

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ В ОБЪЕКТАХ ТОЧНОГО ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ

Осыко А.А., группа НАП-07см

Руководитель доц. каф. ЭТ Тарасюк В.П.

Актуальность. Пищевая промышленность занимает одну из ведущих позиций среди всех отраслей производства в Украине. Усовершенствование технологий и систем в данной сфере, не перестает быть актуальным.

Правильное и эффективное ведение технологических процессов хранения и переработки зерновых культур, чая, сахарной крупы, кофе, табака невозможно без измерения влажности на каждом этапе производства. В современных экономических условиях измерение массы сырья и продукта при взаимных расчетах продавца и покупателя также строится на точном измерении и учете его влажности [1].

Измерение влажности. У подавляющего большинства материалов ε и $\operatorname{tg} \delta$

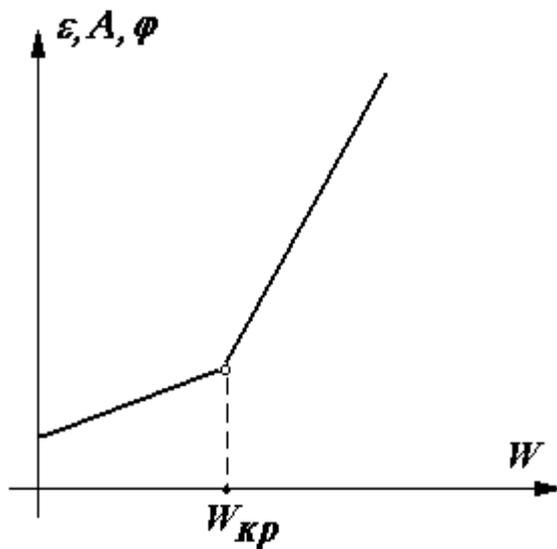


Рисунок 1 – Зависимость диэлектрических параметров от

увеличивается с ростом влажности быстрее чем, следовало бы при наличии линейного закона; относительная крутизна характеристики $\operatorname{tg} \delta(W)$, как правило, больше чем характеристики $\varepsilon(W)$. Зависимости $\varepsilon(W)$ при различных условиях измерения можно описать монотонно убывающей функциями.

В широком диапазоне влагосодержания их можно аппроксимировать ломаной прямой состоящей из двух отрезков с одной сопрягающей – «критической» влажностью

$W_{кр}$ (см. рис. 1).

Что касается абсолютных значений ε' и ε'' , то при постоянной частоте они определяются не столько электрическими параметрами сухого вещества, сколько его водоудерживающим свойствами и пористой структурой.

Во время измерения влажности сыпучих материалов органического происхождения возникают значительные погрешности, которые обусловлены нестабильностью диэлектрических потерь и пористости. Попытки измерить относительную диэлектрическую проницаемость как носителя информативного параметра на одной частоте приводят к неоднозначным результатам. Данное исследование было проведено с целью получения достоверной информации про влажность сыпучих материалов во время измерений. Известно [2-4], что диэлектрическая проницаемость материалов, которые находятся под воздействием высокочастотного электрического поля – комплексная величина

$$\underline{\varepsilon} = \varepsilon_1 + j\varepsilon_2, \quad (1)$$

где ε_1 – действительная составляющая комплексной диэлектрической проницаемости, вызванная токами смещения в диэлектрике; ε_2 – мнимая составляющая комплексной диэлектрической проницаемости, вызванная присутствием тока активной проводимости диэлектрика. Это свидетельствует о том, что исследуемый материал в первичном преобразователе имеет свойства как реактивной b_M , так и активной g_M проводимости.

Поскольку емкость датчика с материалом

$$C_M = C_0 \underline{\varepsilon}, \quad (2)$$

то её проводимость будет

$$b_M = j\omega C_M = j\omega C_0 \underline{\varepsilon} = j\omega C_0 (\varepsilon_1 + j\varepsilon_2). \quad (4)$$

С учетом (4) комплексная амплитуда тока в материале

$$\dot{I}_m = \dot{U}_m j\omega C_0 (\varepsilon_1 + j\varepsilon_2) = \dot{U}_m \omega C_0 \varepsilon_2 + j\dot{U}_m \omega C_0 \varepsilon_1 = I_{dM} + jI_{yM}. \quad (5)$$

То есть ε_2 входит в выражение для действительной составляющей комплексной амплитуды тока, которая находится в фазе с приложенным к материалу напряжением. Действительная составляющая ε_1 входит в выражение для мнимой составляющей тока материала и опережает приложенное напряжение на угол 90° . В соответствие с комплексной амплитудой тока в материале эквивалентная схема первичного преобразователя с материалом будет параллельным соединением проводимости диэлектрических потерь g_M и емкости C_M с реактивной проводимостью b_M (см. рис. 2).

