

MATERIÁLY
XI MEZINÁRODNÍ VĚDECKO - PRAKTICKÁ
KONFERENCE

«DNY VĚDY - 2015»

27 březen - 05 dubna 2015 roku

Díl 19
Technické vědy

Praha
Publishing House «Education and Science» s.r.o
2015

Лысенко В.С., Сулейменов Б.Т. Модернизированная конструкция ветродвигателя.....	51
Sapa V., Vakhitov R. The possibility of using photovoltaic power plants in agriculture.....	54
Sapa V., Assylkhanov A. The possibility of using solar dryers in agriculture	56
Sapa V., Kutybaev S. The possibility of using solar collectors in agriculture	58

ELEKTROTECHNIKA A RADIOELEKTRONIKA

Куцевол О.М., Куцевол М.О. Визначення вологості капілярно-пористих матеріалів із незначними заважальними факторами	61
Мадиханова А.Б., Аскерова Л.С. Разработка и изготовление печатных плат	67
Щенникова К.С., Несенюк Т.А. Применение RFID – технологий для диагностики ограничителей перенапряжений.....	69

HORNICTVÍ

Каражанов А.А. Моделирование кривых 4-го порядка с применением квадратичного преобразования.....	77
Кравчук Л.М. Дослідження методів рекультивації відпрацьованих кар'єрів ...	82
Банмбетов М.Н., Джексенбаев Е.К., Берембеков Е.Б. Эксплуатация пластов одной скважиной.....	89

AUTOMATIZOVANÉ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU NA VÝROBĚ

Мукаева А.М., Каримов А.А. Особенности конструирования одежды на нестандартные женские фигуры.....	95
---	----

OCHRANA PRÁCE

Боднарук О.О., Готинчан І.З., Ткаченко І.В. Європейська модель економічної мотивації охорони праці	98
---	----

ELEKTROTECHNIKA A RADIOELEKTRONIKA

К.т.н. Куцевол О. М., к.т.н. Куцевол М. О.
Вінницький національний аграрний університет, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ НЕЗНАЧНИМИ ЗАВАЖАЛЬНИМИ ФАКТОРАМИ

Вміст води в капілярно-пористих органічних матеріалах суттєво впливає на їх властивості та термін зберігання. Більшість досліджень в галузі вологометрії [1-3] направлені на розроблення зручних, швидких з малими енергозатратами електричних методів визначення вмісту води в матеріалах та кінцевих продуктах і виробках.

В більшості випадків еквівалентна схема чутливого елемента з досліджуванним матеріалом невисокої вологості може бути представлена паралельним з'єднанням опору втрат R_M , значення якого сягає десятків мегаом, та ємністю C (рис.1, а) [4].

$$C = C_M + C_0, \quad (1)$$

де C_M – дійсна (фактична) [5] ємність вологого матеріалу;
 C_0 – ємність порожнього ЧЕ.

Як видно з діаграми (рис. 1, б) [6]:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{1}{\omega \cdot C \cdot R_M}, \quad (2)$$

Комплексна провідність заповненого чутливого елемента:

$$\dot{Y} = \frac{1}{R_M} + j \cdot \omega \cdot C = \frac{1 + j \cdot \omega \cdot R_M \cdot C}{R_M} = \frac{1 + j \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \delta}}{R_M}, \quad (3)$$

Комплексний опір чутливого елемента з досліджуванним матеріалом:

$$\dot{Z} = \frac{1}{\dot{Y}} = \frac{R_M}{1 + j \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \delta}} = \frac{R_M}{\sqrt{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}}} \cdot e^{-j\varphi}, \quad (4)$$

де ϕ – фазовий зсув між напругою \dot{U}_M та струмом \dot{I}_M чутливого елемента.

