

CALCULUL SENSIBILITĂȚII CARACTERISTICILOR CIRCUITELOR ELECTRONICE

Irina NACUL, Daniela NICA, Ion AVRAM

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Sensibilitatea caracteristicilor circuitelor electronice (CE) către un element dat reprezintă schimbarea unei caracteristici a circuitului dat la schimbare a valorii nominalului elementului dat din CE. Se definesc mai multe tipuri de sensibilitate, dar mai des se utilizează sensibilitatea relativă față de un element dat (rezistor, condensator ș.a.). Pentru a calcula sensibilitatea unui parametru al CE dat, mai întâi, se construiește Y-matricea corespunzătoare CE dat, din care se calculează funcția de transfer a CE și se calculează sensibilitatea caracteristicilor necesare a CE dat.

Cuvinte cheie: Circuit, caracteristică, sensibilitate, funcție, matrice.

1. NOTIUNI GENERALE

Toate CE analogice se proiectează în domeniul frecvență pentru realizarea unor caracteristici ca: CAF (caracteristica amplitudine-frecvență) sau CFF (caracteristica fază-frecvență) concrete, însă luând în considerație că:

- 1) elementele utilizate (R-rezistor; C-condensator) se produc cu o eroare de la câteva procente și pînă la zeci de procente,
- 2) datorită schimbării condițiilor mediului ambiant (temperatura, umiditatea, ș.a) caracteristicile reale ale CE se deosebesc de caracteristicile calculate ale CE proiectate, iar schimbarea unei caracteristici a circuitului dat la schimbarea valorii unui element dat al său se numește sensibilitate ale caracteristicilor CE către elementul dat al circuitului respectiv. Se utilizează mai multe tipuri de sensibilitate. Se va cerceta doar sensibilitatea relativă a caracteristicii date față de elementul dat (ex: față de R, C, ș.a.), utilizînd formula

$$S_{R_1}^{T(j\omega)} = \frac{R_1}{T(pR_1)} * \frac{\delta T(pR_1)}{\delta R_1} \quad (1)$$

2. SCHEMA CIRCUITULUI ELECTRONIC

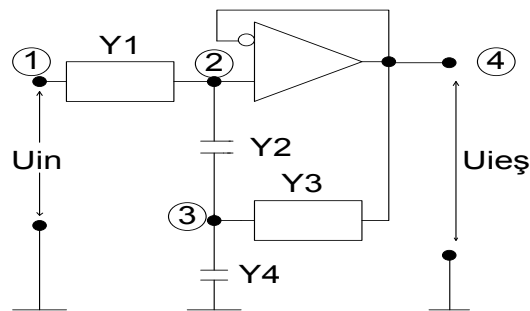


Fig. 2 Schema electrică a unui circuit electronic

3. METODA DE CALCUL

$$|Y| = \begin{vmatrix} y_1 & -y_1 & 0 & 0 \\ -y_1 & y_1 + y_2 & -y_2 & 0 \\ 0 & -y_2 & y_2 + y_3 + y_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -y_3 \end{vmatrix} \quad (2)$$

0 -1 0 +1

Calculăm funcția de transfer a circuitului electronic

$$T(p) = \frac{\Delta_{14}}{\Delta_{11}} \quad (3)$$

$$\Delta_{14} = (-1)^{1+4} \begin{vmatrix} -y_1 & y_1 + y_2 & y_2 \\ 0 & y_2 & y_2 + y_3 + y_4 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = y_1(y_2 + y_3 + y_4)$$

$$\Delta_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} y_1 + y_2 & -y_2 & 0 \\ -y_2 & y_2 + y_3 + y_4 & -y_3 \\ -1 & 0 & +1 \end{vmatrix} = (y_2 + y_3 + y_4) + y_2 y_4$$

Calculăm funcția de transfer a circuitului electronic

$$T(p) = \frac{y_1(y_2 + y_3 + y_4)}{y_1(y_2 + y_3 + y_4) + y_2 y_4} = \frac{1}{1 + \frac{y_1 y_4}{y_1(y_2 + y_3 + y_4)}} =$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{p^2 C_2 C_4}{\frac{1}{R_1} (p C_2 + \frac{1}{R_3} + p C_4)}} = \frac{1}{1 + \frac{p^2 C_2 C_4 R_1 R_3}{p C_2 + 1 + p C_4 R_3}} = \frac{1}{1 + \frac{p^2 C_2 C_4 R_1 R_3}{1 + p R_3 (C_2 + C_4)}} =$$

$$\frac{1 + p R_3 C_2 C_4}{1 + p R_3 (C_2 + C_4) + p^2 C_2 C_4 R_1 R_3} = \frac{1 + a_1 p}{1 + b_1 p + b_2 p^2};$$

