

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ

А.Б. Григоров, ассистент, НТУ «ХПИ», И.С. Наглюк, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Обоснована зависимость между диэлектрической проницаемостью моторных масел и их физико-химическим составом. Установлено, что между диэлектрической проницаемостью моторных масел и их сульфатной золой существует сильная корреляционная зависимость.

Ключевые слова: диэлектрическая проницаемость, базовое масло, сульфатная зола, присадки, идентификация.

ДИЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОТОРНИХ ОЛИВ

А.Б. Григоров, асистент, НТУ «ХПІ», І.С. Наглюк, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Обґрунтовано залежність між діелектричною проникністю моторних олиव і їхнім фізико-хімічним складом. Встановлено, що між діелектричною проникністю моторних олив і їхньою сульфатною золою існує сильна кореляційна залежність.

Ключові слова: діелектрична проникність, базове мастило, сульфатна зола, присадки, ідентифікація.

DIELECTRIC PROPERTIES OF MOTOR OILS

A. Grigorov, assistant, NTU «KhPI», I. Naglyuk, associate professor, cand. eng. sc., KhNAHU

Abstract. The dependence between the dielectric permeability of motor oils, their physical and chemical structure is proved. It is established that between the dielectric permeability of motor oils and their sulphatic ashes there is a strong correlation dependence.

Key words: inductive capacity, base oil, sulfate ash, additive, identification.

Введение

Современные тенденции проектирования и эксплуатации автомобильных двигателей заключаются в увеличении их технического ресурса, который существенным образом зависит от качества применяемого смазочного масла. Однако в продаже наряду с оригинальными, качественными моторными маслами все чаще встречаются и фальсифицированные масла, применение которых приводит к снижению запроецированного технического ресурса автомобильных двигателей. Поэтому решение вопросов, связанных с оперативным контролем качества и иденти-

фикацией масел, является весьма актуальной задачей.

Анализ публикаций

На сегодняшний день для определения качества моторных масел используют целую совокупность показателей, перечень которых установлен в ДСТУ 4106-2002. Однако эти показатели полностью не пригодны для оперативного определения качества масел в местах их непосредственного применения (АТП, СТО), так как для применения этих показателей необходимо использовать специализированную химическую лабораторию.

Учитывая все вышеизложенное в работах [1, 2], для оперативного контроля качества как чистых, так и отработанных моторных масел предлагается использовать параметр диэлектрической проницаемости ε , что в значительной мере упростит процедуру контроля качества и идентификации масел.

Цель и постановка задачи

Моторные масла, в зависимости от природы базового масла и пакета вводимых присадок, обладают определенными диэлектрическими свойствами, а следовательно, и значением параметра ε . Поэтому целью данной статьи является обоснование зависимости между составом моторных масел и параметром ε .

Рассматривая базовое масло, отметим, что сегодня в Украине на нефтеперерабатывающих заводах широко производятся минеральные базовые масла, получаемые при переработке мазута под вакуумом [3]. В странах Европы и США наряду с нефтяными базовыми маслами для эксплуатации современных двигателей внутреннего сгорания в широком диапазоне температур применяют полученные направленным синтезом – синтетические. Известно, что для производства синтетических базовых масел производители применяют полиолефины, полиэфиры фосфорной и кремневой кислот [4]. В ряде случаев, прежде всего из экономических соображений, находят применение масла, полученные смешиванием минерального и синтетического базового масла в различных соотношениях – полусинтетические.

Диэлектрические свойства базовых масел обусловлены наличием полярных и неполярных молекул, а также характером связей между ними. Большинство молекул базовых масел нефтяного происхождения, а также синтетических на основе поли- α -олефинов состоят из атомов, связанных неполярной связью, что обуславливает хорошие диэлектрические свойства этих базовых масел. По сравнению с базовыми маслами на основе поли- α -олефинов, масла на основе полиэфи-ров фосфорной и кремневой кислот вследствие присутствия в них кислорода, который особенно склонен к поляризации, обладают худшими диэлектрическими свойствами. Под действием электрического поля неполярные молекулы базового масла смещаются, что вызывает появление поляризацион-

ных токов или токов смещения. Полярные молекулы базового масла стремятся повернуться так, чтобы их оси совпадали с направлением действия поля, что приводит к возникновению поляризационных зарядов и поляризации молекул базового масла. Чем больше величина поляризационных зарядов, возникающих в моторном масле при наложении на него электрического поля, тем больше величина диэлектрической проницаемости базового масла [5].

Для качественной оценки влияния присадок на диэлектрическую проницаемость моторных масел рассмотрим упрощенную модель системы, в которой частички присадок имеют форму куба с ребром a (средний размер) и расположены в узлах прямоугольной решетки на расстоянии b одна от другой в каждом ряду (рис. 1).

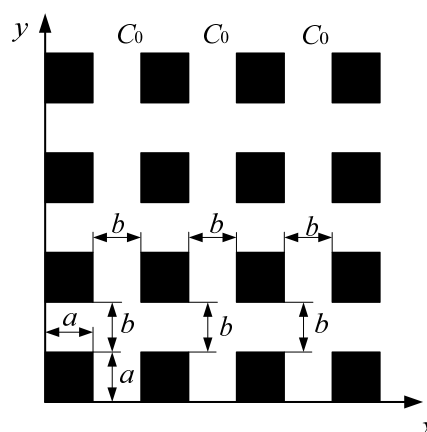


Рис. 1. Модель масла с равномерно распределенными частицами присадок

Тогда емкость одного линейного круга для каждой оси координат

$$C_{x(i)} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon a^2}{Nb}, \quad (1)$$

где N – количество частиц присадок вдоль каждой оси ($N_x = N_y = N_z = N$); ε – диэлектрическая проницаемость базового масла.

