

LUCRAREA NR. 20

STUDIUL UNUI CUADRIPOLE PASIV

1. Considerații teoretice

Un cuadripol pasiv este un ansamblu de elemente pasive de circuit interconectate între ele și care au patru borne de acces cu exteriorul. Cuadripolul din fig.1 este un cuadripol diport cu o poartă de integrare 1-1' și una de ieșire 2-2', care, după cum se asociază sensurile curenților cu ale tensiunilor, constituie o poartă de intrare (1-1'), respectiv de ieșire 2-2'.

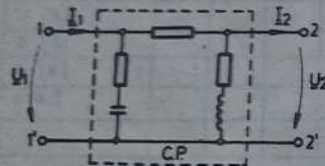


Fig. 1.

Constantele fundamentale ale cuadripolului A, B, C și D care intervin în ecuațiile (1) pot fi scrise sub forma:

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{U_1}{U_2} \right)_{I_2=0} = A \angle \varphi_A ; B = \left(\frac{U_1}{I_2} \right)_{U_2=0} = B \angle \varphi_B \\ C &= \left(\frac{I_1}{U_2} \right)_{I_2=0} = C \angle \varphi_C ; D = \left(\frac{I_1}{I_2} \right)_{U_2=0} = D \angle \varphi_D \end{aligned} \quad (2)$$

Între mărimile de intrare (U_1, I_1) și cele de ieșire (U_2, I_2) relațiile de legătură pot fi scrise în gase moduri. Cel mai des folosite sînt ecuațiile fundamentale, scrise sub forma (1):

$$\begin{aligned} U_1 &= AU_2 + BI_2 \\ I_1 &= CU_2 + DI_2 \end{aligned} \quad (1)$$

În relațiile (2), $I_2=0$ înseamnă mers în gol între bornele 2-2' iar $U_2=0$ mers în scurtcircuit între cele două borne. Determinarea constantelor fundamentale presupune a le cunoaște stît modulul și faza (deci opt constante reale). Între parametri există relația de reciprocitate $AD-BC=1$, mai necesă să se determine decît 3 parametri complecși, respectiv 6 reali.

2. Obiectul lucrării

1. În lucrarea de față se impune determinarea parametrilor fundamentali A, B, C și D pe baza relațiilor lor de definiție (2). Ei mai pot fi determinați pe baza impedanțelor echivalente măsurate la bornele 1-1', atunci cînd între 2-2' este gol (Z_{10}) sau scurtcircuit (Z_{1sc}) și a celor măsurate la bornele 2-2' (alimentarea inversă a cuadripolului) cînd între 1-1' este gol (Z_{20}) sau scurtcircuit (Z_{2sc}).
2. Valorile parametrilor A, B, C, D calculați în cele două moduri trebuie să verifice relația de reciprocitate ($AD-BC=1$).
3. Pe baza parametrilor A, B, C, D se vor calcula elementele schemelor echivalente în „T” și „Π” ale cuadripolului specificîndu-se din ce elemente pasive ar putea fi realizate aceste scheme.
4. Punînd cuadripolul să funcționeze pe o sarcină variabilă Z_s , se cere să se traseze locul geometric al curențului $I_1 = I_1 \angle \varphi$, la variația sarcinii.
5. Se va verifica dacă parametrii A, B, C, D și mărimile U_1, U_2, I_1, I_2 satisfac ecuațiile fundamentale (1) la o încărcare dată Z_s .

3. Schema de montaj și aparatura utilizată

1. Pentru determinarea parametrilor fundamentali A, B, C, D se vor realiza montajele din fig.2 a,b,c și d unde C.P. este cuadripolul pasiv din fig.1, avînd elementele: $R_1=190\Omega$; $R_2=70\Omega$; $R_3=80\Omega$; $C=20\text{ pF}$.

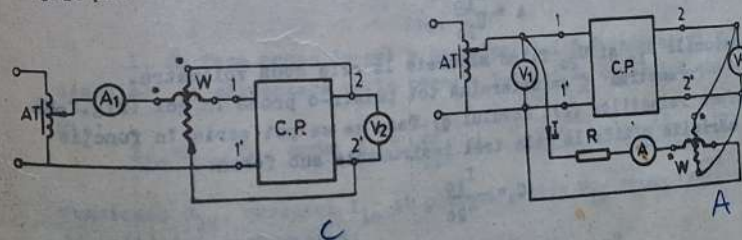


Fig. 2-a.

Fig. 2-b.

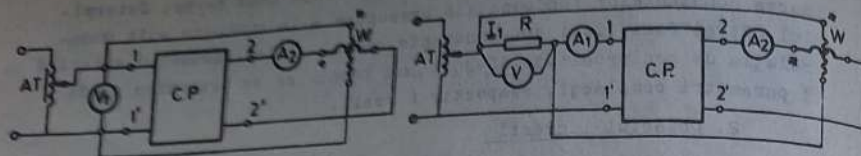


Fig. 2-c.

