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Необходимость этого контроля обуславливается тем, что для оборудования и аппаратуры ПС и РУ опасен нагрев выше пределов, допускаемых ГОСТом.

Большое значение имеет тщательный уход за оборудованием и производственными помещениями; строгое выполнение указаний производственных и заводских инструкций. Необходимо поддерживать чистоту в помещении, так как запыление изоляции приводит к ее ускоренному износу; пыль, попадая во вращающиеся механизмы, ухудшает условия их работы. Очень важно следить за состоянием систем охлаждения трансформаторов, электродвигателей и выключателей. Для понижения температуры либо снижают нагрузку на оборудование и аппаратуру ПС и РУ, либо усиливают вентиляцию, с тем, чтобы отвести избыток теплоты наружу. Вентиляция должна обеспечивать заданный температурный режим в помещении при различных колебаниях температуры окружающего воздуха.

Повышенные нагревы могут возникать не только в случае ухудшения охлаждения, но и при перегрузках соответствующих аппаратов и

оборудования. Поддержание надежного и экономичного режима работы всего оборудования входит в обязанности дежурного персонала.

При осмотрах маслonaполненных аппаратов контролируют содержание необходимого количества масла. Это обстоятельство имеет особенно важное значение в тех случаях, когда масло является дугогасящей средой; отключение КЗ при недостатке масла в аппарате приводит к аварии.

Большое значение в масляных выключателях имеет бесперебойная работа контактной системы, которая может нарушаться при отключениях КЗ. Поэтому после разрыва выключателем тока КЗ большой мощности производят осмотр выключателя и проверяют состояние контактной системы в отношении как четкости работы, так и одновременности включения контактов. Качество состояния контактов признается удовлетворительным, если их переходное сопротивление соответствует данным завода-изготовителя.

Перед измерением несколько раз включают и отключают аппарат для того, чтобы вызвать самоочистку контактов. У правильно отрегулированных контактов разновременность их включения составляет не более 0,5—3% хода траверсы. Для нормальной работы воздушных выключателей необходимо, чтобы подаваемый к ним сжатый воздух не имел механических примесей и повышенной относительной влажности (более 50%). Примеси в воздухе понижают четкость работы выключателя, а наличие повышенной влажности вызывает конденсацию влаги и перекрытие изоляции внутри выключателя. Обслуживающий персонал систематически следит за исправностью фильтров, очищающих воздух, и состоянием адсорбентов. Магистральные воздухопроводы РУ и ПС продувают не реже одного раза в год. Воздух сушат редуцированием.

Осмотр РУ без отключения должен проводиться на объектах с постоянным дежурным персоналом не реже 1 раза в 3 суток, кроме того, в темноте для выявления коронирования и пр. — не реже 1 раза в месяц; на объектах без постоянного дежурного персонала — не реже 1 раза в месяц, на трансформаторных подстанциях и в распределительных пунктах — не реже 1 раза в 6 месяцев; после отключения КЗ.

Капитальный ремонт оборудования РУ производится: масляных выключателей — 1 раз в 6—8 лет при условии контроля параметров выключателя с приводом в межремонтный период; выключателей нагрузки, разъединителей и заземляющих ножей — 1 раз в 4—8 лет (в зависимости от конструктивных особенностей); воздушных выключателей — 1 раз в 4—6 лет; отделителей и короткозамыкателей с открытым ножом и их приводов — 1 раз в 2—5 года; компрессоров — 1 раз в 2—3 года (или после исчерпания ресурса).

Первый ремонт установленного электрооборудования выполняется в сроки, указанные в технической документации завода-изготовителя.

При осмотре РУ особое внимание должно уделяться состоянию помещения, исправности дверей и окон, отсутствию течи в кровле и междуэтажных перекрытиях, наличию и исправности замков; исправности

отопления, вентиляции, освещения и сети заземления; на-личию средств защиты; уровню и температуре масла и отсутствию течи в аппаратах; состоянию контактов и рубильников щита низкого напряжения; сохранности пломб у счетчиков и реле и вращению дисков у счетчиков; состоянию изоляции (запыленность, наличие трещин, разрядов и пр.); работе системы сигнализации и др.

Для каждого РУ в зависимости от местных условий устанавливаются сроки очистки его от пыли и загрязнений. Уборка помещений РУ и очистка электрооборудования производятся с соблюдением правил техники безопасности.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Формы обслуживания ПС и РУ
- 2) Какие работы производят после разрыва выключателем тока КЗ большой мощности
- 3) Чему должно уделяться особое внимание при осмотре РУ

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.
Составил Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 5

Тема: Изучение способов охлаждения трансформаторов и обслуживания охлаждающих трансформаторов

Цель: 1) Изучение способов охлаждения трансформаторов и обслуживания охлаждающих трансформаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Отсутствие у трансформаторов вращающихся частей уменьшает нагрев трансформаторов из-за отсутствия механических потерь, но и усложняет процесс охлаждения, т. к. исключает самовентиляцию. Поэтому основной способ охлаждения трансформаторов – естественное охлаждение, однако в мощных трансформаторах применяют более эффективные способы охлаждения. Основные способы охлаждения трансформаторов:

1). *Естественное воздушное охлаждение* – происходит за счёт излучения теплоты и естественной конвекции воздуха, его применяют в трансформаторах низкого напряжения при их установке в сухих закрытых помещениях.

2). *Естественное масляное охлаждение* – при этом магнитопровод с обмотками помещают в бак, заполненный трансформаторным маслом, которое омывает нагреваемые части трансформатора, путём конвекции отводит теплоту и передаёт её стенкам бака, которые охлаждаются путём излучения теплоты и конвекции воздуха. Для увеличения охлаждаемой поверхности бака его делают ребристым или устанавливают на нём трубчатые радиаторы. Трансформаторное масло обладает высокими электроизоляционными свойствами и, пропитывая изоляцию обмоток, улучшает её свойства и повышает надёжность трансформаторов, однако масляное охлаждение усложняет и удорожает эксплуатацию трансформаторов, т. к. требует периодического контроля качества масла и периодической его замены.

3). *Масляное охлаждение с дутьём* – при этом трансформатор снабжают вентилятором, который обдувает радиаторы трансформатора снаружи, а внутри остаётся естественная конвекция. Его применяют в трансформаторах мощностью свыше 10000 кВт. При снижении нагрузки до 50% вентиляторы обычно отключают, т. е. переходят на естественное масляное охлаждение.

4). *Масляное охлаждение с дутьём и принудительной вентиляцией масла* – при этом с помощью насоса создают принудительную циркуляцию трансформаторного масла через специальный охладитель (радиатор), собранный из трубок и, кроме того через воздухоотделитель и фильтр, где

освобождается от нежелательных включений. Одновременно вентиляторы обдувают поверхность трубок охладителя.

