

0.1 Reprezentarea circuitelor liniare prin parametri de cuadripoli

Metoda este folosită în teoria circuitelor liniare, pentru simplificarea calculelor unui circuit complex, atunci cînd sînt cunoscute modele ale părților sale, iar mărimile interne ale acestor părți nu interesează în calculele ulterioare. Circuitul este văzut ca o cutie neagră, al cărei model folosește numai mărimile măsurabile la borne. Această abordare are două avantaje:

- modelul este simplu, ceea ce reduce calculele atunci cînd el este folosit în modelarea unui circuit mai cuprinzător (spre exemplu, atunci cînd mai multe circuite sînt conectate în cascadă);
- modelul poate fi dedus experimental, simplu, pe baza mărimilor măsurate la borne.

Circuitul cu patru borne exterioare se numește cuadripol. De regulă, el este văzut ca un diport, adică un circuit cu două perechi de borne (la fiecare pereche, curentul de intrare printr-o bornă este egal cu cel de ieșire prin cealaltă bornă). Mărimile variabile sînt două tensiuni și doi curenți, ca în figura 0.1. Aceste mărimi pot fi reprezentate prin valorile instantanee, valorile efective sau valorile de vîrf (reamintim că modelul se aplică unui circuit liniar).



Figura 0.1: Convențiile de semne pentru un cuadripol

Funcționarea circuitului poate fi descrisă prin două ecuații, care leagă cele patru mărimi. Două dintre acestea sînt considerate variabile independente, în timp ce celelalte două sînt variabilele dependente. Există șase moduri de a alege variabilele, dintre care numai patru sînt avantajoase:

Modelul parametrilor Z (parametri impedanță):

$$\begin{aligned} U_1 &= Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \\ U_2 &= Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 \end{aligned} \quad (0.1)$$

Modelul parametrilor Y (parametri admitanță):

$$\begin{aligned} I_1 &= Y_{11}U_1 + Y_{12}U_2 \\ I_2 &= Y_{21}U_1 + Y_{22}U_2 \end{aligned} \quad (0.2)$$

Modelul parametrilor H (parametri hibridi):

$$\begin{aligned} U_1 &= H_{11}I_1 + H_{12}U_2 \\ I_2 &= H_{21}I_1 + H_{22}U_2 \end{aligned} \quad (0.3)$$

Modelul parametrilor G (sînt tot parametri hibridi):

$$\begin{aligned} I_1 &= G_{11}U_1 + G_{12}I_2 \\ U_2 &= G_{21}U_1 + G_{22}I_2 \end{aligned} \quad (0.4)$$

Dacă cele patru modele prezentate mai sus descriu același circuit, ele sînt echivalente, în sensul că există relații de trecere de la un set de parametri la altul, care exprimă aceleași relații funcționale. Folosirea unuia sau altuia dintre modele este doar o problemă de comoditate a scrierii ecuațiilor de circuit, pentru că nici un model nu este superior sau inferior celorlalte.

Valorile parametrilor pot fi deduse din măsurările la borne, în concordanță cu ecuațiile:

$$Z_{11} = \left. \frac{U_1}{I_1} \right|_{I_2=0} \quad Z_{12} = \left. \frac{U_1}{I_2} \right|_{I_1=0} \quad Z_{21} = \left. \frac{U_2}{I_1} \right|_{I_2=0} \quad Z_{22} = \left. \frac{U_2}{I_2} \right|_{I_1=0} \quad (0.5)$$

Spre exemplu, impedanța Z_{11} se calculează prin raportul dintre U_1 și I_1 , măsurate cu portul 2 în gol. Modelele se folosesc pentru descrierea oricărui circuit liniar. Totuși, dacă circuitul modelat are

caracter activ, permițind propagarea unui semnal într-o direcție preferențială, atunci unul din porturi are semnificația de intrare (fie acesta portul 1) iar celălalt port este privit ca ieșire. În acest caz, parametrii circuitului sînt denumiți, respectiv: impedanța de intrare, impedanța de transfer invers (de la curentul de ieșire la tensiunea de intrare), impedanța de transfer direct (de la curentul de intrare la tensiunea de ieșire) și impedanța de ieșire. Un circuit echivalent cu cel modelat prin ecuațiile (0.1), este cel din figura 0.2. Se observă prezența celor două generatoare comandate.

