Урок 33. Рассмотрение полного анализа трансформаторного масла.

**Анализ трансформаторного масла** необходим для определения его текущего состояния. [**Трансформаторное масло**](https://globecore.ru/transformatornoe-maslo-svojstva-ochi/) используется практически во всех маслонаполненных электроустановках с целью повышения электрической прочности и играет роль основного диэлектрика. Кроме приведенной функции оно охлаждает трансформатор, а в масляных выключателях применяется для гашения дуги.

В ходе эксплуатации параметры масла постоянно изменяются, причиной чего являются процессы окисления кислородом воздуха, воздействие солнечного света, высокие температуры, разложение твердой изоляции и т.д. Поэтому возникает необходимость в оперативном их контроле, что позволяет сделать **анализ трансформаторного масла**.

## ПОЛНЫЙ И СОКРАЩЕННЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

С целью определения качества трансформаторного масла, пребывающего в электрооборудовании, используется **полный** и **сокращенный химический анализ трансформаторного масла**. Для исследований эксплуатационного масла прибегают только к **сокращенному анализу**. Он включает:

* внешний осмотр взятой пробы;
* определение кислотного числа;
* определение реакции водной вытяжки;
* определение температуры вспышки;
* определение пробивного напряжения.

**Внешний осмотр взятой пробы**

**Наличие механических примесей** и свободной воды (визуально). Появление примесей в столь больших количествах свидетельствует о грубых дефектах, связанных с наличием мест истираний внутри оборудования. Появление свободной воды указывает, как правило, на нарушение герметичности оборудования.

**Цвет масла** - свежее масло имеет, как правило, светло-желтый цвет, а его темный цвет указывает на недостаточно хорошую очистку или загрязнение масла при транспортировке. Потемнение масла в процессе эксплуатации может служить для ориентировочной оценки степени его старения или возможного перегрева.

**Кислотное число**

Кислотное число - количество миллиграммов едкого калия, необходимого для нейтрализации всех свободных кислот, содержащихся в 1 грамме масла. Оно характеризует степень окисления масла под воздействием эксплуатационных факторов.

**Реакция водной вытяжки**

Содержание водорастворимых кислот (реакция водной вытяжки) - анализ проводится для определения наличия в масле низкомолекулярных кислот, наиболее агрессивных, вызывающих коррозию металлов и старение изоляции. Наличие низкомолекулярных кислот свидетельствует о достаточно глубоком разложении масла. Низкомолекулярные кислоты растворяются в воде и их определение проводят титрованием водной вытяжки из масла. (Количество миллиграммов едкого калия, необходимого для нейтрализации водорастворимых кислот, содержащихся в 1 грамме масла.)

**Температура вспышки в закрытом тигле**

Температура вспышки в закрытом тигле — температура, при которой пары масла, нагреваемого в закрытом сосуде, образуют с воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени. Температура вспышки характеризует наличие в масле летучих веществ и легких фракций нефти. При нормальной работе оборудования температура вспышки может постепенно возрастать из-за улетучивания легких фракций, а ее снижение обусловлено, как правило, попаданием в масло бензина или другого легковоспламеняющегося вещества вследствие ошибок персонала. Температура вспышки может снижаться при развитии внутри оборудования процессов, обусловленных повреждениями, вызывающими местный нагрев и разложение масла (повреждение контактов, "пожар" в железе, короткозамкнутые витки и т.п.).

**Определение пробивного напряжения**

**Электрическая прочность** (пробивное напряжение в стандартном маслопробойнике) - важнейшая характеристика для оценки работоспособности изоляции. Чистое трансформаторное масло, свободное от воды я других примесей, обладает очень высокой электрической прочностью. Наличие в масле очень небольших количеств влаги и различных примесей резко снижает его электрическую прочность. Пробивное напряжение является важнейшим показателем качества трансформаторного масла, которое характеризует способность жидкого диэлектрика выдерживать электрическое напряжение без пробоя, т.е. определяет безаварийную работу всей системы изоляции оборудования. Чем выше рабочее напряжение трансформатора, тем большей величиной должна быть электрическая прочность масла. Величина электрической прочности показывает степень увлажнения масла.

Электрическая прочность снижается за счет присутствия в масле механических примесей, в том числе мельчайших волокнистых веществ, незаметных при обычном освещении, они образуют проводящие мостики между электродами сосуда-разрядника и служат причиной резкого спада электрической прочности масла.

Считается, что при нормальной работе оборудования, когда показатели качества масла далеки от предельно допустимых значений и нет ухудшения характеристик твердой изоляции, сокращенного анализа достаточно для оперативной оценки состояния масла и краткосрочного прогнозирования срока его службы.

**Полный анализ масла** кроме определения показателей сокращенного анализа включает определение следующих характеристик:

**Тангенса угла диэлектрических потерь трансформаторного масла.**

 **1. Что такое диэлектрические потери?**

***Диэлектрические потери*** − электрическая мощность, поглощаемая в диэлектрике (объёме изоляции) под действием приложенного к нему напряжения.