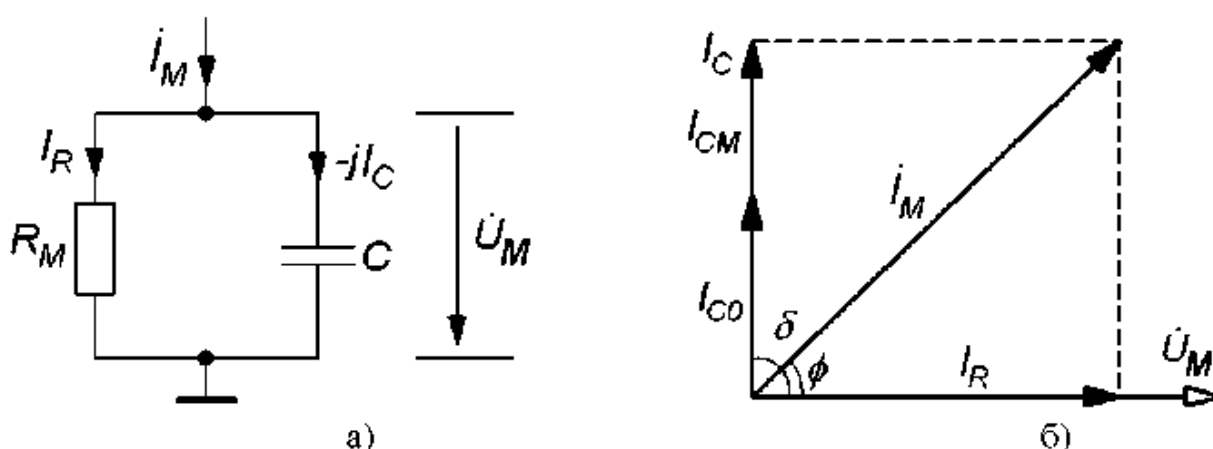


Рис.1. Еквівалентна схема (а) та векторна діаграма (а) чутливого елемента

Модуль комплексного опору:

$$\begin{aligned}
 |\dot{Z}| &= \frac{R_M}{\sqrt{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}}} = \sqrt{\frac{R_M^2}{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}}} = \sqrt{\frac{R_M^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}\right)}{\left(1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}\right)^2}} = \sqrt{\frac{R_M^2 + \frac{R_M^2}{\operatorname{tg}^2 \delta}}{\left(1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}\right)^2}} = \\
 &= \sqrt{\left(\frac{R_M}{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{R_M}{\operatorname{tg} \delta}}{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}}\right)^2}, \quad (5)
 \end{aligned}$$

Враховуючи вирази (3) і (4) комплексний опір чутливого елемента з матеріалом в алгебраїчній формі:

$$\underline{Z} = \frac{R_M}{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}} - j \frac{\frac{R_M}{\operatorname{tg} \delta}}{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}} = R_e - jX_{C_e}, \quad (6)$$

де R_e – досліджуваний активний опір ЧЕ з матеріалом;

X_{C_e} – досліджуваний реактивний опір ЧЕ з матеріалом.

З виразу (6) досліджуваний ємнісний опір перетворювача:

$$X_{C_0} = \frac{1}{\omega \cdot C_0} = \frac{\frac{R_M}{\operatorname{tg} \delta}}{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta}} = \frac{R_M \cdot \operatorname{tg} \delta}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} \quad (7)$$

З виразу (7) знаходимо вимірну ємність перетворювача:

$$C_0 = \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}{\omega \cdot R_M \cdot \operatorname{tg} \delta} = \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}{\omega \cdot R_M} = C(1 + \operatorname{tg}^2 \delta) \quad (8)$$

Звідси ємність C :

$$C = \frac{C_0}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} \quad (9)$$

Дійсна ємність матеріалу [5]:

$$C_M = C - C_0 = \frac{C_0}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} - C_0 \quad (10)$$

Вимірня (уявна) ємність [5] і $\operatorname{tg} \delta$ визначаються за будь-яким відомим методом.

Тангенс кута діелектричних втрат вологих капілярно-пористих матеріалів може досягати великих значень, тому вимірня ємність набагато більша ємності матеріалу, що характеризує вологість. Цим пояснюється значна похибка контролю вологості при використанні вимірної ємності ЧЕ.

Наявність нестабільного і тривалого в часі струму активної провідності вимагає великого часу вимірювання (десятки секунд), що зменшує експресність контролю.

