

необычные проблемы, системные особенности // Вестник МГТУ. – 1998. – №4. – С. 25–56.

6. Шрюфер Е. Обработка сигналов. – К., 1992. 7. Наконечный А.И. Теория малохвильового перетворення та її застосування. – Львів, 2001.

УДК 621.317

Р.М. Івах, І.Д. Питель

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ ДІЕЛЬКОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

© *Івах Р.М., Питель І.Д., 2006*

Здійснено умовний поділ первинних перетворювачів діелькометричних вологомірів, описано недоліки примусового ущільнення сипкого матеріалу у міжелектродному просторі, запропоновано методику внесення поправкових коефіцієнтів у результат вимірювання, яка частково усуває недоліки примусового ущільнення.

By authors the conditional division of primary transformers of dielectric hygrometer, described lacks of the forced compression of friable material, is carried out in interelectrode space, offered method of bringing of correction coefficients in the result of measuring, which partly removes the lacks of the forced compression.

Вступ. Під час здійснення різноманітних технологічних процесів в хімічній, нафтопереробній, харчовій та інших галузях промисловості досить часто необхідно контролювати безліч неелектричних величин, таких як температура, тиск, вологість тощо. Вимірювання та контроль неелектричних величин проводиться контрольовано-вимірювальними приладами, принцип дії яких ґрунтується на методах перетворення вимірюваної неелектричної величини в електричну (струм, напругу, опір, ємність тощо). Необхідне перетворення здійснюється, як правило, первинними перетворювачами (сенсорами). Тому й не дивно, що першим вузлом в узагальненій структурній схемі будь-якого приладу, що призначений для вимірювання неелектричної величини, стоїть первинний перетворювач.

Отже, на сьогоднішній день від точності, чутливості, швидкодії, стійкості до зовнішніх впливів, стабільності первинних перетворювачів практично повністю залежить повнота та достовірність отримуваної вимірювальної інформації про стан досліджуваних об'єктів і процесів.

Одним із перших первинних перетворювачів, які використовувалися для вимірювання неелектричних величин, були ємнісні первинні перетворювачі [1]. Ємність конденсатора визначається

геометричними розмірами та діелектричною проникністю матеріалу, що знаходиться між електродами цього конденсатора. А оскільки конденсатор є узагальненою модифікацією ємнісних первинних перетворювачів, то й відповідні залежності є тотожними.

Засоби вимірювання, принцип дії яких ґрунтується на зміні діелектричних параметрів досліджуваного середовища, прийнято називати дієлькометричними. До таких засобів відносяться: ємнісний рівнемір, вологомір та інші засоби, призначені для вимірювання та контролю складу речовини тощо.

З [2] випливає, що перспективнішим для вимірювання вологості сипких матеріалів є дієлькометричний метод. Його можна зреалізувати за допомогою ємнісних первинних перетворювачів.

Первинні перетворювачі дієлькометричних вологомірів за принципом дії поділяються на дві групи:

1. Первинні перетворювачі без ущільнення матеріалу.
2. Первинні перетворювачі з примусовим ущільненням матеріалу в міжелектродному просторі.

Основним недоліком первинних перетворювачів першої групи є різний ступінь ущільнення матеріалу між електродами, що сильно впливає на визначення необхідних електричних характеристик досліджуваного матеріалу. Ще важливішою є та обставина, що під час вимірювання ємності (діелектричної проникності) сипких матеріалів результат вимірювання залежить від стану поверхні окремих зерен (наприклад, від її шорсткості, запиленості) та й від вологості досліджуваного сипкого матеріалу. Дуже впливає на результати гранулометричний склад матеріалу. У таких перетворювачах важко одержати постійний опір контакту матеріалу з електродами.

У ємнісних первинних перетворювачах дієлькометричних вологомірів найчастіше застосовують примусове ущільнення проби сипкого матеріалу.

Ущільнення сипкого матеріалу в міжелектродному просторі зменшує вплив не тільки розмірів часток, але і стан їх поверхні, зменшує і робить більш постійними контактний опір між окремими частками матеріалу і між електродами і матеріалом.

На практиці, як правило, використовують різноманітні конструкції електродів ємнісних первинних перетворювачів: циліндричної, конусоподібної форм тощо.

Застосування ємнісного первинного перетворювача циліндричної форми, внутрішнім електродом якого є конус, присутній ефект самоущільнення, оскільки об'єм верхніх шарів досліджуваного матеріалу є більшим, ніж нижніх, тим самим верхні шари матеріалу тиснуть на нижні, що призводить до кращого ущільнення сипкого матеріалу і відповідно постійного та рівномірного контакту матеріалу з електродами [3].

