

SIMULATOARE METROLOGICE DE IMPEDANȚE FLOTANTE

Vitalie Nastas

Universitatea Tehnică a Moldovei

vitalienastas@gmail.com

Abstract. Paper contains some aspects of synthesis and analysis of the metrological simulators of floating impedance, suitable for using as the measures in impedance meters. There are presented two type of simulators for reproducing the floating impedances: represented in Cartesian coordinates and in polar coordinates. The reproduced impedance can possess any character and have the separate regulation of the components. Advantages of the proposed devices is the possibility of reproducing of impedances with any character without switching in its circuit, absence of the adjustable reactive elements, high exactitude and simplicity of practical realization. The presented devices are suitable for application both in the simple and cheap automatic impedance meters, and in the high – exactitude meters of impedance components.

Cuvinte-cheie: floating impedance, metrological simulators of impedance, impedance meters, impedance components.

I. Introducere

Utilizarea simulatoarelor metrologice de mărimi electrice pasive (SMMP) [1] în calitate de elemente de referință (ER) la măsurarea impedanței și admitanței deschide mari perspective pentru îmbunătățirea caracteristicilor de utilizare a tehnicii din acest domeniu. Cele mai importante avantaje, care rezultă din aceasta sunt:

- Excluderea elementelor reactive reglabile și a cutiilor de reactanță;
- Excluderea comutărilor în circuitele de măsurare, determinate de variația tipului și caracterului mărimii măsurate;
- Simplificarea algoritmului de echilibrare a circuitului de măsurare până la două operații în cazul măsurării ambelor componente a mărimii pasive (MP);
- Măsurarea MP cu orice caracter (activ, reactiv, sau complex) și cu orice circuit echivalent de substituție (serie, paralel) fără modificarea structurii circuitului de măsurare;
- Măsurarea MP cu caracter de rezistență negativă;
- Comanda digitală și automatizarea completă a procesului de măsurare;
- Posibilitatea implementării ER în microcircuite integrate;
- Reducerea prețului de cost, dimensiunilor, greutateii aparatului.

Un loc aparte în această clasă de dispozitive îl ocupă SMMP pentru reproducerea marimilor pasive flotante (SMMP-F), care asigură reproducerea impedanțelor și admitanțelor dezlegate electric de masă. Ele posedă o utilizare cu mult mai largă, comparativ cu MPS cu conectare asimetrică. Pentru sinteza structurilor SMMP-F deasemenea a fost utilizată metoda formal-structurală [2], care asigură dispozitivelor obținute caracteristici aplicative suplimentare, așa ca:

- Posibilitatea reproducerii MP reprezentate în sistemul de coordonate necesar (Carteziene sau polare) și cu caracter necesar al componentelor (activ, reactiv, sau complex);
- Reglarea independentă a componentelor MP reproduse;
- Stabilitate garantată la variația impedanței externe în circuitul de măsurare în domeniul de valori determinat;

- Posibilitatea reproducerii MP simulate (MPS) amplaste în tot planul complex ($\pm R$, $\pm jX$) pentru impedanțe, sau ($\pm G$, $\pm jB$) pentru admitanțe;
- Eroare sistematică determinată și garantată.

În unele cazuri de utilizare a SMMP în calitate de ER este necesară reproducerea MPS cu caracter flotant (Fig. 1). Aceasta se referă, de exemplu, la utilizarea SMMP în circuite de măsurare cu rezonanță simulată serie [1] pentru MP conectate cu un pol la masă, sau în punți de curent continuu și alternativ, unde ER trebuie să posede ambii poli liberi. Pentru acest caz au fost elaborate SMMP-A pentru reproducerea MPS flotante

II. Simulatoare metrologice de mărimi pasive flotante

Din punct de vedere funcțional un simulator metrologic de mărimi pasive cu structură algoritmică prezintă un dispozitiv cu doi poli, care asigură reproducerea unei MPS reprezentate în sistemul de coordonate necesar și asigură posibilitatea reglării independente a componentelor (Fig. 1). MP reprodusă de SMMP-A (impedanța Z_i sau admitanță Y_i) poate fi reprezentată în coordonate Carteziene:

$$Z_i = R_i + jX_i, Y_i = G_i + jB_i, \quad (1)$$

sau, în coordonate polare:

$$Z_i = Z_i \exp(j\varphi_i), Y_i = Y_i \exp(j\psi_i) \quad (2)$$

unde $R_i, X_i (G_i, B_i)$ – respectiv, componentele activă și reactivă ale impedanței (admitanței) reproduse, $Z_i, \varphi_i (Y_i, \psi_i)$ – respectiv, modulul și faza acestor mărimi.

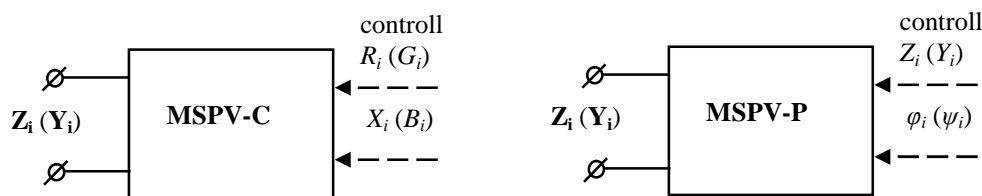


Fig. 1. Reprezentarea funcțională a SMMP-F în coordonate Carteziene (a) și în coordonate polare (b)

Astfel, SMMP-A în coordonate Carteziene (SMMP-C) trebuie să asigure reglarea independentă a componentelor activă R_i și reactivă X_i (respectiv, G_i, B_i pentru admitanțe), iar cel în coordonate polare (SMMP-P) – reglarea independentă a modulului $Z_i (Y_i)$ și fazei $\varphi_i (\psi_i)$ MP reproduse la polii de intrare.

Pentru a asigura universalitatea SMMP la măsurarea MP cu orice caracter, domeniile de variație a componentelor MP reproduse trebuie să constituie:

- pentru impedanțe simulate:

$$\begin{aligned} R &= \{-R_{\max} \div +R_{\max}\}, X = \{-X_{\max} \div +X_{\max}\} \\ Z &= \{0 \div Z_{\max}\}, j = \{0 \div 360^\circ\} \end{aligned}, \quad (3)$$

- pentru admitanțe simulate:

$$G = \{-G_{\max} \div +G_{\max}\}; B = \{-B_{\max} \div +B_{\max}\}$$

$$Y = \{0 \div Y_{\max}\}; \gamma = \{0 \div 360^\circ\} \quad (4)$$

În acest caz se asigură acoperirea întregului plan complex de reprezentare a MPS și prin aceasta – posibilitatea reproducerii MP simulate cu orice caracter.

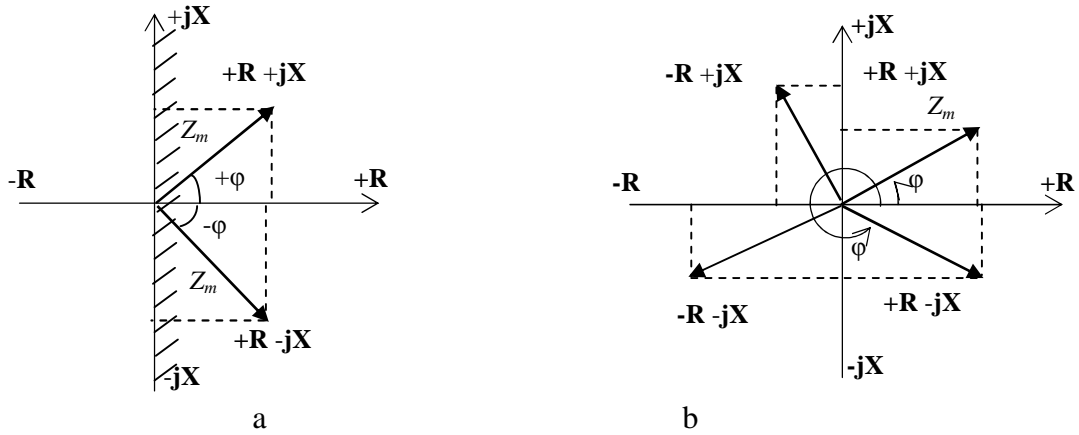


Fig. 2. Domeniile de existență a unei MP clasice (a) și a unei MPS (b)

Simulatorul de MPS în coordonate Carteziane U-SMMP-C-F.

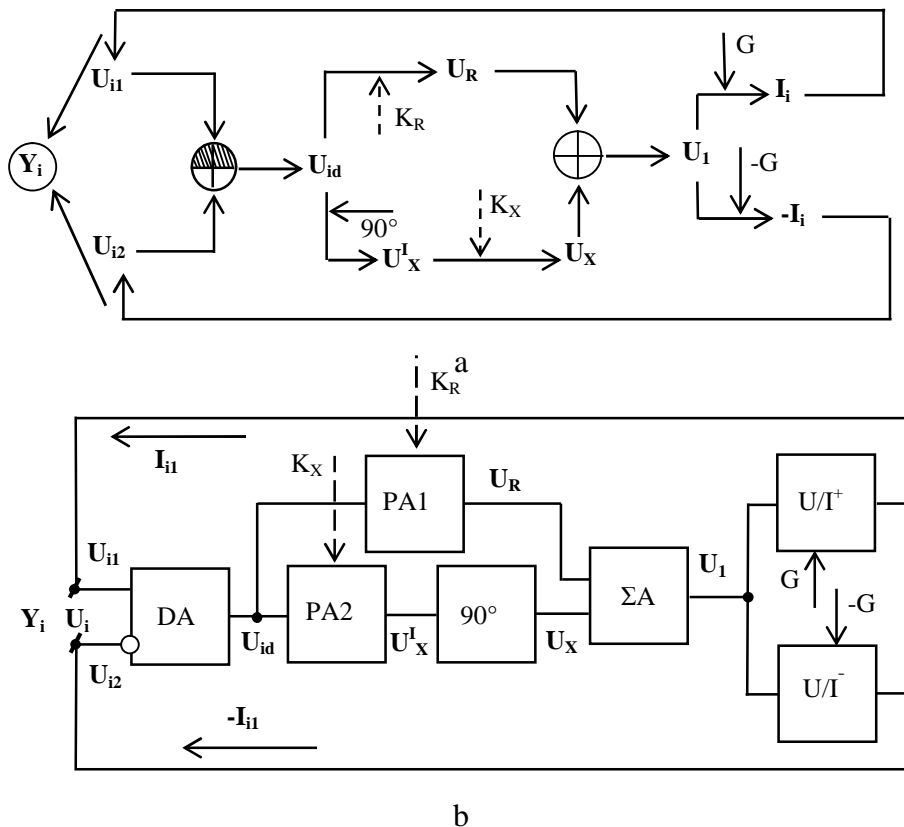


Fig. 3. Diagrama conversiei informației (a) și structura internă (b) pentru U-SMMP-C-F

Acest simulator [3] (Fig. 3) asigură reproducerea MPS flotante comandate în tensiune reprezentate în coordonate Carteziane. Pentru formarea unei tensiuni intermediare proporționale diferenței tensi-

unilor de intrare de mod comun și excluderea influenței impedanței de intrare a AO asupra MPS, a fost utilizat un amplificator diferențial potențiomtric. Tensiunea intermediară U_d a fost supusă conversiei (Fig. 4) pentru obținerea componentelor activă și reactivă, cât și pentru asigurarea reglării independente în coordonate Carteziene. Cu ajutorul a două convertoare tensiune – curent $U/I1$, $U/I2$ cu factori de transfer egali și inverși, se obțin curenții I_i , $-I_i$, ulterior aplicați în circuitul de intrare al SMMP. Ca urmare a impedanței de intrare supraînalte a amplificatorului diferențial, admitanța reprodusă constituie [3]:

$$\mathbf{Y}_i = \mathbf{I}_i / \mathbf{U}_{id} = (R_{conv})^{-1} (\mathbf{K}_1 + \mathbf{jK}_2) \quad (5)$$

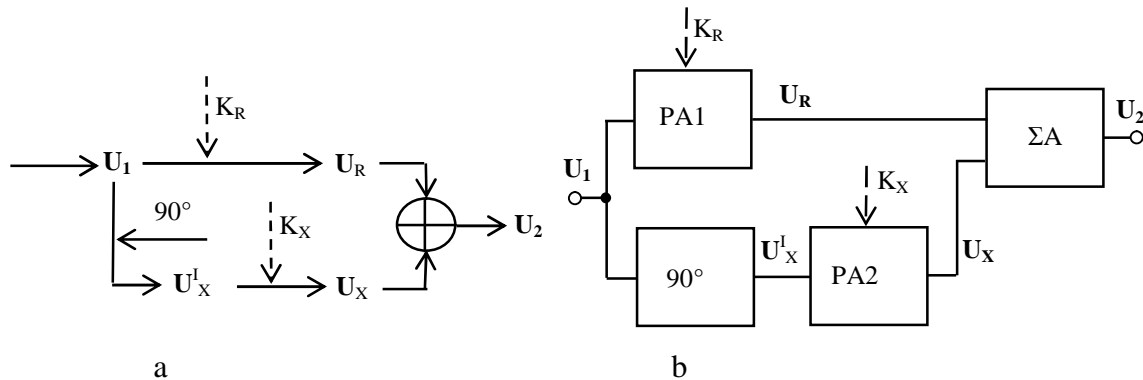


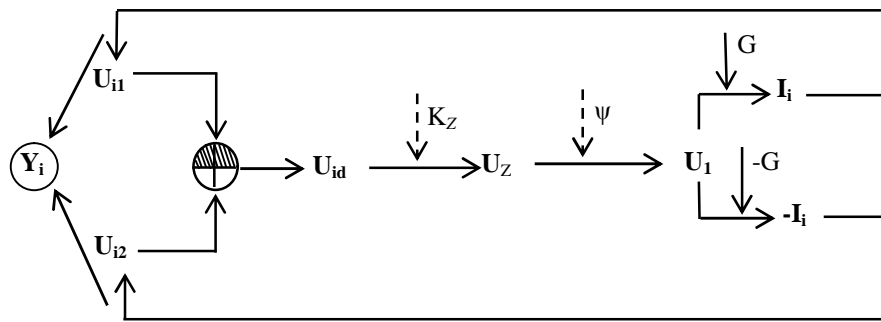
Fig. 4. DCI (a) și structura porțiunii de circuit (b) pentru formarea componentelor MPS în SMMP în coordonate Carteziene

2.2. Simulatorul de MPS în coordonate polare U-SMMP-P-F

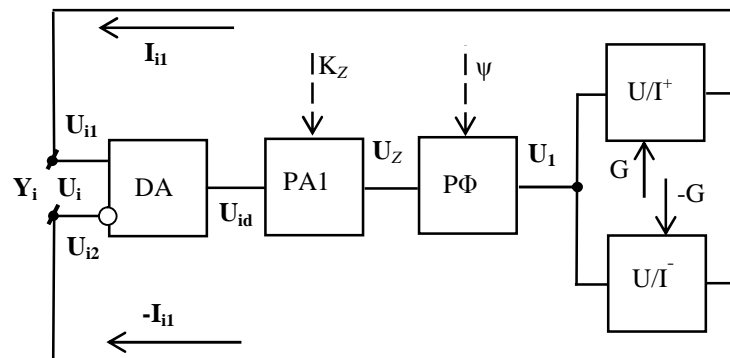
Acest SMMP [4] asigură reproducerea mărimilor pasive reprezentate în coordonate polare (2) cu posibilitatea reglării independente a modului și a fazei mărimii reproduse. Structura a fost sintetizată prin aceeași metodă formal structurală [2], utilizată în cazul precedent și se deosebește de structura U-SMMP-C-F prin modul de formare a tensiunii intermediare U_1 . Reglarea independentă a modului și a fazei mărimii pasive reproduse se asigură în conformitate cu (3), (4) și fig. 2b. U-SMMP-P-F este destinat utilizării în impedanțmetre și admitanțmetre în coordonate polare, unde caracterul mărimii măsurate nu admite conectarea unui pol al elementului de referință la masă.

Etajul de intrare este similar celui din U-SMMP-C-F. Pentru a asigura reglarea independentă a componentelor admitanței reproduse de simulator în coordonate polare, tensiunea intermediară U_d este trecută consecutiv prin amplificatorul programabil PA și prin defazorul programabil $P\Phi$ [2], și utilizată pentru formarea curenților de intrare I_i , $-I_i$ cu convertoarele curent – tensiune $U/I1$, $U/I2$. Admitanța reprodusă la polii de intrare constituie [4]:

$$\mathbf{Y}_i = 2G \cdot \frac{R_2}{R_1} \exp[\mathbf{j} \arctg(wR_y C)] \quad (6)$$



a



b

Fig. 5. Diagrama conversiei informației (a) și structura internă (b) pentru U-SMMP-P-F

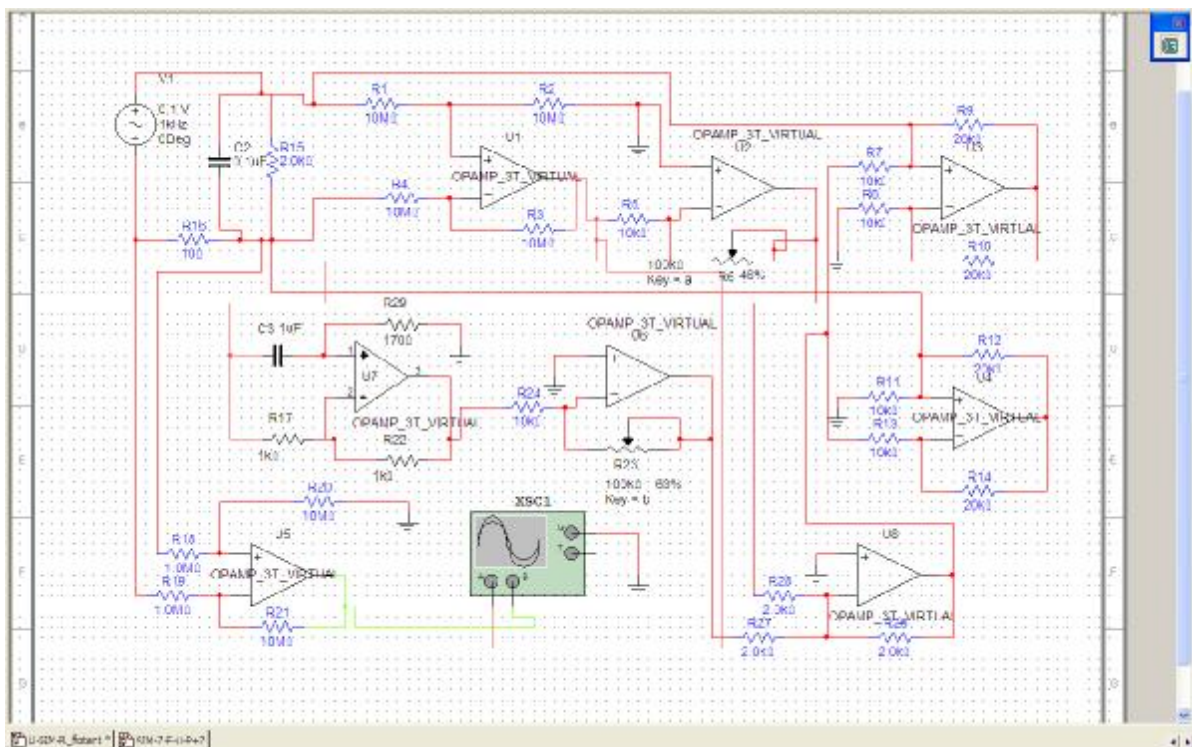


Fig. 6. Circuitul U-SMMP-C-F modelat în MULTISIM

Pentru confirmarea practică a veridicității rezultatelor obținute, structurile U-SMMP-P-F și U-SMMP-C-F au fost modelate și studiate în programele PSPICE, MULTISIM. În fig. 6 este prezentată modelarea unui circuit de măsurare cu rezonanță simulată paralelă, în fig. 7 – diagramele semnalelor de referință și de dezechilibru în apropierea stării de echilibru după ambele componente. Impedanța măsurată este modelată cu caracter capacitiv cu elementele C2, R15, iar reglarea componentelor se efectuează cu rezistoarele R6 (componenta activă) și R23 (componenta reactivă).

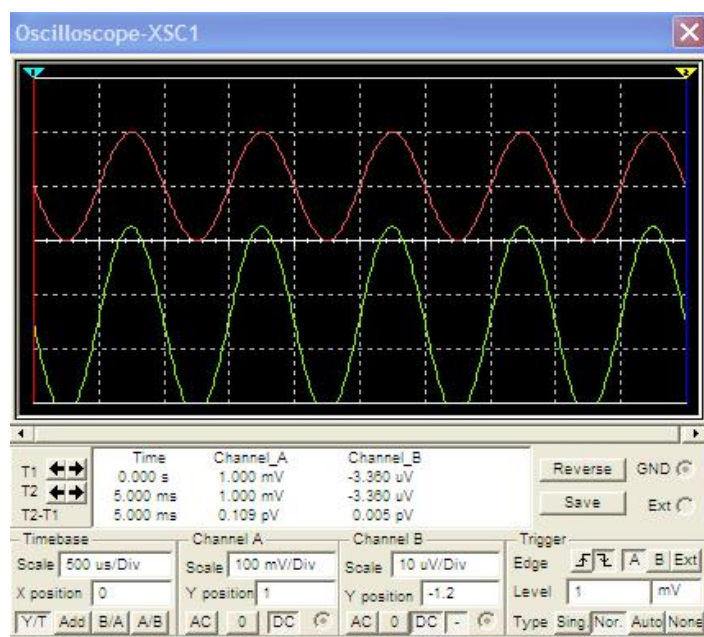


Fig. 7. Diagramele semnalelor în circuitul U-SMMP-C-F în apropierea stării de echilibru după ambele componente

III. Referințe

1. Circuite cu rezonanță simulată pentru măsurarea cu precizie înaltă a componentelor impedanței. /“*Transactions on metrology and analytical methods of reaserch*”. Chișinău 2010, pp. 46-55.
2. Formal – structural synthesis of metrological polar – coordinates impedance simulators. /“*Transactions on metrology and analytical methods of reaserch* ” Chișinău 2010, pp. 35-45
3. Brevet de invenție MD Z90. Convertor de admitanță. Solicitant: UTM, autori: Nastas V., Nicolaev P. Chișinău, 2009
4. Brevet de invenție MD 3173. Convertor de impedanță. Solicitant: UTM, autor: Nastas V., Chișinău, 2006