Таким чином, дійсна ємність матеріалу може бути ефективним інформативним параметром при контролі вологості вологих матеріалів з нестабільними діелектричними втратами.

Запропонований метод може бути реалізований в вимірювальному перетворювачі (ВП), який складається з чутливого елемента та зразкового опору, з'єднаних послідовно. Вихідним параметром такого перетворювача може бути напруга $\dot{U}_{ЧЕ}$. Для її знаходження скористаємось еквівалентними схемами (рис.2, а і б).

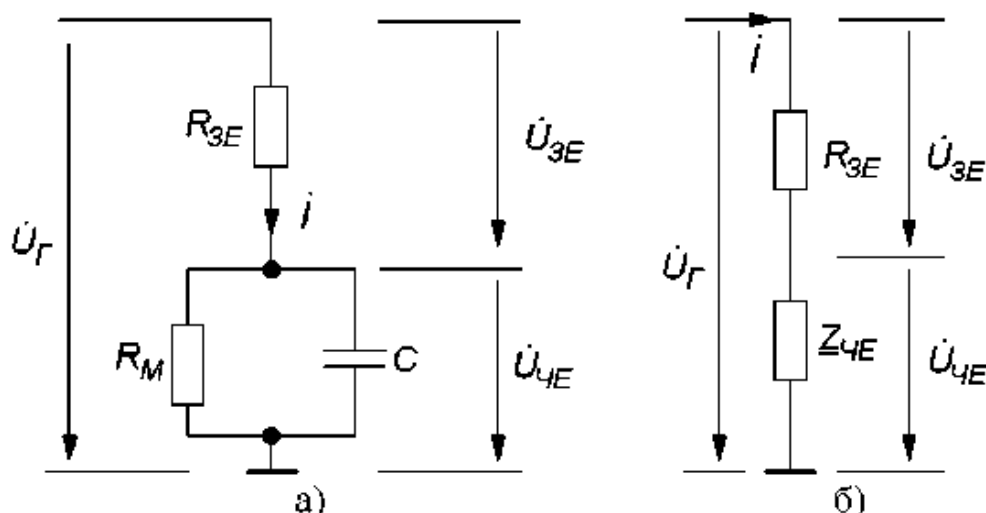


Рис.2. Еквівалентні схеми вимірювального перетворювача

$$i = \frac{\dot{U}_\Gamma}{R_{3E} + Z_{\text{ЧE}}} = \frac{\dot{U}_\Gamma}{R_{3E} + \frac{R_M}{1 + j \cdot \omega \cdot R_M \cdot C}};$$

$$U_{\text{ЧE}} = \frac{\dot{U}_\Gamma \cdot \frac{R_M}{1 + j \cdot \omega \cdot R_M \cdot C}}{R_{3E} + \frac{R_M}{1 + j \cdot \omega \cdot R_M \cdot C}} = \frac{\dot{U}_\Gamma \cdot R_M}{R_{3E} + R_M + j \cdot \omega \cdot R_{3E} \cdot R_M \cdot C} =$$

$$= \frac{\dot{U}_\Gamma \cdot R_M}{(R_{3E} + R_M) + j \cdot \omega \cdot R_{3E} \cdot R_M \cdot (C_M + C_0)};$$

$$C_M = \frac{1}{\omega} \cdot \frac{U_{3E-}}{R_{3E} \cdot U_{\text{ЧE-}}} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_{3E-}}{U_{3E-}}\right)^2 \cdot \left(\frac{U_{\text{ЧE-}}}{U_{\text{ЧE-}}}\right)^2 - 1}; \quad (11)$$

де U_{3E-} і $U_{\text{ЧE-}}$ – напруги зразкового і чутливого елементів на постійному струмі,
 U_{3E} і $U_{\text{ЧE}}$ – модулі напруг зразкового і чутливого елементів на змінному струмі.

