

SIMULATOARE METROLOGICE DE MĂRIMI ELECTRICE PASIVE ÎN COORDONATE POLARE.

Vitalie NASTAS, Rodion CHESOV, Ion CIOBANU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: *Lucrarea este dedicată analizei și modelării în programul MULTISIM a metodei de măsurare a componentelor impedanței în coordonate polare. Sunt prezentate analize ale simulatoarelor metrologice de măsurare a impedanței cu precizie înaltă utilizând circuite perfecționate cu conectare la punctul comun al schemei sau cu poli floțanti. Ca principiu, se recurge la analiza simulatorului de impedanță cu reglare independentă a modulului și fazei. Principiul schemelor prezentate consta în felul cum sunt dirijate și cum se produc semnalele în interiorul simulatorului, pentru a se regla modul și faza. Rezultatele modelării confirmă pe deplin analiza teoretică și posibilitatea utilizării programului MULTISIM pentru modelarea circuitelor electronice cu parametri reali și cu algoritm complicat de funcționare.*

Cuvinte-cheie: *impedanță, admitanță, simulator de impedanță, mărimi pasive, convertor de rezistență negativă, SMMP.*

1. Introducere

Măsurarea cu precizie înaltă a componentelor impedanței și admitanței se efectuează prin metoda de echilibrare implementată în circuite de măsurare cu punte, cu compensare, sau cu rezonanță. Precizia măsurării conform acestei metode este determinată în primul rând de precizia elementului de referință (ER), care în circuitele de măsurare execută funcția de reproducere a unei mărimi etalon, omogenă cu mărimea măsurată (măsura). În calitate de ER în măsurătoare de impedanță și admitanță se utilizează rezistoare, condensatoare, bobine de inductanță de precizie înaltă. ER determină și unele caracteristici uzuale ale aparatului de măsurare, așa ca algoritmul de măsurare, simplitatea utilizării, prețul de cost. Ridicarea considerabilă a caracteristicilor ER este posibilă prin intermediul utilizării în această calitate a simulatoarelor metrologice de mărimi pasive electrice, cunoscute mai pe larg sub denumirea de “simulatoare metrologice de impedanță (SMI)”. Necăutând la faptul că termenul “SMI” definește un caz particular al acestor dispozitive, el este utilizat preponderent în tehnica măsurărilor, ceea ce se explică prin legătura univocă între noțiunile de “impedanță” și “admitanță”.

2. Simulatorul metrologic de impedanță

Dispozitivul [1] prezintă un simulator metrologic de mărimi pasive (SMMP) comandat în curent pentru reproducerea impedanțelor simulate în coordonate polare cu un pol conectat la masă.

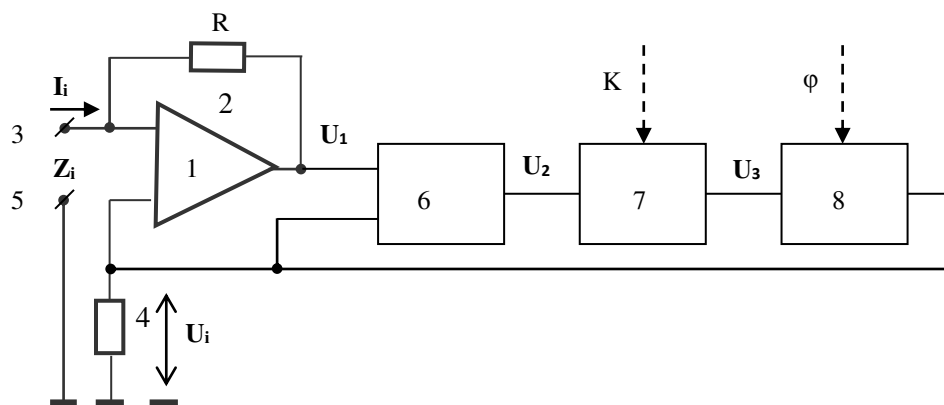


Figura 1 Structura simulatorului de impedanță comandat în curent.

Blocuri: Amplificatorul operațional 1 și dipolul 2 cu impedanța Z formează un convertor de curent în tensiune, 6. Amplificatorul diferențial, 7. Amplificator, 8. Defazor.

El se utilizează în calitate de element de referință în impedanțmetre polare, care asigură măsurarea nemijlocită a modulului și fazei impedanței.

