

ANALIZA CIRCUITELOR ELECTRONICE ÎN DOMENIUL FRECVENȚĂ

Autor: Guțu Natalia
Coordonator științific: conf. univ., dr. I. Avram
Universitatea Tehnică a Moldovei

Cuvinte cheie: circuit, amplitudine, frecvență, caracteristică, funcție.

I NOȚIUNI GENERALE

Analiza circuitelor electronice (CE) presupune calculul caracteristicilor lor în 2 domenii, și anume:

- 1) domeniul frecvență
 - CAF (caracteristica amplitudine - frecvență),
 - CFF (caracteristica fază - frecvență),
- 2) domeniul timp
 - CT (caracteristica tranzitorie),
 - CI (caracteristica de impuls).

CAF (Caracteristica amplitudine - frecvență) a unui CE reprezintă dependența amplitudinii semnalului de ieșire a circuitului de frecvența de intrare a lui la o valoare constantă a amplitudinii semnalului de intrare.

CFF (Caracteristica fază - frecvență) a unui CE reprezintă diferența de fază dintre semnalele de intrare și ieșire a CE în dependență de frecvența semnalului de intrare a CE la o amplitudine constantă a lui.

II CALCULUL CARACTERISTICILOR CE ÎN DOMENIUL FRECVENȚĂ

Se va analiza CE prezentat în figura 1.

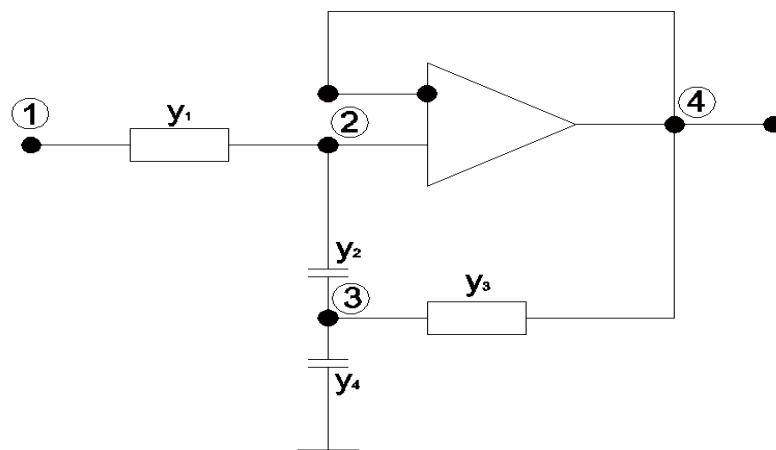


Figura 1 Circuitul electronic analizat

Pentru analiza CE în domeniul frecvență trebuie să se efectueze următoarele puncte de reper:

1. Formarea matricei $|Y|$ a CE dat

Matricea $|Y|$ a CE conține 2 tipuri de elemente :

- a) Y_{ii} – conductibilitatea proprie a nodului i , care se calculează ca suma tuturor conductibilităților elementelor, conectate la acest nod. Elementele Y_{ii} a matricei $|Y|$ sunt amplasate pe diagonala ei principală.
- b) Y_{ij} – conductibilitatea reciprocă dintre nodurile i și j a CE și este egală cu suma tuturor conductibilităților elementelor conectate între nodurile i și j , luate cu semnul minus.

Linia matricei $/Y/$ numărul căreia concide cu numărul nodului, la care este conectată ieșirea amplificatorului operațional, se compeltează în felul următor:

- la intersecția cu coloana, numărul căreia coincide cu numărul nodului, la care este conectată intrarea directă a amplificatorului operațional se notează cu minus 1 ($-I$),
- la intersecția cu coloana, numărul căreia coincide cu numărul nodului la care este conectată intrarea inversă a amplificatorului operațional se notează cu plus 1 ($+I$)
- restul elementelor acestei linii a matricei $/Y/$ sunt egale cu 0 (**zero**).
-

Forma generală a matricei este: $|Y|: \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} \\ y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} \end{bmatrix}$

Matricea $/Y/$ a CE analizat are următoarea formă:

$$|Y| = \begin{bmatrix} y_1 & -y_1 & 0 & 0 \\ -y_1 & y_1 + y_2 & -y_2 & 0 \\ 0 & -y_2 & y_2 + y_3 + y_4 & -y_3 \\ 0 & 0 & -1 & 0 + 1 \end{bmatrix}$$

2. Calcularea funcției de transfer a CE dat din matricea $|Y|$ formată

În caz general funcția de transfer a CE analizat se calculează din matricea $/Y/$ după formula:

$$T(p) = \frac{\Delta_{ab}}{\Delta_{aa}} = \frac{\Delta_{14}}{\Delta_{11}},$$

unde a și b reprezintă numerele nodului de intrare și ieșire a CE. Din matricea $/Y/$ formată găsim:

