

Чтения, посвящ. П. О. Сухого), Гомель 22-23 ноября 2018 г./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, ОАО «ОКБ Сухого»; под общ. Ред. С.И. Тимошина,- Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2018. – 404 с., стр.

## **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**Ник. Вас. Грунтович<sup>(1)</sup>, д.т.н. проф., Над. Влад. Грунтович<sup>(1)</sup>, д.т.н. проф., П. М. Колесников<sup>(2)</sup> - инженер**

**<sup>(1)</sup>Гомельский государственный технический университет  
им. П.О.Сухого, г. Гомель, РБ,**

**<sup>(2)</sup> ОАО «Гомельтранснефть Дружба», г. Гомель, РБ**

Остаточный ресурс силовых маслонаполненных трансформаторов зависит от: завода-изготовителя; отработанного времени; сложившейся системы технического обслуживания и ремонта; режимов эксплуатации трансформаторов; квалификации специалистов, выполняющих техническое диагностирование.

Увеличивает риск повреждения трансформаторов существующая практика недостоверного диагностирования. Выполненное комплексное техническое диагностирование 10 трансформаторов позволило выявить некоторые проблемные вопросы, снижающие достоверность диагностирования:

1. Хроматографический контроль горючих газов.

Достоверность составляет 70-80%. Это определено еще 20 лет назад рабочей группой СИГРЭ 15.01. Поэтому кроме белорусской методики необходимо применять другие, например, методику Дорненбурга. Наряду с хроматографией обязательно нужно контролировать частичные разряды. Достоверность повышается до 100%.

2. Оценка степени прессовки обмоток и магнитопровода по общему уровню вибрации в диапазоне 10-1000 Гц. Достоверность диагностирования составляет 50-60%. Необходимо измерять амплитуду вибрации в диапазоне 10-5000 Гц. Достоверность выявления дефектов повышается до 80-90% [1].

3. Регистрацию частичных разрядов необходимо выполнять каждые 6 месяцев вместе с хроматографическим контролем горючих газов. Достоверность выявления дефектов повышается до 100%. В определенных условиях ЧР переходят в электрическую дугу, которая повреждает узлы трансформатора. 60-70% повреждения вводов и обмоток происходит при интенсивном развитии ЧР. Из 10 трансформаторов в 5 трансформаторах выявлены ЧР малой мощности. Хроматография не показала наличия горючих газов.

4. Измерения потерь холостого хода и измерения сопротивления короткого замыкания  $Z_k$  малоинформативны и бесполезны. Эти измерения можно проводить как дополнительные при предельном уровне вибрации бака трансформатора.

5. Измерение сопротивления обмоток постоянному току можно проводить для получения дополнительной информации при наличии горючих газов, частичных разрядов и в зависимости от результатов термографического обследования. Во всех остальных случаях это малоинформативно.

6. Измерение  $\text{tg}\delta$  вводов и обмоток силовых трансформаторов с рабочим напряжением 110 кВ и более при испытательном напряжении 10 кВ является недостоверным для выявления дефектов. Более того, увеличивается степень риска возникновения внезапных отказов в трансформаторах.

Российские ученые рассматривают в основном два фактора, влияющих на срок службы бумажной изоляции: влагосодержание и повышение температуры. Они считают [2], что при влагосодержании 1% бумага стареет в 6 раз быстрее, чем при влагосодержании 0,3%. Учитывая, что в Белорусской энергосистеме физико-химические испытания проводятся каждые 6 месяцев, такой фактор можно исключить.

Отрицательное воздействие на срок службы оказывает повышенная температура масла. Например, при температуре 20°C срок службы трансформатора будет 50 лет, а при температуре 60°C срок службы будет 30 лет. Кроме того при температуре 60°C в несколько раз уменьшается вязкость масла при работе масляного насоса возможно возникновение с кавитации образованием пузырьков. Интенсивное образование пузырьков начинается при температуре 120°C- 140°C. Как следует из таблицы 1 вероятность локальных перегревов в Белорусской энергосистеме 0,23, с температурой 100°C до 700°C.

Таблица 1 - Дефекты трансформаторов, выявленные по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле за 1989-2014 г. в Белорусской энергосистеме

№	Вид дефекта	Процент отказов от общего количества %
1.	Электрические дефекты РПН	38,7 %
2.	Механические повреждения РПН	5,37 %
3.	Электрические частичные разряды	11,82 %
4.	Возгорание шинных отводов	8,6 %
5.	Дефекты термического характера	7,52 %
6.	Дефекты масляной системы охлаждения	5,38 %
7.	Повреждение стяжных шпилек	4,35 %
8.	Переток масла из бака РПН в бак трансформатора	4,3 %
9.	Обрыв и возгорание шинки заземления	3,23 %
10.	Витковое замыкание в обмотках	3,22 %
11.	Деформация обмотки	2,16 %
12.	Образование короткозамкнутых контуров	2,15 %

Статическая электризация масла является одной из причин повреждения внутри трансформатора. Этот эффект заключается в увеличении токов с поверхности электрокартона и металлических деталей

протекающим с большой скоростью маслом. Проведенные исследования российских ученых на моделях и на трансформаторах показали, что статическая электризация в неблагоприятных условиях может вызвать местные повышения напряженности электрического поля на 10-20% [3].

Проведенные авторами исследования на лабораторных установках и на трансформаторах показали, что при загрязнении масла более 10 единиц, наличие пузырьков различной физической природы вызывают частичные разряды высокой интенсивности, которые переходят в электрические разряды. В результате быстро стареет бумажная изоляция и трансформаторное масло.

При отказах высоковольтных вводов в трансформаторах происходит очень тяжелые повреждения. По мнению российских и украинских специалистов это составляет 30- 45% общего числа повреждений. По нашему мнению причинами повреждения вводов являются: вводы работают в напряженном режиме тепловых нагрузок; не везде и не всегда проводится ультразвуковые диагностирования на микропористость фарфоровой изоляции покрышки; в силу сложности технологического процесса во вводах масло практически не меняется, что благоприятствует оседанию продуктов старения масла внутри нижней части покрышки. Образования коллоидных осадков вызывает интенсивные частичные разряды, которые разрушают вводы, а в некоторых случаях приводят к повреждению бака трансформатора и магнитной системы;

Вибрация магнитопровода, обмоток при потере динамической стойкости, и при ослаблении болтовых соединений внутри бака. Вибрация способствует образованию пузырьков и ускоряет износ бумажной изоляции.

Частичные разряды. Природа возникновения частичных разрядов до конца еще не исследована. Однако они являются причиной повреждения вводов и обмотки.

#### Список литературы

4. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования. Учебное пособие. Мн. «Новое знание»; М.: ИНФРА-М, 2017 г. – 271 с. (Высшее образование: Бакалавриат).
5. Хренников А.Ю. Основные причины повреждения обмоток силовых трансформаторов при коротких замыканиях // Электричество. 2006. №7. С.17-24.
6. О повреждениях силовых трансформаторов напряжением 110-500 кВ в эксплуатации / Б.В. Ванин, Ю.Н. Львов, М.Ю. Львов и др.// Электрические станции.2001. №9. С.53-58.