

УДК 621.317

О.С. Ліщенко, студентка гр. ВА-81ф

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. В даній роботі проводиться аналітичний огляд сучасних засобів контролю вологості сипких матеріалів, заснованих на використанні надвисокочастотних методів вимірювання. Результати аналізу дозволяють обрати найбільш придатний метод, що забезпечує високі метрологічні характеристики підвищення точності вимірювань.

Ключові слова: сипкі матеріали, вологість, вимірювання, надвисокочастотний метод.

ВСТУП

Через різноманіття матеріалів та складності процесів, що в них протікають, особливо гостро постають питання розробки методів і засобів для оцінювання властивостей і складу об'єктів, зокрема, вологості.

Оцінювання вологості сипких матеріалів вважається особливо складним процесом. Це пояснюється різноманітністю сипких матеріалів, їх фізико-хімічними властивостями, формою зв'язку, а також їх нестационарним станом в процесі виміру вологості [1].

На сучасному ринку представлено велику кількість засобів вимірювання вологості. Проводячи аналіз цих засобів можна прийти до висновку, що найчастіше при розробці вологомірів використовують діелькометричні методи та їх різновиди – надвисокочастотні методи (НВЧ).

Найважливішими достоїнствами вологомірів НВЧ є:

- можливість безконтактних вимірювань (у вільному просторі);
- висока чутливість;
- необмежена верхня межа вимірювань;
- малий вплив на результати вимірювань хімічного складу матеріалу і деяких інших чинників [2].

СТАН ПРОБЛЕМИ

Аналіз літератури дозволяє запропонувати таку класифікацію НВЧ методів вимірювання вологості:

1. Методи вільного простору: а) з використанням пройшовшої хвилі; б) з використанням відбитої хвилі. В обох модифікаціях вимірюваною характеристикою можуть бути ослаблення (модуль коефіцієнта передачі або коефіцієнта відбиття), зміна амплітуди або фази хвилі.

2. Резонаторні методи та їх різновид – хвилеводні метод.

В даній роботі розглядаються засоби побудовані з використанням НВЧ методів. Серед представлених на ринку НВЧ вологомірів, що реалізовані методами вільного простору, можна віднести такі:

- Вологомір «Копье»(ООО Аква Сенсор, Україна);
- Вологомір «Микрорадар-113»(Микрорадар, Білорусь);
- Вологоміри МА-500, МА-600, МА-700, МА-800 (Moistscan Calliban Instruments PtyLtd, Австралія).

Розглянемо дані вологоміри більш детально.

Вологомір «Копье» українського виробництва - пристрій для виміру вологості в гранульованих та порошкоподібних продуктах та матеріалах, таких як зерно, насіння, цемент, пісок та ін. В даному приладі використовується метод вільного простору (з використанням пройшовшої хвилі), що оснований на поглинанні електромагнітних хвиль високої частоти молекулами води. Аналізатор вологості складається з блоку індикації та щупа діаметром 30 міліметрів довжиною від 0,4 до 2 метрів, на кінці якого знаходиться вимірювальний радіочастотний датчик.

Відтворюваність і точність показів визначається, в першу чергу, змінами щільності вимірюваного об'єкта поблизу поверхні датчика. Високий ступінь точності вимірювань забезпечується при постійній щільності матеріалу [3].

Технічні характеристики даного приладу:

- Діапазон вимірюваної відносної вологості, 2-40 (50)%.
- Можливість виміру температури матеріалу, діапазон: -40 ... +120 ° С.
- Температура навколишнього середовища компенсується.
- Похибка вимірювання, $\pm 3\%$.
- Неруйнівний вимір.

Вологомір «Микрорадар-113» призначений для безперервного автоматичного вимірювання вологості сипучих матеріалів безпосередньо в технологічному процесі методами мікрохвильової вологометрії, а саме методу з використанням пройшовшої хвилі.

Принцип дії вологоміра заснований на вимірюванні параметрів електромагнітної енергії НВЧ, що пройшла через шар вологого матеріалу. НВЧ коливання, що формуються блоком генератора, випромінюються антеною, поглинаються вологим матеріалом, приймаються приймальною антеною та надходять на детектор НВЧ. Величина ослаблення НВЧ коливань, яка вимірюється в децибелах (дБ) пропорційна вологості контролюваного матеріалу [4].

Технічні характеристики приладу:

- Діапазон вимірюваної вологості (за сукупністю, приладами всіх модифікацій), від 0 до 90%.
- Основна відносна похибка, не більше 5%.
- Температура контролюваного матеріалу, від +5 до + 95° С.
- Стандарт струмового виходу (за вибором) , 0-5; 0-20; 4-20 мА.
- Здатність навантаження струмового виходу, не більше 500 Ом.
- Діапазон вихідної напруги (в залежності від обраного стандарту струму), (0-5) мА - 0 ... 0,625В, (0-20) мА - 0 ... 2,5В, (4-20) мА - 0,5 ... 2,5В.
- Режим роботи – безперервний.
- Неруйнівний вимір.

Аналізатори вологості Moistscan серій МА-500, МА-600, МА-700, МА-800 є автоматизованими приладами для вимірювання вологості матеріалів в реальному масштабі часу.

