



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75699 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01N 27/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ

1

2

(21) 2004031999

(22) 18.03.2004

(24) 15.05.2006

(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.

(72)

(73) Вінницький національний технічний університет

(56) SU 268002, G01N27/22, 02.04.1970

SU 734548, G01N27/22, 15.05.1980

SU 966576, G01N27/22, 15.10.1982

SU 1749810 A1, G01N27/22, 23.07.1992

SU 1784896 A1, G01N27/02, 30.12.1992

RU 2187098 C2, G01N27/04, 27.04.2002

(57) Спосіб вимірювання вологості, в якому вимірюють напруги змінного струму на зразковому опорі і ємнісному перетворювачі, ввімкнених послідовно, який відрізняється тим, що додатково вимірюють напруги постійного струму на зразко-

вому опорі і ємнісному перетворювачі, а вологість визначають за формулою:

$$W = A \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_3}{U_{3-}}\right)^2 \cdot \left(\frac{U_{д-}}{U_{д-}}\right)^2} - 1,$$

де А - коефіцієнт пропорційності;

U_{3-} - напруга на зразковому опорі при дії на вході джерела напруги постійного струму;

U_3 - напруга на зразковому опорі при дії на вході джерела напруги змінного струму;

$U_{д-}$ - напруга на ємнісному перетворювачі при дії

на вході джерела напруги постійного струму;

$U_{д}$ - напруга на ємнісному перетворювачі при дії

на вході джерела напруги змінного струму;

ω - кутова частота змінного струму.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки і може використовуватись для визначення вологості матеріалів, наприклад зерна і зернопродуктів.

Відомий спосіб визначення вологості шляхом вимірювання фазового зсуву між напругою на зразковому елементі і стабілізованю за амплітудою напругою на ємнісному давачі, з подальшим визначенням вихідної напруги, пропорційній вологості, реалізований в ємнісному вологомірі (А.с. СССР №734548, кл. G01N 27/22).

Недоліком способу є залежність фазового зсуву між напругами на зразковому елементі і давачі не тільки від вологості, а й від нестабільності діелектричних втрат.

За прототип вибраний спосіб вимірювання вологості металургійних пшхт, в якому вимірюють напруги змінного струму на зразковому опорі і ємнісному перетворювачі, ввімкнених послідовно, і визначають суму фазових зсувів між напругами на опорі і ємнісному перетворювачі та вхідною напругою (А.с. СССР №268002, кл. G01N 27/22).

Цей спосіб має велику похибку, викликану нестабільністю діелектричних втрат в досліджуваних матеріалах.

В основу винаходу покладена задача зменшення похибки вимірювання вологості за рахунок того, що додатково вимірюють напруги постійного струму на зразковому опорі і ємнісному перетворювачі, які використовують для визначення дійсної ємності досліджуваного матеріалу, не залежної від діелектричних втрат.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання вологості, в якому вимірюють напруги змінного струму на зразковому опорі і ємнісному перетворювачі, ввімкнених послідовно, додатково вимірюють напруги постійного струму на зразковому опорі і ємнісному перетворювачі, а потім визначають вологість як функцію дійсної ємності матеріалу за такою формулою:

$$W = A \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_3}{U_{3-}}\right)^2 \cdot \left(\frac{U_{д-}}{U_{д-}}\right)^2} - 1, (1)$$

де А - коефіцієнт пропорційності;

U_{3-} - напруга на зразковому опорі при дії на вході джерела напруги постійного струму;

U_3 - напруга на зразковому опорі при дії на вході джерела напруги змінного струму;

$U_{д-}$ - напруга на ємнісному перетворювачі при

C2
(13)

75699
(11)

UA
(19)

дії на вході джерела напруги постійного струму;

U_d – напруга на ємнісному перетворювачі при дії на вході джерела напруги змінного струму;

ω – кутова частота змінного струму.

На фіг. 1 показана еквівалентна схема кола з зразкового опору R_3 і ємнісного перетворювача, з'єднаних послідовно, з ємнісним перетворювачем у вигляді паралельно з'єднаних опору втрат R і дійсної ємності матеріалу C_d , на вході якого діє джерело напруги змінного струму $e(t)$, на фіг. 2 – та ж схема, яка знаходиться під дією джерела напруги постійного струму E , а на фіг. 3 – векторна діаграма матеріалу, що знаходиться в ємнісному перетворювачі під дією змінного струму.