5). *Масляно-водяное охлаждение* – при этом нагретое в трансформаторе масло с помощью насоса прогоняется через охладитель, в котором циркулирует вода. Это наиболее эффективный способ охлаждения, т. к. коэффициент теплопередачи от масла в воду значительно выше, чем в воздух. Кроме того масло прогоняют через воздухоочиститель и фильтр.

Тяговые трансформаторы подвижного состава обычно выполняют с масляным охлаждением, дутьём и принудительной вентиляцией масла.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Основные способы охлаждения трансформаторов

2) Какими свойствами обладает трансформаторное масло

3) Какое обычно имеют исполнение тяговые трансформаторы подвижного состава

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 6

Тема: Изучение контроля нагрузки трансформаторов и поддержания экономичных режимов их работы

Цель: 1) Изучение контроля нагрузки трансформаторов и поддержания экономичных режимов их работы

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Наилучшим является режим эксплуатации трансформатора, при котором полностью используется его нагрузочная способность, характеризуемая максимально допустимыми температурами для изоляции. .

Допустимые перегрузки трансформаторов. В эксплуатации графики нагрузок потребителей неравномерны в течение суток. Сохраняя расчетный срок службы трансформатора, его можно перегружать в часы максимума нагрузки настолько, чтобы повышенный износ изоляции за время перегрузки не превышал запланированного старения изоляции. Такая перегрузка называется нормальной систематической перегрузкой, определяемой неравномерностью графика нагрузки, способом охлаждения трансформатора, постоянной времени нагрева трансформатора.

Допустимые по длительности систематические перегрузки зависят от начального превышения температуры верхних слоев масла над температурой окружающего воздуха и системы охлаждения трансформаторов. Диаграммы таких перегрузок для трансформаторов с охлаждением М и Д, ДЦ и Д приведены на рис. 64, а, б.

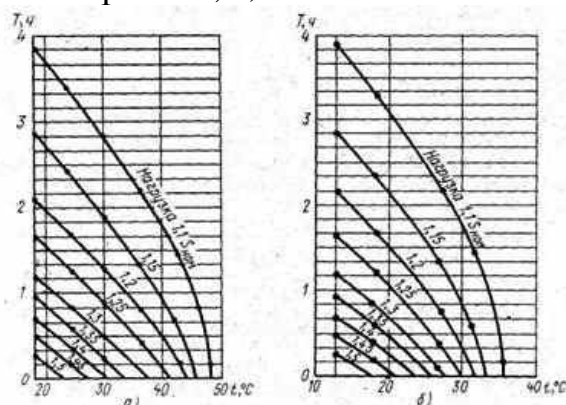


Рис. 64. Диаграммы допустимых перегрузок трансформаторов с охлаждением:
а — М и Д, б — ДЦ и Д

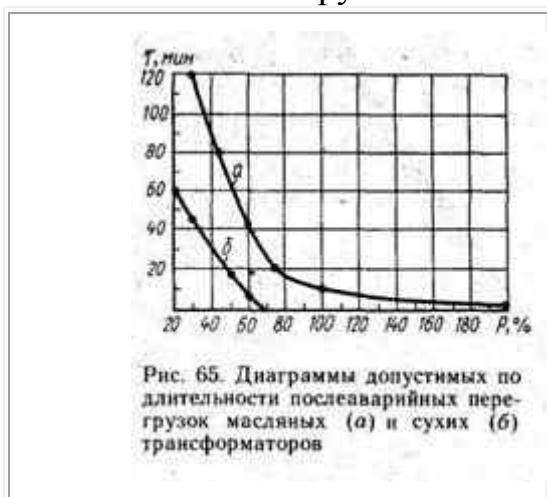
Допустимые по длительности послеаварийные перегрузки P трансформаторов ориентируются на более высокие предельные температуры (например, для обмоток до 140°C , для масла 115°C). Диаграмма этих перегрузок для сухих и масляных трансформаторов показана на рис. 65.

В аварийных режимах при наличии передвижного резерва допускается перегрузка трансформаторов сверх номинальной мощности до 40% на время максимума общей суточной продолжительности не более 6 ч в течение 5 сут, при этом коэффициент заполнения суточного графика нагрузки должен быть не более 0,93.

Экономичный режим работы трансформаторов. Параллельной называется такая работа двух или более трансформаторов, при которой их одноименные выводы как первичной, так и вторичной обмоток соединены друг с другом, причем соединение можно осуществлять на одних и тех же шинах.

Параллельная работа трансформаторов допускается при соблюдении следующих условий: тождественности групп соединения обмоток; равенства в пределах допусков номинальных напряжений и коэффициентов трансформации; равенства в пределах допусков напряжений короткого замыкания.

При наличии на подстанции двух и более параллельно работающих трансформаторов экономично включать в работу различное их число в зависимости от нагрузки.



5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Допустимые перегрузки трансформаторов
- 2) Какая допускается перегрузка трансформаторов сверх номинальной мощности в аварийных режимах при наличии передвижного резерва
- 3) Экономичный режим работы трансформаторов

6 Список литературы

17. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Практическое занятие 7

Тема: Изучение надзора и ухода за трансформаторами

Цель: 1) Изучение надзора и ухода за трансформаторами

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

По характеру обслуживания трансформаторов различают два основных вида подстанций: с постоянным дежурным персоналом (большинство главных понизительных подстанций) и без постоянного дежурного персонала (цеховые трансформаторные подстанции).

На каждый трансформатор подстанции должна быть заведена документация, содержащая:

1) паспорт трансформатора, составленный по установленной форме, или формуляр, высылаемый заводом-изготовителем в составе эксплуатационной документации;

2) копии протоколов заводских испытаний или технической характеристики, заводские инструкции;

3) протоколы испытаний (приемосдаточные, после капитальных и текущих ремонтов), в том числе протоколы испытаний комплектующих частей, вводов, устройств РПН, встроенных трансформаторов тока и др.;

4) протоколы сушки трансформатора;

5) акты приемки после монтажа и ремонта;

6) протоколы испытаний масла;

7) акты о повреждениях трансформатора. В формуляр документации заносят данные, характеризующие условия эксплуатации трансформатора.

Наблюдения за нагрузкой трансформатора и температурой обмоток

Контроль за нагрузкой трансформатора осуществляют по показаниям амперметров и иногда ваттметров.