Simulatorul de impedanță funcționează astfel: Amplificatorul operațional 1 cu rezistorul 2 formează un convertor de curent în tensiune. Tensiunea U_1 la ieșirea lui constituie:

$$U_1 = -I_i \cdot R + U_i \quad (1)$$

unde: I_i – curentul de intrare, R –impedanța rezistorului 2, U_i – căderea de tensiune pe rezistorul 4. Tensiunea U_i la ieșirea defazorului 8 formează căderea de tensiune pe rezistorul 4 și, luând în considerație funcțiile de transfer ale etajelor intermediare, poate fi reprezentată:

$$U_i = K_\varphi \cdot U_3 = -R \cdot K \cdot e^{j\varphi} \cdot I_i \quad (2)$$

Impedanța Z_i , reprodusă de convertor la polii 3 și 5 se determină:

$$Z_i = U_i / I_i = -R \cdot K \cdot e^{j\varphi} \quad (3)$$

Modulul impedanței Z_i reproduse de convertor depinde direct proporțional de coeficientul de amplificare K al amplificatorului 7, iar argumentul ei este egal cu unghiul de fază φ determinat de funcția de transfer a defazorului 8. Reglarea coeficientului de amplificare K aduce la variația modului impedanței simulate Z_i , iar reglarea unghiului de fază φ din caracteristica de transfer aduce la variația argumentului impedanței reproduse. Pentru aceasta amplificatorul 7 poate fi executat cu reglare digitală a coeficientului de amplificare K , iar defazorul 8 – cu reglare digitală a defazajului φ .

3. Simulator metrologic de impedanță dirijat în tensiune

Dispozitivul [2] poate fi utilizat pentru reproducerea cu precizie înaltă a impedanțelor comandate în tensiune cu orice caracter și cu posibilitatea reglării modului și a fazei.

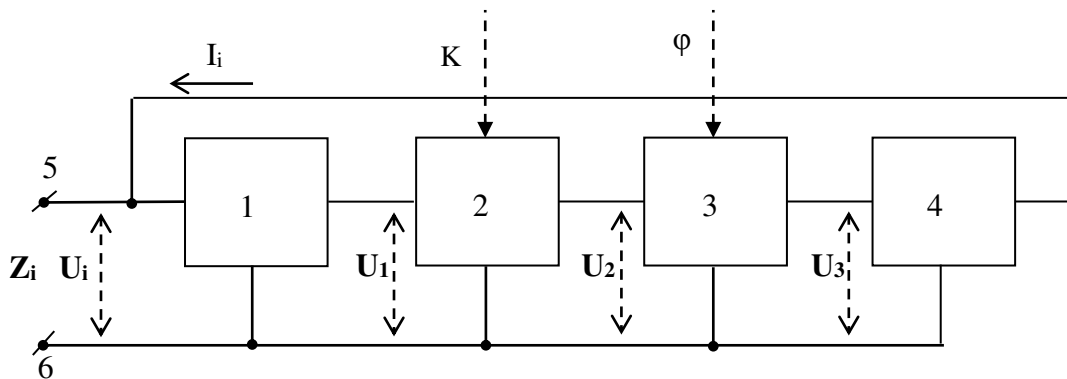


Figura 2 Structura simulatorului de impedanță dirijat în tensiune.

Blocuri: 1. Amplificator operațional cu reacție inversă negativă, 2. Amplificator, 3. Defazor, 4. Convertorul de tensiune în curent.

Dispozitivul funcționează în felul următor: Amplificator operațional cu reacție inversă negativă, posedă coeficientul de amplificare unitar. Luând în considerație funcțiile de transfer ale etajelor intermediare se obțin tensiunile corespunzătoare. Convertorul de tensiune în curent 4 efectuează conversia tensiunii U_3 într-un curent I_i care curge prin contactul de intrare 5:

$$I_i = Y_c \cdot U_3 = Y_c \cdot K \cdot M \cdot e^{j\varphi} \cdot U_i = (Z_c)^{-1} \cdot K \cdot M \cdot e^{j\varphi} \cdot U_i \quad (4)$$

unde: Y_c – admitanța de transfer a convertorului 4, Z_c –impedanța care corespunde admitanței Y_c .

