**Тема: Диагностика и эксплуатация автоматизированных электрических сетей.**

**Лекция № 1. Введение в тему вопроса.**

1. 1 Наряду с традиционными методами контроля, за последнее десятилетие, нашли применение современные высокоэффективные способы диагностики, обеспечивающие выявление дефектов электрооборудования на ранней стадии их развития и позволяющие контролировать достаточно широкий перечень параметров. Наиболее привлекательные из них для электротехнических комплексов являются: инфракрасная диагностика, ультразвуковая дефектоскопия; диагностика методами частичных разрядов. Они позволяют успешно определять места имеющихся дефектов с высокой степенью достоверности на действующем электрооборудовании.

1.1.1При проведении инфракрасной диагностики получают термограмму.

Термограмма представляет собой специальное изображение, полученное с помощью инфракрасных лучей. В диагностических работах применение термограмм является одним из наиболее эффективных и безопасных способов получения объективной информации относительно наличия дефектов на определенных участках конструкции. Получают термограмму при помощи специального прибора - тепловизора. Как это происходит? Тепловизор оснащён фотоприёмником, выборочно чувствительным к длине инфракрасных волн. При попадании на этот фотоприёмник ИК-излучения от отдельных точек исследуемого объекта, сконцентрированного системой специальных линз, оно преобразуется в соответствующий электрический сигнал. Этот сигнал проходит цифровую обработку и поступает на блок отображения информации. Каждому значению сигнала присваивается тот или иной цвет, что даёт возможность получить на экране монитора цветную термограмму, по которой можно легко проанализировать состояние исследуемого объекта. Различные цвета и их интенсивность на термограмме означают определённую температуру на анализируемом участке. С помощью термограммы можно выявить места тепловых потерь, невидимые невооружённым глазом, а также воздушные пробки и очаги накопления влаги.

Недостатки рассматриваемого метода

Тепловизионная диагностика электрооборудования сопряжена с рядом ограничений, накладываемых погодными условиями:

* Солнечная радиация способна нагревать контролируемый объект и давать ложные аномалии на объектах с высокой отражательной способностью. Оптимальное время для проведения диагностики – ночь или пасмурный день.
* Ветер. Диагностика на открытом воздухе сопряжена с влиянием на тепловые поля динамики воздушных масс. Причём, охлаждающее влияние может быть настолько интенсивным, что данные диагностики могут иметь не релевантный характер. Не рекомендуется проводить обследования при скорости ветра, превышающем 8 м/с.
* Дождь, туман, мокрый снег. Диагностику можно проводить только при слабых сухих осадках (снег) или слабом моросящем дожде.

1.1.2 Ультрозвуковая диагностика

Акустический метод основан на регистрации звуковых импульсов, возникающих при электрических разрядах, с помощью датчиков, устанавливаемых на стенку бака силового оборудования. Современные ультразвуковые датчики позволяют регистрировать разрядные процессы с энергией до 10 - 7Дж. Этот метод отличается оперативностью и позволяет локализовать место дефекта, сопровождающегося разрядами. В электрооборудовании могут быть простые и сложные условия распространения ультразвука. В высоковольтных вводах, измерительных трансформаторах обычно имеются простые условия распространения ультразвука, при которых звук от разряда распространяется в почти однородной среде на расстояния порядка сотни длин волн и, поэтому, затухает незначительно. В силовых трансформаторах источник электрического разряда может находиться в глубине оборудования. В этом случае ультразвук проходит ряд преград и значительно затухает. Если у небольших маслонаполненных объектов величина акустического сигнала практически одинакова в любой точке поверхности, то при обследовании силового трансформатора это отличие более значительно, и необходимо перемещая датчик искать область поверхности с максимальным сигналом. Скорость распространения ультразвука в облучаемом объекте зависит от его состояния (наличия дефектов, трещин, коррозии). Это свойство используется для диагностики состояния бетона, древесины и металла, которые широко применяются в энергохозяйстве, например, в качестве материала опор. Приоритетность диагностического контроля элементов двигателя может изменяться по мере наработки. Так, с ростом времени эксплуатации двигателей имеет место некоторое увеличение их отказов, связанных с техническим состоянием изоляции.