На подстанциях с дежурным персоналом запись показаний приборов производят каждый час и фиксируют в эксплуатационной документации (при работе с перегрузкой каждые 30 минут фиксируют значение и длительность перегрузки). На подстанциях без постоянного дежурного персонала периодичность наблюдений определяется исходя из местных условий; о загрузке трансформатора судят по показаниям счетчиков и путем специальных замеров в часы максимума нагрузки.

Важным элементом контроля является измерение температуры в трансформаторе. Показания термометров дают возможность вовремя обнаружить нарушения в системе охлаждения, а также внутренние повреждения трансформаторов. Контроль за температурой обмоток осуществляют косвенными методами, т. е. о температуре обмоток судят по

температуре масла. Предельная допустимая температура верхних слоев масла трансформатора равна 950С (при температуре охлаждающего воздуха 35 °С).

Внешние осмотры трансформатора. Для своевременного обнаружения неисправностей и для предупреждения аварий все трансформаторы подвергают периодическим внешним осмотрам.

При периодических осмотрах трансформаторов следует проверять:

1. состояние фарфоровых изоляторов и крышек вводов (определяя наличие или отсутствие трещин, сколов фарфора, загрязнений, течи масла через уплотнения);

2. отсутствие протекания масла и механических повреждений на трансформаторе и его узлах;

3. целостность и исправность измерительных приборов (манометров в системе охлаждения, термосигнализаторов и термометров) маслоуказателей газовых реле, положение автоматических отсечных клапанов на трубе к расширителю, состояние индикаторного силикагеля в воздухоосушителях;

4. состояние фланцевых соединений маслопроводов системы охлаждения, бака и всех других узлов (вводов, термосифонных фильтров, устройств РПН);

5. исправность действия системы охлаждения и нагрев трансформатора по показаниям приборов;

6. уровень масла в расширителе бака и расширителях вводов;

7. давление масла в герметичных вводах;

8. отсутствие постороннего шума в трансформаторе.

Уровень масла в расширителе неработающего трансформатора не должен быть ниже отметки указателя уровня, соответствующей температуре воздуха в данный момент. В работающем трансформаторе уровень масла должен быть примерно на отметке, соответствующей температуре верхних слоев масла.

В помещениях, где находятся трансформаторы, проверяют состояние: дверей, запоров, оградительных сеток, окон, вентиляции, освещения и противопожарных средств.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Какие различают два основных вида подстанций по характеру обслуживания трансформаторов

2) Как осуществляют контроль за нагрузкой трансформатора

3) Что следует проверять при периодических осмотрах трансформаторов

6 Список литературы

18. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 8

Тема: Изучение сушки трансформаторов

Цель: 1) Изучение сушки трансформаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Сушка (прогрев) трансформатора

Трансформаторы вводят в эксплуатацию без сушки, если условия транспортирования, хранения и монтажа соответствовали требованиям ГОСТ 11677-85. В противном случае проводят один из видов сушки (прогрева): контрольную подсушку, контрольный прогрев или сушку трансформатора. Методы сушки Сушка (прогрев) трансформатора проводится одним из следующих методов:

индукционный нагрев за счет вихревых потерь в стали бака;

токами короткого замыкания;

постоянным током;

токами нулевой последовательности;

циркуляцией масла через электронагреватели;

нагревом бака инфракрасным излучением;

обдувом горячим воздухом в утепленном укрытии или сушильном шкафу.

При необходимости производится дополнительный прогрев трансформатора с помощью электропечей закрытого типа, устанавливаемых под дно трансформатора. Выбор метода сушки зависит от следующих факторов: степени увлажненности трансформатора, его габаритов, наличие источников нагрева, оборудования, приспособлений и т.д.

Метод индукционных потерь в стали бака, основан на использовании вихревых токов, создаваемых индукционной обмоткой, наложенной на поверхность стального бака. При прохождении тока по индукционной обмотке стенки бака нагреваются, а их тепло передается магнитопроводу и обмотке, находящимся в баке трансформатора. Для сушки методом индукционных потерь стенки бака, крышку и дно утепляют несколькими слоями листового асбеста или другого негорючего материала, поверх которого накладывают намагничивающую обмотку из провода с теплостойкой изоляцией. Для прогрева дна бака дополнительно применяют закрытые электронагревательные печи или тепловоздуховки.

Прогрев постоянным током основан на пропускании через обмотки трансформатора тока близкого номинальному значению. Обычно постоянный ток пропускают только по обмоткам высокого и среднего

напряжения. Наиболее целесообразными являются схемы, у которых обмотки всех трех фаз обтекаются прогреваемым током, что может быть обеспечено соответствующим параллельным или последовательным соединением обмоток трансформатора. Указанные схемы соединения обмоток можно осуществить для трансформаторов, у которых звезда и треугольник выведены на крышке бака, или у трансформаторов с регулировкой напряжения под нагрузкой. Иногда применяют менее эффективные схемы с последовательным соединением обмоток только двух фаз или схемы, в которых две фазы соединены параллельно, а третья включена последовательно с ними.

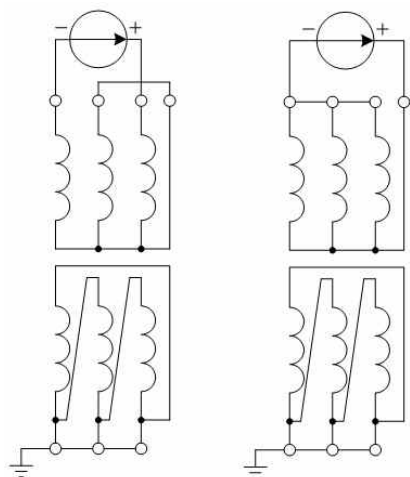


Рисунок. Схемы включения обмоток двухобмоточного трансформатора для прогрева методом постоянного тока

Бак трансформатора и обмотки не участвующие (если они электрически не связаны с прогреваемыми обмотками) в прогреве закорачивают и заземляют. Сушку токами нулевой последовательности применяют для трансформаторов небольшой мощности (до 400 кВА). При этом способе вторичные обмотки трансформатора подключают к сети по одной из схем, приведенных на рисунке ниже.

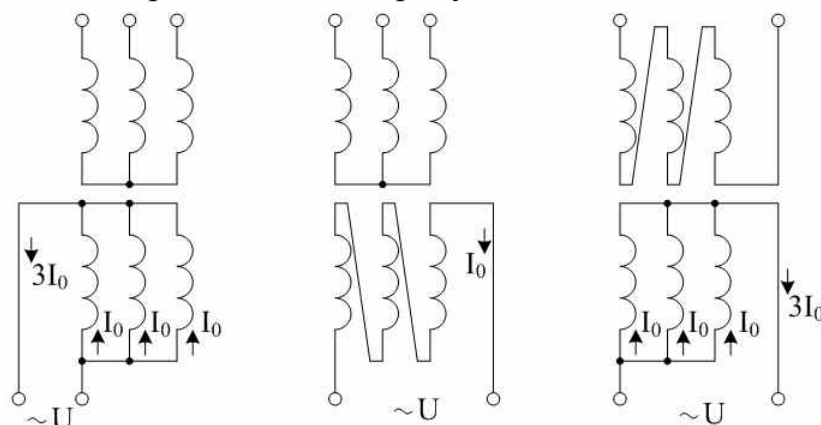


Рисунок. Схемы сушки трансформаторов токами нулевой последовательности

Поскольку обмотка высшего напряжения остается разомкнутой, должны быть приняты меры безопасности, так как на ней может появиться высокое напряжение. В результате воздействия одинаковых по величине и совпадающих по фазе магнитных потоков в меди и магнитопроводе будет

выделяться теплота. Данный способ отличается простотой, но не применим при соединении вторичных обмоток в треугольник. Методом короткого замыкания прогрев производится за счет тепла, выделяемого потерями в обмотках, добавочными потерями от вихревых токов в проводниках обмоток, потерями в активной стали магнитопровода, в металлических конструктивных деталях активной части и стенках бака, вызываемыми магнитным полем рассеяния обмоток. При прогреве методом короткого замыкания одну из обмоток трансформатора (обычно низшего напряжения) замыкают на зажимах вводов накоротко, а другую питают от источника переменного тока промышленной частоты.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Сушка (прогрев) трансформатора
- 2) Схемы включения обмоток двухобмоточного трансформатора для прогрева методом постоянного тока
- 3) Схемы сушки трансформаторов токами нулевой последовательности

6 Список литературы

19. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 9

Тема: Ознакомление с вводом оборудования в эксплуатацию

Цель: 1) Ознакомление с вводом оборудования в эксплуатацию

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе 6, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

При вводе в эксплуатацию того или иного оборудования из состояния ремонта обслуживающий персонал обязан убедиться, во-первых, в исправном действии данного аппарата и, во-вторых, в возможности подключения его на рабочее напряжение.

После окончания ремонта выключателя или разъединителя следует, не снимая заземлений, проверить действие аппарата на включение и отключение. Проверка должна производиться посредством привода. Для уверенности в надежной работе аппарата при различных режимах проверка действия привода производится как при нормальном, так и при повышенном и пониженном значениях напряжения.

Эти проверки производятся при участии обслуживающего (или дежурного) персонала.

Включение масляного выключателя производится по 2—3 раза при 115, 100 и 90% номинального напряжения, если производился капитальный ремонт выключателя, или 2—3 раза при 100%-ном напряжении после текущего ремонта выключателя.

Отключение масляного выключателя производится 2—3 раза при 100% и 5 раз при 80% напряжения после капитального ремонта или 2—3 раза при 100% и 1 раз при 80% напряжения после текущего ремонта выключателя.

Включение и отключение воздушного выключателя производится по 2—3 раза при номинальном давлении и при 80% номинального давления воздуха.

При опробовании разъединителя от ручного привода следует проверить плавность хода, отсутствие значительных люфтов и заеданий в приводном механизме.

При использовании как электромеханического или пневматического, так и ручного привода должны быть проверены (правильность, полнота и одновременность вхождения ножей всех полюсов в губки контактов (без

перекосов, ударов и т. п.). То же самое следует проверять в отношении ножа отделителя воздушных выключателей.

Проверка выключателей сводится к опробованию привода и заключается в контроле правильного действия приводного механизма, сигнализации, целостности или наличия предохранителей в цепи оперативного тока.

При проверке исправного состояния аппарата должно быть обращено внимание на наличие нормального уровня масла, давления воздуха, действие продувки воздушных выключателей и других условий нормальной работы, описанных в предыдущих параграфах.

Если проверка действия аппарата не выявила каких-либо ненормальностей или недостатков, следует проверить возможность включения под напряжение аппарата или участка распределительного устройства.

Проверка производится одновременно со снятием переносных заземлений, причем на месте работ внимательно осматривается все оборудование и помещение или территория, чтобы убедиться в отсутствии посторонних предметов (остатков материала, деталей, инструмента, приспособлений, обтирочного материала, мусора и т. п.) в пределах камеры и особенно непосредственно на оборудовании.

Если было выведено в ремонт присоединение, оборудование которого расположено в нескольких камерах или этажах, необходимо осмотреть все камеры присоединения, а при расположении оборудования в двух или трех распределительных устройствах (трехобмоточный трансформатор) следует осмотреть камеры присоединения во всех устройствах.

Особое внимание должно быть обращено на токоведущие части. Если нет возможности просмотреть всю ошиновку (например, в КРУ или в бронированных устройствах), необходимо проверить изоляцию каждой фазы мегомметром.

При ремонте системы сборных шин в закрытых устройствах, помимо осмотра, также следует проверять изоляцию мегомметром, так как, кроме установленных переносных заземлений, могут остаться куски проводов, применяемые, например, при испытании изоляции повышенным напряжением, не замеченные при осмотре.

Проверку изоляции мегомметром следует производить в месте установки заземления, соблюдая при этом требования Правил техники безопасности.

Если на шинах установлено несколько заземлений, необходимо снять их все, кроме одного, около которого измеряется изоляция шин. Оставшееся заземление на шинах поочередно снимается с каждой фазы и непосредственно после снятия заземления изоляция этой фазы проверяется мегомметром. При исправном состоянии изоляции шин они могут быть поставлены под напряжение.

Проверка состояния изоляции линий как воздушных, так и кабельных в обязанность персонала, обслуживающего распределительное устройство, не входит и не должна производиться.

В случае выявления каких-либо ненормальностей, неполадок и неустраненных при ремонте недостатков дежурный персонал обязан

сообщить об этом вышестоящему оперативному персоналу, а также начальнику электроцеха, подстанции или участка и не включать оборудование в работу до приведения его в нормальное состояние.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) В чем должен убедиться при вводе в эксплуатацию того или иного оборудования из состояния ремонта обслуживающий персонал
- 2) Что следует проверять при ремонте системы сборных шин в закрытых устройствах, помимо осмотра
- 3) Кому должен сообщить в случае выявления каких-либо ненормальностей, неполадок и неустраненных при ремонте недостатков

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 10

Тема: Ознакомление с выводом оборудования из эксплуатации

Цель: 1) Ознакомление с выводом оборудования из эксплуатации

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе 6, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Предложения о выводе из эксплуатации электрооборудования готовятся экспертной комиссией объекта электроэнергетики с привлечением технических специалистов, по усмотрению собственника объекта электроэнергетики, на основе технического освидетельствования морально устаревшего или физически изношенного оборудования.

11.2 Вывод из эксплуатации объектов электросетевого хозяйства, не включенных в перечень объектов диспетчеризации, осуществляется собственниками или иными законными владельцами таких объектов самостоятельно, если иное не предусмотрено договорами с другими организациями, имеющими технологическое присоединение к данным объектам электросетевого хозяйства.

Собственники или иные законные владельцы объектов электросетевого хозяйства, входящих в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть, согласовывают вывод из эксплуатации указанных объектов с организацией по управлению единой национальной (общероссийской) электрической сетью, если соглашением между ними не предусмотрено иное.

11.3 Вывод из эксплуатации объектов диспетчеризации осуществляют по согласованию с системным оператором (субъектом оперативно-диспетчерского управления в соответствующей технологически изолированной территориальной электроэнергетической системе).

11.4 Согласование вывода из эксплуатации объекта диспетчеризации осуществляют на основании результатов рассмотрения заявки на вывод объекта диспетчеризации из эксплуатации, подаваемой в диспетчерский центр субъекта оперативно-диспетчерского управления, уполномоченный в соответствии с Правилами оперативно-диспетчерского управления на осуществление оперативно-диспетчерского управления в отношении соответствующего объекта диспетчеризации (далее - уполномоченный диспетчерский центр).

Заявка на вывод объектов диспетчеризации из эксплуатации в целях ликвидации подается собственником объекта диспетчеризации или уполномоченным им лицом. Заявка на вывод объекта диспетчеризации из эксплуатации в целях консервации подается собственником, иным законным владельцем объекта диспетчеризации или уполномоченным им лицом.

Заявка рассматривается и согласовывается в соответствии с Правилами вывода объектов электроэнергетики в ремонт и из эксплуатации, Правилами оперативно-диспетчерского управления и утверждаемыми на их основе системным оператором правилами оформления, подачи, рассмотрения и согласования диспетчерских заявок.

11.5 Вывод из эксплуатации объекта диспетчеризации осуществляется по согласованию с уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

11.6 Уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим согласование вывода объектов диспетчеризации из эксплуатации, является:

Федеральное агентство по энергетике - в отношении объектов, вывод из эксплуатации которых подлежит в соответствии с Правилами вывода объектов электроэнергетики в ремонт и из эксплуатации по согласованию с уполномоченным органом.

11.7 Основанием для вывода из эксплуатации оборудования является Протокол экспертной комиссии о выводе из эксплуатации электрооборудования по причине физического износа или не подлежащего восстановлению.

11.8 К решению экспертной комиссии прилагаются «Основные сведения по физически изношенному оборудованию» и «Результаты оценки степени физического износа».

11.9 Вывод электрооборудования из эксплуатации производят на основании технико-экономического анализа с учетом затрат на поддержание работоспособности оборудования.

11.10 Производится списание основных средств с баланса объекта электроэнергетики.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Кем готовятся предложения о выводе из эксплуатации электрооборудования

2) Что является основанием для вывода из эксплуатации оборудования

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 11

Тема: Организация работ по техническому обслуживанию электрического оборудования

Цель: 1) Изучение организации работ по техническому обслуживанию электрического оборудования

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Повышению надежности работы электрооборудования в процессе эксплуатации в значительной степени способствует правильная организация и своевременное проведение технического обслуживания (ТО) в полном объеме. Основной задачей ТО является поддержание электрооборудования в работоспособном состоянии. Работы по ТО проводят на месте установки электрооборудования.

Техническое обслуживание электрооборудования подразделяют на производственное и плановое. Производственное ТО включает в себя эксплуатационное обслуживание, которое проводится персоналом, обслуживающим электрифицированные рабочие машины и механизмы (очистка и осмотр до начала и после окончания работы, управление, контроль за работой), и дежурное обслуживание, выполняемое дежурными электромонтерами (производство отключений и переключений, устранение мелких неисправностей, проведение необходимых регулировок). При плановом ТО электрооборудование очищают, проверяют, регулируют, смазывают и при необходимости заменяют недолговечные, легкоъемные детали (щетki, пружины и др.).

Проведение ТО позволяет своевременно обнаруживать и устранять неисправности, возникающие в процессе эксплуатации электрооборудования, или причины, которые могут вызвать неисправности. Таким образом, в своей

основе техническое обслуживание является профилактическим мероприятием, направленным на обеспечение работоспособности электрооборудования и предупреждение возникновения и развития неисправностей. При обнаружении во время проведения ТО неисправностей, устранение которых требует разборки электрооборудования или применения специального оборудования, решается вопрос о необходимости проведения ремонта (текущего или капитального).

Плановое ТО, независимо от формы эксплуатации, проводится согласно заранее составленному графику, через строго установленные периоды работы электрооборудования. Наибольшая эффективность планового ТО достигается в том случае, когда периодичность и состав работ, выполняемых при каждом таком обслуживании, в наибольшей степени соответствуют конструктивным особенностям электрооборудования, его техническому состоянию, режимам работы и другим условиям эксплуатации.

Некачественное и несвоевременное проведение ТО снижает работоспособность электрооборудования, увеличивает расходы на проведение ремонтов и повышает себестоимость продукции, выпускаемой с помощью электрифицированных машин и установок.

При ТО электротехнический персонал сталкивается с необходимостью поиска неисправностей для определения причин отказов и восстановления работоспособности электрооборудования. Поиск неисправностей сравнительно простого по конструкции электрооборудования не вызывает особых трудностей. Признаки и способы поиска основных неисправностей электрооборудования, широко применяемого в народном хозяйстве, помещены в параграфе 1 данной главы. Для выявления причин неисправности сложного электрооборудования и сложных электрических схем рекомендуется составлять алгоритмы поиска, в которых указывается наиболее рациональная последовательность выполнения операций. Эта последовательность обеспечивает минимальные затраты времени и средств для проведения поиска.

Для поиска неисправностей наиболее распространены способы последовательного функционального анализа, половинного разбиения и вероятно-временной.

Способ последовательного функционального анализа основан на определении основных функций контролируемого электрооборудования или схемы. Путем проверки функциональных параметров отыскивают отклонения и устанавливают отказавший элемент. Этот способ достаточно прост, нагляден, однако последовательность поиска неисправности не оптимальна.

Если функциональные элементы сложного объекта или схемы соединены произвольно, обычно применяют вероятностно-временной способ поиска неисправностей, информативной основой этого способа являются данные о вероятности отказов или безотказной работы элементов и затрачиваемое на их проверку время. Иногда используется отношение времени проверки элемента к вероятности его отказа или отношение вероятности безотказной работы к времени проверки. Для проведения поиска по структурной или электрической схеме электрооборудования строят функциональную модель, а затем составляют матрицу неисправностей. В верхней части матрицы обычно помещают перечень всех основных признаков неисправностей, а в строках — перечень причин отказов или отказавших элементов, изменение состояния которых может вызвать признаки неисправностей. Для элементов определяют время, затрачиваемое на проверку технического состояния, и вероятность отказа или безотказной работы. Последовательность проверки элементов в соответствии с вероятностно-временным способом поиска неисправностей устанавливается по возрастанию отношения времени, затрачиваемого на проверку технического состояния элемента, к вероятности отказа этого элемента или по уменьшению отношения вероятности безотказной работы элемента к времени, затрачиваемому на его проверку. Поиск неисправности начинается с Проверки элемента, имеющего наименьшее отношение времени проверки к вероятности отказа или имеющего наибольшее отношение вероятности безотказной работы к времени проверки, и продолжается до тех пор, пока не будет найден отказавший элемент. Построенная таким образом программа обеспечивает минимальные затраты времени на поиск неисправности.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Чему способствует правильная организация и своевременное проведение технического обслуживания (ТО) в полном объеме.

2) На что подразделяется техническое обслуживание электрооборудования

3) Какие способы для поиска неисправностей наиболее распространены

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 12

Тема: Изучение основных характеристик и конструкций наиболее распространенной аппаратуры напряжением выше 1000 В

Цель: 1) Изучение основных характеристик и конструкций наиболее распространенной аппаратуры напряжением выше 1000 В

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

К элементам и аппаратам напряжением свыше 1000 В относят: изоляторы, шины, предохранители, разъединители, выключатели нагрузки, короткозамыкатели, отделители, силовые выключатели, разрядники, реакторы, измерительные трансформаторы.

1 ИЗОЛЯТОРЫ – предназначены для изоляции токоведущих частей от нетоковедущих (корпуса, массы, земли) и для крепления проводников (шин, токопроводов, проводов).

Изоляторы бывают: опорные, проходные и подвесные; для внутренней и наружной установки; стационарные, аппаратные (в аппаратах) и линейные (на линиях). Материалы для изготовления изоляторов: - фарфор, стекло, пластмассы.

Изоляторы применяются при любом напряжении. Если внутренняя полость изолятора заполнена маслом, или элегазом, то его называют маслonaполненным или газонаполненным вводом, такие вводы применяют на оборудовании при напряжении выше 35 кВ.

2. ШИНЫ. Шины предназначены для проведения тока и изготавливаются из алюминия, меди, стали. В распределительных устройствах шины крепятся к изоляторам с помощью болтов, скоб и держателей. Чаще всего шины изготавливаются из алюминия. В открытых распределительных устройствах, а иногда и в закрытых распределительных устройствах подстанций применяются **гибкие** шины, конструктивно схожие с гибкими проводами. Формы сечения шин: плоские, круглые, кольцевые (трубчатые).

Во время короткого замыкания жесткие шины и изоляторы испытывают большие динамические нагрузки. Наиболее распространенными при токах до 1000 А являются алюминиевые плоские шины. Они крепятся, как правило, плашмя. Шины коробчатого сечения применяются при токах больше 2500 А. Допустимая температура шин при нормальной работе не более 70⁰ С при температуре воздуха 25⁰ С. Предельная температура шин: медных - 300⁰ С; алюминиевых - 200⁰ С; стальных - 300⁰ С.

3 ПРЕДОХРАНИТЕЛИ. Предохранители предназначены для защиты силовых и измерительных трансформаторов, другого оборудования

от коротких замыканий. Следует помнить, что предохранители не могут обеспечивать защиту от перегрузок.

Предохранители бывают кварцевые ПК, газогенерирующие (выхлопные) ПВ, стреляющие ПС, ПСН.

4. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ. Высоковольтные разъединители предназначены для включения и отключения электроустановок (только без нагрузки!) и обеспечения видимого разрыва цепи. Разъединители применяют при любом напряжении внутри электроустановок, в КРУ и в открытых распределительных устройствах наружных установок. Разъединителями разрешается отключать ток 30 А при напряжении до 10 кВ, а также ток 5А до 35 кВ при замыкании на землю.

Разъединители выпускаются на номинальный ток до 5000 А. Разъединители бывают одно-, двух-, трехполюсные; с заземляющими ножами и без них.

По способу действия различаются: вертикально-рубящего типа, поворотного, штепсельного (втычного) типа, поступательного действия.

3. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ.

Выключатели нагрузки предназначены для отключения электроустановок напряжением до 10 кВ под нагрузкой (но не при КЗ!) и для обеспечения видимого разрыва цепи. По конструкции похожи на разъединители, но с дугогасительными камерами, содержащими вкладыши из органического стекла.

4. КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ И ОТДЕЛИТЕЛИ.

Короткозамыкатели предназначены для создания искусственного замыкания на землю в сетях напряжением 35-220 кВ при повреждениях на трансформаторных подстанциях, не имеющих силовых выключателей. При создании КЗ на землю срабатывает защита на питающей подстанции (РПС) и питающая линия отключается. Короткозамыкатели имеют дистанционного управления с помощью электромагнитного или моторного привода.

Отделители предназначены для автоматического отключения питающей линии в период бестоковой паузы (после срабатывания короткозамыкателя и защиты на РПС). После отключения отделителя питающая линия снова может включиться, но напряжение на ГПП поступать не будет, т.к. отделитель отключен.

Конструктивно отделитель похож на разъединитель с автоматическим приводом. Отделители применяются при напряжении 35-220 кВ.

5. СИЛОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ. Силовые выключатели применяются при любом напряжении для коммутации электрических цепей в любых режимах, в т.ч. при КЗ. Основные параметры: $I_{ном}$, $I_{ном}$, $I_{макс}$. (ток отключения при КЗ), $S_{макс}$ – мощность отключения при КЗ, $t_{св}$ – время собственное отключения

Силовые выключатели разделяются:

- по роду установки: внутренней и наружной,

-по роду дугогасящей среды: масляные, воздушные, электромагнитные, элегазовые и вакуумные.

-по количеству и объему масла масляные делятся на многообъемные и малообъемные выключатели.

6. РАЗРЯДНИКИ И ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ.

В отличие от выключателей разрядники и ограничители перенапряжений не являются коммутационной аппаратурой, а предназначены для защиты линии, оборудования от атмосферных и коммутационных перенапряжений.