З виразу (11) очевидно, що вихідна напруга $U_{\text{ЧE}}$ залежить від C_M та R_M при постійних значеннях R_{3E} та C_0 . Оскільки R_M – це опір, що відображає втрати в матеріалі, а вони мають значну температурну нестабільність, то вихідна напруга не може використовуватись в якості вихідного параметру ВП. Відомо [6], що параметром, захищеним від нестабільних діелектричних втрат, є струм, що протікає через ємність C_M . Розглянемо еквівалентну схему та векторну діаграму ВП (рис.3, а і б).

Вимірюючи додатково напругу на зразковому елементі U_{3E} та U_Γ , можемо знайти кут φ між напругами на чутливому і зразковому елементах

$$\varphi = \arccos \frac{U_{3E}^2 + U_{4E}^2 - U_{\Gamma}^2}{2 \cdot U_{3E} \cdot U_{4E}} \quad (12)$$

а з його допомогою кут α

$$\alpha = 180^\circ - \arccos \frac{U_{3E}^2 + U_{4E}^2 - U_{\Gamma}^2}{2 \cdot U_{3E} \cdot U_{4E}}, \quad (13)$$

і нарешті кут β

$$\beta = 90^\circ - \alpha = \arccos \frac{U_{3E}^2 + U_{4E}^2 - U_{\Gamma}^2}{2 \cdot U_{3E} \cdot U_{4E}} - 90^\circ. \quad (14)$$

Знаходимо модуль струму I

$$I = \frac{U_{3E}}{R_{3E}} \quad (15)$$

та модуль струму I_C

$$I_C = I \cdot \cos \beta = I \cdot \cos \left(\arccos \frac{U_{3E}^2 + U_{4E}^2 - U_{\Gamma}^2}{2 \cdot U_{3E} \cdot U_{4E}} - 90^\circ \right). \quad (16)$$

З діаграми (рис.3, б), очевидно, що струм матеріалу I_{CM} , який залежить від ємності матеріалу C_M , дорівнює

$$I_{CM} = I_C - I_{CO}. \quad (17)$$

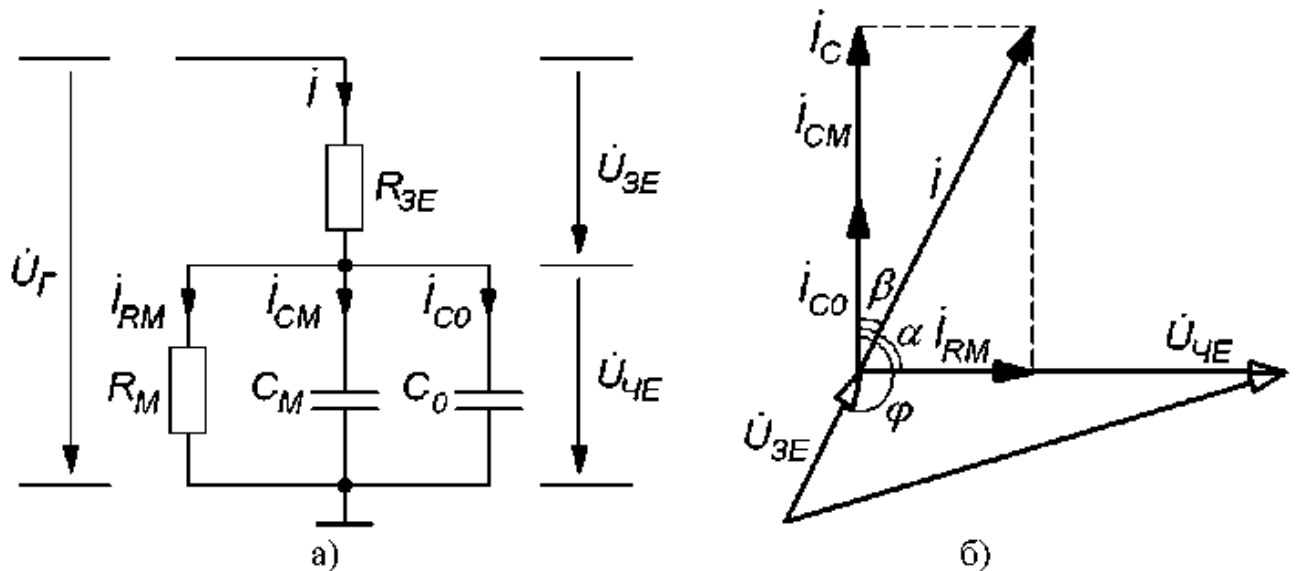


Рис.3. Еквівалентна схема (а) та векторна діаграма (б) ВП із слабкозволеним зерном

Струм ємності матеріалу є параметром ВП, що не залежить від діелектричних втрат, але він є незахищеним від нестабільної пористості.

