

**MATERIALS**  
**OF THE XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC**  
**AND PRACTICAL CONFERENCE**

**«SCIENCE AND CIVILIZATION -**  
**2015»**

**30 January - 07 February 2015**

**Volume 25**  
**Technical sciences**

Sheffield  
SCIENCE AND EDUCATION LTD  
2015

## CONTENTS

### TECHNICAL SCIENCES

#### ENERGY

<b>Torepashkyzy B.B.</b> Analysis of development and introduction of the new energy saving technologies with use heat pump installations (TNU) in systems heat supplies in habited, public and production buildings in the republic of Kazakhstan .....	3
<b>Калнева К.Б., Калнев Б.К.</b> Методы решения в средствах контроля и профилактики потерь электроэнергии в секторе индивидуального жилья .....	5
<b>Лысенко К.В., Юрченко А.В.</b> Проблемы автоматизированного управления микро ГЭС и мобильного оповещения .....	10
<b>Лысенко В.С., Лысенко К.В., Юрченко А.В.</b> Методика расчета и пути модернизации дисковых турбин .....	12
<b>Гришин А.П., Свентицкий И.И.</b> Эксергетический анализ теплоты среды как возобновляемого источника энергии для тепловых насосов и холодильных машин .....	16
<b>Сулейменов О.А.</b> Результаты электростатической сепарации коллективных концентраторов в поле коронного разряда .....	23

#### ELECTRICAL ENGINEERING AND RADIO ELECTRONICS

<b>Куцевол О.М., Куцевол М.О.</b> Синтез електричної моделі зерна пшениці сорту «Колос Миронівщини» .....	26
<b>Даннярова А.М.</b> Байланыс қызметінің даму сатылары .....	32
<b>Аслан-заде А.Г.</b> Специальные режимы работы трехфазного мостового выпрямителя .....	35
<b>Бекмагамбетова Г.К.</b> Тасмалдау үдерісінің жедел басқару жүйесін салыстырудағы теориялық зерттеулер .....	38

#### AVIATION AND ASTRONAUTICS

<b>Smolentsev V.P., Safonov S.V., Koptev LI.</b> The improvement of the flow duct of heat engine sprayers .....	42
<b>Андрянов И.К.</b> Анализ теплоизоляционных покрытий для лопаток газотурбинного двигателя .....	48

## ELECTRICAL ENGINEERING AND RADIO ELECTRONICS

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

### СИНТЕЗ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ СОРТУ «КОЛОС МИРОНІВЩИНИ»

Узагальнена еквівалентна схема вимірювального перетворювача (рис.1) складається із зразкового конденсатора  $C_3$  і чутливого елемента ЧЕ у вигляді двополюсника. Метою синтезу є одержання еквівалентної електричної моделі чутливого елемента із досліджуваним зерном для конкретної вологості у вузькому частотному діапазоні, яка може бути використана для точного градуювання діелектрометричних вологомірів.

