

УДК 621.31

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕРИИ ТНГ С ЖИДКИМ НЕГОРЮЧИМ ДИЭЛЕКТРИКОМ**

Кальсина Ю.В., студентка гр. ЭРб-201, III курс  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В основе всех электрических машин лежит явление электромагнитной индукции. Переменное магнитное поле создает в проводниках ЭДС, при этом, если проводники замкнуты на нагрузку, то потечет ток и этот ток будет направлен так, чтобы препятствовать изменению магнитного поля.

Назначение трансформаторов очень много, различают: измерительные, испытательные, печные, сварочные и т.д. А так же силовые, их основное назначение преобразовывать напряжение одной величины в другую величину при сохранении частоты тока.

На электростанции присутствует электрический генератор, вырабатывающий электроэнергию высокого напряжения, после это напряжение передается на расстояния и соответственно непосредственно перед потребителями напряжение уменьшается до умеренных значений. Эти все действия происходят за счет цепочки трансформаторов.

Масляные трансформаторы обладают значительным превосходством перед сухими трансформаторами или трансформаторами с изоляцией из смолы. Эти преимущества сопряжены первоначально с существенно более низкой стоимостью и наименьшими габаритами. Кроме того, сухие трансформаторы требуют более мощной вентиляции при установке в закрытых помещениях.

Ключевым несовершенством масляных трансформаторов, является их пожароопасность, что в значительной мере усложняет расположение трансформаторов, исключительно в условиях промышленного производства.

Поэтому возникли исследования силиконовой жидкости в качестве перспективного диэлектрического хладагента с 1950 года. Итогом этих исследований явилось создание и производство силиконовой трансформаторной жидкости, которая в настоящее время обширно применяется в трансформаторах с жидким диэлектриком особенно там, где предъявляются высокие требования по пожаробезопасности, термостойкости и экологической безопасности. Это особенно важно, что такие трансформаторы могут работать вблизи оборудования, например, сварочного или различных силовых приводов. Использование трансформаторов с негорючим или мало горючим жидким диэлектриком позволяло получать значительную экономию при размещении и эксплуатации оборудования [1].

Кремнийорганические жидкости обладают уникальной химической структурой. Эти жидкости, которые еще именуются полидиметилсилоксанами (PDMS), базируются на молекулярных связях типа Si-O, свойственных для высокотемпературных неорганических материалов, таких как кварц. Эти молекулярные связи прочнее во много раз, нежели углеводородные в особенности при воздействии высоких температур, кислорода, физического и химического воздействия. Химическая формула силиконовой жидкости имеет вид:

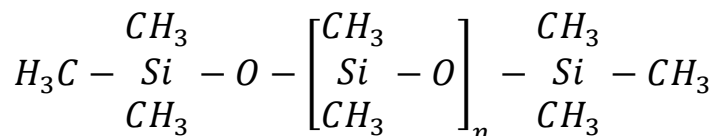


Рис. 1 Свойства силиконовой жидкости

Силиконовая жидкость являются основой широкого спектра материалов и обладает отличительными свойствами (Рис. 1), которые позволяют использовать силиконовые жидкости в качестве диэлектрических, гидравлических жидкостей, теплоносителей и т.д., и, в частности, в качестве трансформаторной жидкости, которая свободна от воды, не маслится, практически лишена запаха и располагает превосходными изолирующими и диэлектрическими свойствами.

Таким образом силиконовая трансформаторная жидкость - это охлаждающая и диэлектрическая жидкость для заполнения масляных трансформаторов и прочего оборудования, которые обязаны работать при весьма низких и очень высоких температурах и особенно в тех случаях, когда необходимо высокая термостабильность и наименее низкие значения тепла, выделяемого при сгорании.

Еще более 90 лет назад были разработаны трансформаторы с жидким диэлектриком обладающие бесспорными превосходствами по сравнению с сухими трансформаторами средней и большой мощности [2]:

- при одинаковых габаритах и электрических характеристиках имеет более высокую степень пожаробезопасности: температура вспышки СЖ > 345°C.

- обеспечивается высокая эффективность и высокий уровень электрической прочности изоляции при небольшой стоимости, подобные эксплуатационные характеристики в сухих трансформаторах достигаются за счет установления дополнительной систем, что результирует в более высокую стоимость.

- более компактны по сравнению с сухими трансформаторами или трансформаторами с литой изоляцией.

- высокую надежность при небольших размерах, что не реализуемо для сухих трансформаторов и трансформаторов с изоляцией из литьевой смолы.

- низкий уровень шумов (порядка 60 дБ по сравнению с 67 дБ у сухих трансформаторов);

- предупреждение развития аварийных ситуаций, при помощи получения прогностической информации без вывода трансформатора из работы.

