



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60554 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01R 27/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПОВНОГО ОПОРУ

1

2

(21) u201013614

(22) 16.11.2010

(24) 25.06.2011

(46) 25.06.2011, Бюл.№ 12, 2011 р.

(72) ЛІЩИНСЬКА ЛЮДМИЛА БРОНІСЛАВІВНА,
ВОЙЦЕХОВСЬКА ОЛЕНА ВАЛЕРІЇВНА, ФІЛІНЮК
МИКОЛА АНТОНОВИЧ, ЧЕХМЕСТРУК РОМАН
ЮРІЙОВИЧ

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб вимірювання повного опору, що вклю-
чає вимірювання параметрів схеми без шуканого
опору, вимірювання параметрів схеми з підключе-
ним шуканим опором та подальший розрахунок
шуканого повного опору, причому спочатку вимі-
рюють значення потужності сигналу генератора на
виході пасивного невзаємного чотириполюсника
 $P_{\text{вих}}$ з підключеним до нього шуканим повним
опором, вимірюють значення потужності сигналу

генератора на вході пасивного невзаємного чоти-
риполюсника $P_{\text{вх}}$ з підключеним до нього шуканим
повним опором, який **відрізняється** тим, що зна-
чення активного опору розраховується за форму-
лою:

$$\operatorname{Re} Z_x = \operatorname{Re} Z_{21} \sqrt{\frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вих}}}},$$

а також розраховується значення реактивного
опору за формулою:

$$\operatorname{Im} Z_x = \operatorname{Im} Z_{21} \sqrt{\frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вих}}}}$$

де $\operatorname{Re} Z_{21}$, $\operatorname{Im} Z_{21}$ - відомі значення, відповідно,
активного та реактивного опорів передачі з входу
на вихід пасивного невзаємного чотириполюсника
без підключеного до нього шуканого повного опо-
ру.

Корисна модель належить до області
електроніки, зокрема до вимірювальної техніки
визначення резистивних параметрів об'єктів.

Відомий спосіб вимірювання активного опору,
що включає вимірювання параметрів схеми без
шуканого опору, вимірювання параметрів схеми з
підключеним шуканим опором та подальший роз-
рахунок шуканого активного опору [Кукуш В.Д.
Электрорадиоизмерения. - М.: Радио и связь,
1985, с. 300-301].

Недоліком даного способу є його низька
точність, обумовлена похибкою вимірювання на-
пруги або струму, дрейфом нуля при використанні
сухої батареї, похибкою з'єднувальних проводів та
перехідних контактів, нестабільністю параметрів
джерела живлення.

Найбільш близьким до запропонованого є
спосіб вимірювання активного опору, що включає
вимірювання параметрів схеми без шуканого опо-
ру, вимірювання параметрів схеми з підключеним
шуканим опором та подальший розрахунок шука-
ного активного опору, причому спочатку
вимірюють значення потужності сигналу генерато-
ра на виході пасивного невзаємного чотириполюс-

ника $P_{\text{вих}}$ з підключеним до нього шуканим актив-
ним опором, вимірюють значення потужності сиг-
налу генератора на вході пасивного невзаємного
чотириполюсника $P_{\text{вх}}$ з підключеним до нього шука-
ним активним опором, за формулою:

$$R_x = R_{12} \frac{K_{\text{мс}} \sqrt{P_{\text{вх}}} - \sqrt{P_{\text{вих}}}}{\sqrt{P_{\text{вих}}} \sqrt{P_{\text{вх}}}},$$

де R_{12} - відоме значення опору передачі з вхо-
ду на вихід пасивного невзаємного чотириполюс-
ника без підключеного до нього шуканого повного
опору;

$K_{\text{мс}}$ - відоме значення максимально досяжного
коефіцієнта передачі пасивного невзаємного чоти-
риполюсника без підключеного до нього шуканого
повного опору.

Розраховують значення шуканого активного
опору [Патент України № 45888, 2009. Бюл. № 22].

Недоліком даного способу є його
застосовність тільки на низьких частотах, оскільки
не враховується реактивний опір.

В основу корисної моделі поставлено задачу
розширення функціональних можливостей та

(19) UA (11) 60554 (13) U

підвищення точності вимірювань за рахунок вимірювання реактивного опору.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання повного опору, що включає вимірювання параметрів схеми без шуканого опору, вимірювання параметрів схеми з підключеним шуканим опором та подальший розрахунок шуканого активного опору, причому спочатку вимірюють значення потужності сигналу генератора на виході пасивного невзаємного чотириполюсника $P_{\text{вих}}$ з підключеним до нього шуканим активним опором, вимірюють значення потужності сигналу генератора на вході пасивного невзаємного чотириполюсника $P_{\text{вх}}$ з підключеним до нього шуканим активним опором, причому значення активного опору розраховується за формулою:

$$\operatorname{Re} Z_x = \operatorname{Re} Z_{21} \sqrt{\frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вих}}}},$$

а також розраховується значення реактивного опору за формулою:

$$\operatorname{Im} Z_x = \operatorname{Im} Z_{21} \sqrt{\frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вих}}}}$$

де $\operatorname{Re} Z_{21}$, $\operatorname{Im} Z_{21}$ - відомі значення, відповідно, активного та реактивного опорів передачі з входу на вихід пасивного невзаємного чотириполюсника без підключеного до нього шуканого повного опору.

