

METODE DE MĂSURARE A COMPONENTELOR IMPEDANȚEI ȘI ADMITANȚEI PE BAZA EFECTULUI REZONANȚEI SIMULATE

AUTORI: Marina GOGU, Marina LAVRIC

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: *Lucrarea este dedicată analizei metodelor de măsurare a componentelor mărimilor electrice pasive, bazate pe efectul rezonanței simulate. Sunt prezentate metoda generalizată de măsurare, o metodă de măsurare în coordonate polare, o metodă de măsurare a componentelor admitanței și o metodă de măsurare a componentelor impedanței în coordonate Carteziene. Pentru toate metodele este analizat procesul de măsurare cu utilizarea diagramelor vectoriale.*

Cuvinte-cheie: *impedanță, admitanță, rezonanță simulată, polare, componente active și reactive.*

1. Introducere

Efectul rezonanței simulate posedă unele particularități specifice, care-l deosebesc esențial de efectul rezonanței clasice. Cele mai importante din ele sunt:

1. **Rezonanța simulată poate avea loc nu numai între componentele reactive ale mărimilor pasive, dar și între componentele active.** Acest lucru este posibil datorită posibilității reproducerii componentei active a mărimii pasive cu caracter de rezistență negativă, prin utilizarea simulatoarelor de mărimi pasive.

2. **Rezonanța simulată poate avea caracter total, după ambele componente ale mărimii pasive din circuitul rezonant.** În acest caz impedanța (admitanța) sumară a circuitului rezonant serie (paralel) devine nulă, iar admitanța (impedanța) – infinită.

3. **Stările de rezonanță parțială sau totală pot fi atinse prin reglarea componentelor mărimii pasive reproduse de către simulatorul de mărimi pasive.** Pentru obținerea stării de rezonanță parțială este necesară reglarea uneia din componente, determinate de tipul rezonanței parțiale, iar pentru obținerea stării de rezonanță totală – reglarea ambelor componente ale mărimii pasive simulate.

4. **Efectul rezonanței simulate poate fi independent de frecvența semnalului, sau poate avea o dependență arbitrară de frecvență.** Acest lucru este posibil datorită posibilității reproducerii mărimilor pasive simulate cu diferite dependențe de frecvența semnalului.

5. **Efectul rezonanței simulate se manifestă și la curent continuu între mărimi pasive cu caracter de rezistență activă, pozitivă și negativă.** În acest caz circuitul trebuie să posedă în mod obligatoriu conexiune galvanică între componente.

Datorită acestor proprietăți pe baza acestui efect au fost elaborate un șir de metode de măsurare a componentelor impedanței și admitanței cu diferite particularități de aplicare practică.

2. Metoda generalizată de măsurare a componentelor impedanței și admitanței

Metoda [1] determină modalitatea de măsurare a componentelor mărimilor pasive independent de caracterul lor. Diagrama vectorială a procesului de măsurare este reprezentată în figura 1.

Conform metodei obiectul măsurat se conectează în circuitul de măsurare. Impedanțele măsurată Z_X și de referință Z_R pot fi reprezentate:

$$Z_X = R_X + j X_X \quad (1)$$

$$Z_R = R_R + j X_R \quad (2)$$

unde: R_X , X_X – respectiv, componentele active și reactive ale impedanțelor Z_X , Z_R .