Конструктивно аналізатор складається з блоку управління і блоку антен, що включає передавальну і приймальну антени, а також ультразвуковий

компенсатор рівня. Залежно від модифікації передавальна та приймальна антени можуть бути рознесені в просторі, або знаходитися всередині приладу. Вимірювання вмісту вологи речовини аналізатором засноване на поглинанні водою НВЧ сигналу. При підвищенні вмісту вологи речовини, відбувається ослаблення НВЧ-сигналу по потужності, а також його фазовий зсув. Низькочастотний сигнал, пропорційний цим параметрам, передається в блок керування. У блоці керування за допомогою вбудованого мікропроцесора сигнал перетворюється в значення масової частки вологи та видається на дисплей пульта управління і зовнішні пристрої реєстрації даних.

Технічні характеристики:

- Діапазон виміру масової долі вологи від 0 до 90%.
- Межа допустимої абсолютної похибки аналізатора в діапазоні від 0 до 65% - $\pm 3\%$, в діапазоні вище 65 до 90% - $\pm 0,36\%$.
- Напруга живлення, при частоті (50 ± 1) Гц – 110/240 В.
- Потужність не більше 300 Вт.
- Діапазон температури оточуючого повітря від -5 до $+40$ °С, атмосферного тиску від 84 до 106,7 кПа, відносної вологості від 0 до 90 % [5].

Серед представлених на ринку НВЧ вологомірів, що реалізовані резонаторними методами, можна виділити такі:

- Вологомір LMA 310SA (Sartorius, Німеччина);
- Вологомір Микрорадар-101 (Микрорадар, Білорусь)

Розглянемо вологоміри більш детально.

Вологомір LMA 310SA. Метод мікрохвильового резонансу, який використовується у в даному вологомірі, має перевагу, що полягає в гранично швидких вимірах, які тривають менше секунди. Зміни кольору або структури поверхні проби, що зустрічаються в сировинних матеріалах натурального походження, не впливають на результат вимірювання. Завдяки методу мікрохвильового резонансу визначається як поверхнева, так і глибинна вологість матеріалу. Процедура вимірювання дозволяє проводити аналіз незалежний від щільності, а калібрування стабільне протягом тривалого проміжку часу. Технічні характеристики:

- Час вимірювання < 1 секунди.
- Діапазон вимірювання вологості: 0,5-60%.
- Автоматична температурна компенсація.
- Похибка вимірювання від $\pm 0,01$ до $\pm 0,1\%$.

Вологомір Микрорадар-101 призначений для експрес-виміру вологості сипких матеріалів. Принцип дії вологоміра базується на вимірі частоти та амплітуді НВЧ сигналу в резонаторі та перетворення цих параметрів в цифровий код, що відповідає вологості матеріалу. Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання вологості від 0 до 20%.
- Похибка вимірювання від $\pm 0,05$ до $\pm 0,5\%$
- Температура оточуючого середовища від 10 до 35 °С.
- Час вимірювання до 40 секунд.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результатами даного аналізу є порівняння характеристик вологомірів, реалізованих відомими НВЧ методами. Найсуттєвіші параметри представлені в табл.1.

Таблиця 1. Порівняння параметрів вологомірів, реалізованих НВЧ методами

№ п/п	Параметр	Методи вільного простору	Резонаторні методи
1	Діапазон вимірюваної вологи, %	Від 0 до 90 (в залежності від модифікації приладу)	Від 0 до 90 (в залежності від модифікації приладу)
2	Діапазон температури оточуючого середовища	Від +5 до +95 або не має значення для вимірювання	Від -5 до +40 (в залежності від модифікації приладу)
3	Похибка вимірювання	$\pm 3 \dots \pm 5\%$	$\pm 0,01 \dots \pm 5\%$

Порівняння даних параметрів дає змогу визначити оптимальний метод для максимально точного виміру вологості.

ВИСНОВКИ

Можна зробити висновок, що точність та похибки виміру вологості НВЧ вологомірів суттєво залежить від щільності матеріалів та показників середовища виміру. Приведені в огляді вологоміри мають високу похибку вимірювань, що не задовольняє потреб деяких виробництв. Тобто, завдання підвищення точності виміру вологості є достатньо актуальним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. — Изд. 2-е, перераб-е и доп-е. — М.: Энергия, 1968. — 472 с.
2. Берлинер, М. А. Измерения влажности / М. А. Берлинер. — Изд. 2-е, перераб-е и доп-е. — М.: Энергия, 1973. — 400 с.
3. Влагомер сельхоз продуктов Копье. Режим доступа: <https://chemtest.com.ua/vlagomer-s-h-produktov-kope>
4. Влагомер поточный «Микрорадао-113». Руководство по эксплуатации / ООО «МИКРОРАДАР-СЕРВИС». Режим доступа: https://ugov.com.ua/upload/iblock/e39/mr125_113_re.pdf
5. Приложение к свидетельству об утверждении типа средств измерений. Госреестр средств измерений, регистрационный номер №43963-10. Режим доступа: <http://www.all-pribors.ru/docs/43963-10.pdf>
6. Информационно-технический центр «Сарториус». Режим доступа: <http://www.sartoros.ru/promcontrol/promyshlennye-analizatory-vlazhnosti/moisture-meter-lma310>
7. Влагомер поточный «Микрорадао-101». Руководство по эксплуатации / ООО «МИКРОРАДАР-СЕРВИС». Режим доступа: <https://ugov.com.ua/upload/iblock/5be/mr-101.2re.pdf>

Наук. керівник – доц., д.т.н., проф. Шевченко К. Л.