УДК 621.314.2

Д.Т. ЮСУПОВ, м.н.с. (ИЭиА АНРУз)
Научный руководитель: Т.П. САЛИХОВ д.т.н., проф. (ИЭиА АНРУз)
г. Ташкент

ПРИМЕНЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МЕМБРАН В ПРОЦЕССАХ ЦИРКУЛЯРНОЙ ОЧИСТКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ.

Широкое развитие и внедрение эффективных технологий регенерации отработанного трансформаторного масла является важным элементом программы ресурсосбережения и повышения энергоэффективности предприятий топливно-энергетического комплекса.

Цель данной работы – оценка эффективности адсорбционного метода регенерации масла на макетной установке с керамическими микрофильтрационными мембранами.

Практический опыт эксплуатации трансформаторов показывает, что простая замена отработанного масла не достаточно эффективна. При загрузке свежего масла в трансформатор класс чистоты масла ухудшается на несколько единиц. Это связано с состоянием целлюлозной изоляции. Целлюлоза накапливает на своей поверхности и в толще продукты старения масла. При замене масла изоляция «отдаёт» свежему маслу накопившиеся загрязнения и существенно сокращает эффективность очистных мероприятий [1,2].

В настоящее время начинает преобладать новый подход к продлению срока службы трансформаторов, который помимо регенерации масла включает циркуляцию чистого масла с непрерывной его регенерацией. Циркуляция чистого масла обеспечивает очистку целлюлозной изоляции и продлевает рабочий ресурс трансформатора.

По данным ООО «ТРИДЭКС ЦЕНТР», однократная обработка трансформатора, отработавшего гарантированный срок эксплуатации (25 лет), замедляет деструкцию целлюлозы до скорости естественного старения и продлевает срок жизни целлюлозы и трансформатора в целом ориентировочно на 3-5 лет. Учитывая общий срок службы трансформаторов это даёт экономический эффект от 10 до 15% стоимости нового трансформатора [3]. После 20 лет эксплуатации трансформатора старение изоляции резко ускоряется под воздействием различных факторов и требует пристального внимания. Влияние периодических очисток масла и изоляции на скорости старения и возможный срок эксплуатации трансформатора показаны на рис.1. Цифры и кривые на рисунке условны, но характер процессов они отражают.

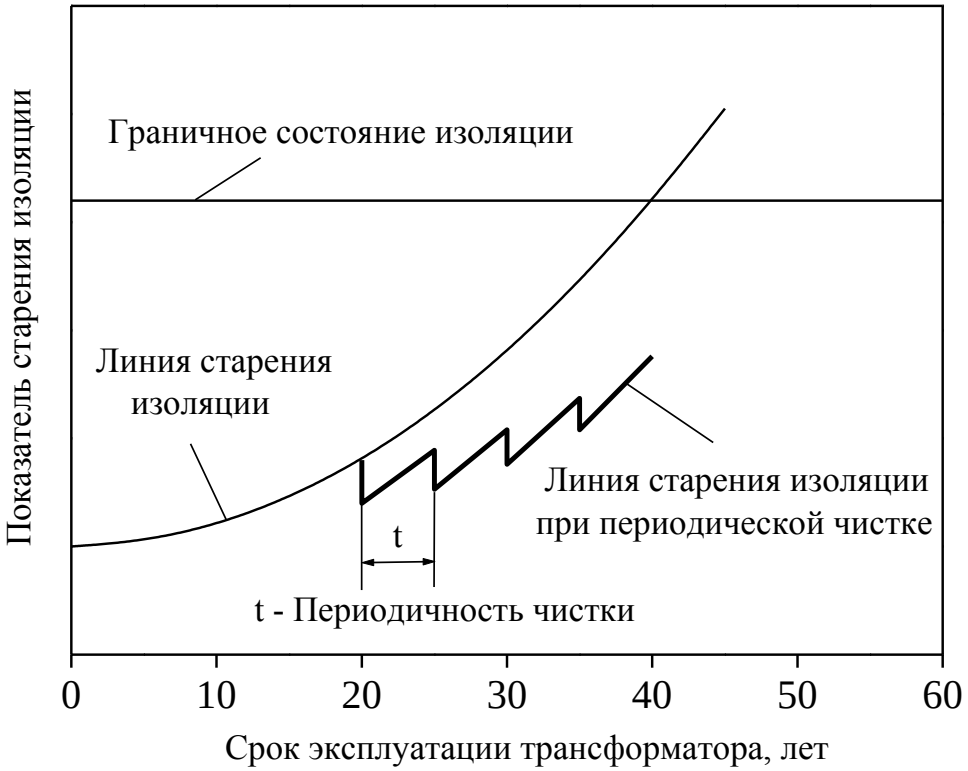

Рис. 1. Влияние периодических очисток масла и изоляции на скорости старения и возможный срок эксплуатации трансформатора

Основным способом регенерации трансформаторных масел, используемых в электроэнергетике, является адсорбция на неорганических сорбентах. В качестве адсорбентов для регенерации трансформаторных масел могут применяться силикагель, окись алюминия, бокситы, отбеливающие глины различных месторождений. Очистка силикагелем - это наиболее привычный для эксплуатации метод, поскольку адсорбционные и термосифонные фильтры системы непрерывной очистки масла заполняются силикагелем. Применение керамических мембран значительно расширяет ассортимент применяемых адсорбентов, поскольку высокая тонкость очистки исключает возможность вторичного загрязнение масла частицами адсорбента.