Отказы изоляции распределяются следующим образом:

* повреждение корпусной изоляции, 45 – 55 %
* дефекты в соединениях обмоток, 15 – 20 %
* отказы из-за увлажнения корпусной изоляции, 10 – 12 %
* повреждение винтовой изоляции, 4 – 6 %
* дефекты в коробке выводов, 2 – 3 %
* дефекты выводов обмоток, 1,5 – 2,5 %
* перенапряжения при замыканиях, 2 – 3 %
* прочие дефекты, 5 – 7 %.

Методы и средства диагностирования состояния изоляции электрооборудования в настоящее время разработаны достаточно полно. Разработанные критерии позволяют выявить отказы изоляции на стадии зарождающихся дефектов и определить неисправности при профилактических ремонтах электродвигателей.

1.1.3 Частичный разряд – это электрический разряд, длительность которого составляет единицы-десятки наносекунд.

Частичный разряд частично шунтирует изоляцию кабельной линии. Частичные разряды появляются в слабом месте кабельной линии под воздействием переменного напряжения и приводят к постепенному развитию дефекта и разрушению изоляции. Сущность метода измерения частичных разрядов заключается в следующем. В момент появления частичного разряда в кабельной линии возникает два коротких импульсных сигнала, длительности которых десятки-сотни наносекунд. Эти импульсы распространяются к разным концам кабельной линии. Измеряя импульсы, достигшие начала кабеля, можно определить расстояние до места их возникновения и уровень. Структурная схема измерений частичных разрядов в кабельных линиях показана на рисунке. Основными узлами измерительной схемы являются: компьютерный анализатор дефектов и частичных разрядов в кабельных линиях и высоковольтный адаптер. Компьютерный анализатор дефектов и частичных разрядов в кабельных линиях может быть выполнен в виде совокупности измерительного блока и портативного или в виде специализированного измерительного прибора. Сначала кабельная линия отключается от источника воздействующего напряжения, вызывающего появление частичных разрядов. Проверяют разряженность кабельной линии. Компьютерный анализатор включают в режим импульсного рефлектометра и снимают рефлектограмму кабельной линии. По рефлектограмме определяют длину кабельной линии и коэффициент затухания импульсов в линии. За тем переключают компьютерный анализатор в режим измерения частичных разрядов. Далее снимают гистограмму - распределение частоты следования n импульсов частичных разрядов от амплитуд импульсов от частичных разрядов Uчр, пришедших к началу кабельной линии. По гистограмме n=f(Uчр) можно сделать вывод о наличии и количестве слабых мест (потенциальных дефектов) в кабельной линии. По амплитуде импульсов частичных разрядов, представленных на гистограмме, еще нельзя делать вывод о мощности частичного разряда в месте дефекта, так как пока неизвестно расстояние до него. В тоже время известно, что импульсы частичных разрядов, имея малые длительности, сильно затухают при распространении по кабельной линии. Поэтому следующим шагом является измерение расстояния до каждого из дефектов. Компьютерный анализатор дефектов позволяет измерить расстояние до каждого из дефектов: L1, L2 и L3 и сохранить их в памяти. Далее, на основе гистограммы и данных о расстоянии до каждого из дефектов, компьютерный анализатор вычисляет мощность частичных разрядов в каждом из дефектов и строит сводную таблицу дефектов. Указанная таблица может быть вызвана на экран компьютерного анализатора.

