

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИЗМЕРИТЕЛЯ ИМПЕДАНСА

Мязин Г. С., студ.; Кузнецов Д. Н., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Сегодня повсеместно используются композитные материалы, но заранее предугадать свойства для новых композитов не представляется возможным. Для этого приходится создавать образец, а затем оценивать его свойства. Так например на химическом факультете Донецкого национального университета проводятся подобные исследования.

Для данной задачи необходимо специальное оборудование, такое как импедансный анализатор, т.к. по электрическим свойствам можно многое узнать о свойствах материала.

Целью работы является обоснование структурной схемы измерителя импеданса композитных материалов.

Импедансная спектроскопия материалов основана на измерении и анализе зависимости комплексного электрического сопротивления Z (импеданса) от частоты $f = \omega/2\pi$ переменного тока. С ее помощью можно определить структурные особенности материалов (распределение электропроводящих частиц по объему диэлектрического материала, группировка частиц в кластеры), микроскопические параметры (размеры кластеров, их локальное сопротивление) и другие характеристики. Одним из этапов обработки результатов измерений импеданса на переменном токе является построение и анализ эквивалентных схем замещения, т.е. электрических цепей, имеющих ту же зависимость импеданса от частоты, что и изучаемый образец. Эквивалентные схемы состоят, как правило, из нескольких различных элементов: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности.

Так на рисунке 1 можно увидеть одну из наиболее часто применяемых схем замещения.

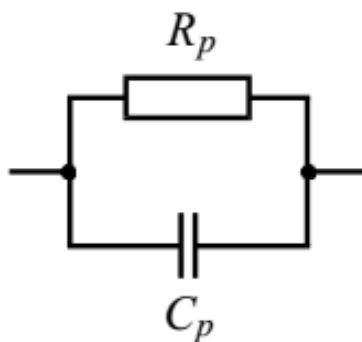


Рисунок 1 – Пример модели замещения

Вычисления колебаний тока и/или напряжения можно выполнять, представляя их в виде комплексных величин. Для этого используют алгебраическую форму:

$$z = x + i * y. \quad (1)$$

Или показательную форму:

$$z = p * e^{i*a}. \quad (2)$$

Связь между ними:

$$x = p * \cos a, y = p * \sin a \quad p = \sqrt{x^2 + y^2}, \operatorname{tg} \varphi = y/x. \quad (3)$$

Из уравнений выше видно, что достаточно измерить модуль импеданса и фазовый сдвиг чтобы получить все параметры применимые для эквивалентной схемы.

Из-за различных процессов внутри материала на различных частотах нельзя использовать одну модель во всем диапазоне измерения, но требуемый тип модели нельзя определить до измерения и построения импеданса на графике. При измерении требуется большой диапазон измерения импеданса (100 Ом – 10 кОм) и большой частотный диапазон (10 Гц – 1 МГц), т.к. фигура годографа на малом отрезке малоинформативна. На рисунке 2 изображен пример построенного годографа после измерения.

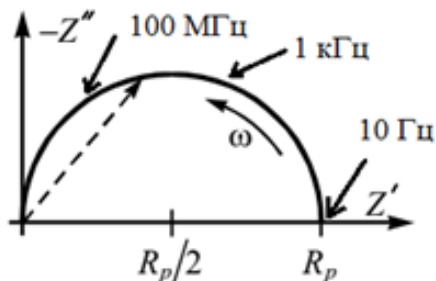


Рисунок 2 – Годограф для параллельной схемы замещения

Из всего вышеизложенного получены такие требования:

- задавать частоту (10 Гц – 1 МГц);
- измерять импеданс;
- переключение предела измерений (10 Ом – 100 кОм);
- обмен данными с ПК.

Для реализации этих требований предлагается использовать готовый управляемый генератор синусоидальных колебаний, подавать сигнал с генератора на образец и измерять падение напряжения и протекающий ток, а также фазовый сдвиг между ними и преобразовать их в напряжение для АЦП МК. Для этого предлагается использовать пиковые детекторы с усилителями для тока и напряжения и детектор фаз для фазового сдвига. Сигнал преобразуется АЦП и передается на компьютер. Структурная схема изображена на рис. 3.

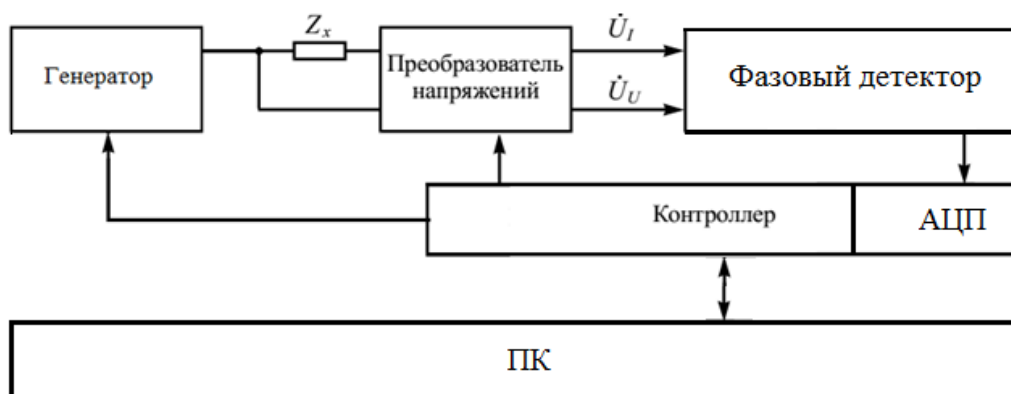


Рисунок 3 – Структурная схема измерителя импеданса

Вывод. Предложенная структура измерительной системы обеспечивает автоматическое измерение импеданса в необходимом диапазоне частот и передачу на ПК для построения графиков, необходимых для оценки свойств материала.

Перечень ссылок

1. Поклонский, Н. А. Основы импедансной спектроскопии композитов : курс лекций / Н. А. Поклонский, Н. И. Горбачук. – Минск : БГУ, 2005. – 130 с.