

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Абдуназаров Ахлидин Абдурашиитович
ст. препод. кафедры химии, Наманганский государственный университет
Узбекистан, г. Наманган
E-mail: ahliddin1985@mail.ru

Хамидов Босит Набиевич
д-р технических наук профессор
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Узбекистан, г. Ташкент

Кучкаров Хошимжон Ортикович
канд. физико-математических наук,
Наманганский государственный университет
Узбекистан, г. Наманган

THE MEASUREMENT METHOD OF DIELECTRIC CAPACIVITY AND DIELECTRIC LOSS OF TRANSFORMER FLUID

Akhlidin Abdunazarov
Senior Lecturer, Department of Chemistry, Namangan State University
Uzbekistan, Namangan

Bosit Khamidov
Doctor of Technical Sciences Professor
Institute of General and Inorganic Chemistry,
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Uzbekistan, Tashkent

Khoshimzhon Kuchkarov
candidate of physical and mathematical sciences, Namangan State University
Uzbekistan, Namangan

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены диэлектрические проницаемости и тангенс угла диэлектрических потерь масел, полученных из местного сырья. В лаборатории были изучены зависимости реальные и мнимые части диэлектрической проницаемости от частоты при комнатной температуре и определены соответствие стандарту по физико-химическим характеристикам масла на основе результатов анализа.

ABSTRACT

This article presents the dielectric constant and the tangent of the dielectric loss angle of oils obtained from local raw materials. The laboratory studied the dependences of the real and imaginary parts of the dielectric constant on frequency at room temperature and determined compliance with the standard for the physicochemical characteristics of the oil based on the results of the analysis.

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

Keywords: dielectric, dielectric loss, time, alternating current, oil, angle tangent.

Поведение диэлектриков в переменном электрическом поле характеризуется диэлектрической проницаемостью и диэлектрическими потерями. Диэлектрическая проницаемость ϵ' 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 переходе электрического тока через конденсатор с диэлектриком. Если переменное электрическое поле $U(t)$ с частотой f приложится в конденсатор с диэлектриком, $U(t) = U_{\max} \sin \omega t$, где $\omega = 2\pi f$, то заряд на пластинах конденсатора $Q = CU$, ток текущий через конденсатор

$$\begin{aligned} J_p &= \frac{dQ}{dt} = C \frac{dU(t)}{dt} = CU_{\max} \omega \sin \omega t = \\ &= J_{\max} \cos \omega t = J_{\max} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \end{aligned}$$

здесь J_p – реактивный ток (ток сдвига). Как мы видим, J_p опережает силу тока на $\frac{\pi}{2}$, то есть на 90° .

Потребление энергии приводит к переориентации диполей (что эквивалентно возникновению острой изменчивости) и к поверхности компонента I_a зависимого от напряжения активного тока из-за

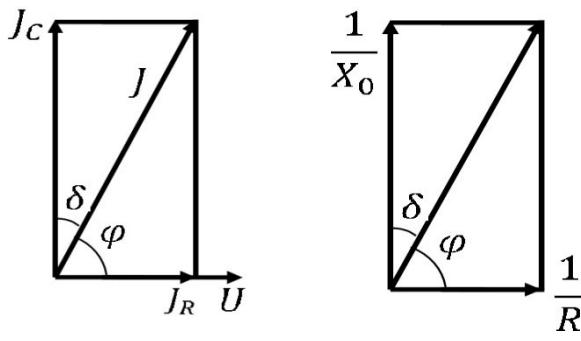


Рисунок 1. Диаграмма компонентов комплексной диэлектрической проницаемости напряжений, токов, резисторов и их эквивалентная схема

Организатор активного ингредиента тока определяется по формуле $J_a = \omega C_0 \epsilon'' U$, организатор реактивного тока по $J_p = j\omega C_0 \epsilon' U$. Диэлектрические потери можно рассчитать по следующей формуле.

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \quad (7)$$

Конденсатор с диэлектриком внутри имеющий диэлектрические потери может быть представлен в виде схемы эквивалентного конденсатора с такой же емкостью не имеющего диэлектрические потери и

наличия диэлектрической проводимости. На рисунке 1 ниже показаны векторные диаграммы напряжения и тока. Результирующий ток $I_n = I_a + I_p$ опережает вектор напряжения U на угол ϕ . К этому углу добавляется дополнительный угол δ , который называется углом диэлектрической проницаемости, где $\delta = 90^\circ - \phi$. Потеря энергии при прохождении тока через образец конденсатора C :

$$W = J_a U = U J_p \operatorname{tg} \delta \quad (3)$$

$$\text{где } J_p = U \omega C.$$

Таким образом, диэлектрические потери пропорциональны тангенсу угла диэлектрических потерь.