Impedanța Z_i reprodusă de convertor la contactele 5 și 6 se determină:

$$Z_i = U_i / I_i = [(Z_c)^{-1} \cdot K \cdot M \cdot e^{j\varphi}]^{-1} = Z_c \cdot (K \cdot M)^{-1} \cdot e^{-j\varphi} \quad (5)$$

Modulul impedanței Z_i reproduse de convertor depinde invers proporțional de coeficientul de amplificare K al amplificatorului 2, iar argumentul ei este egal cu unghiul de fază $-\varphi$ determinat de funcția de transfer a defazorului 3. Reglarea coeficientului de amplificare K rezultă în variația modului impedanței simulate Z_i , iar reglarea unghiului de fază φ din caracteristica de transfer a defazorului. Pentru aceasta amplificatorul 2 poate fi executat cu reglare digitală a coeficientului de amplificare K , iar defazorul 3 – cu reglare digitală a defazajului φ .

4. Simulator metrologic de impedanțe flotante dirijate în tensiune

Dispozitivul [3] poate fi utilizată pentru reproducerea cu precizie înaltă a impedanțelor flotante comandate în tensiune cu orice caracter și cu posibilitatea reglării independente a modului și a fazei.

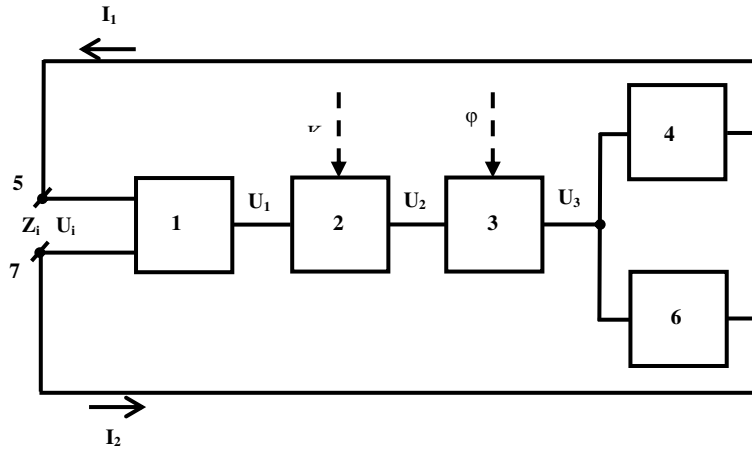


Figura 3 Structura simulatorului de de impedanțe flotante comandate în tensiune.

Blocuri: 1. Amplificatorul diferențial, 2. Amplificator programabil, 3. Defazor, 4 și 6. Convertoare de tensiune în curent.

Dispozitivul funcționează în modul următor: Convertoarele de tensiune în curent 4 și 6 efectuează conversia tensiunii U_3 în curenții I_1, I_2 care posedă valori egale și direcții opuse în raport cu ieșirile convertoarelor. Acești curenți circula prin contactele 5 și 7, formînd curentul de intrare al convertorului I_i

$$I_i = I_1 = I_2 = Y_c \cdot U_3 = Y_c \cdot K \cdot K_{DA} \cdot M \cdot e^{j\varphi} \cdot U_i = (Z_c)^{-1} \cdot K \cdot K_{DA} \cdot M \cdot e^{j\varphi} \cdot U_i \quad (6)$$

unde: Y_c —admitanța de transfer a convertoarelor, Z_c —impedanța care corespunde admitanței Y_c .

Impedanța Z_i reproducă de convertor la contactele 5 și 7 se determină:

$$Z_i = U_i / I_i = [(Z_c)^{-1} \cdot K \cdot K_{DA} \cdot M \cdot e^{j\varphi}]^{-1} = Z_c \cdot (K \cdot K_{DA} \cdot M)^{-1} \cdot e^{-j\varphi} \quad (7)$$

Modulul impedanței Z_i reproduce de convertor la contactele 5 și 7 depinde invers proporțional de coeficientul de amplificare K al amplificatorului 2, iar argumentul ei este egal cu unghiul de fază $-\varphi$ determinat de funcția de transfer a defazorului 3. Reglarea coeficientului de amplificare K rezultă în variația modului impedanței simulate Z_i , iar reglarea unghiului de fază φ din caracteristica de transfer a defazorului rezultă în variația argumentului impedanței reproduce.