Для трехмерной системы C_{xyz} имеем параллельное соединение N конденсаторов емкостью C_{xy} , то есть

$$C_{xyz} = C_{xy} \cdot N = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon a^2}{b} \cdot N. \quad (2)$$

С другой стороны, емкость C_{xyz} можно записать в виде

$$C_{xyz} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon' \cdot N^2 a^2}{N(a+b)} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon' a^2}{a+b} N, \quad (3)$$

где ε' – диэлектрическая проницаемость моторного масла с присадками; ε_0 – диэлектрическая постоянная.

Приравняв уравнения (2) и (3), получим

$$\varepsilon' = \frac{a+b}{b} \varepsilon. \quad (4)$$

Для трехмерной структуры отношение линейных параметров a и b можно выразить через объемные параметры: V – общий объем моторного масла с присадками и V_0 – общий объем присадок.

$$\left(\frac{a+b}{b} \right)^3 = \frac{V}{V-V_0}. \quad (5)$$

Учитывая это соотношение и осуществляя некоторые преобразования, формулу (4) можно подать в виде

$$\varepsilon' = \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{3} \omega} \right) \varepsilon, \quad (6)$$

где ω – относительная концентрация проводящих частиц присадок.

Из уравнения (6) следует, что с увеличением в масле относительной массовой концентрации ω присадок, будет наблюдаться возрастание величины параметра ε' масла.

Экспериментальные исследования

В соответствии с классификацией SAE для исследования были взяты 20 масел с классом вязкости 15W-40, 20 масел с классом вязкости 10W-40 и 20 масел с классом вязкости 5W-40, наиболее часто встречающихся на Украинском рынке нефтепродуктов. Для этих масел была измерена величина ε с последующим расчетом ее среднего значения по каждой марке (классу вязкости), которая представлена на рис. 2.

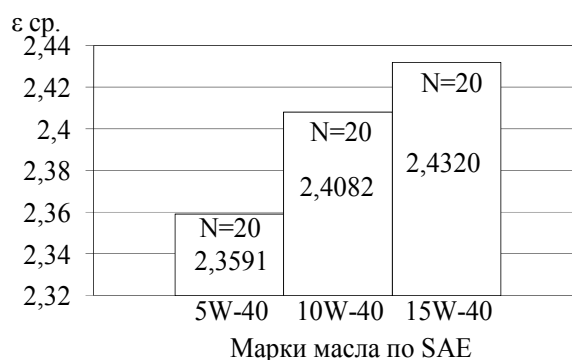


Рис. 2. Средние значения ε масел различных марок (классов вязкости) по SAE

Показатель ε моторных масел наиболее тесно связан с таким физико-химическим показателем качества, характеризующим количество металлосодержащих присадок в масле, как сульфатная зола, определяемая по ГОСТ 12417 (рис. 3).

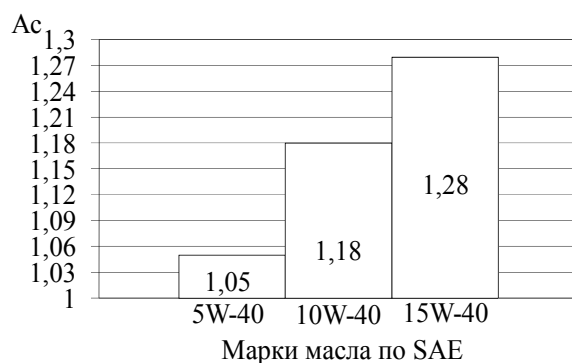


Рис. 3. Средние значения сульфатной золы для масел различных марок (классов вязкости) по SAE

Как показано на рис. 3, самое низкое значение сульфатной золы наблюдается у синтетических моторных масел, самое высокое значение – у минеральных масел. Полусинтетические масла по величине сульфатной золы занимают промежуточное значение между синтетическими и минеральными маслами. Значение коэффициента корреляции, выступающего мерой зависимости между параметром ε и сульфатной золой, равно $r = 0,87$, а значит, корреляция сильная.

Выводы

Результаты исследований показали, что наименьшим значением ε обладают всесезонные синтетические масла с классом вязкости 5W-40, наибольшим значением ε – всесезонные минеральные масла с классом вязкости

15W-40. Это объясняется тем фактом, что для получения заданных свойств в минеральные масла добавляют большее количество металлосодержащих присадок, чем в синтетические масла. Что касается всесезонных полусинтетических моторных масел с классом вязкости 10W-40, то по величине ε они занимают промежуточное значение между синтетическими и минеральными маслами.

Литература

1. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Слободской С.А. Диэлектрическая проницаемость как комплексный показатель, характеризующий изменение качества моторных масел в процессе их эксплуатации // Вестник национального технического университета «ХПИ». – Х.: НТУ «ХПИ». – 2006. – №25. – С. 169–175.

2. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Наглюк И.С. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации // Автомобильный транспорт. – Х.: ХНАДУ. – 2007. – №20. – С. 95–97.
3. Черножуков Н.И., Крейн С.Э., Лосиков Б.В., Черножуков Н.И. Химия минеральных масел. – ГосТопТехИздат, 1951. – 307 с.
4. Мамедьяров М.А. Химия синтетических масел. – Л.: Химия, 1989. – 240 с.
5. Майофис И.М. Химия диэлектриков. – М.: Высшая школа. – 1970. – 320 с.

Рецензент: Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., ХНАДУ

Статья поступила в редакцию 8 июля 2009 г.