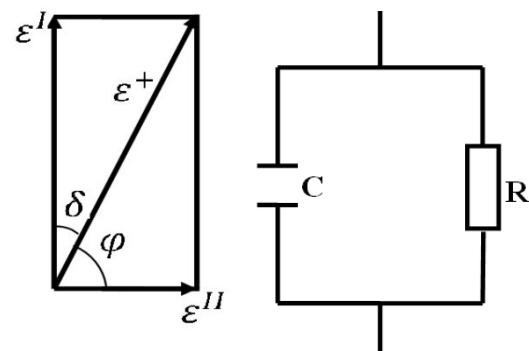
$$\operatorname{tg} \delta = J_a / J_p \quad (4)$$

Диэлектрическая проницаемость может быть выражена комплексным термином ϵ^* состоящим из действительной ϵ' и мнимой ϵ'' частей.

$$\epsilon^* = \epsilon' + j\epsilon'' \quad (5)$$

Где $J = \sqrt{-1}$. В этом случае ток проходящий через конденсатор будет равен следующему:

$$J = \epsilon^* C_0 \frac{dU}{dt} = j\omega C_0 U \epsilon^* = \omega C_0 (\epsilon'' + j\epsilon') U$$



параллельным резистором R , как показано на рисунке 1.

Таким образом, параметрами, характеризующими масляные диэлектрики в переменном электрическом поле, являются ϵ' и ϵ'' или ϵ' и $\operatorname{tg} \delta$ [1]. Для подробного изучения состояния масляных диэлектриков в переменном электрическом поле исследуются отношения ϵ' и ϵ'' (ϵ' и $\operatorname{tg} \delta$) к температуре и частотам в данном интервале. После получения этих связей можно охарактеризовать подвижность молекул в масле, функцию распределения времени высвобождения диполей.

Таким образом, диэлектрическая проницаемость ϵ является относительной диэлектрической проницаемостью.

Абсолютная диэлектрическая проницаемость ϵ (в системе СИ) является величиной ϵ_0 . Здесь ϵ_0 - электрическую постоянную ($8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м) иногда называют диэлектрической проницаемостью вакуума. В диэлектриках значения ϵ' и ϵ'' измеряются частотой колеблющейся в широком диапазоне 10^{-5} - 10^{10} Гц.

Непрерывные измерения частоты обычно выполняются в научных целях, но на практике некоторые измерения производятся на некоторых стандартных частотах для контроля и оценки диэлектрических материалов, т.е. измерения при 10^2 - 10^4 Гц или менее в очень небольшом диапазоне частот в основном выполняются для получения информации о поведении молекул, ответственных за деформацию при длительных напряжениях, процессе генерации зарядов напряжения и поляризации в постоянном электрическом поле. На таких частотах для определения ϵ' и ϵ'' методы моста не подходят, так как стабилизация моста занимает много времени. Поэтому удобно определять заряд образца конденсатора, измеряя разрядные токи и связи токов в ϵ' и ϵ'' преобразовывая в формулы Фурье [2].

При измерении зарядного и разрядного токов конденсаторов, электроды помещая в сосуды с поверхностью С 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 подключен к монитору. Образцу дается 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 ток регистрируется путем подключения заземления к электроду выше.

Зарядный ток является суммой токов полярности и проводимости и определяется электрическим сопротивлением тока, которое является постоянным во времени. Проводимость может компенсировать поляризованные токи, где ϵ' и ϵ'' могут привести к

неточным результатам. Чтобы избежать этого, ток проводимости должен быть отключен от номинального тока разряда.