Так же трансформаторы ТНГ с жидким негорючим диэлектриком, выступает более надежным по характеристикам электрического пробоя, по сравнению с трансформаторами заполненных минеральным маслом (Рис.2).

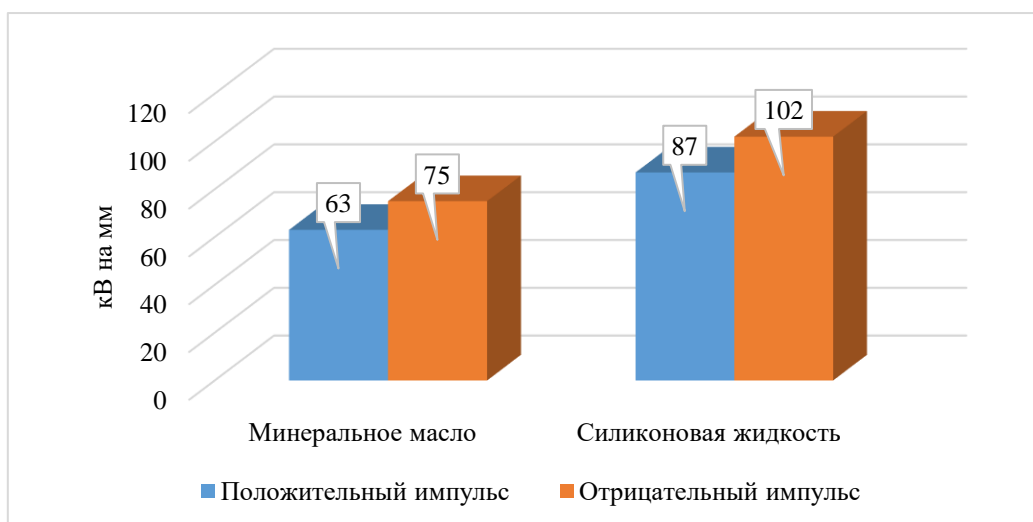


Рис. 2 Значения импульсного пробоя через бумагу пропитанной трансформаторной жидкостью между сферическими электродами

Стоит заметить, что силиконовая жидкость в трансформаторе расширяется сильнее трансформаторного масла или диэлектрика совтол, однако это расширение частично компенсируется способностью силиконовой жидкости поглощать большее количество газа (Рис. 3).

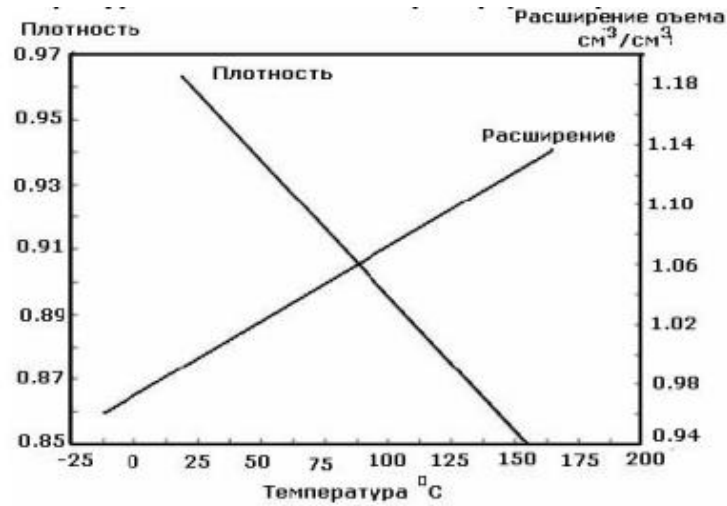


Рис. 3 Зависимость плотности и коэффициента объемного расширения в зависимости от температуры для трансформатора, заполненного силиконовой жидкостью

Силиконовая трансформаторная жидкость представляет собой химически однородное вещество, а не смесь, содержащую определенное количество относительно летучих компонентов, в отличие от трансформаторного масла и синтетического ПХБ диэлектрика типа совтол. Данная силиконовая жидкость значительно более термоустойчива по сравнению с упомянутыми двумя жидкостями (Рис. 4). Из графика видно, что силиконовую трансформаторную жидкость можно подвергать очень высоким температурам, значительно выше значений, свойственных для нормальной работы трансформаторов, при этом пренебрегая созданием добавочного давления паров или коррозионных побочных продуктов [3].

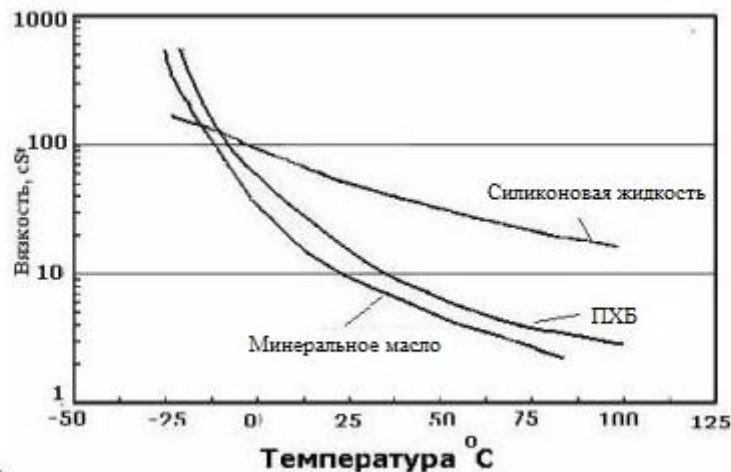


Рис. 4 Зависимость вязкости от температуры для трансформаторов, заполненных силиконовой жидкостью, диэлектриком ПХБ и минеральным маслом

Трансформаторы серии ТНГ заполненные негорючим жидким диэлектриком эффективнее, по сравнению с сухими, что выражается в меньшем потреблении электрической мощности, при условии их одинаковой нагрузке. Разница в величине потерь для трансформаторов мощностью 2500 кВА (Рис. 5). Исходя из данных графика, можно подсчитать сколько предприятие переплачивает за электроэнергию владея сухими трансформаторами, по сравнению трансформаторами, заполненными жидким силиконовым диэлектриком. Результаты расчета представлены в таб. 1.

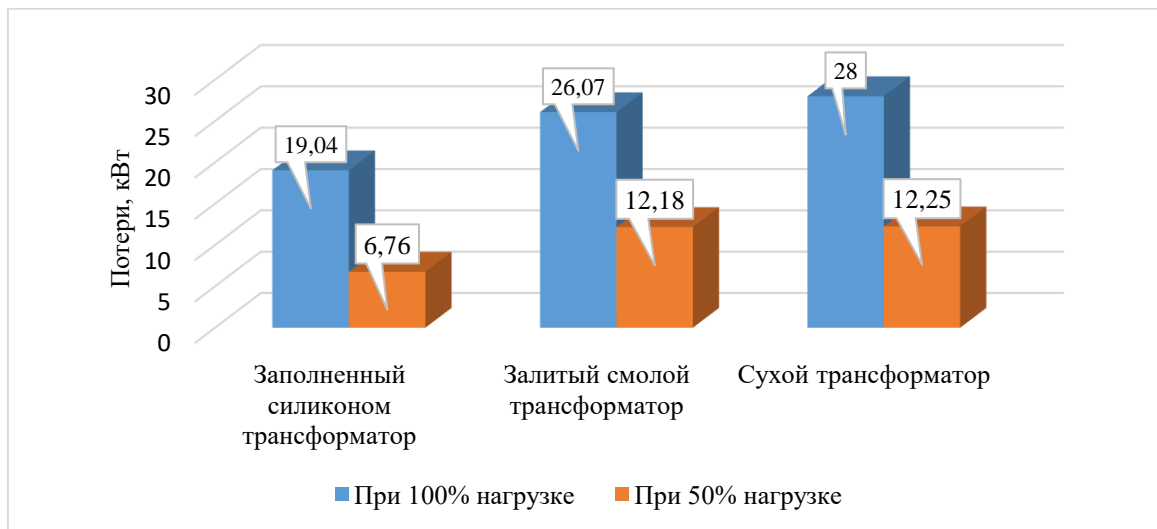


Рис. 5 Эффективность работы

Таблица 1

Показатель	Заполненный силиконовым диэлектриком трансформатор	Залитый смолой	Сухой
Переплата за электрическую энергию, руб. в год	266 480	480 136	482 895

Таким образом, трансформаторы, заполненные силиконовым диэлектриком не требуют дополнительного охлаждения воздуха, в отличие от сухих трансформаторов, которым необходимо устанавливать систему охлаждения воздуха. Мощность такой системы для трансформатора мощностью 2500 кВА составляет около 6 кВт, что ведет к суммарному увеличению всей потребляемой электрической энергии. Кроме того, ТНГ способны дольше работать при перегрузке.

**Список литературы:**

1. Silicon oil transformer liquid SOFEXIL-TSJ™ // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sofex-silicone.ru/files/SOFEXIL-TSJ.pdf>.
2. Transformers TNG:// [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sofex-transformator.ru/index.html>.
3. High-voltage transformers TNG with liquid non-flammable dielectric // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elarp.com/catalog/transformers/syhie/tng/>.