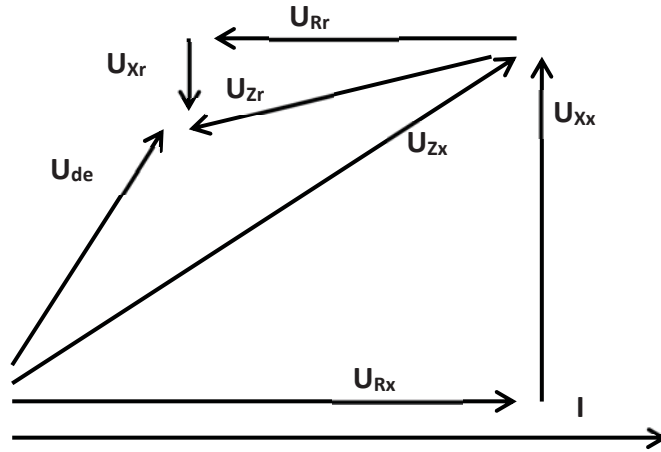


Figura 1. Diagrama vectorială a procesului de măsurare

Obiectul măsurat cu impedanța (1) și elementul de referință cu impedanța (2) formează un circuit rezonant, de exemplu – serie, alimentat cu un semnal de măsurare cu valoarea curentului I . Curentul I formează căderi de tensiune pe componentele impedanței măsurate și impedanței de referință. În procesul măsurării se controlează tensiunea U_{de} obținută în rezultatul interacțiunii curentului I cu circuitul rezonant. După cum rezultă din fig. 1, această tensiune este egală cu suma căderilor de tensiune pe componentele impedanțelor măsurată și de referință și poate fi reprezentată:

$$\begin{aligned} U_{de} &= U_{Zx} + U_{Zr} = U_{Rx} + U_{Xx} + U_{Rr} + U_{Xr} = \\ &= I(Z_X + Z_R) = I[(R_X + jX_X) + (R_R + jX_R)] = I[(R_X + R_R) + j(X_X + X_R)] \end{aligned} \quad (3)$$

unde: U_{Zx} , U_{Zr} - respectiv, căderile de tensiune pe impedanțele măsurată și de referință.

Impedanța de referință Z_R se reproduce cu caracter virtual, dependentă de mărimi reale de referință. Pentru aceasta se utilizează un convertor de impedanță, care permite de a-i asigura impedanței Z_R orice caracter necesar conform expresiei (2). În procesul măsurării se reglează valorile componentelor R_R și X_R ale impedanței Z_R prin intermediul reglării impedanțelor Z_{r1}, \dots, Z_{rn} de care ea depinde pînă la echilibrarea circuitului de măsurare după componentele măsurate ale impedanței necunoscute. În cazul măsurării ambelor componente R_X și X_X condiția de echilibru al circuitului de măsurare este obținerea stării de rezonanță după ambele componente, activă și reactivă, ale impedanței măsurate. Acestei stări îi corespunde:

$$R_X + R_R = 0, \quad \Rightarrow \quad R_X = -R_R \quad (4)$$

$$X_X + X_R = 0, \quad \Rightarrow \quad X_X = -X_R \quad (5)$$

Din (4) și (5) rezultă, că pentru satisfacerea condiției de echilibru e necesar ca caracterul componentelor R_R și X_R ale impedanței Z_R să fie invers caracterului componentelor respective R_X și X_X ale impedanței Z_X . La terminarea procesului de măsurare conform (4) și (5) componentele activă R_X și reactivă X_X ale impedanței măsurate sînt egale respectiv cu componentele activă R_R și reactivă X_R ale impedanței de referință cu semne opuse și pot fi determinate din dependența cunoscută a impedanței Z_R de impedanțele reale.

3. Metoda de măsurare a componentelor impedanței în coordonate Carteziene [2].

Impedanțele măsurată Z_X și cea de referință Z_R se reprezintă în coordonate Carteziene:

$$Z_X = R_X + jX_X \quad (1)$$

$$Z_R = R_R + jX_R \quad (2)$$

Semnalul de dezechilibru U_{de} constituie:

$$U_{de} = U_X + U_R = I(Z_X + Z_R) = I[(R_X + jX_X) + (R_R + jX_R)] \quad (3)$$

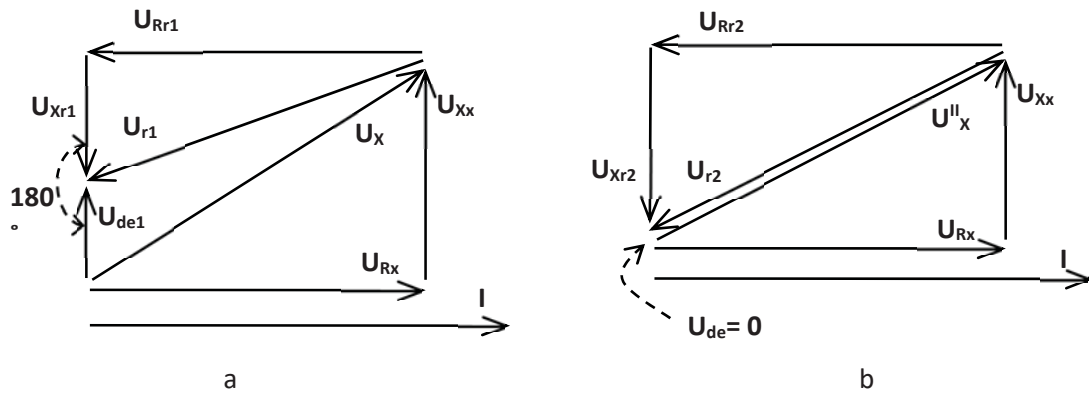


Figura 2. Etapele procesului de echilibrare a circuitului de măsurare

La primă etapă de echilibrare a circuitului de măsurare (Fig. 1,a) se reglează componenta activă a impedanței de referință R_R până la obținerea unui defazaj de 180° între semnalul de dezechilibru U_{de} și cel de referință U_{XR} . La etapa a doua (Fig. 2,b) se reglează componenta reactivă X_R a impedanței de referință până la obținerea valorii zero a semnalului U_{de} . Acestei stări îi corespunde condiția :

$$I[(R_X + jX_X) + (R_r + jX_r)] = 0 \quad (4)$$

Soluția ecuației (4) constituie:

$$R_X = -R_r ; X_X = -X_r \quad (5)$$

4. Metoda de măsurare a componentelor admitanței în circuit rezonant paralel

Pentru măsurarea componentelor admitanței este rațional de utilizat circuitul rezonant paralel alimentat cu o tensiune constantă, iar în calitate de semnal de dezechilibru se utilizează curentul consumat de sistemul rezonant I_{de} [3].

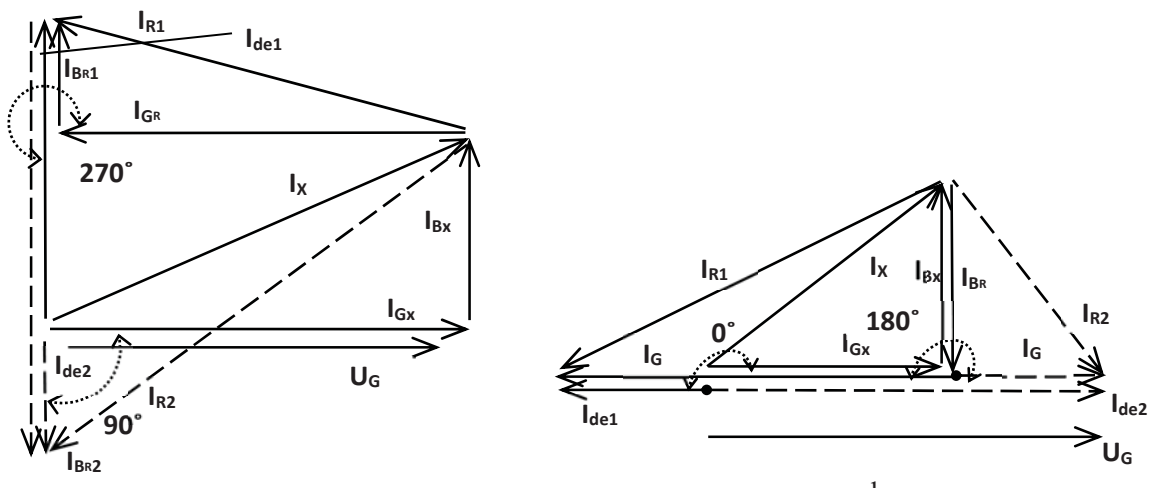


Figura 3. Etapele echilibrării circuitului de măsurare cu rezonanță paralelă

Admitanța măsurată Y_X și admitanța de referință Y_R , reprodusă de convertor, pot fi reprezentate în coordonate Carteziene:

$$Y_X = G_X + jB_X \quad (1)$$

$$Y_R = G_R + jB_R \quad (2)$$

Semnalul de dezechilibru I_{de} prezintă curentul sumar, care trece prin componentele activă și reactivă ale admitanțelor măsurată (I_X) și de referință (I_R) și poate fi reprezentat:

$$I_{de} = I_X + I_R = U_G(Y_X + Y_R) = U_G [(G_X + jB_X) + (G_R + jB_R)] \quad (3)$$