Разрядники предназначены для защиты от перенапряжений при атмосферных явлениях (гроза) и неправильных оперативных переключениях персонала. При грозовых разрядах напряжение достигает 10 млн. Вольт, что может вывести из строя любую электроустановку. От прямых ударов молнии защищают стержневые и тросовые молниеотводы. Разрядник представляет собой элемент, изменяющий свое сопротивление в зависимости от уровня напряжения. При нормальном рабочем напряжении его сопротивление - большое и разрядник является изолятором. При увеличении напряжения выше допустимого в разряднике происходит пробой и он становится проводником, по которому электрический разряд от проводов воздушной линии уходит в землю, т.к. разрядник одним концом присоединен к проводу а другим к заземлителю. При уменьшении напряжения до нормального, разрядник опять становится изолятором.

7. РЕАКТОРЫ Реакторы предназначены для ограничения величины тока КЗ в мощных сетях, когда ток отключения выключателя меньше расчетной величины то КЗ сети, а также для ограничения величины пусковых токов мощных электродвигателей.

Реактор уменьшает скорость нарастания тока КЗ, как бы растягивая его во времени. Реактор представляет катушку с малым активным сопротивлением и большой индуктивностью, за счет чего и происходит "торможение" нарастания тока КЗ или пускового тока в каждой фазе.

8. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ. Измерительные трансформаторы, (ТА и TV) применяются в высоковольтных и силовых сетях, где невозможно включать приборы измерения, защиты и автоматики непосредственно в сеть из-за большого значения напряжения или тока.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что относят к элементам и аппаратам напряжением свыше 1000 В
- 2) Что общего и в чем конструктивная разница между отделителем и разъединителем
- 3) Для чего предназначены реакторы

6 Список литературы

20. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Практическое занятие 13

Тема: Изучение эксплуатации разъединителей, короткозамыкателей и отделителей

Цель: 1) Изучение эксплуатации разъединителей, короткозамыкателей и отделителей

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Основное назначение разъединителей — создание видимого разрыва, отделяющего выводимое в ремонт оборудование от сборных шин и других частей установки, находящихся под напряжением, для безопасного производства работ. Разъединители не имеют дугогасительных устройств, позволяющих отключать более или менее значительные токи. Поэтому для непосредственного отключения и включения разъединители применяют, если ток в коммутируемой цепи значительно меньше их номинального тока. Кроме того, разъединители используются при различных переключениях электрических цепей в схемах РУ, например при переводе присоединений с одной системы шин на другую.

При отключенном выключателе проведение операций с разъединителями под напряжением сопровождается разрывом цепи зарядного тока, обусловленного емкостью присоединенных токоведущих частей (рис. 9.3). Зарядные токи оборудования и сборных шин всех напряжений (кроме конденсаторных батарей) невелики, и отключение и включение их разъединителями не опасно.

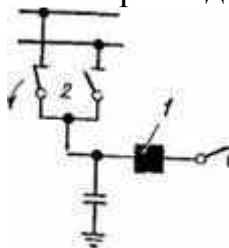


Рис. 9.3. Отключение разъединителем емкостного тока оборудования:
у — отключенный выключатель; 2 — разъединитель, отключающий емкостный ток

Разъединителями разрешаются операции отключения и включения дугогасящих реакторов при отсутствии в сети замыкания на землю, нейтралей силовых трансформаторов, а также намагничивающего тока трансформаторов и автотрансформаторов, зарядного тока кабельных и воздушных линий, значения которых установлены директивными материалами Минэнерго

Отделители по своей конструкции мало чем отличаются от разъединителей. Их контактная система также не приспособлена для операций под током нагрузки. Основное назначение отделителей — быстрое отсоединение поврежденного участка электрической сети после отключения его со всех сторон выключателями. Отделителями отключают намагничивающий ток трансформаторов и зарядный ток линий. Ток, который способен отключить отделитель, зависит от расстояний между контактами полюса и между соседними полюсами. Управление главными ножами отделителей серии ОД осуществляется приводом типа ПРО-1У1, обеспечивающим автоматическое, дистанционное и местное отключение, а также ручное включение. Процесс отключения продолжается 0,5—0,6 с от момента подачи отключающего импульса. Столь быстрое отключение обеспечивается за счет энергии пружин, сжимаемых при ручном включении отделителя. Отделители применяются на трансформаторных подстанциях без выключателей на стороне ВН. Помимо отделителей на таких подстанциях обычно устанавливаются короткозамыкатели, назначение которых состоит в том, чтобы быстро создать искусственное мощное КЗ, отключаемое затем выключателями. В отключенном положении короткозамыкателя пружины его привода (типа ПРК-1У1) заведены и он готов к включению. При подаче импульса от устройства релейной защиты электромагнит освобождает включающую пружину и короткозамыкатель включается. Отделитель отключается в тот момент, когда прохождение тока КЗ в цепи прекратится. Для правильного срабатывания отделителя в приводе предусмотрена блокировка, разрешающая его отключение только после исчезновения тока в цепи короткозамыкателя.

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

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Основное назначение разъединителей
- 2) Основное назначение отделителей
- 3) Область применения отделителей

6 Список литературы

21. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 14

Тема: Изучение эксплуатации измерительных трансформаторов, реакторов, предохранителей, разрядников и ошиновки

Цель: 1) Изучение эксплуатации измерительных трансформаторов, реакторов, предохранителей, разрядников и ошиновки

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Трансформаторы тока предназначены для передачи измерительной информации измерительным приборам, устройствам защиты и автоматики. При помощи трансформаторов тока первичный ток пропорционально уменьшается до значений, наиболее выгодных для эксплуатации (номинальные значения вторичных токов 1 или 5 А). Первичные обмотки трансформаторов тока включаются в рассечку электрической цепи, а вторичные замыкаются на нагрузку: приборы, реле. Размыкание вторичной обмотки трансформатора тока приводит к аварийному режиму, при котором резко возрастают магнитный поток в сердечнике и ЭДС на разомкнутых зажимах. При этом пик ЭДС может достигнуть нескольких киловольт. При магнитном насыщении увеличиваются активные потери в магнитопроводе, что приводит к его нагреву и обгоранию изоляции обмоток. Неиспользуемые в эксплуатации вторичные обмотки закорачиваются при помощи специальных зажимов.

Первичные обмотки трансформаторов тока изолируются от вторичных на полное рабочее напряжение. Однако на случай повреждения изоляции принимаются меры, обеспечивающие безопасность работ во вторичных цепях. Для этого один из концов вторичной обмотки трансформатора тока заземляется. В сложных схемах релейной защиты (например, в токовой дифференциальной защите шин) такое заземление допускается выполнять только в одной точке.