Calcularea caracteristicii amplitudine-frecvență a CE o efectuăm din funcția de transfer (4), obținând formulele (5) și (6)

$$T(p) = \frac{A(p)}{B(p)} \quad (4)$$

$$CAF = |T(j\omega)| = \sqrt{\frac{\operatorname{Re}^2 A(j\omega) + \operatorname{Im}^2 A(j\omega)}{\operatorname{Re}^2 B(j\omega) + \operatorname{Im}^2 B(j\omega)}} \quad (5)$$

$$CAF = |T(j\omega)| = \sqrt{\frac{1 + (R_3(C_2 + C_4)j\omega)^2}{(1 - C_2 C_4 R_1 R_3 \omega^2)^2 + (R_3(C_2 + C_4)j\omega)^2}} \quad (6)$$

Calculul sensibilității CAF a CE dat la schimbarea nominalului componentului R_3

$$S_{R_3}^{T(p)} = \frac{R_3}{T(p; R_3)} * \frac{\delta T(p; R_3)}{\delta R_3};$$

$$T(p) = A(p)/B(p);$$

$$S_{R_3}^{T(p)} = R_3 \left(\frac{A'(p)}{A(p)} - \frac{B'(p)}{B(p)} \right), \text{ unde}$$

$$A'(p) = \frac{\delta A(p)}{\delta R_3}; B'(p) = \frac{\delta B(p)}{\delta R_3};$$

$$S_{R_3}^{T(p)} = \frac{R_3}{\frac{1 + pa_1R_3}{1 + pb_1R_3 + p^2b_2R_3}} * \frac{\delta \frac{1 + pa_1R_3}{1 + pb_1R_3 + p^2b_2R_3}}{\delta R_3}$$

$$S_{R_3}^{T(p)} = \frac{R_3(1 + pb_1R_3 + p^2b_2R_3)}{1 + pa_1R_3} * \left(\frac{1 + pa_1R_3}{1 + pb_1R_3 + p^2b_2R_3} \right)' =$$

$$= \frac{R_3(pa_1 - pb_1 - p^2b_2)}{1 + pa_1R_3} = \frac{j\omega a_1 - j\omega b_1 + \omega b_2}{1 + j\omega a_1}. \quad (7)$$

CONCLUZII:

În această lucrare s-a calculat sensibilitatea CAF a CE dat în figura 2. Pentru aceasta, mai întâi s-a construit matricea Y a circuitului electronic. Din matrice s-a calculat funcția de transfer T(p) și s-a obținut următorul rezultat:

$$T(p) = \frac{1 + a_1p}{1 + b_1p + b_2p^2}$$

S-a calculat CAF a CE dat, care are forma:

$$CAF = |T(j\omega)| = \sqrt{\frac{1 + (R_2(C_2 + C_4)j\omega)^2}{(1 - C_2C_4R_1R_3\omega^2)^2 + (R_2(C_2 + C_4)j\omega)^2}}$$

Sensibilitatea CAF a CE dat față de elementul R₃ este prezentată de formula (7)

$$S_{R_3}^{T(p)} = \frac{R_3(pa_1 - pb_1 - p^2b_2)}{1 + pa_1R_3} = \frac{j\omega a_1 - j\omega b_1 + \omega b_2}{1 + j\omega a_1}.$$

Calcularea sensibilității CAE a circuitelor electronice ne arată că la schimbarea valorii unui element din circuit se schimbă și caracteristica circuitului și permite de a ne asigura dacă valorile CAF dat nu depășesc valorile CAF indicate inițial.

BIBLIOGRAFIE

1. В.Е.Хейнлейн и В.Х.Холмс .Активные фильтры для интегральных схем, Пер. с англ -М.: Связь, 1980, 696 стр.
2. Л.П.Хьюлеман,Ф.Е.Аллен Введение в теорию и расчет активных фильтров. Пер. С англ.-М.:Радио и связь, 1984, 384 стр..