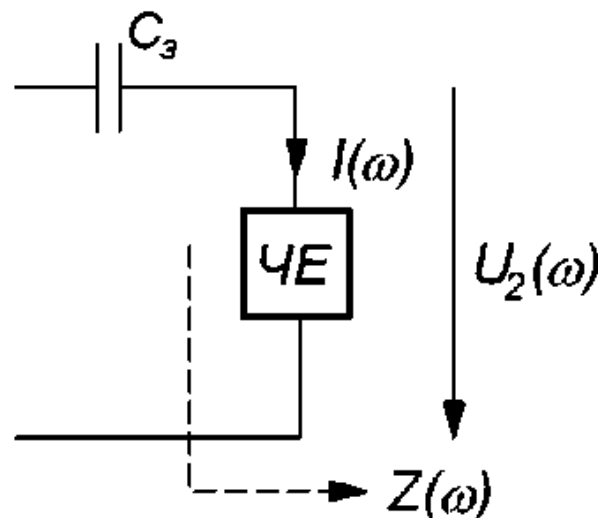


Рис.1. Узагальнена еквівалентна схема вимірювального перетворювача

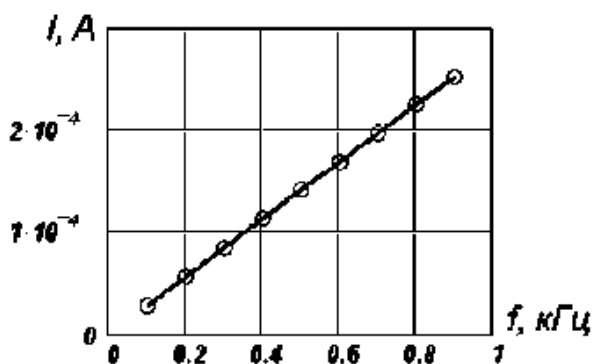
Аналіз частотно-вологісних характеристик зерна пшениці показує, що їх зміна характерна для еквівалентного  $RC$ -кола, різниця тільки у абсолютному значенні вихідного сигналу  $U_2(\omega)$  вимірювального перетворювача. Це дозволяє будувати електричні аналоги зерна пшениці різних сортів (а також інших злакових культур) за однією методикою та реальними частотними характеристиками.

Залежність електричних параметрів чутливого елемента з вологим зерном пшениці у діапазоні частот наведено у табл.1.

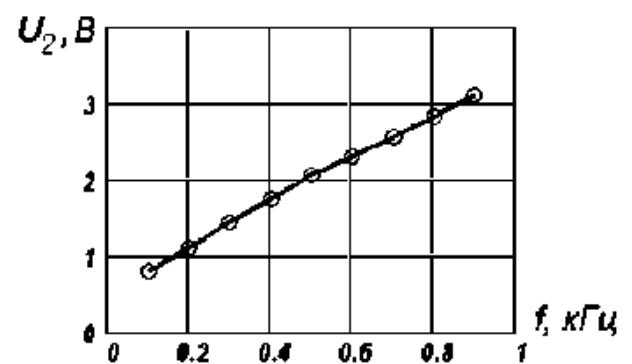
Таблиця І

**Залежність електричних параметрів чутливого елемента у діапазоні частот**

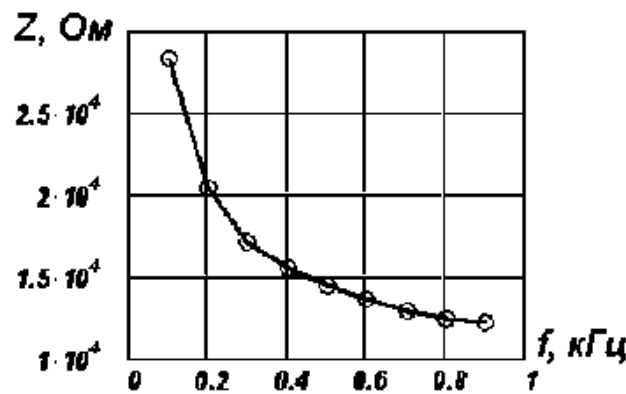
Електричний параметр	Частота $f$ , кГц								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$I$ , мкА	28,3	56,6	84,9	113,1	141,3	169,3	197,5	225,4	253,5
$U_2$ , В	0,8	1,1	1,45	1,8	2,05	2,3	2,56	2,81	3,1
$Z$ , кОм	28,27	19,43	17,08	15,92	14,51	13,58	12,96	12,47	12,23



а)



б)



в)

**Рис.2. Частотні залежності вимірювального перетворювача:**  
 а) струму через чутливий елемент; б) напруги на чутливому елементі;  
 в) опору чутливого елемента

Аналітичні вирази  $I(f)$  та  $U_2(f)$  знаходяться шляхом регресійного аналізу. Оскільки зміна аргумента відбувається у вузькому діапазоні, можна обмежитись поліномом першого ступеня:

$$y = a \cdot x + b. \tag{1}$$

Використовуючи результати дев'яти вимірювань випадкових величин  $I_i$  та  $f_i$ , знаходиться середньоквадратична регресія [1-3] першого порядку.

