

КОРРЕЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И ВЯЗКОСТИ ДВУХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ СЕРИИ CASTROL

О. А. Кожевникова

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

В данной работе представлены результаты измерений диэлектрических свойств двух синтетических моторных масел. С помощью высокочастотного прецизионного анализатора WK 6500B исследованы температурные зависимости удельной электрической проводимости чистого синтетического моторного масла марки Castrol Magnatec 5W-30 и Castrol Edge Professional LongLife 5w-30.

Синтетическое моторное масло – субстанция, полученная в результате химического синтеза, содержащая в себе полноценный пакет присадок, которые помогают защищать двигатель от перегрева, уменьшают износ деталей при пуске и очищают двигатель от различных отложений и нагара.

По главному назначению присадки объединяют в несколько групп: вязкостные присадки, присадки, улучшающие смазочные свойства, антиокислительные присадки, антикоррозионные присадки, моющие присадки и другие. В результате в число основных свойств входит, например, общее щелочное число, которое показывает, что среди компонентов имеются поверхностно активные вещества, которые составляют основу ингибиторов коррозии, и присадки против ржавления. Поверхностно активные вещества представляют собой слабые электролиты. В результате их диссоциации в базовом масле возникают как положительные, так и отрицательные ионы, возможно мицеллообразование, что обеспечивает моющее действие. Следовательно, моторное масло оказывается раствором слабых электролитов. При исследовании моторных масел методами диэлектрметрии мы сталкиваемся с необходимостью учёта ионной и электрофоретической проводимостей, так как носителями тока могут быть ионы (образующиеся вследствие диссоциации присадок и примесей в базовом масле), либо более крупные (коллоидные) заряженные частицы молионы. Коллоидные частицы могут абсорбировать находящиеся в моторном масле свободные ионы, приобретая заряд. Такие частицы часто и называют молионами [1].

Американской ассоциацией автомобильных инженеров (SAE) разработана классификация моторного масла по вязкости, которая описывает вязкость того или иного автомасла при разных рабочих температурах.

В табл. 1 представлены основные технические характеристики моторных масел Castrol Edge Professional LongLife 5w-30 (Масло 1) и Castrol Magnatec 5W-30 (Масло 2) [2]. Данные моторные масла имеют одинаковую вязкость по SAE, но различные технологии изготовления.

Таблица 1. Технические характеристики масел

Характеристика масла	Масло 1	Масло 2
Относительная плотность при 15 °С	0,851 г/мл	0,85 г/мл
Кинематическая вязкость при 40 °С	70 мм ² /с	65,8 мм ² /с
Кинематическая вязкость при 100 °С	12 мм ² /с	11,4 мм ² /с
Динамическая вязкость при -30 °С	5800 сПа	5860 сПа
Индекс вязкости	170	169
Температура застывания	-42° С	-42° С
Температура вспышки	202 °С	200 °С

В качестве измерительной ячейки применен воздушный подстроечный конденсатор КПВ – 50 пФ, который помещался в стеклянную ампулу и заполнялся исследуемым маслом. Для увеличения температуры масла в измерительной ячейке использовался медный стакан с нагревателем.

Были сделаны измерения зависимости ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь от частоты при различных температурах. Моторные масла являются неполярными диэлектриками, т.к. диэлектрическая проницаемость $\epsilon=2\div3$. Для температур $t=40\text{ °С}$ и $t=100\text{ °С}$ построена зависимость обратного фактора диэлектрических потерь от частоты.

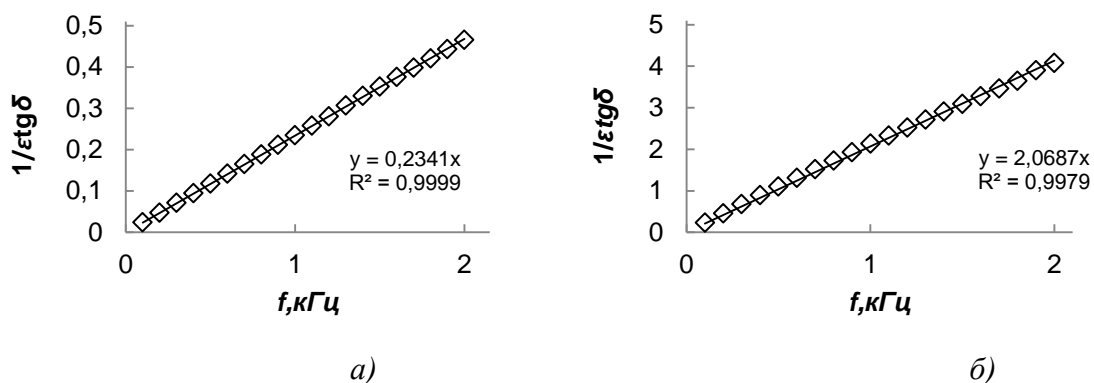


Рис. 1. Зависимость обратного фактора диэлектрических потерь от частоты при $t=40\text{ °С}$ (а) и $t=100\text{ °С}$; (б) моторного масла Castrol Edge Professional Long Life 5w-30

Путём аппроксимации графика линейным трендом или полиномом второй степени можно вычислить электропроводность масла в См/м по известной формуле [2]

$$\gamma = \frac{1}{1,8 \cdot 10^{10} \cdot k}, \quad (1)$$

где k – угловой коэффициент (первая производная линии тренда) в начале координат.

В табл. 2 представлены результаты измерения удельной электрической проводимости при температурах $t=40\text{ °С}$ и $t=100\text{ °С}$, а также энергии активации моторных масел.