Fig. 2-d

Aparatură utilizată:

AT - autotransformator 0-250 V, 8 A

A₁, A₂ - ampermetre de c.a. pe scala de 3 A

V₁, V₂ - voltmere de c.a. 300 V, 150 V

W - wattmetru electrodinamic

4. Modul de lucru

Parametrul A se determină la proba de mers în gol ($I_2=0$) simulat prin legarea voltmetrului V_2 la bornele de ieșire (2-2'), voltmetrul având o rezistență înfinit de mare (fig. 2-b). Wattmetrul indică valoarea:

$$P = U_2 I \cos \varphi(U_2, I); \text{ dar } I = \frac{U_1}{R}, \text{ deci}$$

$$P = U_2 I \cos \varphi(U_1, U_2) = U_2 I \cos \varphi_A,$$

deoarece faza parametrului A conform relațiilor (2) este

$$\varphi_A = (\text{faza } U_{10} - \text{faza } U_{20}) = \arccos \frac{P}{U_2 \cdot \frac{U_1}{R}}, \quad (3)$$

iar modulul este:

$$A = \frac{U_{10}}{U_{20}}$$

tensiunile U_{10} și U_{20} fiind măsurate la cele două voltmere.

Parametrul C se determină tot printr-o probă în gol (fig. 2-d) conform relațiilor (2). Modulul și faza sa se pot scrie în funcție de mărimile citite la cele trei instrumente sub forma:

$$C = \frac{I_{10}}{U_{20}}$$

(4)

$$\varphi_C = \arccos \frac{P}{U_{20} \cdot I_{10}}$$

Determinarea parametrului B se face printr-o încercare în scurtcircuit a cuadripolului pasiv (C.P), scurtcircuitul fiind simulat prin legarea între bornele 2-2' a unui ampermetru A_2 și a bobinei amper a wattmetrului, ambele cu rezistențe neglijabile (fig. 2-c). La proba în scurtcircuit cuadripolul se alimentează cu o tensiune redusă (40-50 V), reglată prin autotransformatorul AT. Conform relațiilor (2) vom avea

$$B = \frac{U_{1sc}}{I_{2sc}} \text{ iar } \varphi_B = \arccos \frac{P}{U_{1sc} I_{2sc}} \quad (5)$$

Parametrul D se determină tot printr-o probă în scurtcircuit conform montajului din fig. 2-d. Bobina de tensiune a wattmetrului se alimentează cu tensiunea $U = R I_1$ care este în fază cu curentul I_1 , adică

$$\varphi(I_1, I_2) = \varphi(U, I_2). \text{ Se determină } D = \frac{I_{1sc}}{I_{2sc}} \text{ și}$$

$$\varphi_D = \arccos \frac{P}{R I_{1sc} I_{2sc}} \quad (6)$$

curenții I_{1sc} și I_{2sc} fiind citiți la cele două ampermetre iar puterea P la wattmetru.

II. Parametrii unui cuadripol pot fi determinați și cu un montaj ca în fig. 3.

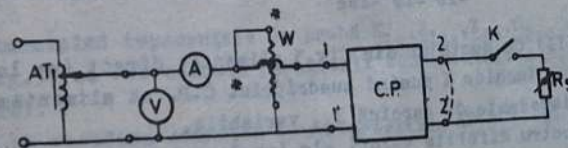


Fig. 3.

1. Se face proba în gol a cuadripolului C.P. (contactul K deschis) cu alimentare pe la bornele 1-1' și se determină impedanța Z_{10} .

$$Z_{10} = Z_{10} \angle \varphi_{10} \text{ unde: } Z_{10} = \frac{U_{10}}{I_{10}} \text{ și } \varphi_{10} = \arccos \frac{P_{10}}{U_{10} I_{10}} \quad (7)$$

tensiunea U_{10} , curentul I_{10} și puterea activă P_{10} fiind indicate de cele trei instrumente.

