

CALCULUL CARACTERISTICILOR CIRCUITELOR ELECTRONICE IN DOMENIUL FRECVENȚĂ

Tamara NEGRU, Parascovia URSACHI, Ion AVRAM

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: *Circuitele electronice sunt circuitele constituite din circuite electrice (care constau din rezistoare, condensatoare, inductanțe și alte elemente pasive), care conțin și componente electronice ca diode, tranzistoare, circuite integrate, amplificatoare operaționale și altele. Caracteristicile în domeniul frecvență sunt: caracteristica amplitudine-frecvență (CAF), care este dependența amplitudinii semnalului de ieșire de valoarea frecvenței semnalului de intrare pentru o valoare stabilă a amplitudinii semnalului de intrare și caracteristica fază-frecvență (CFF), care este dependența diferenței de fază dintre semnalul de intrare și cel de ieșire a circuitului electronic la schimbarea frecvenței semnalului de intrare a circuitului dat.*

Cuvinte cheie: *Circuit, caracteristică, impedanță, funcție, matrice, fază, frecvență, amplitudine.*

1. NOȚIUNI GENERALE

Procedeele electromagnetice ce au loc în dispozitivele electronice sunt destul de complicate, însă de multe ori pot fi explicate cu noțiunile: forță electromotoare, tensiune (U), curent (I). În așa mod multitudinea dispozitivelor electronice alcătuită din consumatoare și surse legate într-un mod special între ele, ce servesc pentru generare, transfer sau diferite conversii ale energiei electrice este numită circuit electronic (CE).

Cu alte cuvinte circuitele electronice sunt circuitele constituite din circuite electrice (care constau din rezistoare, condensatoare, inductanțe și alte elemente pasive), care conțin și componente electronice ca diode, tranzistoare, circuite integrate, amplificatoare operaționale și altele.

Circuitele electrice sunt circuitele care constau din rezistoare (R), condensatoare (C), bobine (L) și alte elemente pasive. Elemente pasive sunt elementele care nu efectuează transformări aplicabile la elementele date.

Elementele ce generează energie se numesc surse, iar elementele ce consumă energie se numesc consumatoare.

2. CARACTERISTICILE DE BAZĂ

CAF a unui CE poate fi calculată din formulă funcției de transfer a CE dat:

$$T(p) = \frac{A(p)}{B(p)} \quad (1)$$

și în formă generală poate fi prezentată prin formula de mai jos (2)

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

CFF poate fi calculată din funcția de transfer a CE dat, dacă această funcție va fi prezentată sub forma:

$$T(p) = \frac{A(p)}{B(p)} = \frac{A(j\omega)}{B(j\omega)} = Re(T(j\omega)) + Im(T(j\omega)) \quad (3)$$

și atunci CFF se calculează după următoarea formulă

$$CFF = \arctg T(j\omega) = - \arctg \frac{Im(T(j\omega))}{Re(T(j\omega))} \quad (4)$$

3. CALCULUL CFF A UNUI CE DAT

Se dă CE din figura 1. După notarea nodurilor și elementelor acestui CE dat se formează Y-matricea acestui CE.

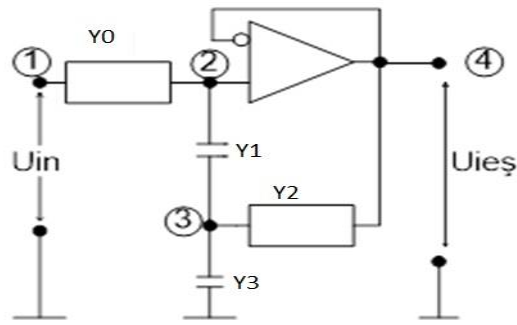


Fig. 1 Schema unui circuit electronic

Matricea Y va consta din două tipuri de elemente și anume:

Y_{ii} – conductibilitatea proprie a nodului i , și este egală cu suma tuturor conductibilităților conectate la acest nod.