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

$$1) \cdot 0 + 0 + 0 + (-1) \cdot (-y_1) \cdot (y_2 + y_3 + y_4) = y_1 y_2 + y_1 y_3 + y_1 y_4$$

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

$$-y_2) \cdot (y_3) \cdot (-1) - (y_2) \cdot (-y_3) - y_2^2 = y_1 y_2 + y_1 y_3 + y_1 y_4 + y_2 y_2 + y_2 y_3 + y_2 y_4 - y_2 y_3 + y_3 y_4 - y_2 y_3 - y_2^2 = y_1 y_2 + y_1 y_3 + y_2 y_4$$

,

unde au fost utilizate următoarele notări: $y_1 = \frac{1}{R_1}$; $y_2 = pC_2$; $y_3 = \frac{1}{R_3}$; $y_4 = pC_4$. Se obține

$$T(p) = \frac{y_1 y_2 + y_1 y_3 + y_1 y_4}{y_1 y_2 + y_1 y_3 + y_1 y_4 + y_2 y_4} = \frac{\frac{1}{R_1} \cdot p c_2 + \frac{1}{R_1} \cdot \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1} \cdot p c_4}{\frac{1}{R_1} \cdot p c_2 + \frac{1}{R_1} \cdot \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1} \cdot p c_4 + p c_2 \cdot p c_4} = \frac{p c_2 \cdot R_3 + 1 + p c_4 \cdot R_3}{p c_2 \cdot R_3 + 1 + p c_4 \cdot R_3 + p^2 c_2 c_4 R_1 R_3} = \frac{1 + p \cdot R_3 (c_2 + c_4)}{1 + p \cdot R_3 (c_2 + c_4) + p^2 (c_2 \cdot c_4 \cdot R_1 \cdot R_3)}$$

Funcția de transfer al CE dateste : $T(p) = \frac{1 + p \cdot R_3 (c_2 + c_4)}{1 + p \cdot R_3 (c_2 + c_4) + p^2 (c_2 \cdot c_4 \cdot R_1 \cdot R_3)}$

3. Calcularea caracteristicii amplitudine - frecvență

CAF- reprezintă modulul funcției de transfer și poate fi calculată după formula:

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

$$|T(j\omega)| = \sqrt{\frac{1^2 + (j\omega \cdot R_3 \cdot (c_2 + c_4))^2}{(1 - \omega^2 \cdot c_2 \cdot c_4 \cdot R_1 \cdot R_3)^2 + (j\omega \cdot R_3 \cdot (c_2 + c_4))^2}} = \sqrt{\frac{1 - \omega^2 \cdot (R_3 \cdot (c_2 + c_4))^2}{(1 - \omega^2 \cdot c_2 \cdot c_4 \cdot R_1 \cdot R_3)^2 - \omega^2 (R_3 \cdot (c_2 + c_4))^2}}$$

4. Calcularea caracteristicii fază - frecvență

CFE reprezintă argumentul funcției de transfer a CE și poate fi calculată după formula:

$$CFE = \arg(T(j\omega)) = \arctg \frac{Im(T(j\omega))}{Re(T(j\omega))}$$

$$|T(j\omega)| = \frac{Re(A(j\omega)) + Im(A(j\omega))}{Re(B(j\omega)) + Im(B(j\omega))};$$

$$= -\arctg \frac{\omega R_3 (C_2 + C_4) (1 - \omega^2 (C_2 C_4 R_1 R_3)) - 1 (\omega R_3 (C_2 + C_4))}{1 (1 - \omega^2 (C_2 C_4 R_1 R_3)) + (\omega R_3 (C_2 + C_4))^2} = -\arctg \frac{\omega R_3 (C_2 + C_4) \cdot (-\omega^2 (C_2 C_4 R_1 R_3))}{1 - \omega^2 (C_2 C_4 R_1 R_3 + \omega^2 R_3^2 (C_2 + C_4)^2)} = -\arctg \frac{\omega R_3 \cdot [(C_2 + C_4) \cdot (-\omega (C_2 C_4 R_1))] }{1 + \omega^2 R_3 [R_3 (C_2 + C_4)^2 - C_2 C_4 R_1]}$$

Concluzii

A fost analizat un CE în domeniul frecvență. Inițial s-au notat nodurile și elementele corespunzătoare ale CE de la stînga la dreapta și de sus în jos. Apoi a fost formată matricea $|Y|$ a circuitului electronic, care conține 4 rînduri și 4 coloane, ceea ce corespunde numărului nodurilor prezente în circuit (4 noduri). Din matricea formată s-a calculat funcția de transfer ($T(p)$) a CE. Din formula funcției de transfer a CE au fost calculate caracteristica amplitudine - frecvență, ce reprezintă modulul funcției de transfer și caracteristica fază - frecvență, ce reprezintă argumentul funcției de transfer. Conform procedurii descrise orice CE analogic poate fi analizat în domeniul frecvență.