

9-10-2019

## DIELECTRIC TRANSFORMER LOSSES OIL TRM-AA. AT STANDARD FREQUENCIES

Ахлиддин Абдурашитович Абдуназаров  
*Namangan State University*

Хошимжон Ортиқович Кучкаров  
*Namangan State University*

Шухрат Рустамжонивич Неъматжонов  
*Namangan State University*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu>



Part of the [Physical Sciences and Mathematics Commons](#)

---

### Recommended Citation

Абдуназаров, Ахлиддин Абдурашитович; Кучкаров, Хошимжон Ортиқович; and Неъматжонов, Шухрат Рустамжонивич (2019) "DIELECTRIC TRANSFORMER LOSSES OIL TRM-AA. AT STANDARD FREQUENCIES," *Scientific Bulletin of Namangan State University*. Vol. 1 : Iss. 7 , Article 8. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu/vol1/iss7/8>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin of Namangan State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

---

## DIELECTRIC TRANSFORMER LOSSES OIL TRM-AA. AT STANDARD FREQUENCIES

**Cover Page Footnote**

???????

**Erratum**

???????

## ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ТРМ-АА. НА СТАНДАРТНЫХ ЧАСТОТАХ

Ахлиддин Абдурашитович Абдуназаров, Хошимжон Ортиқович Кучкаров,  
Шухрат Рустамжонивич Неъматжонов.  
Наманганский государственный университет

**Аннотация:** В данной статье представлены диэлектрические проницаемости тангенс угла диэлектрических потерь масел полученных из местного сырья. В лаборатории была изучена зависимость реальные и мнимые частей диэлектрической проницаемости от частоты при комнатной температуре и определены соответствие физико-химические характеристики масла к стандарту на основе анализа результатов.

**Ключевые слова:** диэлектрик, диэлектрические потери, время релаксации, переменный ток, масло, тангенс угла.

**Abstract:** This article presents the dielectric constant of the tangent of the dielectric loss angle of oils obtained from local raw materials.

In the laboratory, the dependence of the real and imaginary parts of the dielectric constant on the frequency at room temperature was studied and the correspondence of the physicochemical characteristics of the oil to the standard was determined based on the analysis of the results.

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada maxalliy ashyoda tayyorlangan transformator moyining dielektrik xususiyatlari o'rganilgan. Dielektrik kirituvchanlikni real va mavhum qisimlarini xona temperaturasida chastotaga bog'lanishi o'rganilgan. Standart chastotalar oraliq'ida dielektrik isrof qiymati standart qiymatlar bilan mosligi ko'rsatilgan.

Поведение диэлектриков в переменном электрическом поле характеризуется диэлектрической проницаемостью и диэлектрическими потерями. Диэлектрическая проницаемость  $\epsilon'$  характеризует увеличение емкости, по отношению с предыдущей  $C_0$  при введении диэлектрика в конденсатор.

$$\epsilon = \frac{C}{C_0}$$

Диэлектрические потери характеризуют энергию, потерянную при проходе электрического тока через конденсатор с диэлектриком

После приложения на образец электрического поля устанавливается равновесная ориентация и в образце возникает максимальная поляризация, соответствующей наибольшему значению диэлектрической проницаемости, называемой статической диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_s$ . С другой стороны, если поляризация измеряется непосредственно после наложения поля, когда ориентация далека от равновесного состояния, мгновенная диэлектрическая проницаемость, обозначаемая  $\epsilon_\infty$ , будет мала и обусловлена только деформационным механизмом. Между этими крайними точками временной шкалы имеет место дисперсия диэлектрической проницаемости-переход от

высокого к низкому значению  $\epsilon$ . Рассмотрим этого явления с наложения на диэлектрик переменного электрического поля  $E$ , имеющего амплитуду  $E_0$  и  $E = E_0 \cos \omega t$  (1)

При этом возникает поляризация переменного направления и, если частота достаточно велика, ориентация диполей неизбежно отстают от приложенного поля. Математически это можно выразить как запаздывание по фазе  $\delta$  электрического смещения

$$D_0 (\cos \omega t - \delta), \quad (2)$$

что можно записать в виде

$$D = D_1 \cos \omega t - D_2 \sin \omega t \quad (3)$$

где

$$D_1 = D_0 \cos \delta \text{ и } D_2 = D_0 \sin \delta$$

Отсюда можно определить две компоненты диэлектрической проницаемости,

$$\epsilon' = \frac{D_1}{\epsilon_0 E_0} \quad \epsilon'' = \frac{D_2}{\epsilon_0 E_0} \quad (4)$$