Deoarece curenții I_1, I_2 au valori egale și constituie curentul I_i care circula prin impedanța reproducă Z_i , rezultă că impedanțele de mod comun între contactele de intrare 5, 7 și masă posedă valori infinite, ceea ce asigură caracterul flotant al impedanței reproduce.

4. Modelarea procesului de măsurare în MULTISIM

Circuitul de măsurare modelat în programul MULTISIM este reprezentat în fig. 4. Etajele circuitului sunt realizate pe bază de amplificatoare operaționale. Pentru reglarea modului impedanței reproduce se utilizează rezistorul variabil R_9 , iar pentru reglarea fazei – rezistorul R_{11} .

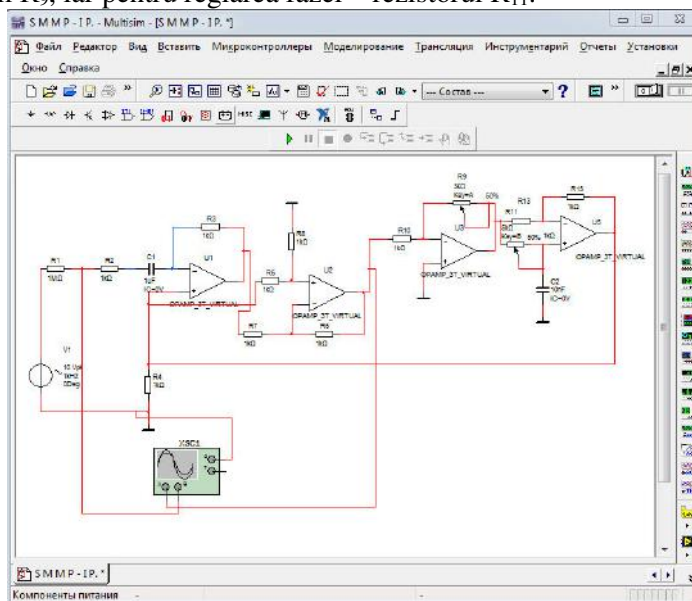


Figura 4 Circuitul de măsurare modelat în MULTISIM.

Din rezultatele modelării (Fig. 5.a,b) rezultă, că la variația rezistențelor R_9 , R_{11} are loc micșorarea amplitudinii semnalului de dezechilibru pînă la valoarea zero și trecerea lui în antifază, ceea ce confirmă posibilitatea obținerii condiției de echilibru.

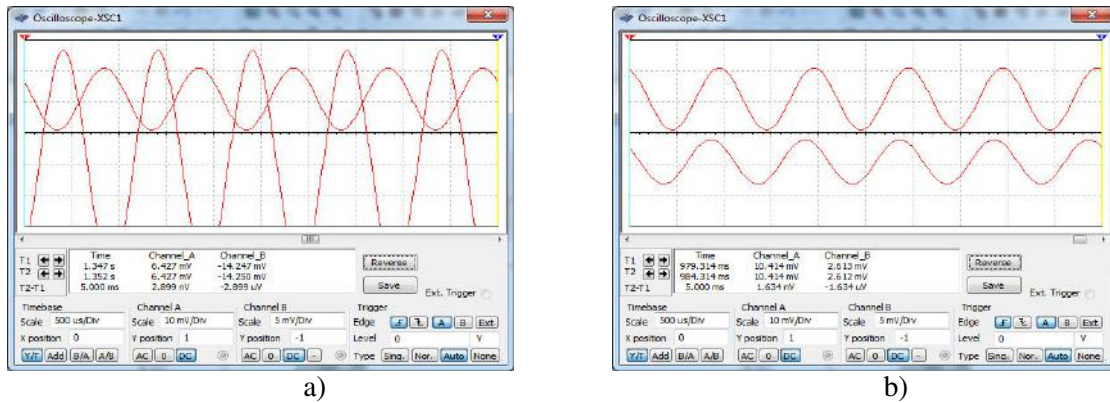


Figura 5 Oscilogrammele semnalelor înainte (a) și după starea de echilibru (b).

Bibliografie

1. Brevet MD 2130, autor V. Nastas, M. Scînteianu. Convertor de impedanță. Chișinău, 2003.
2. Brevet MD 2462, autor V. Nastas, Cazac A. Convertor de impedanță. Chișinău, 2004.
3. Brevet MD 3173, autor V. Nastas. Convertor de impedanță. Chișinău, 2006.