Трансформаторы напряжения служат для преобразования высокого напряжения в низкое стандартное напряжение 100 или ЮО/уТГВ. В эксплуатации находятся как однофазные, так и трехфазные трансформаторы напряжения, включаемые в зависимости от назначения по разным схемам. Применяются схемы соединения вторичных обмоток в открытый треугольник, звезду и разомкнутый треугольник. Трансформаторы напряжения работают в режиме, близком к холостому ходу. Для защиты от токов КЗ во вторичных цепях устанавливают предохранители или автоматические выключатели с электромагнитным расцепителем на номинальные токи от 2,5 А и выше. Перегорание предохранителей или срабатывание автоматических выключателей контролируется сигнальными

устройствами. Для безопасности персонала один из выводов вторичной обмотки трансформатора напряжения обязательно заземляется.

Эксплуатационный надзор. Эксплуатация измерительных трансформаторов тока и напряжения, конденсаторов связи (для нужд защиты, телемеханики, связи) заключается в периодических осмотрах, текущих ремонтах и эксплуатационных испытаниях. Осмотр проводится одновременно с осмотром всего остального оборудования.

Сборные и соединительные шины закрытых РУ 6—10 кВ выполняются из одной или нескольких алюминиевых полос, закрепляемых на опорных изоляторах. Для установок с большими токами (более 2000 А) применяются шины швеллерного профиля. При изменениях температуры изменения длины жестких шин воспринимаются компенсаторами — пакетами изогнутых медных или алюминиевых лент, соединенных последовательно с шинами. На открытых РУ шины выполняются из гибкого провода или жестких труб. Гибкая ошиновка крепится к гирляндам подвесных изоляторов типа ПФ6, а в условиях загрязненной атмосферы — к гирляндам изоляторов с развитой боковой поверхностью, например серии ПФГ.

При эксплуатации не допускается нагрев шин выше 70°C при температуре окружающего воздуха 25°C . Задачей эксплуатации является контроль за исправностью контактных соединений шин (методы контроля изложены в § 2.6, 2.7) и состоянием изоляции.

Токоограничивающие реакторы. Одиночные и сдвоенные реакторы служат для ограничения токов КЗ и поддержания напряжения на шинах при КЗ за реактором. В случае КЗ в распределительной сети реактор должен обеспечить остаточное напряжение на шинах не менее $0,7 U_{\text{ном}}$.

Секционные реакторы служат главным образом для ограничения тока КЗ. Их индуктивность составляет 8—12 %, а номинальный ток 50—70 % тока секции шин.

Все испытания и ремонтные работы на реакторах производят одновременно с ремонтом оборудования присоединений.

Масляные реакторы применяются в РУ напряжением выше 35 кВ. Они требуют почти такого же ухода, как и трансформаторы.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Для чего предназначаются трансформаторы тока
- 2) Для чего предназначаются трансформаторы напряжения
- 3) Для чего служат токоограничивающие реакторы

6 Список литературы

22. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 15

Тема: Изучение периодичности профилактических испытаний и режимов распределительных устройств и их высоковольтной аппаратуры

Цель: 1) Изучение периодичности профилактических испытаний и режимов распределительных устройств и их высоковольтной аппаратуры

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Испытания при капитальных и текущих ремонтах, а также профилактические испытания, не связанные с выводом оборудования в ремонт, относятся к эксплуатационным мероприятиям. Эти испытания проводят в соответствии с Нормами испытания электрооборудования и Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей.

Профилактические испытания аппаратов распределительных устройств должны проводиться в следующие сроки:

- выключателей, разъединителей, короткозамыкателей и отделителей – при их капитальном ремонте;
- маслобарьерных вводов – не реже 1 раза в шесть лет, а вводов с бумажно-масляной изоляцией – не реже 1 раза в четыре года;
- конденсаторов связи, маслонаполненных измерительных
- трансформаторов – не реже 1 раза в шесть лет;
- штыревых изоляторов 6... 10 кВ, изоляторов шинных мостов и изоляторов типа ШТ-35 – не реже 1 раза в год, а штыревых изоляторов ИШД-35 и других типов – не реже 1 раза в три года;
- опорных, стержневых и подвесных фарфоровых тарельчатых изоляторов – не реже 1 раза в шесть лет;
- разъемных и прессуемых контактных соединений, шин (кроме сварных) и присоединений к аппаратуре – не реже 1 раза в четыре года;
- запасного электрооборудования, запасных частей и деталей – не реже 1 раза в три года;
- профилактические испытания аппаратов распределительных сетей напряжением, до 20 кВ должны проводиться не реже 1 раза в шесть лет.

При наличии дефектов в оборудовании сроки между испытаниями сокращаются и дополнительно определяются руководителем предприятия.

Профилактические эксплуатационные испытания электрооборудования РУ сводятся в основном к проведению испытаний изоляции и измерению переходных сопротивлений контактов различной аппаратуры.

Профилактические испытания в условиях эксплуатации позволяют выявить скрытые дефекты оборудования. Путем сопоставления данных, полученных при испытаниях, по нормам и данным заводских и

предшествующих периодических эксплуатационных испытаний оценить состояние оборудования и возможность его дальнейшей работы.

Испытания, требующие снятия напряжения с электрооборудования, желательно совмещать с капитальными или текущими ремонтами.

Профилактическим испытаниям подвергают опорные и проходные изоляторы, линейные выводы, аппаратные изоляторы разъединителей и предохранителей, выключатели, измерительные трансформаторы, разрядники и т. п. В объем испытаний изоляции РУ входит: измерение сопротивления изоляции, диэлектрических потерь, тока утечки и испытание повышенным напряжением.

Изоляция может быть подвергнута испытанию повышенным напряжением только при положительных результатах предшествующих проверок. Испытание повышенным напряжением обязательно для электрооборудования РУ напряжением 35 кВ и ниже, а при наличии испытательных устройств и для оборудования напряжением выше 35 кВ.

Особенности испытания изоляции ячеек и сборных шин. Испытание изоляции ячеек и сборных шин проводят комплексно для всего оборудования, смонтированного в ячейке (опорные и проходные изоляторы, трансформаторы тока, разъединители, выключатели). В этих испытаниях не участвуют силовые кабели (их отъединяют).

Нормы на испытательные напряжения зависят от напряжения оборудования и приведены в таблице 11.1.

Испытанию повышенным напряжением подвергают одновременно все три фазы относительно земли при включенном выключателе.

Если ячейка отключена от шин для испытания, но на момент испытания шины находятся под напряжением, необходимо соблюдать изоляционные расстояния по воздуху между ножами и губками отключенного шинного разъединителя.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что относится к эксплуатационным мероприятиям при капитальных и текущих ремонтах
- 2) Что позволяют выявить скрытые дефекты оборудования
- 3) Особенности испытания изоляции ячеек и сборных шин

6 Список литературы

23. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