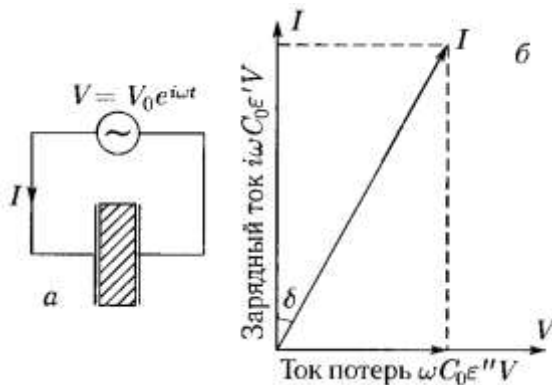
которые, связаны соотношением

$$\frac{\epsilon''}{\epsilon'} = \text{tg} \delta. \quad (5)$$

Эти две величины удобно рассматривать вместе, объединив их в комплексной диэлектрической проницаемости:

$$\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon'' \quad (6)$$

Смысл действительной и мнимой частей легко понять, рассматривая конденсатор, заполненный материалом (емкость пустого конденсатора  $C_0$ ), как показано на рис.1.



Ток  $I$ , протекающий во внешней цепи после наложения переменного напряжения  $V = V e^{i\omega t}$ , равно действительной части, рассчитывается по формуле:

$$I = \epsilon^* C_0 \frac{dV}{dt} = i\omega \epsilon^* C_0 V = \omega C_0 (\epsilon'' + i\epsilon') V. \quad (7)$$

Это означает, что есть емкостная составляющая тока

**Рис.1.** Потери в диэлектрике: принципиальная схема (а) диаграмма Аргана соотно-

альной плоскости (б)

опережающая напряжение на  $90^\circ$ , и резистивная составляющая

$$I_R = \omega C_0 \epsilon'' V, \quad (9)$$

совпадающая с напряжением по фазе. Работа может быть произведена только последней составляющей, и физический смысл величины  $\text{tg} \delta$ , определенной ранее уравнением (5), становится понятен:

$$\text{tg} \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} = \alpha \frac{\text{Энергия, диссипированная за период}}{\text{Полная энергия за период}} \quad (10)$$

Величина  $\varepsilon''$  называется фактором диэлектрической потерь, а  $\operatorname{tg}\delta$  обычно называют тангенсом диэлектрической потерь, или коэффициентом потерь.

Величины  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  определяются экспериментальным путем и характеризуют диэлектрическую дисперсию в широком диапазоне частот. Для интерпретации полученных зависимостей необходимо установить связь этих макроскопических измеряемых величин со свойствами молекул, используя модель, которая описывала бы отклик молекул на внешнее поле.

Таким образом, параметрами, характеризующими масляные диэлектрики в переменном электрическом поле, являются  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  или  $\varepsilon'$  и  $\operatorname{tg}\delta$  [1]. Для изучения параметров масляных диэлектриков в переменном электрическом поле исследуются отношения  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  ( $\varepsilon'$  и  $\operatorname{tg}\delta$ ) в зависимости от температуры и частоты в широком интервале. После получения этих связей можно охарактеризовать подвижность дипольных молекул в масле, функцию распределения времени релаксации диполей.

Абсолютная диэлектрическая проницаемость (в системе СИ) является величиной  $\varepsilon\varepsilon_0$ . Здесь  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная ( $8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м), иногда называют диэлектрической проницаемостью вакуума. В диэлектриках значения  $\varepsilon'$  и  $\operatorname{tg}\delta$  определяются по частотной зависимостью диэлектрические проницаемости в широком диапазоне частот  $10^{-5}$ -  $10^{10}$  Гц.

Измерение на непрерывной частоте обычно выполняются для научных целях, но на практике измеряют на некоторых стандартных частотах для контроля и оценки диэлектрических материалов, т.е. при частотах  $10^{-2}$ -  $10^{-4}$  Гц. На таких частотах для определения  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  методы моста не подходят, так как стабилизация моста занимает много времени. Поэтому удобно определять заряд образца конденсатора, измеряя разрядные токи и связи токов в  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  преобразовывая в формулы Фурье [2].

При измерении зарядного и разрядного токов конденсаторов, электроды помещая в сосуды с поверхностью  $S$  и толщиной от 0,002 до 15 мм устанавливают в измерительную коробку, и электроды подключаются к электрометрическому усилителю и источнику постоянного напряжения.

Выход электрометрического усилителя подключают к монитору. Образцу приложиться мгновенное (каскадное) напряжение с характерной зависимостью от времени током. Сначала токи быстро растут, а затем со временем замедляются.

После измерения тока в течении времени  $t$  напряжение отключается и регистрируется разрядный ток после заземления электрода. Зарядный ток является суммой токов полярности и проводимости и определяется электрическим сопротивлением тока, которое является постоянным во времени. Проводимость может компенсировать поляризованные токи, где  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  могут привести к неточным результатам. Чтобы избежать этого, ток проводимости должен быть отключен от номинального тока разряда.

Если это сложно и для определения  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  можно использовать значения тока разряда [3].