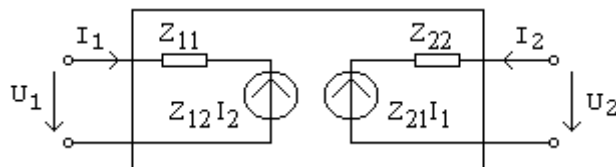


Figura 0.2: Circuitul echivalent, descris prin parametrii Z

Similar cu modelul Z, se pot introduce ecuațiile de definire a parametrilor în celelalte cazuri (0.6 – 0.8), ca și circuitele echivalente (figurile 0.3 – 0.5).

$$Y_{11} = \left. \frac{I_1}{U_1} \right|_{U_2=0} \quad Y_{12} = \left. \frac{I_1}{U_2} \right|_{U_1=0} \quad Y_{21} = \left. \frac{I_2}{U_1} \right|_{U_2=0} \quad Y_{22} = \left. \frac{I_2}{U_2} \right|_{U_1=0} \quad (0.6)$$

$$H_{11} = \left. \frac{U_1}{I_1} \right|_{U_2=0} \quad H_{12} = \left. \frac{U_1}{I_2} \right|_{I_1=0} \quad H_{21} = \left. \frac{U_2}{I_1} \right|_{U_2=0} \quad H_{22} = \left. \frac{U_2}{I_2} \right|_{I_1=0} \quad (0.7)$$

$$G_{11} = \left. \frac{I_1}{U_1} \right|_{I_2=0} \quad G_{12} = \left. \frac{I_1}{I_2} \right|_{U_1=0} \quad G_{21} = \left. \frac{U_2}{U_1} \right|_{I_2=0} \quad G_{22} = \left. \frac{U_2}{I_2} \right|_{U_1=0} \quad (0.8)$$

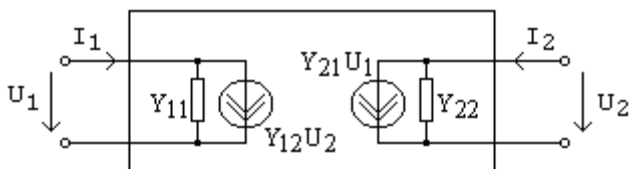


Figura 0.3: Circuitul echivalent cu parametri Y

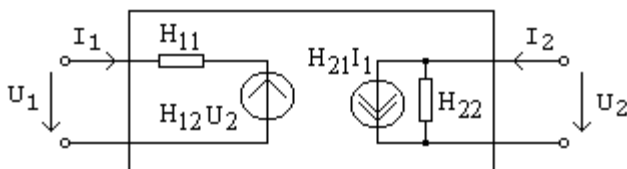


Figura 0.4: Circuitul echivalent cu parametri H

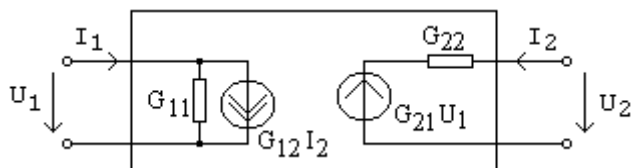


Figura 0.5: Circuitul echivalent cu parametri G

Simbolurile folosite pentru introducerea noțiunilor legate de cuadripoli, notate cu majuscule, corespund cu valori constante ale mărimilor tensiune și curent. Totuși, acest tip de model este aplicabil oricărui circuit liniar. În particular, sînt interesante următoarele cazuri particulare:

- regimul permanent sinusoidal, în care mărimile considerate sînt fie valorile efective fie amplitudinile semnalelor de la borne. Notățiile se păstrează;
- regimul micilor abateri periodice, față de valorile din regimul static, în care mărimile considerate sînt amplitudinile abaterilor. În acest caz, este uzual ca simbolurile parametrilor de cuadripol și indicii mărimilor variabile să fie notate cu minuscule.