Для непрерывного удаления из масла механических примесей различной природы авторами разработаны керамические мембраны со средним размером пор 1-3 мкм. Исследованиями последних лет выявлено [4], что именно частицы, имеющие размер менее 5 мкм, являются наиболее опасными для функционирования трансформатора, так как они представляют примерно 95 % от общего числа загрязнителей в масле и в основном являются продуктами окисления масла.

В процессе циркуляции чистого масла, залитого в ремонтируемый трансформатор, происходит промывка ёмкости и узлов изоляции (рис.2).

При этом в масло поступает значительное количество шлама и других загрязнений. Благодаря циркуляции масла керамические мембраны обеспечивают непрерывный вывод механических загрязнений. Существенным преимуществом керамических мембран является возможность их регенерации. Масло из трансформатора 1 перекачивается циркуляционным маслонасосом 2 и попадает в электронагреватель масла 3. Нагретое до 70°С отработанное трансформаторное масло подаётся в бокс с адсорбентами (силикагель) 4, в котором масло подвергается перколяционному воздействию и поступает в керамический фильтроаппарат 5. Потом очищенное масло подается в расширительный бак трансформатора. Далее масло направляется на второй цикл очистки. Многократная циркуляция масла позволяет добиться необходимого уровня очистки.

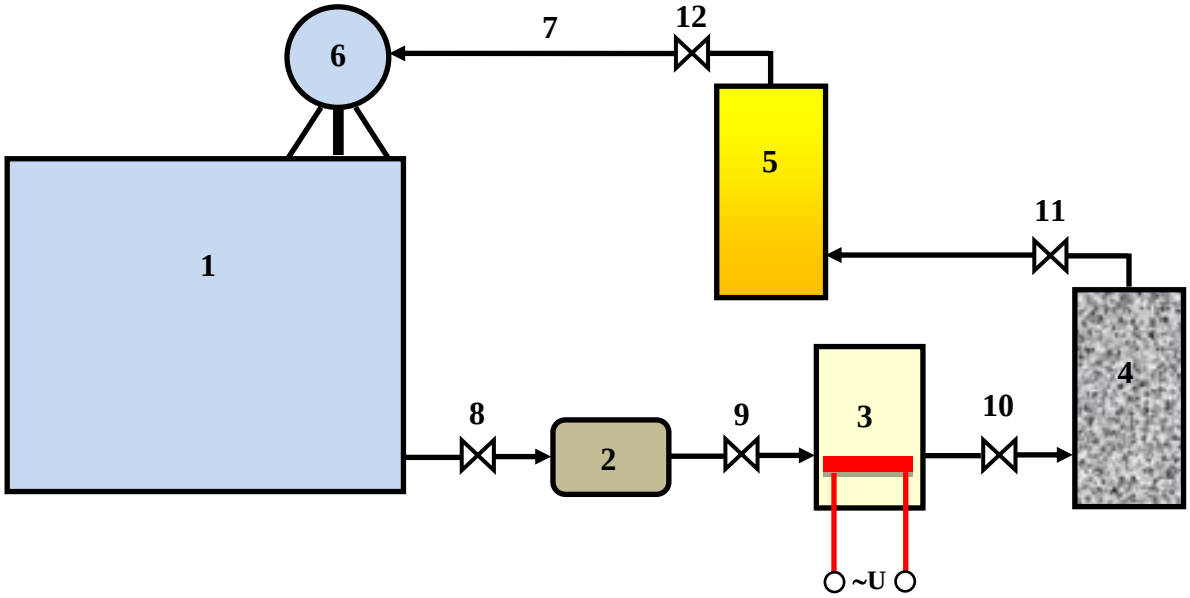

Рис. 2. Циркуляционная очистка масла и изоляции трансформатора:
1 – высоковольтный масляный трансформатор; 2 – циркуляционный маслонасос; 3 – электронагреватель масла; 4 – адсорбент (силикагель); 5 – керамический фильтроаппарат; 6 – расширительный бак трансформатора; 7 – соединительные трубопроводы; 8, 9, 10, 11, 12 – запорные вентили

Лабораторные исследования по адсорбционной очистке масла с использованием керамических мембран показали высокие диэлектрические свойства очищенного масла (tgδ=0,2% при 90°С, при норме - 1,7%), электрическая прочность образца – 60 kV (при норме 60 кV), содержание органических кислот – 0,018 мг КОН/г масла (при норме – 0,02 мг КОН/г). Полученные на макетной установке результаты вполне соответствует требованиям нормативных документов и ГОСТа [5].

Выводы:

1. Применение регенерируемых керамических мембран снимает проблему расходуемых фильтрующих материалов, очень актуальную для циркуляционных установок.

2. Применение мобильных установок для очистки трансформаторов на местах позволит продлить срок их службы и существенно повысить экономическую и энергетическую эффективность промышленных объектов.

3. Своевременное проведение мероприятий по поддержанию стабильных характеристик изоляции путём удаления продуктов старения позволит обеспечить требуемый уровень надёжности силовых трансформаторов.

Список литературы:

1. Львов, М. Силовые трансформаторы на 110 кВ и выше. Будущее определит диагностика // Новости электротехники. – 2003. – № 6 (24).

2. Прохоров, Е. Капитальный ремонт оборудования обходится на порядок дешевле, чем приобретение нового // Новости электротехники. 2003. – № 6 (24).

3. ООО «ТРИДЭКС ЦЕНТР» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tridexcenter.com/.

4. Курочкин, А.С. Метод сверхглубокой очистки трансформаторного масла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://forca.ru.

5. Руководящий документ RH 34-301-633:2011. Инструкция. Эксплуатация трансформаторных масел.