2. Se face proba de scurtcircuit la ieșire (linia punctată între 2-2') determinându-se în acest fel impedanța Z_{1sc} .

$$Z_{1sc} = Z_{1sc} \angle \varphi_{1sc} \quad \text{unde: } Z_{1sc} = \frac{U_{1sc}}{I_{1sc}} \quad (8)$$

$$\text{și } \varphi_{1sc} = \arccos \frac{P_{1sc}}{U_{1sc} I_{1sc}}$$

La această probă se alimentează cuadripolul cu o tensiune redusă ($U_{1sc} = 40-50 \text{ V}$) reglată prin autotransformatorul AT.
3. Se alimentează cuadripolul pe la bornele 2-2' (schimbând doar bornele de intrare 1-1' cu cele de ieșire 2-2', restul schemei rămânând nemodificată). Se lasă bornele de ieșire 1-1' în gol și se determină impedanța Z_{2o} .

$$Z_{2o} = Z_{2o} \angle \varphi_{2o} \quad \text{unde } Z_{2o} = \frac{U_{2o}}{I_{2o}} \quad \text{și} \quad (9)$$

$$\varphi_{2o} = \arccos \frac{P_{2o}}{U_{2o} I_{2o}}$$

A patra probă nu este necesară deoarece condiția de reciprocitate implică o legătură între impedanțele de probă, de forma:

$$Z_{1o} \cdot Z_{2sc} = Z_{2o} \cdot Z_{1sc}$$

Pe baza acestor impedanțe se pot calcula parametrii fundamentali:

$$C = \pm \frac{1}{Z_{2o}(Z_{1o} - Z_{1sc})}; \quad A = CZ_{1o}; \quad D = CZ_{2o}; \quad B = DZ_{1sc} \quad (10)$$

III) Cu montajul din fig.3 alimentat direct (pe la bornele (1-1')) se închide K punând cuadripolul C.P. să alimenteze la ieșire impedanța de sarcină Z_s , variabilă.

Pentru diferite valori ale impedanței Z_s (o rezistență variabilă R_s sau un condensator variabil C_s , etc.), se stabilește expresia complexă a curentului de la intrarea în cuadripol $I_1 = I_1 \angle \varphi_1$.

Valoarea I_1 este indicată de ampermetru iar $\varphi_1 = \arccos \frac{P_1}{U_1 I_1}$.
Locul geometric al curentului I_1 în planul complex, pentru diferite valori a lui R_s , este un cerc (fig.4).

Acest cerc se poate trasa prin trei puncte:

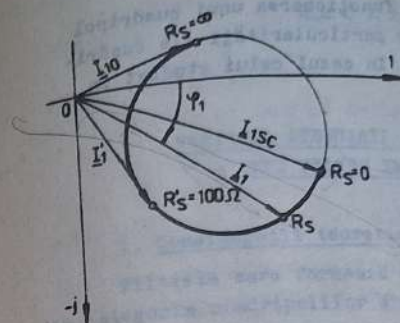


Fig. 4.

$$R_s = 0 \rightarrow I_1 = I_{1sc} = I_{1sc} \angle \varphi_{1sc}$$

$$R_s = \infty \rightarrow I_1 = I_{10} = I_{10} \angle \varphi_{10}$$

$$R_s = R_s' = 100 \Omega \rightarrow I_1 = I_1' = I_1' \angle \varphi_1$$

Pentru alte valori a lui R_s se va verifica că virful lui I_1 se găsește totdeauna pe acest cerc. Cum rezistența R_s este un parametru de circuit strict pozitiv, virful lui I_1 descrie numai porțiunea îngustată a cercului, cea corespunzătoare pentru $R_s \in (0, \infty)$.

Dacă parametrul era un condensator variabil C_s , cercul putea fi complet descris, deoarece, pe porțiunea corespunzătoare la $C_s < 0$, corespundea o sarcină inductivă variabilă $L_s > 0$.

4. Rezultate experimentale și prelucrarea datelor

a) Pe baza măsurătorilor făcute cu montajele din fig.2-a,b,c,d se vor determina parametrii complecși A, B, C, D conform relațiilor (2)

b) Determinind impedanțele de probă $Z_{1o}, Z_{1sc}, Z_{2o}, Z_{2sc}$ cu montajul din fig.3, se vor calcula parametrii fundamentali A, B, C, D cu relațiile (10).

c) Se va verifica condiția de reciprocitate $AD - BC = 1$ și $Z_{1o} \cdot Z_{2sc} = Z_{2o} \cdot Z_{1sc}$.

d) Se vor calcula elementele schemelor echivalente în T și \bar{T} :

$$\begin{aligned} Y_o &= C; \quad Z_1 = \frac{1}{C(A-1)}; \quad Z_2 = \frac{1}{C(D-1)} \\ Z_o &= B; \quad Y_1 = \frac{1}{B(D-1)}; \quad Y_2 = \frac{1}{B(A-1)} \end{aligned} \quad (11)$$

Precizînd din ce elemente de circuit ar putea fi ele realizate.

e) Cunoșcînd parametri A, B, C, D și pe U_2, I_2 la mersul în sarcină ($R_s = \text{cst}$), se calculează U_1, I_1 cu relațiile (1) și se compară valorile lor efective cu cele măsurate în montajul din fig.3.