

ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ОПТИЧНИМ МЕТОДОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто оптичний метод вимірювання вологості, заснований на вибіркового поглинанні вологою інфрачервоного випромінювання певної довжини хвилі, що або відбилося від поверхні досліджуваного матеріалу, або пройшло крізь нього. Запропоновано підхід, при якому для проведення вимірювань достатньо здійснити калібрування лише за одним значенням вологості.

Ключові слова: вологість, вимірювання вологості, оптичний метод.

Abstract

An optical method of humidity measurement based on the selective absorption of infrared moisture by a given wavelength, either reflected or passed through the surface of the material under study, is considered. An approach is proposed in which only one humidity value can be calibrated for measurements.

Key words: humidity, humidity measurement, optical method

Вступ

Вологість є основним кількісним і якісним показником сипких твердих речовин. Надлишок або відсутність у матеріалі води відбивається на його якісних показниках та експлуатаційних. Від вологості залежать такі властивості, як пиліність, комкованість, щільність, вага і т.д. [1].

Серед різноманітних методів вимірювання вологості особливе місце займають оптичні методи, які можуть бути застосовані для широкого кола речовин та матеріалів: газів, рідин, твердих та сипких матеріалів як органічного, так і неорганічного походження. Характерними особливостями оптичних методів є висока вибірковість, чутливість, точність та відтворюваність вимірювань, а також можливість безперервного контролю, безконтактність, можливість інтегральної оцінки вологості у великих об'ємах [2].

Опис оптичного методу

Серед оптичних методів вимірювання вологості основним є метод, заснований на вибіркового поглинанні вологою інфрачервоного випромінювання певної довжини хвилі, що або відбилося від поверхні досліджуваної речовини або матеріалу, або пройшло крізь нього. У ближній інфрачервоній області найбільше поглинання води спостерігається на довжинах хвиль 1,45, 1,94 та 2,75 мкм. Найбільш оптимальним для практичного застосування є випромінювання з довжиною хвилі 1,94 мкм, оскільки поглинання молекулами води на цій довжині хвилі досягає 100%.

Проте при вимірюванні лише на одній довжині хвилі виникають похибки, основними джерелами яких. Для виключення похибок вимірювання, що пов'язані з поглинанням та розсіюванням випромінювання у самій речовині використовується ще один потік випромінювання з опорною довжиною хвилі, що лежить поза смугою поглинання води. Довжини хвиль вимірюваного та опорного потоків можуть бути підібрані з врахуванням спектру поглинання контрольованої речовини, діапазону вимірювання вологості та інших вимог.

Якщо контрольовану речовину опромінювати випромінюванням на опорній та вимірюваній довжинах хвиль з потоками $\Phi_{0\lambda 1}$ та $\Phi_{0\lambda 2}$, відповідно, то після взаємодії з речовиною, як витікає із закону Бугера-Ламберта-Бара [3], потоки випромінювання будуть дорівнювати [2, 3]:

$$\Phi_{\lambda 1} = \Phi_{0\lambda 1} \cdot e^{-k_1 m l} \quad (1)$$

та

$$\Phi_{\lambda 2} = \Phi_{0\lambda 2} \cdot e^{-(k_1 m_1 + k_2 m_2)} \quad (2)$$

де k_1 та k_2 – коефіцієнти поглинання випромінювання речовиною та вологою;
 m_1 та m_2 – маси речовини і води, відповідно.

Якщо потоки випромінювання $\Phi_{0\lambda 1}$ та $\Phi_{0\lambda 2}$ вибрати однаковими, то поділивши вираз (2) на (1), для маси води m_2 отримаємо:

$$m_2 = \frac{1}{k_2} (\ln \Phi_{\lambda 1} - \ln \Phi_{\lambda 2}) \quad (3)$$

При вимірюванні вологості сипких матеріалів світлові потоки $\Phi_{\lambda 1}$ та $\Phi_{\lambda 2}$ можуть бути відбитим випромінюванням, або випромінюванням, що пройшло крізь матеріал. Відповідності до виразу (3) процес визначення кількісного вмісту води у речовині зводиться до визначення різниці логарифмів від потоків випромінювання вимірювальної та опорної довжини хвиль, які відбилися або пройшли через контрольоване середовище. Таким чином, класична реалізація методу передбачає вимірювання потоків випромінювання та обчислення натуральних логарифмів отриманих значень.

Математичну обробку можна спростити, якщо у вимірювальному каналі використовувати фотоприймальний пристрій з логарифмічною передавальною функцією, виду

$$Y(\Phi_{\lambda}) = a \ln(\Phi_{\lambda}) \quad (4)$$

де a – деякий коефіцієнт.

У цьому випадку вираз (3) для обчислення маси води набуде вигляду:

$$m_2 = \frac{a}{k_2} \cdot [Y(\Phi_{\lambda 1}) - Y(\Phi_{\lambda 2})] \quad (5)$$

Таким чином передавальна функція каналу вимірювання стає лінійною. Як видно з виразу (5) для обчислення маси води потрібно знати значення постійного множника a/k_2 . Крім того, визначена маса повинна бути перерахована у значення відносної води. Оскільки передавальна функція є лінійною з одним невідомим коефіцієнтом пропорційності a/k_2 , з'являється можливість калібрувати пристрій лише за одним значенням вологості еталонного зразка.

Висновки

Вимірювання вологості за вибіркоким поглинанням вологою інфрачервоного випромінювання характеризується високою чутливістю, простотою реалізації, надає можливість здійснювати безконтактне вимірювання вологості різноманітних матеріалів. Використання фотоприймального пристрою з логарифмічною передавальною характеристикою дозволяє отримати лінійну передавальну функцію вимірювального перетворювача, що надає можливість калібрувати пристрій лише за одним значенням вологості еталонного зразка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Берлинер М. А. Измерения влажности.- М.: Издательство "Энергия", 1973.- 400 с..
2. Мухитидинов М., Мусаев Э.С. Оптические методы и устройства контроля влажности. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 96 с.
3. В. П. Андрианов, К. В. Бандуркин, О. М. Брехав и др. Исследование методов лазерной спектроскопии и разработка высокочувствительных лазерных газоанализаторов //Российский химический журнал. – 2001. - №5-6. – С. 73-77.

Носова Ганна В'ячеславівна – студентка групи ЛТО-18м, факультет автоматики та комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: nosova.office@gmail.com;

Науковий керівник: **Тарновський Микола Геннадійович** – к.т.н, доцент, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Nosova Ganna V. – Department of of Automation and Computer Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, fksa. e-mail: nosova.office@gmail.com;

Supervisor: **Tarnovsky Mykola G.** - candidate of technical sciences, associate professor Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.