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 отличаться от тока разряда i_p . Ток проводимости может быть определен путем вычитания тока разряда от тока заряда. Ток можно найти, поместив компонент полярности $i(t)$ (или ток разряда) в ряд Фурье.

$$i(t) = a_0/2 + a_1 \cos \omega t + a_2 \cos 2\omega t + \dots + a_n \cos n\omega t + b_1 \sin \omega t + b_2 \sin 2\omega t + \dots + b_n \sin n\omega t \quad (9)$$

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

$$\epsilon' = \left(\frac{1}{\epsilon_0 E} \right) \int_0^\infty i \cos \omega t dt; \quad (10)$$

$$\epsilon'' = \left(\frac{1}{\epsilon_0 E} \right) \int_0^\infty i \sin \omega t dt; \quad (11)$$

Частота определяется по формуле:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{t} \quad (12)$$

Где f - частота, t - время, измеренное от начала заряда. Диэлектрическая потеря определяется нахождением обоих величин.

На рисунке 3 ниже показано соединение действительной и мнимой частей диэлектрического проницаемости к частоте при комнатной температуре.

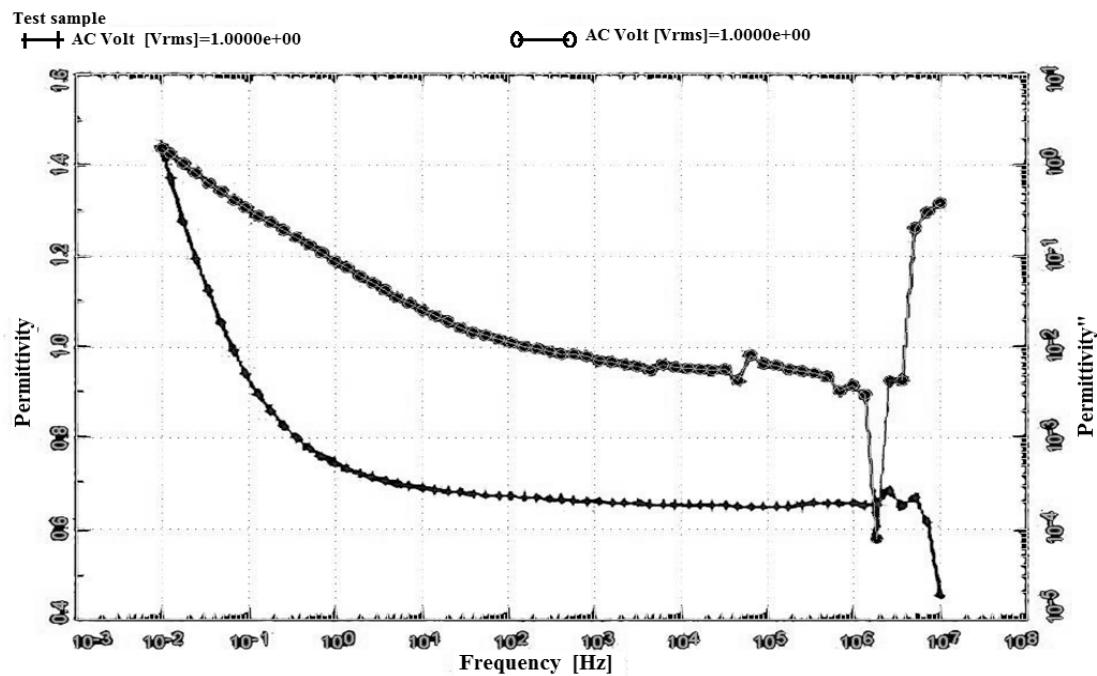


Рисунок 3. Соединение действительной и мнимой частей диэлектрического проницаемости к частоте при комнатной температуре

По-видимому, диэлектрические потери практически не изменяются в диапазоне частот 10^1 – 10^3 Гц. Его значение составляет $\operatorname{tg}\delta \approx 1,7$. Это указывает на то, что новый образец трансформаторного

масла TRM-АА соответствует диэлектрическим потерям обычных стандартных трансформаторных масел.

Список литературы:

1. Блайт. Э.Р, Блур Д. Электрические свойства полимеров. Пер. с англ. –М.:Физматлит, 2008.-376 с.
2. Сажин Б.И. и др. Электрические свойства полимеров. Л., Химия, 1970.
3. Лущейкин Г.А. Методы исследования электрических свойств полимеров. М., Химия, 1988, 160с.
4. Н.Н.Трофимов, М.З.Канович, Э.М.Карташов, В.И.Натрусов, А.Т. Пономаренко, В.Г.Шевченко, В.И.Соколов, И.Д.Симонов-Емельянов. Физика композиционных материалов. М.: Мир, 2005, т.1,2.