Комплексна провідність матеріалу, який знаходиться в ємнісному чутливому елементі

$$Y = \frac{1}{R} + j \cdot \omega \cdot C_d = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \omega^2 \cdot C_d^2} \cdot e^{j \arctg \left(\frac{\omega R C_d}{1} \right)} = Y \cdot e^{j\varphi}, \quad (2)$$

де R – опір втрат матеріалу;

C_d – дійсна ємність матеріалу;

Y – модуль комплексної провідності матеріалу;

φ – фазовий зсув між напругою на ємнісному перетворювачі та сумарним струмом ємнісного перетворювача.

З виразу (2) очевидно:

$$Y = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \omega^2 \cdot C_d^2}. \quad (3)$$

Модуль комплексної провідності матеріалу експериментально знаходиться з використанням сумарного струму ємнісного перетворювача та напруги на ньому:

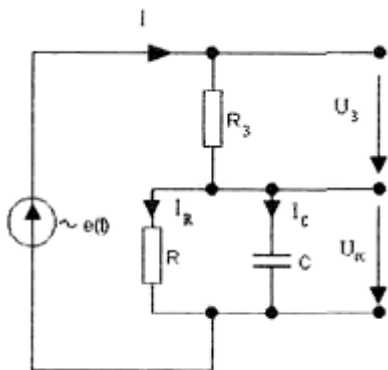
$$Y = \frac{I}{U_d} = \frac{U_3}{R_3 \cdot U_d}, \quad (4)$$

де I – сумарний струм ємнісного перетворювача;

R_3 – зразковий опір.

З виразу (3):

$$C_d = \frac{\sqrt{Y^2 - \frac{1}{R^2}}}{\omega} = \frac{\sqrt{\left(\frac{U_3}{R_3 \cdot U_d} \right)^2 - \frac{1}{R^2}}}{\omega}. \quad (5)$$



Фіг. 1

Для визначення опору втрат R необхідно скористатись схемою фіг. 2. При дії на вході джерела напруги постійного струму матимемо:

$$I_{R-} = I_{R3-} = \frac{U_{3-}}{R_3}, \quad (6)$$

де I_{R-} – струм через опір втрат при дії на вході джерела напруги постійного струму;

I_{R3-} – струм через зразковий елемент при дії на вході джерела напруги постійного струму.

Опір втрат:

$$R = \frac{U_{d-}}{I_{R-}} = \frac{R_3 \cdot U_{d-}}{U_{3-}}. \quad (7)$$

З врахуванням виразу (7) дійсна ємність знаходиться наступним чином:

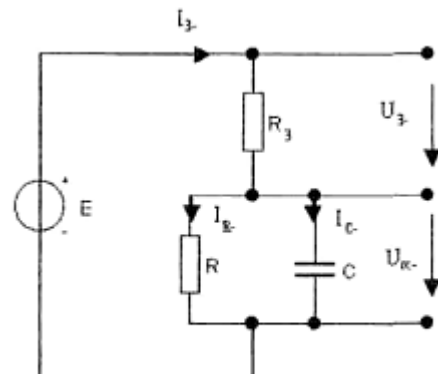
$$C_d = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_3}{U_{3-}} \right)^2 \cdot \left(\frac{U_d}{U_{d-}} \right)^2 - 1}, \quad (8)$$

Дійсна ємність не залежить від нестабільних втрат і пропорційна вологості:

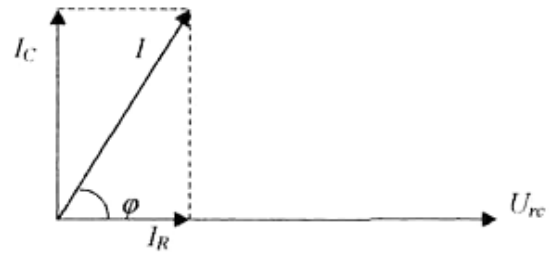
$$W = A \cdot C_d = A \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_3}{U_{3-}} \right)^2 \cdot \left(\frac{U_d}{U_{d-}} \right)^2 - 1}, \quad (9)$$

Аналізуючи вираз для визначення вологості за допомогою еквівалентних схем фіг. 1 та фіг. 2 на змінному і на постійному струмі та векторної діаграми вологого матеріалу можна зробити висновки, що точність вимірювання вологості залежить від точності зразкового резистора (прецизійного активного опору) R_3 та точності вимірювання напруг на елементах перетворювача і його вході.

Враховуючи стан сучасної прецизійної елементної бази, забезпечення необхідної точності опору R_3 не є складним завданням, адже існують прецизійні резистори, точність яких складає 0,01% і вище. З такою ж точністю можна вимірювати і напругу. Таким чином запропонований спосіб дає можливість визначати вологість з високою точністю.



Фіг. 2



Фіг. 3