Коефіцієнти  $a$  та  $b$  залежності (1) знаходяться з умови досягнення функціоналом

$$\Phi(a, b) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - a \cdot x_i - b)^2$$

свого мінімального значення.

Необхідно знайти окремі похідні  $\Phi$  по  $a$  та  $b$ :

$$\frac{\partial \Phi}{\partial a} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - a \cdot x_i - b) \cdot x_i,$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - a \cdot x_i - b).$$

Прирівнявши дані вирази до нуля, отримуємо систему лінійних рівнянь для знаходження  $a$  та  $b$ :

$$\left. \begin{aligned} a \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \cdot \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i, \\ a \cdot \sum_{i=1}^n x_i + b \cdot n &= \sum_{i=1}^n y_i. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Із системи (2) знаходяться коефіцієнти  $a$  та  $b$ :

$$a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, \quad (3)$$

$$b = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i - a \cdot \sum_{i=1}^n x_i \right). \quad (4)$$

Замінивши  $y$  на  $I(f)$  та  $x$  на  $f$ , отримуємо вираз (1) у вигляді:

$$I(f) = a_1 \cdot f + b_1.$$

Для вихідної напруги цей вираз можна записати:

$$U_2(f) = a_2 \cdot f + b_2.$$

Скориставшись виразами (6) та (1), а також даними табл.1 і прийнявши  $n = 9$ :

$$I(f) = 2,871 \cdot 10^{-7} \cdot f + 3,883 \cdot 10^{-7},$$

$$U_2(f) = 2,842 \cdot 10^{-3} \cdot f + 0,576.$$

Залежності  $I(\omega)$  та  $U_2(\omega)$ :

$$I(\omega) = 1,804 \cdot 10^{-6} \cdot \omega + 3,883 \cdot 10^{-7},$$

$$U_2(\omega) = 1,786 \cdot 10^{-2} \cdot f + 0,576.$$

Враховуючи те, що вхідний сигнал вимірювального перетворювача – гармонічна функція часу, вирази для струму і напруги в комплексній формі:

$$I(p) = 1,804 \cdot 10^{-6} \cdot p + 3,883 \cdot 10^{-7},$$

$$U_2(p) = 1,786 \cdot 10^{-2} \cdot p + 0,576.$$

де  $p = j\omega$ .

З огляду на традиційне уявлення електричних властивостей капілярно-пористих діелектричних матеріалів [4,5] та характер частотних залежностей (рис.2) можна стверджувати, що заповнений зерном пшениці чутливий елемент виявляє електричні ознаки  $RC$ -кола. Його еквівалентний опір:

$$Z(p) = \frac{1,786 \cdot 10^{-2} \cdot p + 0,576}{1,804 \cdot 10^{-6} \cdot p + 3,883 \cdot 10^{-7}}, \quad (5)$$

Виходячи із рекомендацій [6,7], розкладання виразу (5) на прості дроби доцільно робити за першим методом Фостера.

Розкладання виразу (5) на прості дроби за першим методом Фостера має вигляд

$$Z(p) = k_{\infty} + \frac{k_0}{p} + \sum_{i=1}^N \frac{k_i}{p + \sigma_i}.$$

. Знаходимо полюс і нуль функції (5)

$$1,804 \cdot 10^{-6} \cdot p + 3,883 \cdot 10^{-7} = 0, \quad p_n = -0,215.$$

$$1,786 \cdot 10^{-2} \cdot p + 0,576 = 0, \quad p_0 = -32,251.$$

Із виразу для даної функції видно, що вона належить колу, яке складається тільки із  $R$ - і  $C$ -елементів, оскільки її полюс і нуль чергуються і лежать на від'ємній частині дійсної осі, причому функція опору першою має полюс, а не нуль.