Процессы возникновения и развития дефектов изоляторов ВЛ, независимо от их материала, сопровождаются появлением электрических или частичных разрядов, которые, в свою очередь, порождают электромагнитные (в радио и оптическом диапазонах) и звуковые волны. Интенсивность проявления разрядов зависит от температуры и влажности атмосферного воздуха и связана с наличием атмосферных осадков. Такая зависимость получаемой диагностической информации от атмосферных условий требует совмещать процедуру диагностирования интенсивности разрядов в подвесной изоляции ЛЭП с необходимостью обязательного контроля температуры и влажности окружающей среды. Для контроля широко применяются все виды и диапазоны излучения. Метод акустической эмиссии работает в звуковом диапазоне. Известен метод контроля оптического излучения ПР с помощью электронно-оптического дефектоскопа. Он основан на регистрации пространственно временного распределения яркости свечения и определении по ее характеру дефектных изоляторов. Для этих же целей с разной эффективностью применяют радиотехнический и ультразвуковой методы, а также метод контроля ультрафиолетового излучения с помощью электронно-оптического дефектоскопа «Филин».

1.2 Определение состояния оборудования физико-химическим методом

Физико-химические методы. Энергетическое воздействие на изоляцию электрических устройств приводит к ее изменениям на молекулярном уровне. Это происходит вне зависимости от типа изоляции и завершается химическими реакциями с образованием новых химических соединений, причём под действием электромагнитного поля, температуры, вибрации одновременно идут процессы разложения и синтеза. Анализируя количество и состав появляющихся новых химических соединений можно делать выводы о состоянии всех элементов изоляции. Наиболее просто это сделать с жидкой углеводородной изоляцией, каковой являются минеральные масла, так как все или почти все образовавшиеся новые химические соединения остаются в замкнутом объёме. Преимуществом физико-химических методов диагностического контроля является их высокая точность и независимость от электрических, магнитных и электромагнитных полей и от других энергетических воздействий, так как все исследования проводятся в физико-химических лабораториях. Недостатками этих методов является относительная дороговизна, и запаздывание от текущего времени, то есть неоперативный контроль.

1.3 Метод хроматографического контроля маслонаполненного оборудования*.*

Этот метод основан на хроматографическом анализе различных газов, выделяющихся из масла и изоляции при дефектах внутри маслонаполненного электрооборудования. Алгоритмы определения дефектов, на ранней стадии их возникновения, основанные на анализе состава и концентрации газов, являются распространёнными, хорошо проработанными для диагностики маслонаполненного электрооборудования. С помощью хроматографического анализа растворенных газов (ХАРГ) можно обнаружить две группы

дефектов: 1) перегревы токоведущих соединений и элементов конструкции

остова, 2) электрические разряды в масле.

Оценка состояния маслонаполненного оборудования осуществляется на базе контроля:

* - предельных концентраций газов;
* - скорости нарастания концентраций газов;
* - отношений концентраций газов.

Суть методики критериев заключается в том, что выход значений параметров за установленные границы следует рассматривать как признак наличия дефектов, которые могут привести к отказу оборудования. Особенность метода хроматографического анализа газов заключается в том, что нормативно устанавливаются только граничные концентрации газов, достижение которых свидетельствует лишь о возможности развития дефектов в трансформаторе. Работа таких трансформаторов нуждается в особом контроле. Степень опасности развития дефекта определяется по относительной скорости нарастания концентрации газов. Если относительная скорость нарастания концентрации газов превышает 10 % в месяц, то дефект считается быстроразвивающимся. Образование газообразных продуктов разложения изоляционных материалов под действием электрического поля, разрядов, кавитации тепла – неотъемлемое явление работающего электротехнического оборудования. В отечественной и зарубежной практике широко используется метод диагностики состояния оборудования по составу и концентрации растворенных в масле газов: H2, СО, СО2, СН4, С2Н6, С2Н4, С2Н2. Испытательные работы по восстановлению ресурса трансформаторного масла проводятся непосредственно на действующих электроустановках ПС. По результатам исследований разработана типовая программа по вводу антиокислительной присадки «Ионол» в масло трансформаторов, что позволит увеличить его остаточный ресурс. Трансформаторное масло используется в силовом электрооборудовании в качестве электроизолирующей и теплоотводящей среды. По мнению специалистов, это тот материал, при воздействии на который можно добиться повышения надежности эксплуатации маслонаполненного электрооборудования.