Y_{ij} – conductibilitatea reciprocă dintre nodul i și nodul j este egală cu suma conductibilităților dintre nodurile i și j luată cu semnul "-" (minus).

Linia matricei, care corespunde cu numărul nodului la care este conectată ieșirea amplificatorului operațional (AO), se completează astfel:

La intersecția cu coloana care corespunde numărului nodului la care este conectată intrarea inversoare a AO se indică +1;

La intersecția cu coloana care corespunde numărului nodului la care este conectată intrarea directă a AO se indică minus 1.

Toate celelalte elemente ale liniei rămase sunt 0 (zero).

$$Y = \begin{vmatrix} y_0 & -y_0 & 0 & 0 \\ -y_0 & y_0 + y_1 & -y_1 & 0 \\ 0 & -y_1 & y_1 + y_2 + y_3 & -y_2 \\ 0 & -1 & 0 & +1 \end{vmatrix}$$

Calcularea impedanței de intrare.

Impedanța este rezistența complexă care are parte reală și parte imaginară.

$$Z = \text{Re} * Z_1 + \text{Im} * Z_1 \quad (5)$$

Impedanța este o mărime, care descrie posibilitatea ieșirii de a furniza curent și de a comanda o intrare, iar pentru un circuit de intrare de a accepta curent de la un circuit de ieșire:

$$Z = \frac{U}{I} \quad (6)$$

Se măsoară în Ohmi [Ω] și este un parametru pentru circuitele ce funcționează la curent alternativ similar "rezistenței active" din circuitele de curent continuu:

$$R = \frac{U}{I} \quad (7)$$

Din matricea Y a CE se poate calcula impedanța de intrare a CE dat după formula:

$$Z_{int} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Delta &= (-1)(-1)^{3+2} \begin{vmatrix} y_0 & 0 & 0 \\ -y_0 & -y_1 & 0 \\ 0 & 0 & +1 \end{vmatrix} + (+1)^{3+4} \begin{vmatrix} y_0 & -y_0 & 0 \\ -y_0 & y_0 + y_1 & -y_1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = \\ &= -(y_0(-y_1)) - y_1 y_0 = y_0 y_1 - y_0 y_1 \end{aligned}$$

$$\Delta_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} y_0 + y_1 & -y_1 & 0 \\ -y_1 & y_1 + y_2 + y_3 & -y_2 \\ -1 & 0 & +1 \end{vmatrix} = (y_0 + y_1)(y_1 + y_2 + y_3) + y_1 y_2 - y_1^2 =$$

$$= y_0(y_1 + y_2 + y_3) + y_1 y_3$$

$$Z_{int} = \frac{y_0(y_1 + y_2 + y_3) + y_1 y_3}{y_0 y_1 - y_0 y_1} = \frac{y_0(y_1 + y_2 + y_3)}{y_0 y_1} + \frac{y_1 y_3}{y_0 y_1} = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{y_1} + \frac{y_3}{y_0} = \frac{pC_1 + \frac{1}{R_2} + pC_3}{pC_1} + \frac{pC_3}{\frac{1}{R_0}} =$$

$$= \frac{p^2 C_1 C_3 + \frac{1}{R_2}}{pC_1} + \frac{pC_3}{\frac{1}{R_0}} = \frac{p^2 C_1 C_3}{pC_1} + pC_3 R_0 = \frac{pC_1 C_3}{R_2} + pC_3 R_0 \quad (9)$$

Calcularea funcției de transfer.