На кресленні зображено структурну схему пристрою для реалізації способу вимірювання повного опору.

Пристрій для проведення вимірювань складається з генератора 1, пасивного невзаємного чотириполюсника 2 з його відомими параметрами $\operatorname{Re} Z_{21}$, $\operatorname{Im} Z_{21}$ та $K_{\text{мс}}$, вимірювача потужності 3, першого комутатора 4, другого комутатора 5 та шуканого повного опору 6. При цьому перший нерухомий контакт 7 першого комутатора 4 з'єднаний з входом пасивного невзаємного чотириполюсника 2 та першим нерухомим контактом 10 другого комутатора 5, другий нерухомий контакт 9 першого комутатора 4 з'єднаний з виходом пасивного невзаємного чотириполюсника 2 та другим нерухомим контактом 12 другого комутатора 5, рухомий контакт 8 першого комутатора 4 з'єднаний з виходом генератора 1, рухомий контакт 11 другого комутатора 5 з'єднаний з входом вимірювача потужності 3.

Спосіб здійснюється таким чином. В першому комутаторі 4 з'єднують контакти 7 та 8, в другому комутаторі 5 з'єднують контакти 11 та 12. В цьому режимі виконують вимірювання потужності сигналу генератора 1 на виході пасивного невзаємного чотириполюсника 2 з підключеним до нього шуканим повним опором 6 за допомогою вимірювача потужності 3.

Потім в першому комутаторі 4 з'єднують контакти 8 та 9, в другому комутаторі 5 з'єднують контакти 10 та 11. В цьому режимі виконують вимірювання потужності сигналу генератора 1 на вході пасивного невзаємного чотириполюсника 2 з підключеним до нього шуканим повним опором 6 за допомогою вимірювача потужності 3.

Розрахунок значення повного опору, який складається з активного та реактивного опорів, проводиться таким чином.

Матриця повного опору пасивного невзаємного чотириполюсника 2 без шуканого опору має вигляд:

$$[Z] = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}.$$

Матриця повного опору нового чотириполюсника з підключеним до пасивного невзаємного чотириполюсника 2 шуканим опором має вигляд:

$$[Z^{\Sigma}] = \begin{bmatrix} Z_{11} + Z_x & Z_{12} - Z_x \\ Z_{21} + Z_x & Z_{22} - Z_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11}^{\Sigma} & Z_{12}^{\Sigma} \\ Z_{21}^{\Sigma} & Z_{22}^{\Sigma} \end{bmatrix}.$$

Максимально досяжний коефіцієнт стійкої передачі за потужністю такого чотириполюсника визначається з виразу

$$K_{\text{мс}} = \frac{|Z_{21}^{\Sigma}|}{|Z_{12}^{\Sigma}|} = \frac{|Z_{21} + Z_x|}{|Z_{12} - Z_x|} = \left| \frac{Z_{21} + Z_x}{Z_{12} - Z_x} \right|.$$

Якщо припустити, що $\frac{Z_{21}}{Z_{12}} \gg \frac{Z_x}{Z_{12}}$ та $\frac{Z_{21}}{Z_{12}} \gg 1$, то при виконанні умови, що $Z_{21} \gg Z_x \gg Z_{12}$, отримаємо:

$$K_{\text{мс}} \approx \frac{|Z_{21}|}{|Z_x|} = \frac{|Z_{21}|}{\sqrt{\operatorname{Re}^2 Z_x + \operatorname{Im}^2 Z_x}},$$

$$\text{або } K_{\text{мс}}^2 = \frac{\operatorname{Re}^2 Z_{21} + \operatorname{Im}^2 Z_{21}}{\operatorname{Re}^2 Z_x + \operatorname{Im}^2 Z_x},$$

$$\operatorname{Re}^2 Z_x + \operatorname{Im}^2 Z_x = \frac{\operatorname{Re}^2 Z_{21}}{K_{\text{мс}}^2} + \frac{\operatorname{Im}^2 Z_{21}}{K_{\text{мс}}^2}.$$

Звідки маємо:

$$\operatorname{Re} Z_x = \frac{\operatorname{Re} Z_{21}}{K_{\text{мс}}} \quad (1)$$

$$\operatorname{Im} Z_x = \frac{\operatorname{Im} Z_{21}}{K_{\text{мс}}} \quad (2)$$

Однак, відомо, що

$$K_{\text{мс}} = \sqrt{\frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}}}.$$

Підставивши (3) в (1) та (2), отримуємо формули:

$$\operatorname{Re} Z_x = \operatorname{Re} Z_{21} \sqrt{\frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вих}}}},$$

$$\operatorname{Im} Z_x = \operatorname{Im} Z_{21} \sqrt{\frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вих}}}},$$

за якими розраховують значення шуканого повного опору.

Спосіб, що пропонується сприяє розширенню функціональних можливостей за рахунок вимірювання реактивного опору та підвищенню точності вимірювання.