В цьому випадку можна використати додатковий параметр – струм ємності матеріалу на іншій частоті. При цьому сукупним інформативним параметром ВП може бути коефіцієнт відносного приросту струму ємності матеріалу K_1

$$K_1 = \frac{100 \cdot (I_{CM1} - I_{CM2})}{I_{CM1} + I_{CM2}}, \quad (18)$$

де I_{CM1} та I_{CM2} – ємнісні струми чутливого елемента на частотах ω_1 та ω_2

З (18) видно, що інформативними параметрами первинного перетворювача є напруги U_{Γ} , U_{3E} , U_{4E} .

Висновок

Вираз (18) доцільно використати при побудові приладу контролю вологості капілярно-пористих матеріалів з незначними втратами і нестабільною пористістю.

Експериментальні дослідження запропонованого методу і його порівняння з методом, в якому визначається повний струм чутливого елемента, дали такі результати для зерна з $W = 14,1\%$ (перевірка проведена арбітражним термогравіметричним методом):

- діелектрометричний метод повної провідності – $\Delta W = 0,9\%$;
- діелектрометричний метод визначення вологості матеріалу з незначними діелектричними втратами і нестабільною пористістю – $\Delta W = 0,16\%$.

Література:

1. Секанов Юрий Петрович. Влагометрия сыпучих и волокнистых растительных материалов : монография / Ю. П. Секанов. – М. : ВИМ, 2001. – 190 с. – ISBN-5-7010-0283-7.
2. Берлинер Марк Александрович. Измерения влажности / М. А. Берлинер. – М. : Энергия, 1973. – 400 с.
3. Дубров Николай Семенович. Многопараметрические влагомеры сыпучих материалов / Николай Семенович Дубров, Евгений Самойлович Кричевский, Борис Исаакович Невзлин. – М. : Машиностроение, 1980. – 144 с.
4. Поджаренко В. О. Високочастотні методи та засоби вимірювання вологості капілярно-пористих матеріалів / Володимир Олександрович Поджаренко, Олег Миколайович Куцевол // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2003. – № 64. – С. 147–152.
5. Куцевол О. М. Метод визначення ємності матеріалу зі значними діелектричними втратами / О. М. Куцевол, М. О. Куцевол // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : IX наук.-техн. конф., 30 трав.–2 черв. 2002 р. : тези допов. – Хмельницький, 2002. – С. 86–88.
6. Пат. 75700 Україна, МПК G 01 N 27/22. Спосіб вимірювання вологості / Поджаренко В. О., Куцевол М. О., Куцевол О. М. ; заявник патенто власник Вінницьк. націон. техн. унів. – №2004032000 ; заявл. 18.03.04; опубл. 15.05.06, Бюл. № 5. – 2 с.

CERTIFIKÁT

MEZINÁRODNÍ
VĚDECKO-PRAKTICKÁ KONFERENCE



www.rusnauka.com

MEZINÁRODNÍ VĚDECKO-PRAKTICKÁ KONFERENCE

DNY VĚDY

г. Прага

22 - 30 марта

2015



Секция:

Технические науки

Авторы:

Куцевол О.М., Куцевол М.О.

Доклад на тему:

Визначення вологості каплярно-пористих матеріалів із незначними заважальними факторами



Председатель
органитета Piter Novak

A handwritten signature in black ink, reading "P. Novak".

Publishing House Education
and Science s.r.o.
IČO 211 14 877
Průmyslová 151/14, Praha 9
MŠ P-Práha, 602 0, 160 00 14

MEZINÁRODNÍ
VĚDECKO-PRAKTICKÁ KONFERENCE