$$T(p) = \frac{A(p)}{B(p)} \quad (10)$$

Din Y-matricea CE dat funcția de transfer se calculează după formula

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

$$\Delta_{14} = (-1)^{1+4} \begin{vmatrix} -y_0 & y_0 + y_1 & -y_1 \\ 0 & -y_1 & y_1 + y_2 + y_3 \\ 0 & -1 & -1 \end{vmatrix} = y_0(y_1 + y_2 + y_3)$$

$$\Delta_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} y_0 + y_1 & -y_1 & 0 \\ -y_1 & y_1 + y_2 + y_3 & -y_2 \\ -1 & 0 & +1 \end{vmatrix} = (y_0 + y_1)(y_1 + y_2 + y_3) + y_1 y_2 - y_1^2 =$$

$$= y_0(y_1 + y_2 + y_3) + y_1 y_3$$

Și atunci funcția de transfer a CE dat are forma:

$$T(p) = \frac{y_0(y_1 + y_2 + y_3)}{y_0(y_1 + y_2 + y_3) + y_1 y_3} = \frac{1}{1 + \frac{y_1 y_3}{y_0(y_1 + y_2 + y_3)}} = \frac{1}{1 + \frac{p^2 C_1 C_3}{\frac{1}{R_0}(pC_1 + \frac{1}{R_2} + pC_3)}} = \frac{1}{1 + \frac{p^2 C_1 C_3 R_0 R_2}{pC_1 + \frac{1}{R_2} + pC_3}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{p^2 C_1 C_3 R_0 R_2}{1 + pR_2(C_1 + C_3)}} = \frac{1}{1 + \frac{pR_2(C_1 + C_3) + p^2 C_1 C_3 R_0 R_2}{1 + pR_2(C_1 + C_3)}} = \frac{1 + pR_2(C_1 + C_3)}{pR_2(C_1 + C_3) + p^2 C_1 C_3 R_0 R_2} = \frac{1 + a_1 p}{1 + b_1 p + b_2 p^2} \quad (12)$$

Unde $p = j\omega$ și forma finală a funcției de transfer devine următoarea:

$$T(j\omega) = \frac{1 + j\omega a_1}{1 - b_2 \omega^2 + j\omega b_1} \quad (13)$$

Calcularea caracteristicii fază-frecvență se efectuează după formula:

$$CFF = -\arctg \frac{\text{Im}T(j\omega)}{\text{Re}T(j\omega)} \quad (14)$$

și dacă în formula 11 se înlocuiesc părțile reale și imaginare ale funcției de transfer se obține CFF, exprimată prin elementele CE dat

$$CFF = -\arctg \frac{1 + j\omega R_2(C_1 + C_3)}{1 + j^2 \omega^2 R_0 R_2 C_1 C_3} \quad (15)$$

CONCLUZII

În lucrare s-au efectuat următoarele:

- s-a analizat un CE dat, la care inițial s-au notat nodurile și elementele;
- s-a construit matricea Y a CE dat, care are forma:

$$Y = \begin{vmatrix} y_0 & -y_0 & 0 & 0 \\ -y_0 & y_0 + y_1 & -y_1 & 0 \\ 0 & -y_1 & y_1 + y_2 + y_3 & -y_2 \\ 0 & -1 & 0 & +1 \end{vmatrix}$$

c) s-a analizat impedanța de intrare a CE dat, care poate fi calculată după formula (9);

d) s-a calculat funcția de transfer care în caz general are forma $T(p) = \frac{A(p)}{B(p)}$.

În cazul CE dat se obține $T(p) = \frac{1 + pR_2(C_1 + C_3)}{pR_2(C_1 + C_3) + p^2 C_1 C_3 R_0 R_2}$

e) Pentru CE dat a fost calculată $CFF = - \operatorname{arctg} \frac{1 + j\omega R_2(C_1 + C_3)}{1 + j^2 \omega^2 R_0 R_2 C_1 C_3}$

BIBLIOGRAFIE

1. Сигорский В. П., Петренко А.И. Основы теории электронных схем, Киев, Техника, 1987, 610 с.
2. Л.П.Хьюлсман, Ф.Е.Аллен, Введение в теорию и расчет активных фильтров, Пер. С англ.-М.: Радио и связь, 1984, 384 стр.