 ***Угол диэлектрических потерь δ*** − угол, дополняющий до 90° угол сдвига фаз ***φ*** между током и напряжением в диэлектрике.

Эта мощность рассеивается в объёме изоляции, превращаясь в тепло.

Угол диэлектрических потерь ***δ*** − важнейшая характеристика электроизоляционных свойств как материала изоляции, так и всей электроизоляционной конструкции (опорного или проходного изолятора, изоляции обмоток трансформатора или электрической машины, и т.п.), которая в общем виде представляет собой конденсатор. Чем меньше угол ***δ***, тем выше качество изоляции.

Обычно при испытаниях изоляции измеряется не сам угол диэлектрических потерь ***δ****,* а его тангенс, безразмерная величина равная отношению активного ***Ia*** и реактивного ***Ip*** токов, протекающих через эту изоляцию:

(4)

Абсолютное значение ***tgδ*** для лучших электроизоляционных материалов составляет тысячные и даже десятитысячные доли единицы. Однако на практике чаще используются относительные значения ***tgδ***, выраженные в процентах, где за 100 % принимается абсолютное значение тангенса, равное ***1*** (единице):

*tgδ = 1 = 100 %*

*tgδ = 0,01 = 1 %*

*tgδ = 0,001 = 0,1 %*

Физический смысл тангенса угла диэлектрических потерь более понятен при построении векторной диаграммы токов и напряжений, действующих в изоляторе (диэлектрике):



 ***Угол диэлектрических потерь δ*** − угол, дополняющий до 90° угол сдвига фаз ***φ*** между током и напряжением в диэлектрике.

*δ = 90 − φ,* [°]

Определение тангенса угла диэлектрических потерь (tg δ) трансформаторного масла проводится в соответствии с требованиями директивного документа «Объем и нормы испытаний электрооборудования» РД 34.45-51.300-97; правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ, раздел 5.14.

Тангенс угла диэлектрических потерь в свежих маслах характеризует качество и степень очистки масел на заводе, а в эксплуатации - степень загрязнения и старения их.

Повышение тангенса угла диэлектрических потерь в изоляционных маслах происходит за счет асфальто - смолистых веществ и мыл, которые образуют в масле коллоидные растворы. К повышению значения tg δ приводит присутствие воды в масле; высокое кислотное число; наличие свободных кислот (реакция водной вытяжки).

Повышение тангенса угла диэлектрических потерь трансформаторного масла может привести к ухудшению всех изоляционных характеристик оборудования. Поэтому, при повышении диэлектрических потерь масла сверх нормируемого предела нужно принять меры к его снижению или заменить масло.

**Хроматографический анализ газов, растворенных в масле**

* Хроматографический анализ растворённых в трансформаторном масле газов (ХАРГ) - это эффективный способ контроля маслонаполненного электрооборудования, позволяющий получать информацию о его состоянии без вывода из работы. Отобранные из оборудования пробы трансформаторного масла обрабатываются в лаборатории по диагностике электротехнического оборудования на хроматографе и оформленные протоколы выдаются эксплуатационному персоналу.

С помощью хроматографического анализа газов можно обнаружить следующие группы дефектов:

* перегревы токоведущих соединений и элементов конструкции остова;
* электрические разряды в масле.

Для этого определяются концентрации семи газов: водорода (Н2), метана (СH4), ацетилена (С2Н2), этилена (С2H4), этана (С2Н6), оксида углерода (СО) и диоксида углерода (СО2).

При перегревах токоведущих соединений и элементов конструкции остова трансформатора основным газом является С2H4 - в случае нагрева масла и бумажно-масляной изоляции свыше 500 °С и С2Н2 - при дуговом разряде. Характерными газами в обоих случаях являются Н2, СH4, и С2Н6.

При частичных разрядах в масле основным газом является Н2, характерными газами с малым содержанием - СН4 и С2H2.

При искровых и дуговых разрядах основными газами являются Н2 или С2H2, характерными газами с любым содержанием - СН4 и С2Н4.

При перегревах твердой изоляции основным газом является СО2. Следует также отметить, что сопутствующим показателем деструкции целлюлозной изоляции трансформатора является рост содержания оксида и диоксида углерода, растворенных в трансформатором масле. Наличие суммарной концентрации СО и СО2 более 1% может свидетельствовать о деградации целлюлозной изоляции.

Нужно отметить, что при анализе состава и концентраций растворенных в масле газов в целях диагностики эксплуатационного состояния оборудования необходимо учитывать факторы, вызывающие их изменения.

Результаты хроматографического анализа растворенных газов в масле являются показаниями для проведения внеочередных измерений и испытаний оборудования.

**Задание: Изучить материал и составить конспект.**