

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

^{a,b}Доценко О.А., ^aЖуравлев В.А., ^aКосых Д.С.

^a*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

^b*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Томск, Россия*

В настоящее время в науке и промышленности наблюдается широкое исследование так называемых «умных» материалов, представителями которых являются магнитные жидкости. Быстрое время отклика на приложенное магнитное или электрическое поле и обратимое изменение демпфирующих свойств магнитных жидкостей могут использоваться в создании элементов электрических цепей нового поколения.

В работе представлены результаты измерений диэлектрической проницаемости двух видов магнитной жидкости: промышленно выпускаемого образца на основе керосина и образца, изготовленного в лабораторных условиях на основе глицерина. В качестве магнитной фазы в образцах используется магнетит.

Измерения емкости и активного сопротивления слоя магнитной жидкости проводились конденсаторным методом с помощью LCR измерителя Agilent E4980 в частотном диапазоне от 20 Гц до 2 МГц. Измерительной ячейкой являлся прямоугольный плоский конденсатор, изготовленный методом 3D печати. При расчетах действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости были учтены краевые эффекты, присутствующие в измерительной ячейке. Для этого перед измерением образцов проводилась калибровка измерительной установки. В качестве эталонных жидкостей использовались вода ($\epsilon = 81$ отн. ед. при 20 °С) и глицерин ($\epsilon = 47,5$ отн. ед. при 20 °С).

В процессе эксперимента измерительный конденсатор ориентировался во внешнем поле таким образом, что его пластины располагались параллельно или перпендикулярно линиям напряженности магнитного поля.

Для промышленно выпускаемой магнитной жидкости измерения проводились непосредственно после приобретения и спустя один и два года для наблюдения за эффектом старения.

Сравнение полученных частотных зависимостей для исходной магнитной жидкости и для магнитной жидкости, находящейся во внешнем поле, показало ярко выраженную реакцию на внешнее поле у образца магнитной жидкости непосредственно после покупки и через один год. При этом наблюдается уменьшение относительного изменения $\epsilon'(f)$ и увеличение относительного изменения $\epsilon''(f)$ с увеличением частоты при расположении пластин измерительного конденсатора перпендикулярно линиям напряженности внешнего магнитного поля. Этот результат можно использовать при изготовлении датчиков магнитного поля, в составе которых находится магнитная жидкость.

Полученные результаты также показали, что для образца магнитной жидкости, изготовленного два года назад, наблюдается немонотонная зависимость относительных изменений $\epsilon'(f)$ и появления на ней максимума, в то время как на $\epsilon''(f)$ не проявились изменения частотных зависимостей. Подобное поведение относительных изменений $\epsilon'(f)$ наблюдалось у изготовленного лабораторного образца магнитной жидкости и его можно связать с использованием в его составе микроразмерного магнетита. Из этого результата можно заключить, что при хранении происходит старение промышленно выпускаемой магнитной жидкости с образованием в ней микроразмерных агломератов из наночастиц. Таким образом, использование конденсаторного метода измерений магнитной жидкости позволяет определить ее внутреннюю структуру.