

# ФАЗО-АМПЛІТУДНИЙ МЕТОД ТА ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ГЕТЕРОГЕННИХ ДИСПЕРСНИХ ДІЕЛЕКТРИКІВ

Граняк В.Ф.

Науковий керівник: д-р техн. наук, проф. Кухарчук В.В.  
Вінницький національний технічний університет, Україна  
E-mail: titanxp2000@rambler.ru

**Анотація** — Запропоновано метод вимірювання вологості гетерогенних дисперсних діелектриків. Отримана математична модель смугового сенсору вологості. Запропонована структурна схема пристрою вимірювання вологості.

## 1. Вступ

Одним з основних факторів, що обмежує конкурентоспроможність вітчизняних підприємств є не достатньо висока якість готової продукції. Особливо гостро ця проблема стоїть при виробництві продуктів харчування, в тому числі і тих, що відносяться до класу гетерогенних дисперсних діелектриків.

Найбільш поширеним представником даного класу речовин, що виробляються вітчизняними підприємствами переробної галузі АПК, є вершкове масло. При чому, якість цього продукту значною мірою визначається його вологістю [1]. А так як підвищення стабільності вмісту води у даному продукті значною мірою ускладнюється відсутністю засобів вимірювання вологості, здатних забезпечити високу точність та швидкодію [2], то очевидно є необхідність покращення їх метрологічних характеристик. Тож розробка нових методів вимірювального контролю, що характеризувалися б високою точністю та швидкодією, є актуальною науковою задачею, вирішення якої має важливе прикладне значення.

## 2. Основна частина

Особливістю несиметричного смугового хвильоводу є те, що структура електромагнітного поля лінії має досить складний характер. Хоча у певному спрощенні електромагнітну хвилю, що поширюється у такому хвильоводі, можна представити у вигляді ТЕМ-хвилі. При чому, на відносно низьких частотах (ВЧ діапазону) прийняте спрощення не вносить суттєвої похибки у розрахунки [3]. Тож, ввівши обмеження на частоту інформативної хвилі, в подальшому у виведенні даної математичної моделі будемо вважати, що інформаційна хвиля є хвилею ТЕМ-типу.

Як доведено в [3], силові лінії магнітного поля концентруються в при крайовій зоні центрального провідника. Тому, враховуючи належність молочного жиру, води та діелектрику, що розміщений між центральним провідником та заземленням, до одного класу речовин з відносною магнітною проникністю, значення якої близьке до одиниці, магнітні параметри такої хвилі можна вважати постійними. Тому у подальших розрахунках доцільно враховувати лише зміну діелектричних параметрів системи.

При чому, як показано у [3], еквівалентна (ефективна) діелектрична проникність системи може бути визначена наступним виразом

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_d + \varepsilon_3}{2} + \frac{\varepsilon_d - \varepsilon_3}{2\sqrt{1 + 10h/a}} \quad (1)$$

Звідси, маючи вираз ефективної діелектричної проникності (1) системи, як показано у [4], математична залежність зміщення фази від вологості зразка можна записати у вигляді

$$\Delta\varphi = \sqrt{\frac{C_1}{C_4 - W \cdot C_5} + \frac{WC_2}{C_4 - W \cdot C_5}} - C_3,$$

де  $C_1 \dots C_5$  — постійні коефіцієнти;  $W$  — вологість зразка.

Виходячи з аналогічних міркувань, математична залежність напруги на виході сенсору вологості від вологості зразка матиме вигляд

$$U_{вих} = \frac{B_1 - B_2 \cdot W}{B_3 - B_4 \cdot W},$$

де  $B_1 \dots B_4$  — постійні коефіцієнти.

В такому випадку, структурна схема пристрою вимірювання вологості, реалізована на основі фазо-амплітудного методу, може мати вигляд, приведений на рис. 1.

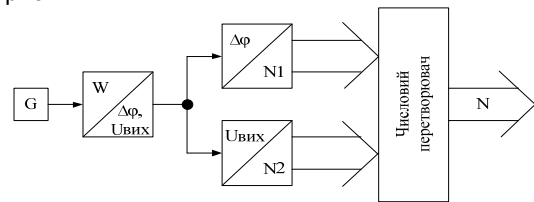


Рис. 1

## 3. Висновки

1. Запропоновано фазоамплітудний метод вимірювання вологості гетерогенних дисперсних діелектриків.

2. Установлено аналітичну залежність між вологістю і різницею фаз та вихідними параметрами смугового сенсора вологості.

3. Запропоновано структурну схему пристрою вимірювання вологості, що реалізує фазоамплітудний метод вимірювання вологості.

## 4. Список літератури

- [1] Панфилов В.А. Машины и аппараты пищевых производств / В.А.Панфилов. — М.: Высшая школа, 2001. — 703 с.
- [2] Кухарчук В.В. Дослідження параметрів затухання та зміщення фази електромагнітних хвиль від вологості середовища їх поширення / В.В. Кухарчук, В.В. Богачук, Ю.О. Дмитрієв, В.Ф. Граняк // Вісник ВПІ. — 2011. — № 4. — С. 103 — 106.
- [3] Зайцев В.В. Электростатическое моделирование полосковых линий / В.В. Зайцев, В.И. Занин, В.М. Трещов. — Самара: Универс-груп, 2005. — 52 с.
- [4] Кухарчук В.В. Математична модель несиметричного смугового сенсора вологості / В.В. Кухарчук, В.В. Богачук, В.Ф. Граняк // Вісник ВПІ. — 2012. — № 4. — С. 7 — 11.

## PHASE-AMPLITUDE METHOD AND HUMIDITY MEASUREMENT METHOD FOR HETEROGENEOUS DISPERSE DIELECTRICS

Graniak V.F.

Scientific adviser: Kuharchuk V.V.  
Vinnytsia National Technical University, Ukraine

**Abstract** — The method of the humidity measurement for heterogeneous disperse dielectrics is proposed. The mathematical model of the strip-line humidity sensor is presented. The block diagram of the device of humidity measurement is offered.