Розв'язується задача наступним чином. Спочатку із  $Z(p)$  виділяється постійне значення  $k_\infty$ , яке не залежить від  $p$  і дорівнює:

$$k_\infty = \lim_{p \rightarrow \infty} Z(p) = \left( \frac{1,786 \cdot 10^{-2} \cdot p + 0,576}{1,804 \cdot 10^{-6} \cdot p + 3,883 \cdot 10^{-7}} \right)_{p \rightarrow \infty} = 1.$$

Потім, віднімаючи його від  $Z(p)$ , отримується

$$Z_1(p) = Z(p) - 1 \approx Z(p).$$

У цьому випадку у виразі (2.29)  $k_0 = 0$ , оскільки функція  $Z(p)$  не має полюса на початку координат.

Отже, у відповідності із (2.29)

$$Z(p) = k_\infty + \frac{k}{p + \sigma}. \quad (6)$$

Знаходиться  $k$ , як лишок функції  $Z(p)$  за умови  $p_n = \sigma = -0,215$ :

$$k = [\operatorname{Res} Z(p)]_{p=-0,215} = 3,1716 \cdot 10^6.$$

Отже, вираз для

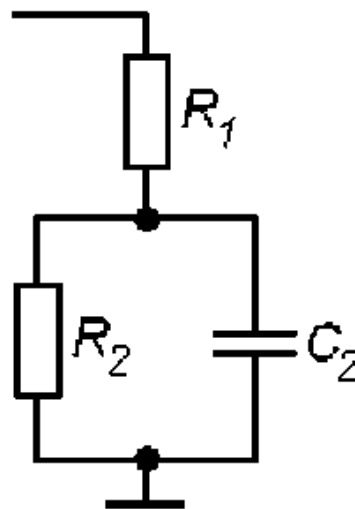
$$Z(p) = 1 + \frac{3,1716 \cdot 10^6}{p + 0,215}. \quad (7)$$

Перша складова (7) – активний опір, що дорівнює 1 Ом, друга складова паралельне з'єднання активного опору і ємності, які визначаються за виразами:

$$C_2 = \frac{1}{10 \cdot k} = \frac{1}{3,1716 \cdot 10^6} = 315,296 \cdot 10^{-9} \text{ Ф.}$$

$$R_2 = \frac{10 \cdot k}{\sigma} = \frac{3,1716 \cdot 10^6}{0,215} = 14,752 \cdot 10^6 \text{ Ом.}$$

Схема синтезованого за першим методом Фостера електричного аналога показана на рис.3.



**Рис.3. Схема електричного аналога зерна пшениці «Жолос Миронівщини»**

### **Висновки**

Таким чином, в результаті проведеного синтезу за експериментальними виразами  $Z(p)$  із використанням першого методу Фостера отримано еквівалентний електричний аналог зерна пшениці в діапазоні частот. Еквівалентні електричні аналоги підтверджують висунуті раніше припущення про їх схемотехніку [4,5,8] та спростовують думку [8] про неможливість знаходження значень елементів цих аналогів.

Еквівалентні електричні моделі зерна можуть бути використані для градування вологомірів.

Викладена методика отримання електричних аналогів зерна пшениці є універсальною та може також застосовуватись для інших капілярно-пористих матеріалів та інших діапазонів частот.

### **Література:**

1. Дрейпер Норман. Прикладной регрессионный анализ. В 2-х кн. Кн. 1 : монография / N. R. Draper, H. Smith [перев. с англ. Ю. П. Адлера и В. Г. Горского]. – М. : Финансы и статистика, 1986. – 366 с.
2. Себер Джордж. Линейный регрессионный анализ / G. A. F. Seber [перев. с англ. В. П. Носко]. – М. : Мир, 1980. – 456 с.
3. Дрейпер Норман. Прикладной регрессионный анализ. В 2-х кн. Кн. 2 : монография / N. R. Draper, H. Smith [перев. с англ. Ю. П. Адлера и В. Г. Горского]. – М. : Финансы и статистика, 1986. – 366 с.
4. Богородицкий Николай Петрович. Электротехнические материалы / Николай Петрович Богородицкий, Владимир Васильевич Пасынков, Борис Михайлович Тареев. – Ленинград : Энергия, 1977. – 308 с.
5. Берлинер Марк Александрович. Измерения влажности / М. А. Берлинер. – М. : Энергия, 1973. – 400 с.



