

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АВТОТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

*Н.Б.Пирматов, Д.Р.Абдуллабекова*

*Ташкентский Государственный технический университет имени И.Каримова*

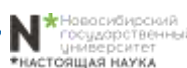
*Ташкентский архитектурно строительный университет*

Трансформаторное масло выполняет функцию диэлектрика, является охлаждающей средой, а так же служит диагностической средой. С помощью диагностики масла можно выявить дефекты происходящие внутри силового автотрансформатора, такие, как: локальные перегревы, разряды в масле, искрение, загрязнение и увлажнение изоляции, попадание воздуха, окисление и старение самого масла и твердой изоляции. В связи с этим усовершенствование методов диагностики и анализа оценки различных показателей трансформаторного масла является самой главной и актуальной задачей.

Известно, что в ходе эксплуатации трансформаторов происходит ухудшение электроизоляционных свойств и старение масла. В нем происходят различные физико-химические процессы, протекающие под воздействием температуры, электромагнитных полей, кислорода и т.д. Процесс старения ускоряется при повышении температуры, увеличении концентрации окисленных форм углеводородов и влагосодержания. Все эти факторы однонаправленного действия и в различной степени приводят к изменению физико-химических свойств жидкой изоляции и, прежде всего, диэлектрических характеристик, которые определяют ее эксплуатационную пригодность [1, 2]. С точки зрения сохранения эксплуатационной надежности и ресурса силового трансформатора влагосодержание изоляции является важнейшим и наиболее опасным показателем. Один из химических методов его высокоточного определения – кулонометрическое титрование по Карлу Фишеру. Однако он имеет свои недостатки и неприменим для окислившимся масел, так как в процессе их старения, кроме воды, образуются перекиси, низкомолекулярные водорастворимые одноосновные кислоты (муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и др.), жирные одноосновные и двухосновные высокомолекулярные кислоты, нафтеновые, асфальтогеновые, а также оксикислоты, фенолы, спирты, альдегиды, кетоны [3].

Процесс старения масла проходит несколько этапов. Начальный – индукционный период, в течение которого не наблюдается заметных изменений. В зависимости от особенностей химического состава масла продолжительность индукционного этапа может варьироваться в широких пределах. Следующий – период самоускорения реакции – вызван, в основном, распадом образовавшихся гидроперекисей на радикалы. Затем начинается период постоянной скорости процесса, в котором скорости образования и гибели свободных радикалов равны. На этом этапе образуются продукты окисления (фенольного типа), способные тормозить старение. Когда концентрация этих продуктов достигает определенной величины, наступает период самоторможения. В начале окисления трансформаторных масел, вскоре после индукционного периода образуются в первую очередь низкомолекулярные кислоты и фенолы. Содержание растворимых низкомолекулярных кислот составляет 30–50% от общего количества кислот [4, 5].

Возможность проведения диагностики обусловлена способностью трансформаторного масла изменять свои электрофизические и химические свойства из-за воздействия различных факторов, возникающих во время эксплуатации. Эти изменения в свою очередь приводят к ухудшению электроизоляционных свойств, т.е. приводят к “старению” масла. В этом случае, оборудование подвержено риску возникновения дефектов, т.к. осадок, накопившийся в жидкой изоляции в результате старения,



откладывается на активных частях электрооборудования (обмотках и магнитопроводах), тем самым ухудшая отвод тепла.

Ниже приведены данные физико-химического анализа масла силового автотрансформатора.

На таблице.1 предоставлен протокол трансформаторного масла, взятого с ПС "Каторгол" с силового АТ. Причиной проверки масла капитальный ремонт, по произведенному физико-химическому анализу было выявлено следующее: цвет масла темно красный (в норме темно желтого), пробивное напряжение  $>50$  кВ (в норме 55 кВ), содержание углерода (в норме отсутствует), механических примесей (в норме отсутствует), содержание воды (в норме отсутствует), содержание водорастворимых кислот и щело-чей-отсутствует (в норме отсутствует); температура вспышки в закрытом тигле  $156^{\circ}\text{C}$  (в норме  $135^{\circ}\text{C}$ ), кислотное число содержание органических кислот 0,03 мг КОН на 1 г масла (в норме не более 0,01), тангенс угла диэлектрических потерь при  $90^{\circ}\text{C}$  2% (в норме 0,5). По полученным данным исследуемы параметры масла в пределах нормы- масло годное.

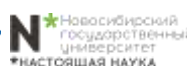
Таблица.1

Протокол физико-химического анализа годного масла

№	Наименование определения	Норма	Результаты испытаний
1	Цвет	Жёлтое	Темно красного
2	Пробивное напряжение кВ	55	$>50$
3	Содержание взвешанного углерода	Отсутствует	Отсутствует
4	Содержание механических примесей	Отсутствует	Отсутствует
5	Содержание воды	Отсутствует	Отсутствует
6	Содержание водораст.кислот и щелочей	Отсутствие	Отсутствует
7	Температура вспшки в закрытом тигле	$135^{\circ}$	$156^{\circ}$
8	Кислотное число содержание органических кислот в мг КОН на 1г масла	0,01	0,03
9	Тангенс угла диэлектрических потерь при $90^{\circ}\text{C}$	0,5	2%
<b>Заключение:</b> Масло годное			

### Вывод

Таким образом, измерение характеристик масла позволяет контролировать режимы работы силовых автотрансформаторов и его состояние. Большинство развивающихся дефектов может быть определено посредством своевременного контроля состояния трансформаторного масла. Благодаря диагностике масла можно своевременно выявит аврийныedefекты, определить уровень физичекого и морального износа, проконтролировать внутреннее состояние АТ, обосновать продолжение эксплуатации.



**Список литературы.**

1. Lipshtein R. A., Shakhovich M. I. Transformer oil. M.: Energoatomizdat Publ. 1983. 296 p. Бондаренко В.Е. Повышение эффективности эксплуатационного измерительного контроля трансформаторных масел. [Монография] / В.Е. Бондаренко, П.Ф. Щапов, О.В. Шутенко. –Харків.: НТУ «ХПИ», 2007. – 452 с.
2. Lizunova S. D., Lokhanina A. K. Power transformers M: Energoizdat Publ. 2004. 616 p.
3. Kolushev D. N., Shirokov A. V., Rotbert I. L., Kozlov V. K. Insulation moisture control of power transformers. 25.12.2018. Available at: <http://www.sibdiag.ru>.
4. Arakelyan V. G. Diagnostics of the insulation condition of oil-filled equipment based on the moisture content of the oil // Electrical engineering – Elektrotehnika. 2004. № 3. P. 21.
5. Ключев В. В. Москва: Mashinostroenie Publ., 2003. 656 P.