1.4 Методы контроля диэлектрических характеристик изоляции.

Методы основаны на измерении диэлектрических характеристик, к которым относятся токи утечки, величины емкости, тангенс угла диэлектрических потерь (*tg δ*) и др. Абсолютные значения tg δ, измеренные при напряжениях, близких к рабочему, а также его приращения при изменении испытательного напряжения, частоты и температуры, характеризуют качество и степень старения изоляции. Для измерения tg δ и емкости изоляции используются мосты переменного тока (мосты Шеринга). Метод используется для контроля высоковольтных измерительных трансформаторов и конденсаторов связи.

1.5 Метод инфракрасной термографии.

Потери электрической энергии на нагрев элементов и узлов электрооборудования в процессе эксплуатации зависят от их технического состояния. Измеряя инфракрасное излучение, обусловленное нагревом, можно делать выводы о техническом состоянии электрооборудования. Невидимое инфракрасное излучение с помощью тепловизоров преобразуется в видимый человеком сигнал. Данный метод дистанционный, чувствительный, позволяющий регистрировать изменения температуры в доли градуса. Поэтому его показания сильно подвержены влияющим факторам, например, отражающей способности объекта измерения, температуре и состоянию окружающей среды, так как запылённость и влажность поглощают инфракрасное излучение, и др. Оценка технического состояния элементов и узлов электрооборудования под нагрузкой производится либо сопоставлением температуры однотипных элементов и узлов (их излучение должно быть примерно одинаковым), либо по превышению допустимой температуры для данного элемента или узла. В последнем случае тепловизоры должны иметь встроенное оборудование для коррекции влияния температуры и параметров окружающей среды на результат измерения. Данные инфракрасной термографии помогают сделать наиболее точные выводы о состоянии объекта и своевременно принять меры для устранения дефектов и неисправностей. Для тепловизионного контроля электрооборудования и линий электропередачи, находящихся под рабочим напряжением, специалисты используют два вида контрольных приборов: инфракрасный и ультрафиолетовый. На вооружении у энергетиков – тепловизор FLIR i5, это устройство с высокой точностью измеряет и показывает температуру узлов и соединений. Применение современных методов диагностирования электрооборудования способствует значительному снижению затрат на капитальный ремонт линий и подстанций, повышению надежности и качества электроснабжения потребителей.

1.6 Метод вибродиагностики.

Для контроля над техническим состоянием механических узлов электрооборудования используют связь параметров объекта (его массы и жёсткости конструкции) со спектром частот собственной и вынужденной вибрации. Всякое изменение параметров объекта в процессе эксплуатации, в частности жёсткости конструкции вследствие ее усталости и старения, вызывает изменение спектра. Чувствительность метода увеличивается с ростом информативных частот. Оценка состояния по смещению низкочастотных составляющих спектра менее эффективна. Вибрация электродвигателей – сложный негармонический процесс.

Основные причины вибраций в электродвигателях:

1. механический небаланс ротора, обусловленный эксцентриситетом центра тяжести вращающейся массы;

2. магнитный небаланс ротора, обусловленный электромагнитным взаимодействием между статором и ротором;

3. резонанс, вызванный совпадением критической скорости вала с частотой вращения;

4. дефекты и чрезмерная игра подшипников;

5. искривление вала;

6. выдавливание масла из подшипников при длительном простое электродвигателя;

7. дефекты муфты, соединяющей насос с электродвигателем;

8. расцентровка.

Диагностика электрооборудования это комплекс средств и методов призванных определить техническое состояние и найти неисправности. После устранения неисправностей проводится контрольные испытания в электротехнической лаборатории. Диагностика электрооборудования позволяет, используя современные приборы определять состояние оборудования, не прибегая к его глубокой разборке. Благодаря своевременному диагностированию можно контролировать степень надежности электрооборудования.