

ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬОВИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ СУХОГО МОЛОКА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано питання вимірювання вологості сухого молока за допомогою мікрохвильових методів для забезпечення оптимальної та ефективної роботи сушарки. Запропоновано методи вимірювання вологості, які відносяться до методів вимірювання у реальному часі. Застосування цих методів дозволяє вимірювати вологість, базуючись на затуханні сигналу відбитого або поглиненого зразком. Показано відмінність, що порівняно з контактним методом, безконтактне вимірювання вологості має переваги, такі як обмеження стосовно матеріалів корпусу, але існує необхідність додаткового дослідження діелектричних властивостей матеріалів корпусу.

Ключові слова: сушарка молока, сухе молоко, вимірювання вологості, засоби контролю вологості, діелектрична провідність

Abstract

Analyzed are aspects of measuring the moisture content of milk powder using microwave methods to ensure optimal and efficient operation of the dryer. The proposed methods of moisture measurement are related to real-time measurement methods. The application of this method allows measuring moisture based on the attenuation of the signal reflected or absorbed by the sample. It has been shown that, compared to the contact method, non-contact moisture measurement has advantages, such as limitations on case materials, but there is a need for additional research on the dielectric properties of case materials.

Keywords: milk dryer, milk powder, moisture measurement, moisture control equipment, dielectric conductivity

Вимірювання вологості вихідного продукту є ключовим елементом у процесі виробництва сухого молока, оскільки воно дозволяє досягти оптимальної швидкості сушіння та забезпечує ефективну роботу сушарки. Для досягнення найприйнятніших результатів вимірювання має відбуватися в режимі реального часу з достатньою для системи керування дискретністю. Слід позначити, що наряду з дотриманням параметрів процесу дуже важливим є дотримання санітарних норм. З цього слідує, що безконтактне вимірювання більш доцільне. У випадку контакту датчику з продуктом корпус передавача-приймача має бути виконаний з матеріалів, стійких до м'яких засобів на основі лугу, кислоти тощо.

Мікрохвильовий метод належить до категорії неруйнівних непрямих методів, маючи свої переваги як швидкість визначення вологості та відсутність руйнування матеріалу. В основі метод полягає в високочастотному вимірювальному сигналі, який перебуває в гігагерцовому діапазоні. Енергія що поглинається матеріалом зразка під час кожного вимірювання, коливається від 10 мВт до 10 Вт [1].

Під час використання цього методу насамперед вимірюється загасання сигналу, що проходить через зразок, яке головним чином зумовлене поглинанням енергії слабко зв'язаними молекулами води. Зразок проходить між передавачем і приймачем, що дає змогу вимірювати вологість на глибині в залежності від матеріалу. Величина затухання α вимірюється в децибелах (дБ) і може бути визначена за допомогою рівняння:

$$\alpha = 10 \log \frac{P_0}{P_x},$$

де P_0 – початкова потужність, а P_x – потужність після проходження через діелектрик товщиною x [2].

Затухання в зразку залежить від його діелектричної проникності, що можна побачити з наступного співвідношення:

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda} \left[\frac{1}{2} \epsilon' (\sqrt{1 + tg^2 \delta} - 1) \right]^{\frac{1}{2}},$$

де λ - довжина хвилі, ε' - дійсна складова комплексної діелектричної проникності, а $\tan \delta = \varepsilon''/\varepsilon'$ - тангенс кута діелектричних втрат [3].

Треба зауважити, що у випадку безконтактного вимірювання вологості по всій глибині шару продукту початкової потужності передавача має вистачати для повного проходження крізь продукт до приймача. Також, слід враховувати, що наявність електропровідного матеріалу суттєво впливає на результати вимірювань [1].

При використанні контактного методу можна оцінити вміст вологи у шарі навкруги датчика із залежності між переданим та відбитим і поглиненим сигналом. Отже, тому передавач-приймальник має бути постійно покритий продуктом [1]. Згідно зі стандартами матеріалів, які можуть бути використані у харчовій промисловості [4], ця умова вносить обмеження у використанні матеріалів корпусу засобу та потребує додаткового дослідження діелектричних властивостей матеріалів.

Необхідно враховувати ці аспекти при математичному моделюванні та мікропроцесорній реалізації та впровадженні в діючий електротехнічних комплекс сушарки молока.

Висновки

1. Розглянуті та проаналізовані існуючі методи мікрохвильового вимірювання масової частки вологи в сухому молоці.
2. Приведені математичні вирази для розрахунків визначення затухання мікрохвиль в зразку залежно від його діелектричної проникності.
3. Показано, що в реалізації засобу вимірювання необхідно дотримуватись діючих стандартів у харчовій промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. R. Wernecke and J. Wernecke (2014) Industrial Moisture and Humidity Measurement A Practical Guide. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany. ISBN: 978-3-527-65244-0.
2. Dr. Ing. Wernecke, Roland a Wernecke, Jan. Industrial Moisture and Humidity. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2014. 978-3-527-33177-2.
3. Радіометричні НВЧ методи та засоби вимірювання фізичних величин [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / О. П. Яненко, С. М Перегудов, К. Л. Шевченко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,30 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 352 с
4. ДСТУ EN 1186-1:2022 Матеріали та вироби, що контактують із продуктами харчування. Пластмаси. Частина 1. Посібник щодо вибору умов та методів випробувань для загальної міграції (EN 1186-1:2002, IDT)

Грабко Валентин Володимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, grabko@vntu.edu.ua

Дубина Григорій Миколайович – аспірант факультету електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Grabko Valentyn V. – PhD, Docent, Associate Professor of the Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, grabko@vntu.edu.ua

Dubyna Hryhorii M. – Faculty of Electricity and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia