

SIMULATOR DE ADMITANȚĂ METROLOGICE ÎN COORDONATE POLARE COMANDATE ÎN TENSIUNE

Autor: Doina STRILCIUC ,st. gr. TLC-093
Conducător științific: Vitalie NASTAS, conf.univ.,dr.

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract : În prezenta lucrare se analizează mărimile pasive simulate și deosebirea lor de impedanțele și admitanțele clasice. Se dă exemplul de simulator de mărimi pasive (SMP), de asemenea se analizează simulatorul metrologic de mărimi pasive în mod general (SMMP). Și nu în ultimul rând se evidențiază convertorul de admitanță și admitanțmetru în coordonate polare împreună cu principiul lor de lucru și modul de funcționare.

Cuvinte chee : admitanță, mărimi pasive simulate, simulatoare de mărimi pasive (SMP), simulatoare metrologice de mărimi pasive (SMMP), convertorul de admitanță

1. Mărimi pasive simulate

În tehnica tradițională de măsurare a impedanței și admitanței „mărimi pasive” sunt considerate mărimile electrice, care caracterizează reacția mediului la acțiunea energiei electrice [1]. Astfel, impedanța (Z) și admitanța (Y) se definesc:

$$Z = \frac{U}{I} = R + jX = Z \exp(j\varphi) \quad (1)$$

$$Y = \frac{I}{U} = G + jB = Y \exp(j\psi) \quad (2)$$

unde R, X (G, B) – respectiv, componentele activă și reactivă ale impedanței (admitanței), Z, Y - modulele acestor mărimi, φ, ψ – unghiurile de fază.

Admitanța clasică, ca mărime complexă de tip (2), prezintă o combinație din componenta activă $+G$ și componenta reactivă $\pm jB$. Domeniul de definire al admitanțelor clasice constituie semiplanul drept în spațiul coordonatelor Carteziane $\pm G, \pm jB$, sau polare Y, ψ (Fig. 1):

$$\begin{aligned} G &= \{0 \div \infty\}; B = \{-\infty \div +\infty\} \\ Y &= \{0 \div \infty\}; \psi = \{0 \div \pm 90^\circ\} \end{aligned} \quad (3)$$

Relații similare sunt definite și pentru impedanțe [3]. Mărimile (1) și (2), definite în conformitate cu (3), prezintă mărimile de bază cu care operează tehnica clasică de măsurare a impedanței și admitanței.

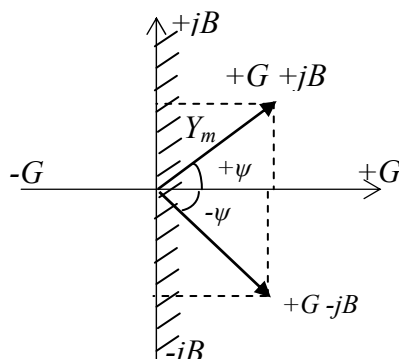


Figura 1. Reprezentarea grafică a admitanței clasice pe planul complex

Prin termenul „**mărimi pasive simulate**” (MPS) se definesc mărimi electrice pasive reproduse în mod virtual cu ajutorul unor dispozitive active alimentate cu energie electrică și care pot fi descrise funcțional prin relațiile (1) și (2).

Astfel, impedanțele și admitanțele simulate se supun aceluiași legități, care rezultă din (1) și (2), ca și mărimile pasive clasice respective.

În continuare MPS vor fi considerate **numai din punct de vedere funcțional**, considerând drept condiție necesară asigurarea alimentării cu energie și a regimului liniar de lucru.

Având aceleași legități generale de comportare în circuite electrice, MPS se deosebesc de impedanțele și admitanțele clasice prin unele proprietăți esențiale:

- MPS pot avea orice caracter rezultat prin combinarea componentelor $\pm R$, $\pm jX$ sau $\pm G$, $\pm jB$. Astfel, pentru impedanțe simulate domeniul de definire al componentelor constituie:

$$\begin{aligned} R &= \{-R_{\max} \div +R_{\max}\}; X = \{-X_{\max} \div +X_{\max}\} \\ Z &= \{0 \div Z_{\max}\}; \varphi = \{0 \div 360^\circ\} \end{aligned} \quad (4)$$

pentru admitanțe simulate:

$$\begin{aligned} G &= \{-G_{\max} \div +G_{\max}\}; B = \{-B_{\max} \div +B_{\max}\} \\ Y &= \{0 \div Y_{\max}\}; \psi = \{0 \div 360^\circ\} \end{aligned} \quad (5)$$

După cum rezultă din (5), o admitanță simulată poate fi reprezentată printr-un vector, care poate avea orice poziție pe întregul plan complex în spațiile coordonatelor Carteziene $\pm G$, $\pm jB$, sau polare Y , ψ (Fig. 2) [3]. Acelaș lucru este adevărat și în cazul impedanțelor simulate în spațiile coordonatelor $\pm R$, $\pm jX$, sau Z , φ . O MPS poate avea caracter rezultat prin combinarea unei componente active pozitive sau negative ($\pm R$, sau $\pm G$) cu o componență reactivă cu caracter inductiv sau capacitiv

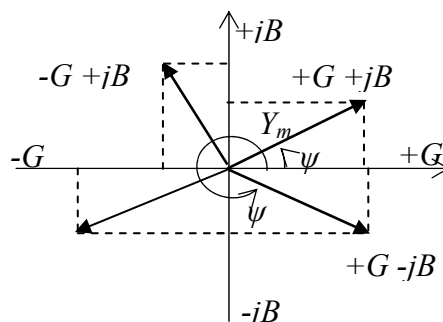


Figura 2. Reprezentarea grafică a admitanței simulate pe planul complex

Alte proprietăți sunt:

- Componentele MPS pot avea diferite dependențe de frecvența semnalului.
- MPS poate poseda una din două tipuri de stabilitate: stabilitate până la regimul de lucru în gol, sau stabilitate până la regim de scurtcircuit.
- Banda de valori ale semnalului care interacționează cu MPS este limitată de domeniul liniar al caracteristicii VA a MPS.
- MPS poate forma un sistem rezonant cu rezonanță totală sau parțială cu o altă mărime pasivă, reală sau simulată.
- Pentru o MPS este posibilă reglarea independentă a componentelor, atât în coordonate Carteziene, cât și în coordonate polare.

2. Simulatoare de mărimi pasive

Prin termenul „**simulatoare de mărimi pasive**” (SMP) vom defini mijloacele tehnice utilizate pentru reproducerea MPS.

Din punct de vedere funcțional un SMP poate fi considerat un dispozitiv cu doi poli de intrare, la care se reproduce o MPS Z_S (sau Y_S) conectat într-un circuit extern cu impedanța echivalentă Z_E (Fig.3).

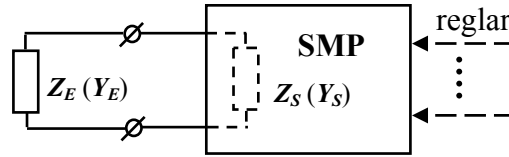


Figura 3. Reprezentarea unui SMP din punct de vedere funcțional

Un caz special al SMP îl prezintă **simulatoarele metrologice de mărimi pasive (SMMP)**. Destinația acestor dispozitive constă în reproducerea mărimii de referință (măsura) în circuite pentru măsurarea componentelor impedanței. Prezența lor este strict necesară în circuite de măsurare cu echilibrare, în care ele determină nemijlocit precizia măsurării.

Pentru SMP comandat în curent (I-SMI) MP se reproduce prin formarea unei tensiuni U_i din curentul de intrare I_i și aplicarea ei în circuitul de intrare. În SMP comandat în tensiune (U-SMI) MPS se formează din curentul I_i , care interacționează cu tensiunea primară de intrare U_i .

În cazul SMI comandate în curent este comod de utilizat ca mărime caracteristică pentru MPS impedanța, iar în cazul SMI comandate în tensiune – admitanța.

3. Simulatorul de admitanță

Convertorul de admitanță reproduce admitanțele virtuale cu reglare independentă a modulului și a fazei admitanței reproduse.

Schema convertorului este reprezentată în următoarea figură.

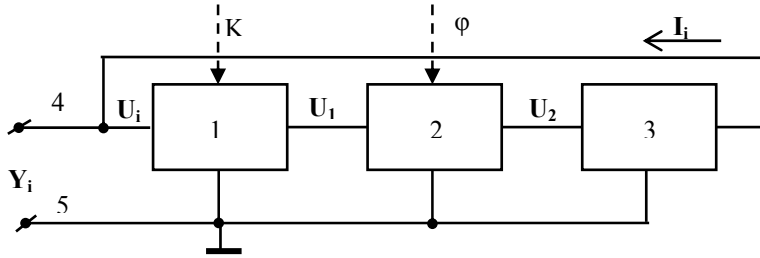


Figura 4: Convertorul de admitanță

Convertorul conține conectate în cascadă amplificatorul programabil 1 cu impedanță înaltă de intrare, defazorul programabil 2, convertorul de tensiune în curent 3, conectat cu ieșirea la intrarea amplificatorului 1, precum și clemele 4, 5 conectate respectiv la intrarea amplificatorului 1 și la masă.

Dispozitivul funcționează în modul următor. Tensiunea de intrare a convertorului U_i este aplicată la intrarea amplificatorului 1. Tensiunea U_1 la ieșirea lui constituie:

$$U_1 = K \cdot U_i \quad (6)$$

unde: K – coeficientul de amplificare al amplificatorului 1.

Funcția de transfer a defazorului 3 K_ϕ poate fi reprezentată:

$$K_\phi = U_2 / U_1 = M \cdot e^{j\phi} \quad (7)$$

unde: M – modulul funcției de transfer, ϕ – faza funcției de transfer, e – baza logaritmului natural ($e = 2,7\dots$), j – unitatea imaginară. Tensiunea U_2 la ieșirea defazorului 2 constituie:

$$U_2 = K_\phi \cdot U_1 = K \cdot M \cdot e^{j\phi} \cdot U_i \quad (8)$$

Convertorul de tensiune în curent 3 efectuează conversia tensiunii U_2 într-un curent I_i , introdus în circuitul de intrare al amplificatorului 1:

$$I_i = Y_c \cdot U_2 = Y_c \cdot K \cdot M e^{j\phi} \cdot U_i \quad (9)$$

unde: Y_c – admitanța de transfer a convertorului 3.

Admitanța Y_i reprodusă de convertor la clemele 4 și 5 se determină:

$$Y_i = I_i / U_i = Y_c \cdot K \cdot M e^{j\phi} \quad (10)$$

După cum rezultă din (10), modulul admitanței Y_i reproduse de convertor la contactele 4 și 5 depinde de coeficientul de amplificare K al amplificatorului programabil 1, iar argumentul ei este egal cu unghiul de fază ϕ , introdus de defazorul programabil 2. Reglarea coeficientului de amplificare K al

amplificatorului 2 rezultă în variația modului admitanței simulate Y_i , iar reglarea unghiului de fază φ rezultă în variația argumentului admitanței reproduse.

4. Admitanțmetru în coordonate polare

Dispozitivul poate fi utilizat pentru măsurarea automată cu precizie înaltă a componentelor admitanței și impedanței.

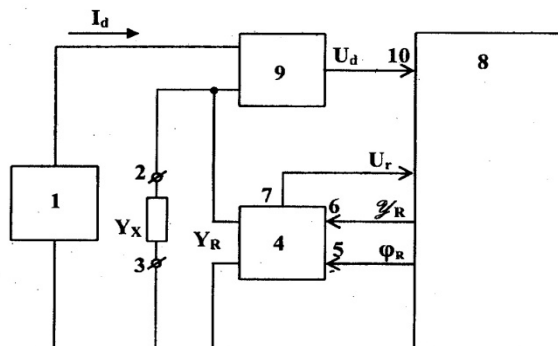


Figura5: Măsurătorul de admitanță

Măsurătorul de admitanță conține generatorul de semnal 1; clemenele 2 și 3 pentru conectarea obiectului măsurat; convertorul de admitanță 4, conectat cu un contact de ieșire împreună cu clema 3 și cu un contact de ieșire al generatorului 1 la masă, cu al doilea contact de ieșire la clema 2, iar cu intrările 5 și 6 și cu contactul de referință 7 la blocul de comandă 8; precum și convertorul de curent în tensiune 9 cu două intrări diferențiale conectate respectiv la al doilea contact de ieșire al generatorului 1 și la clema 2, iar cu ieșirea – la intrarea de semnal 10 a blocului de comandă 8.

Obiectul măsurat cu admitanța Y_x se conectează la clemenele 2 și 3. Convertorul de admitanță 4 reproduce la clemenele de ieșire o admitanță de referință Y_R , care împreună cu impedanța măsurată Y_x formează un circuit rezonant paralel alimentat cu tensiune de către generatorul 1. Convertorul de curent în tensiune 9 transformă curentul I_d consumat de circuitul rezonant în tensiunea U_d aplicată la intrarea de semnal 10 a blocului de comandă 8. Tensiunea U_r la contactul de referință 7 al convertorului de admitanță 4, care are aceeași fază cu curentul prin admitanța de referință Y_R reprodusă de convertor, constituie semnalul de referință pentru blocul de comandă 8, care efectuează prin ieșirile de comandă 5 și 6 echilibrarea circuitului rezonant prin intermediul reglării fazei φ_R și a modului Y_R admitanței Y_R reproduse de convertorul 4.

Procesul de măsurare decurge în felul următor. La prima etapă blocul de comandă 8 instalează valoarea maximală a modului Y_R și faza $\varphi_R = 180^\circ$ pentru admitanța reprodusă de convertorul 4 și reglează în trepte modulul Y_R până la trecerea valorii defazajului între semnalele U_d și U_r prin 90° . La etapa a doua blocul 8 reglează faza φ_R până la obținerea defazajului între semnalele U_d și U_r egal cu 180° . La ultima etapă blocul 8 reglează lin modulul Y_R până la trecerea valorii defazajului între semnalele U_d și U_r prin 180° , ceea ce corespunde stării de echilibru al circuitului de măsurare.

La terminarea procesului de măsurare blocul de comandă 8 deține informația despre valorile modului Y_R și fazei φ_R admitanței de referință, din care se determină valorile modului $Y_x = Y_R$ și fazei $\varphi_x = \varphi_R + 180^\circ$ a admitanței măsurate Y_x . Valorile obținute ale componentelor admitanței Y_x la necesitate pot fi recalculat în valorile componentelor impedanței Z_x a obiectului măsurat după relațiile cunoscute. [5]

Bibliografie:

1. **Ostrovshii, L.** *Osnovî obşcei teorii electroizmeritelinîh ustroistv. Leningrad, 1971, 544.*
2. **Ornatchii, P.** *Teoreticeschie osnovî informaţionno – izmeritelinoi tehnicî. Kiev, 1983. 456 p.*
3. **Nastas, V.** *Synthesis of Cartesian coordinates metrological impedance simulators. Moldavian Journal of the Physical Sciences, Vol. 7, nr. 4, Chişinău, pp. 481-490, 2008.*
4. **Nastas, V.** *Brevet de invenţie MD nr.S422, Chişinău 2011.*
5. **Nastas, V.** *Brevet de invenţie MD nr. 3462, Chişinău 2007.*