Таблица 2. Результаты измерения удельной электрической проводимости

Величина	Масло 1	Масло 2
γ , нСм/м при $t=40^\circ\text{C}$	25,3	17,3
γ , нСм/м при $t=100^\circ\text{C}$	237,4	183,2
W_a , эВ	0,38	0,39

На рис. 2 построена зависимость удельной электрической проводимости от температуры.

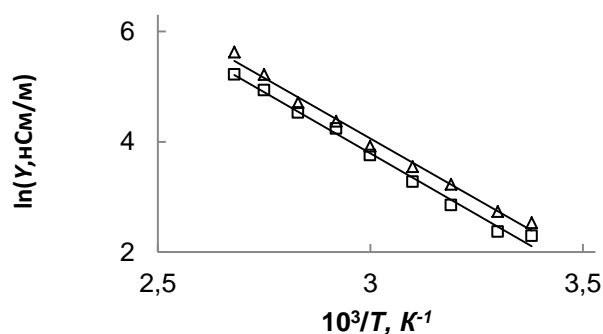


Рис. 2. Зависимость удельной электрической проводимости от обратной температуры, Δ - масло 1, \square - масло 2

На основании полученных при выполнении работы экспериментальных данных можно сделать следующий вывод. Удельная электрическая проводимость чистых моторных масел Castrol Magnatec 5W-30 и Castrol Edge Professional Long Life 5w-30 с ростом температуры увеличивается. Вязкости различных масел при фиксированных температурах несколько отличаются (рис. 3), диэлектрические свойства представлены на рис. 3 – 4.

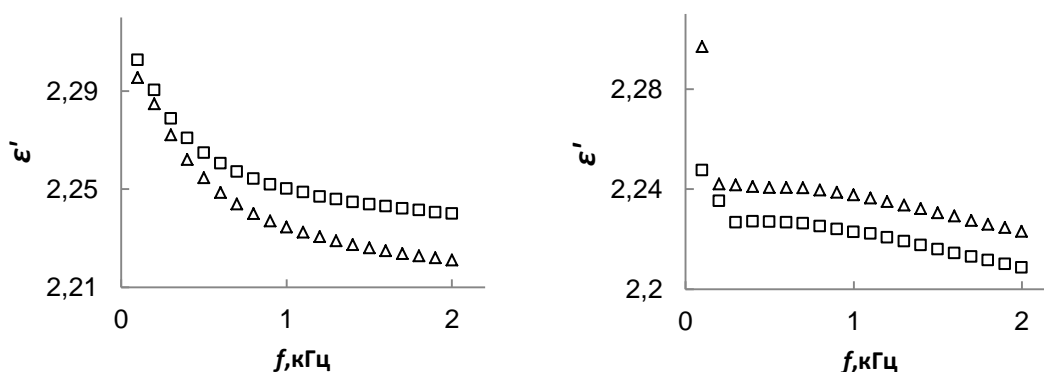


Рис. 3. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты при $t=40^\circ\text{C}$ и $t=100^\circ\text{C}$, соответственно, Δ - масло 1, \square - масло 2

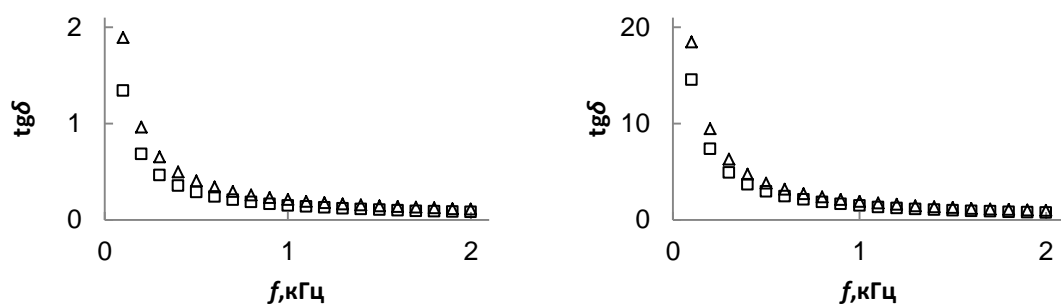


Рис. 4. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты при $t=40^{\circ}\text{C}$ и $t=100^{\circ}\text{C}$, соответственно, Δ - масло 1, \square - масло 2

В литературе часто дается ссылка на правило Вальдена-Писаржевского, в котором говорится о том, что произведение вязкости η на удельную электрическую проводимость жидкого диэлектрика γ есть величина постоянная [1, 3]

$$\gamma\eta = \text{const.} \quad (2)$$

На основании полученных результатов удельной проводимости масел и табличных значений вязкостей при $t=40^{\circ}\text{C}$ и $t=100^{\circ}\text{C}$ (табл. 1) делаем вывод, что правило Вальдена-Писаржевского не выполняется, тогда при $m = 0,786$ для масла 1 и $m = 0,746$ для масла 2 выполняется соотношение

$$\gamma^m \eta = \text{const.}, \quad (3)$$

что свидетельствует о том, что в обоих маслах темп нарастания электропроводности при нагревании выше темпа уменьшения вязкости. Этот факт мы связываем с увеличением концентрации ионных носителей электрического тока (термодиссоциацией) [4].

Список литературы

1. Тареев Б. М., Физика диэлектрических материалов. М.: Энергоиздат, 1982. 320 с.
2. <http://www.castrol.com>
3. Новиков В. В. Применение прецизионных методов радиофизических измерений при исследовании жидких диэлектриков // Дипломная работа. Пермь, 2014.
4. Френкель Я. И. Кинетическая теория жидкостей. Л.: Наука, 1975. 592 с.