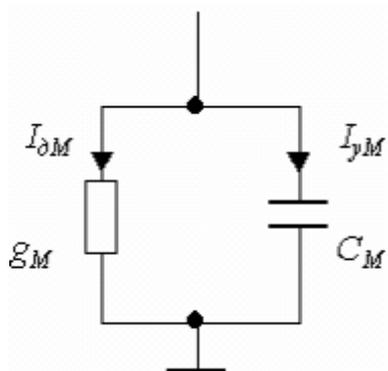


Рисунок 2 – Эквивалентная схема ПП с исследуемым материалом.

И действительная, и мнимая составляющие комплексной амплитуды тока материала являются информативными параметрами в процессе измерения влажности, но I_{dM} имеет значительную температурную нестабильность, а также зависимость от химического состава материала, который также является величиной нестабильной. Значительно лучшие температурные характеристики имеет мнимая составляющая комплексного тока I_{yM} , которая может использоваться как информативный параметр в высокочастотной влагометрии даже в измерениях на одной частоте.

Капиллярно-пористые материалы характеризуются значительным содержанием связанной жидкости $W_{связ} = (5..15 \%)$, которая по своим диэлектрическим свойствам отличается от свободной жидкости.

Диэлектрическая проницаемость свободной влаги $\epsilon_{своб} = 80..81$, когда связанная имеет $\epsilon_{связ} = 2..5$, что мало отличается от диэлектрической проницаемости сухого остатка [5, 6]. Такое большое количество связанной жидкости в капиллярно-пористых материалах объясняется присутствием в них значительной площади внутренней поверхности пор, в которых удерживается связанная жидкость в твердом состоянии.

Исследование характеристик капиллярно-пористых материалов [6] показали, что есть возможность определить как полную влажность материалов, так и содержание в них связанной жидкости. В основу метода положена зависимость коэффициента диэлектрических потерь k от влажности W (см. рис. 3).

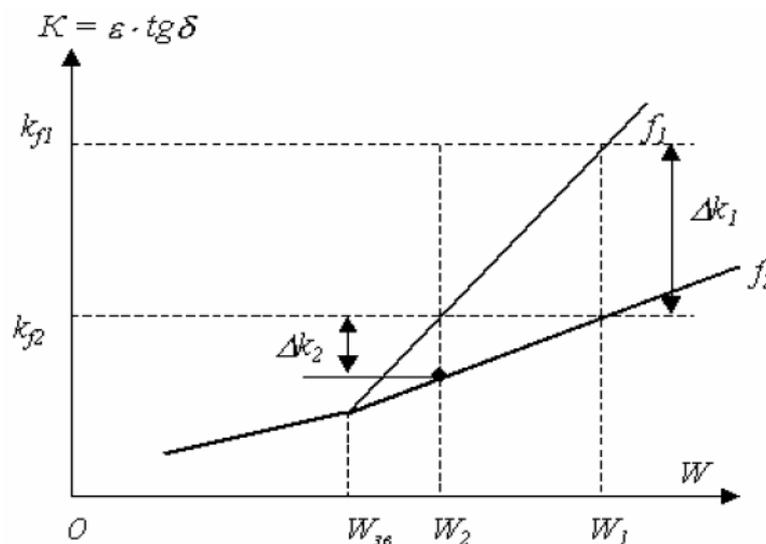


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента диэлектрических потерь материала от влажности

Выводы. Коэффициент диэлектрических потерь измеряется на двух частотах f_1 и f_2 . При этом влажности W_1 соответствует $\Delta k = k_{f1} - k_{f2}$. При

воздействии на материал теплового поля влажность будет уменьшаться, а также уменьшаться Δk . В момент времени, когда $\Delta k = 0$, свободная жидкость полностью выпарилась, значение $k_{f1} = k_{f2}$ соответствует количеству связанной жидкости в исследуемом капиллярно-пористом материале и может быть использована как эффективный информационный параметр.

Перечень ссылок

1. Берлинер М.А. Измерение влажности. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.
2. Бугров А. В. Высокачастотные емкостные преобразователи и приборы контроля качества. – М.: Машиностроение, 1982. – 94 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.
4. Де Лоор. Диэлектрические свойства гетерогенных влагосодержащих смесей // Приборы и системы управления. 1974. – №9. – С. 260 с.
5. Куцевол М. О., Куцевол О. М. Двухчастотный метод измерения влажности капиллярно-пористых материалов // В кн. «Контроль и управление в сложных системах». Материалы МНТК. Т. 2. – Виннеца 1999. – С. 230 с.
6. Лыков А.В. Теория сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов пищевой промышленности. – М.: ГИТТЛ, 1964. – 344 с.