La terminarea procesului de echilibrare a circuitului de măsurare:

$$U_G[(G_X + jB_X) + (G_{R0} + jB_{R0})] = 0. \quad (4)$$

Soluția ecuației (4), care prezintă rezultatul măsurării, este:

$$G_X = -G_{R0}, B_X = -B_{R0}. \quad (5)$$

După cum rezultă din (5), metoda asigură măsurarea directă a componentelor activă și reactivă a impedanței necunoscute, exprimându-le prin componentele respective ale impedanței de referință.

5. Metoda de măsurarea a impedanței în coordonate polare [4].

În coordonate polare impedanțele Z_X și Z_R se reprezintă:

$$Z_X = Z_X \exp(j\varphi_X) \quad (1)$$

$$Z_R = Z_R \exp(j\varphi_R) \quad (2)$$

Reglarea modulului și fazei impedanței reproduse de convertor se efectuează independent, iar echilibrarea circuitului de măsurare se efectuează în două etape (Fig. 4).

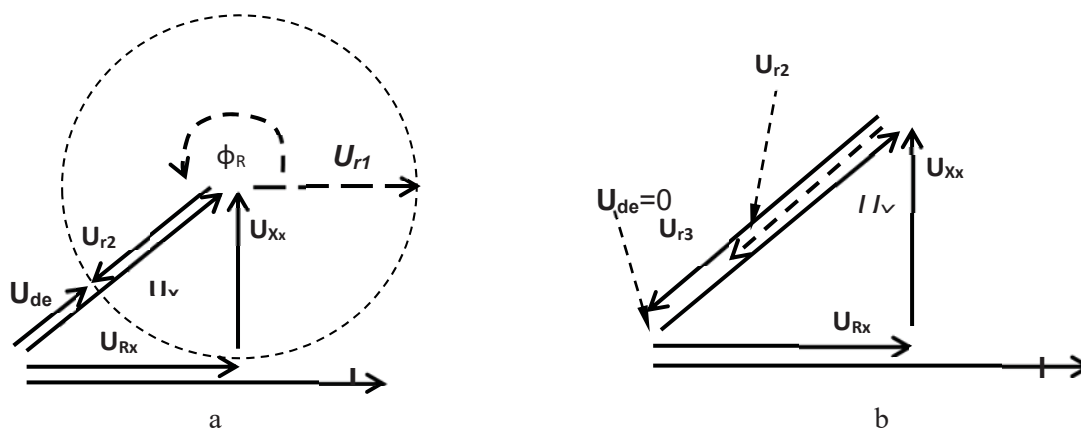


Figura 4. Etapele echilibrării circuitului de măsurare în coordonate polare

În prima etapă (Fig 4, a) prin intermediul reglării fazei φ_R vectorul impedanței de referință Z_R se rotește până la satisfacerea condiției $U_{de} = \min$.

În etapa a doua (fig.4, b) se reglează modulului Z_R până la satisfacerea condiției $U_{de} = 0$. În starea de echilibru se satisface condiția:

$$I[Z_X \exp(j\varphi_X) + Z_R \exp(j\varphi_r)] = 0 \quad (3)$$

Rezultatul măsurării: $Z_X = Z_r, \varphi_X = -\varphi_r \quad (4)$

Bibliografie:

1. Brevet de invenție MD 2086. Metodă de măsurare a componentelor impedanței. Autor V. Nastas. Chișinău, 2001.
2. Brevet de invenție MD 490Y. Metodă de măsurare a componentelor impedanței. Autor V. Nastas. Chișinău, 2011.
4. Brevet de invenție MD 392Y. Metodă de măsurare a componentelor impedanței. Autor V. Nastas. Chisinau, 2012.