

## ВПЛИВ ВІДХИЛЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ПАСИВНИХ КОМПОНЕНТІВ НА КОЕФІЦІЄНТ ПЕРЕДАЧІ НАПРУГИ

Перегуда О. І., студент; Нікітчук А. В., асистент

Національний технічний університет України «Київський Політехнічний  
Інститут ім. Ігоря Сікорського» м. Київ, Україна

Розглянемо вплив відхилень (приросту) параметрів пасивних компонентів на коефіцієнт передачі напруги. Як відома, спільна модель РЕА формується з окремих моделей компонентів.

Наприклад, просте електричне коло моделюється системою нелінійних алгебраїчних рівнянь (1):

$$I(U) = 0 \quad (1)$$

де  $I$  та  $U$  — вектори відповідно вузлових струмів та вузлових напруг. Одним з найпоширеніших методів розв'язання алгебраїчних систем та рівнянь є метод Ньютона, який побудований на основі лінеаризації. У відповідності до методу Ньютона  $k$ -е значення вектора вузлових напруг знаходять за обчислювальною схемою (2) та (3):

$$U^k = U^{k-1} + \Delta U \quad (2)$$

$$\Delta U = - \left[ \frac{\partial I_i}{\partial u_j} \right]^{-1} \cdot I^{(k-1)} \quad (3)$$

де  $k = 1, 2, \dots$  — номер ітерації;  $n$  — кількість потенційних (без нульового) вузлів схеми заміщення електронного кола, що моделюється;  $U^{k-1}$  — значення вектора вузлових напруг на попередній ітерації;  $I$  — поточний вектор вузлових струмів.

Розглянемо реальний приклад. Відома схема резистивного діляника, зображеного на рисунку 1.

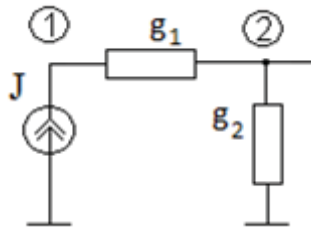


Рисунок 1. Схема резистивного діляника

Модель даної схеми побудована на основі двох інших моделей — моделі резистора та моделі джерела струму. Провідність ідеального резистора  $g$  з опором  $R$ , що з'єднує вузли  $a$  і  $b$  (в загальному вигляді), додається до загальної матриці провідностей за таким правилом (4):

$$Y_R = \begin{matrix} & a & \dots & b \\ \begin{matrix} a \\ \dots \\ b \end{matrix} & \begin{matrix} +g & \dots & -g \\ \dots & \dots & \dots \\ -g & \dots & +g \end{matrix} \end{matrix} \quad (4)$$

Згідно до моделі джерела струму: струм  $i_c$  джерела струму, який спочатку втікає у вузол  $a$ , після чого витікає з вузла  $b$ , записується у вектор  $I$  струмів за наступним правилом (5):

$$I_c = \begin{matrix} a & \begin{matrix} +i_c \\ \dots \\ -i_c \end{matrix} \\ \dots & \\ b & \end{matrix} \quad (5)$$

Отже, звідси, матриця провідностей (6) та вектор збудження (7) резистивного дільника мають наступний символічний вигляд :

$$Y = \begin{matrix} \begin{matrix} g_1 & -g_1 \\ -g_1 & g_1 + g_2 \end{matrix} \end{matrix}, \quad (6)$$

$$I = \begin{matrix} J \\ 0 \end{matrix} \quad (7)$$

При значенні  $J = 1$  джерела струму та провідностям  $g_1 = g_2 = 1$  вузлові напруги (8) і коефіцієнт передачі напруги (9), відповідно, у другий вузол із першого визначатимуться наступним чином:

$$u_1 = \frac{1 \cdot \Delta_{11}}{\Delta} = \frac{g_1 + g_2}{g_1 \cdot g_2}; \quad u_2 = \frac{1 \cdot \Delta_{12}}{\Delta} = \frac{g_1}{g_1 \cdot g_2}, \quad (8)$$

$$K_{21} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}} = \frac{g_1}{g_1 + g_2} = \frac{1}{2} \quad (9)$$

Розв'язання останньої визначає вектор похідних вузлових напруг по параметру  $g_1$  (10):

$$U'_{g_1} = \begin{matrix} \begin{matrix} (u_1)'_{g_1} \\ (u_2)'_{g_1} \end{matrix} \\ \begin{matrix} -1 \\ 0 \end{matrix} \end{matrix} \quad (10)$$

Нехай, відхилення параметрів компонентів згідно з вихідних умов для параметрів  $g_1$  та  $g_2$ , відповідно, складають 10% та 20%.

Тоді згідно таких умов коефіцієнт передачі напруги (9) визначається наступним чином:

$$K_{21} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}} = \frac{g_1 + g_1 \cdot \Delta g_1}{g_1 \cdot \Delta g_1 + g_2 \cdot \Delta g_2} = \frac{1,1}{2,3} = 0,478$$

Відхилення коефіцієнта передачі (11) для заданих відхилень параметрів компонентів відповідно до складає:

$$\Delta K_{21} = \frac{\partial K_{21}}{\partial g_1} \cdot g_1 + \frac{\partial K_{21}}{\partial g_2} \cdot g_2 = \frac{1}{4} \cdot 0,1 - \frac{1}{4} \cdot 0,2 = -0,025 \quad (11)$$

де  $\frac{\partial K_{21}}{\partial g_1}$  та  $\frac{\partial K_{21}}{\partial g_2}$  — часткові похідні коефіцієнта передачі напруги по параметрам  $g_1$  та  $g_2$ .

Тоді, поточний коефіцієнта передачі за лінійною моделлю (12) складатиме:

$$K_{21\text{лин}} = K_{21} + \Delta K_{21} = 0,5 - 0,025 = 0,475 \quad (12)$$

Вирахуємо похибку лінійного моделювання (13), вона складає:

$$\varepsilon_{\text{лин}} \approx \left| \frac{K_{21} - K_{21\text{лин}}}{K_{21}} \right| = \left| \frac{0,478 - 0,475}{0,478} \right| \approx 0,00627 \approx 0,6\% \quad (13)$$

Таким чином, для заданих схеми та прирощень параметрів компонентів модель забезпечує досить високу точність моделювання. Також при збільшенні відхилень параметрів компонентів відбувається зменшення коефіцієнту передачі напруги.

### **Перелік посилань**

1. Тарабаров Б. С — Контроль, діагностика та випробування радіоелектронної апаратури — К: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 — 9 – 16 с.

### **Анотація**

Проаналізовано основний принцип розрахунку впливу відхилень параметрів пасивних компонентів на прикладі коефіцієнта передачі напруги. Похибка розрахунку не перевищує 0,6%.

**Ключові слова:** резистивний дільник, РЕА, коефіцієнт передачі напруги.

### **Аннотация**

Проанализирован основной принцип расчета влияния отклонений параметров пассивных компонентов на примере коэффициента передачи напряжения. Погрешность расчета не превышает 0,6%.

**Ключевые слова:** резистивный делитель, РЕА, коэффициент передачи напряжения.

### **Abstract**

The basic principle of calculating the influence of deviations of the parameters of the passive components is analyzed on the example of the voltage transfer coefficient. The calculation error does not exceed 0.6%.

**Keywords:** resistive divider, REA, voltage transmission coefficient.