Окрім того, ущільнення вологого сипкого матеріалу має багато недоліків: за стиску сипких матеріалів їхня провідність збільшується спочатку досить різко, але з підвищенням тиску ріст провідності сповільнюється і, починаючи з деякої величини тиску, зміна тиску майже не впливає на величину провідності. Для зменшення впливу коливань ступеня ущільнення на результати вимірювання необхідно прикладати доволі значні зусилля, які б відповідали області насичення залежності питомого опору від щільності матеріалу. У цьому полягає один із основних недоліків первинних перетворювачів з примусовим ущільненням сипкого матеріалу [4]. Окрім того, великі зусилля деформують досліджуваний зразок і здебільшого частково його руйнують, тоді замість матеріалу в природному його стані об'єктом вимірювання стає штучно спресований брикет із цього матеріалу.

Під час пресування зразків високої вологості можливе часткове відтискання вологи з її виділенням на електродах. Крім того, великі зусилля призводять до часткового руйнування перетворювача. Деформація або руйнування зразка досліджуваного матеріалу виключають можливість повторного вимірювання, що також є експлуатаційним недоліком.

Окрім вище перерахованих недоліків, експериментально було встановлено, що ущільнення майже не впливає на результат вимірювання.

Метою досліджень є встановлення методики визначення поправкових коефіцієнтів для сипких

матеріалів, яка б усувала недоліки примусового ущільнення сипкого матеріалу у міжелектродному просторі, та внесення цих коефіцієнтів у результат вимірювання діелькометричним методом.

Методика досліджень. Були проведені експериментальні дослідження для визначення об'єму повітря в об'ємі робочої (вимірювальної) камери для зерна пшениці. Для цього взяли п'ять посудинок різного об'єму (від 50 мл до 1 л), провели по три вимірювання в кожній посудині, і встановили, що відношення об'єму повітря до об'єму посудини для зернини пшениці становить 1/3.

Тобто, якщо

$$\alpha = \frac{V_{нов}}{V_{камери}} = \frac{1}{3},$$

де $V_{нов}$, $V_{камери}$ – відповідно об'єм повітря та об'єм камери (міжелектродного простору); тоді

$$\frac{V_{зерна}}{V_{камери}} = 1 - \alpha,$$

де $V_{зерна}$ – об'єм зерна.

Увівши такі позначення і приймаючи співвідношення між геометричними параметрами перетворювача сталими, вираз для обчислення ємності первинного перетворювача буде:

$$C_X = C_0 + 2\varepsilon_0 K_{пер} \cdot V_{кам} \cdot \varepsilon_{CM} (1 - \alpha) + 2\varepsilon_0 K_{пер} \cdot V_{кам} \cdot \varepsilon_{нов} \alpha, \quad (1)$$

де C_X – вимірювальне значення ємності (показ приладу); C_0 – початкова ємність первинного перетворювача; $K_{пер}$ – коефіцієнт перетворювача, який визначається його конструктивними (геометричними) особливостями; ε_0 – діелектрична стала, ε_{CM} – діелектрична проникність сипкого матеріалу; $\varepsilon_{нов}$ – діелектрична проникність повітря.

Спростивши вираз (1) у такий спосіб:

$$C_X - C_0 = 2\varepsilon_0 K_{пер} \cdot V_{кам} [\varepsilon_{CM} (1 - \alpha) + \varepsilon_{нов} \alpha],$$

і враховуючи, що $\varepsilon_{нов}$ змінюється в межах 1,00029 ... 1,00059 [4, с. 303], $\varepsilon_{нов}$ можна прийняти константою, яка дорівнює 1. Тоді

$$\varepsilon_{CM} = \frac{C - C_0}{(2\varepsilon_0 K_{пер} \cdot V_{кам})(1 - \alpha)} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}.$$

Висновок. Отже, знаючи так звані поправкові коефіцієнти α для будь-якого сипкого матеріалу (пшениця, рис, гречка тощо), які можна визначити експериментально для конкретної конструкції ємнісного первинного перетворювача зі сталими геометричними розмірами, та залежність діелектричної проникності сипкого матеріалу від вологості ($\varepsilon_{CM} = f(W)$), яка занесена в градувальні характеристики приладу, можна визначити значення вологості сипкого матеріалу.

Запропонована методика частково усуває перераховані вище недоліки примусового ущільнення сипкого матеріалу у міжелектродному просторі.

1. Форейт Й. Емкостные датчики неэлектрических величин / Пер. с чеш. В.И. Дмитриева. – М.–Л., 1966. 2. Івах Р., Дорожовець М., Питель І. Систематизація методів вимірювання вологості сипких матеріалів // Вісник НУ “Львівська політехніка” “Вимірювальна техніка і метрологія”. – 2003. – № 62. – С. 97–101. 3. Івах Р. М. Вибір та оптимізація конструкції ємнісного первинного перетворювача діелькометричного вологоміра сипких матеріалів // Вісник НУ “Львівська політехніка” “Автоматика, вимірювання та керування”. – 2005. – № 530. 4. Берлинер М.А. Измерения влажности. – М., 1973.

УДК 681.2.53.082:543.27