Обычно ток разряда почти равен току полярности, имеет противоположное направление. Поляризованная часть тока заряда вводится в макроскопический ток ионов  $i_p$ , который может быть необратимым и отличается от тока разряда  $i_r$ . Ток проводимости можно определить вычитанием тока разряда от тока заряда. Ток можно найти, поместив компонент полярности  $i(t)$  (или ток разряда) в ряд Фурье

$$i(t) = a_0/2 + a_1 \cos \omega t + a_2 \cos 2\omega t + \dots + a_n \cos n\omega t + b_1 \sin \omega t + b_2 \sin 2\omega t + \dots + b_n \sin n\omega t \quad (11)$$

здесь  $a_1, a_2, \dots, a_n$  имеют значения  $\varepsilon''(\omega), \varepsilon''(2\omega), \dots, \varepsilon''(n\omega)$  и  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  имеют значения  $\varepsilon'(\omega), \varepsilon'(2\omega), \dots, \varepsilon'(n\omega)$ . Для каждого  $\omega$  значения  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  определяются по формуле Фурье.

$$\varepsilon' = \left( \frac{1}{\varepsilon_0 E} \right) \int_0^\infty i \cos \omega t dt$$

$$\varepsilon'' = \left( \frac{1}{\varepsilon_0 E} \right) \int_0^\infty i \sin \omega t dt; \quad (12)$$

Частота определяется по формуле:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{t} \quad (13)$$

где  $f$  - частота,  $t$  - время, измеренное от начала заряда.

На рисунке 2 показано зависимости действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости от частоты при комнатной температуре.

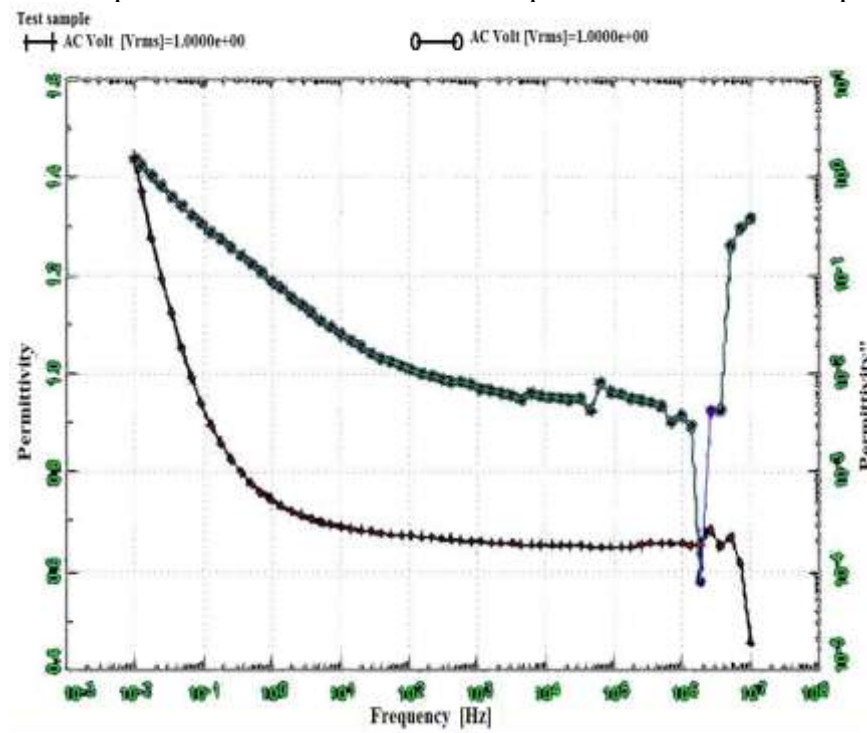


Рис.2.

Как видно из рис.2. диэлектрические потери практически не изменяются в диапазоне частот  $10^1 - 10^3$  Гц. Его значение составляет  $\text{tg} \delta = 1,7$ . Это указывает на то, что новый образец трансформаторного масла TRM-AA соответствует диэлектрическим потерям обычных стандартных трансформаторных масел.

Авторы выражают благодарность доценту физического факультета Санкт-Петербургского педагогического университета Дмитрию Эдуардовичу Темнову который помог получить эти результаты.

#### **References:**

1. Blayt. E.R, Blur D. Elektricheskie svoystva polimerov. Per. s angl. – M.:Fizmatlit, 2008.-376 s.
2. Sajin B.I. i dr. Elektricheskie svoystva polimerov. L., Ximiya, 1970, 376s.
3. Lusheykin G.A. Metodi issledovaniya elektricheskix svoystv polimerov. M., Ximiya, 1988, 160s
4. N.N.Trofimov, M.Z.Kanovich, E.M.Kartashov, V.I.Natrusov, A.T. Ponomarenko, V.G.Shevchenko, V.I.Sokolov, I.D.Simonov-Emelyanov. Fizika kompozitsionnix materialov. M.:Mir, 2005, t.1,2.