

УДК 537. 226. 83

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В. С. Афонин, Р. В. Тропин, А. А. Макаркин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена разработке метода определения электрических характеристик сыпучего материала, в частности зерновых, с целью расчета их технологических параметров. Приведен подход, позволяющий сократить время расчета с помощью параллельных вычислений.

Ключевые слова: сыпучий материал, измерение влажности, емкостный преобразователь, электрическая схема замещения, параллельные вычисления, ПЛИС.

Одними из важнейших параметров сыпучего материала, в частности зерновых культур, является влажность, гранулометрический состав. Контроль влажности зерновых необходим на многих этапах его переработки (сбор урожая, прием на зерноперерабатывающие предприятия, хранение, размол).

Существует большое количество косвенных методов и средств определения влажности сыпучих материалов, одним из которых является емкостный метод, имеющий перед другими ряд преимуществ (отсутствие вредных излучений, большее быстродействие, большую портативность, возможность изменения размеров контролируемой зоны, более низкую стоимость) [1].

Известно что, емкостной первичный преобразователь, вместе с контролируемым веществом, на практике представляет собой не только конденсатор с диэлектрической проницаемостью измеряемого материала, но и включает в себя активные потери. Помимо активного сопротивления существует емкость связи, обусловленная зазором между электродом и контролируемым материалом. Схема замещения контролируемого материала в емкостном преобразователе представлена на рисунке 1 [2].

Для более детального анализа исследуемого материала целесообразно определить значения отдельных элементов электрической схемы замещения.

Целью работы является разработка метода определения значений элементов схемы замещения ЕПП.

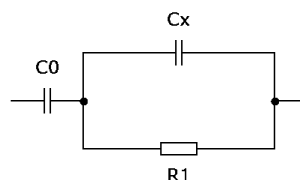


Рисунок 1 - Электрическая схема замещения сыпучего материала в ЕП

При снятии АЧХ получаем зависимость действительной и мнимой части комплексной проводимости от частоты. Форма АЧХ соответствует определенным значениям, R_x , C_x и C_0 .

Обозначим через Y_3 , G_3 , B_3 полную, активную и реактивную проводимости эквивалентной цепи. Тогда полная проводимость будет равна:

$$Y_3 = \frac{1}{R_3} + j\omega C_3 = G_3 + jB_3 \quad (1)$$

Полное сопротивление будем считать, как:

$$Z = \frac{1}{Y_3} = \frac{1}{j\omega C_0} + \frac{1}{G_x + j\omega C_x}, \quad (2)$$

где $G_x = \frac{1}{R_x}$.

Из формулы (2) получим:

$$\begin{aligned} Y_3 &= \frac{G_x \omega^2 C_0^2}{G_x^2 + \omega^2 (C_0 + C_x)^2} + j \frac{G_x^2 \omega C_0 + \omega^3 C_0 C_x (C_0 + C_x)}{G_x^2 + \omega^2 (C_0 + C_x)^2} \end{aligned} \quad (3)$$

Сравнив формулы (1) и (3) получим:

$$G_3 = \frac{G_x \omega^2 C_0^2}{G_x^2 + \omega^2 (C_0 + C_x)^2}, \quad (4)$$

$$C_3 = \frac{G_x^2 C_0 + \omega^2 C_0 C_x (C_0 + C_x)}{G_x^2 + \omega^2 (C_0 + C_x)^2}. \quad (5)$$

Как видим из формулы 4 и 5, как активная, так и реактивная составляющие полного сопротивления зависят от трех неизвестных G_x , C_x , C_0 .

Аналитическим способом решить данную задачу не представляется возможным, однако можно вычислить значения параметров численным методом.

Определим диапазон частот снятия АЧХ. Дискретизируем получившийся диапазон на конечное количество интервалов. Шаг дискретизации $\Delta\omega$, $\omega_{\min}$, $\omega_{\max}$ минимальное и максимальное значение.

В реальных условиях есть возможность теоретически или экспериментально определить значение C_0 , что существенно облегчит расчеты.

Зададим диапазоны возможных значений сопротивления R_x и ёмкости конденсатора C_x а так же шаг дискретизации для численного решения.

Перебирая различные пары значений сопротивления и конденсатора, ищем такую, при которой присутствует наименьшее расхождение с экспериментальной АЧХ. Для этого величины погрешности ε для определенных R_x и C_x вычисляем по формуле:

$$\varepsilon = \sqrt{\sum_{\omega=\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} \varepsilon_{\omega}^2}, \quad (6)$$

После нахождения пары, удовлетворяющей условиям, значений R_x и C_x , задается новый диапазон, с центром в найденных точках, но с уменьшенным шагом дискретизации.

Расчеты численным методом стандартными средствами будут занимать значительную часть времени. Поэтому рационально будет использовать параллельные вычисления для расчета активной и реактивной составляющих. Число n – количество параллельных потоков.

Существуют различные системы параллельных вычислений, например: NVIDIA Cuda, суперкомпьютеры, ПЛИС.

Основной недостаток первых двух вариантов в высокой стоимости параллельных систем – в соответствии с законом Гроша, производительность компьютера возрастает пропорционально квадрату его стоимости.

Основными преимуществами ПЛИС являются её дешевизна, габариты, меньшее энергопотребление.

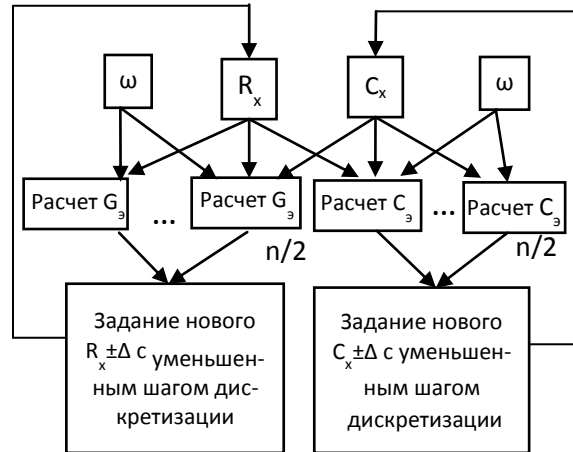


Рисунок 2 – Схема реализации параллельных расчетов

Скорость расчета параллельных операций цифровой обработки ограничена ресурсами умножителей, но в современных ПЛИС, умножители имеют большие размеры и соответственно большую скорость обработки.

Используя ПЛИС EP2C8Q208C8N фирмы Altera можно создать до 18 одновременных потоков с размером умножителей 18 на 18, используя умножители размером 9 на 9 возможно создать одновременно до 36 потоков параллельных вычислений.

Использование численного метода расчета трудоемкий и очень длительный процесс, но при использовании параллельных систем, можно ускорить вычисления. Также можно добавить дополнительную обработку полученных данных, что позволит сократить количество используемых устройств для расчетов, а также уменьшит энергопотребление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Берлинер М.А. Измерения влажности. - М.: Энергия. - 1973. - 400 с.
2. А.В. Дуда, В.С. Афонин, М.Н. Сейдуров Разработка устройства прибора для контроля влажности сыпучих материалов с использованием разделения информативного сигнала на активную и реактивную составляющие // Ползуновский альманах №2, 2010, с. 127

Афонин Вячеслав Сергеевич – к.т.н., e-mail: afonin@mail.altstu.ru;
Тропин Роман Владимирович – магистрант;
Макаркин Артем Андреевич – студент.