

MODELAREA PROCESULUI DE MĂSURARE A COMPONENTELOR ADMITANȚEI ÎN COORDONATE CARTEZIENE

Vitalie NASTAS, Ecaterina ULIANOVICI

Universitatea Tehnica din Moldova

Abstract: *Lucrarea este dedicată analizei și modelării în programul MULTISIM a procesului de măsurare a componentelor admitanței prin metoda rezonanței simulate în circuitul rezonant paralel. Ca element de referință se utilizează un simulator metrologic de impedanțe flotante comandat în tensiune. Sunt prezentate noțiuni generale despre procesul de măsurare, este analizat circuitul cu rezonanță sumulată serie, condiția de echilibru și diagrama – bloc ale simulatorului. Este prezentată diagrama circuitului în programul MULTISIM, precum și rezultatele modelării în formă de oscilogramă în starea de echilibru al circuitului de măsurare.*

Cuvinte cheie: *admitanță, mărime electrică pasivă, circuit rezonant paralel, simulator de admitanță.*

1. Introducere

Este bine cunoscut efectul rezonanței electrice care are loc între două impedanțe cu caracter reactiv diferit, inductiv și capacitiv. Utilizarea acestui efect în tehnica măsurărilor a permis realizarea unor măsurătoare de impedanță cu structuri și algoritmi de măsurare simpli pentru măsurarea cu precizie înaltă a parametrilor bobinelor de inductanță și condensatoarelor (Q-metre). Precizia înaltă de măsurare este asigurată de metoda de măsurare cu echilibrare implementată în Q-metre prin intermediul efectului de rezonanță care, după cum e cunoscut, potențial posedă cea mai înaltă precizie de măsurare. Utilizarea limitată a acestor dispozitive în practica măsurărilor se explică prin următoarele neajunsuri esențiale:

- imposibilitatea măsurării cu precizie înaltă a componentei active a impedanței;
- erorile specifice cauzate de instabilitatea frecvenței semnalului de măsurare și de precizia joasă a elementelor de referință;
- incomoditatea reglării impedanței reproduse de elementul de referință și ca urmare – imposibilitatea automatizării măsurării.

Posibilități vaste pentru aplicarea efectului de rezonanță la măsurarea cu precizie înaltă a impedanțelor cu orice caracter apar la utilizarea în calitate de elemente de referință a impedanțelor simulate, obținute cu ajutorul convertoarelor de impedanță [1]. Efectul este asemănător cu rezonanța clasică, avînd și unele particularități, din care cauză a fost numit “rezonanță simulată”, iar metoda de măsurare – metoda rezonanței simulate. Datorită particularităților sale, metoda posedă priorități considerabile față de metodele cunoscute de măsurare a impedanței cu precizie înaltă (metoda de punte, de compensare) ceea ce permite utilizarea ei în măsurătoare de impedanță de gamă largă [2].

Admitanța este mărimea caracteristică curentului alternativ și reprezintă raportul dintre curentul ce trece printr-o porțiune de circuit asupra căderii de tensiune pe aceasta.

$$Y = \frac{I}{U} = G + jB \quad (1)$$

Mărime electrică simulată este o mărime electrică pasivă, reprodusă în mod virtual cu ajutorul unui simulator de mărimi electrice pasive.

2. Circuitul de măsurare

Circuitul de măsurare (Fig. 1) prezintă un circuit cu rezonanță simulată paralelă [5]. El este format din generatorul de tensiune 1, admitanța măsurată Y_X și cea de referință Y_R , reprodusă de către simulatorul de admitanță 5. Simulatorul conține două organe de reglare independente: unul pentru reglarea componentei active și al doilea, pentru reglarea componentei reactive ale admitanței reproduse. Semnalul, după valoarea căruia se determină starea circuitului rezonant este curentul I_{de} , consumat de sistemul rezonant. Deoarece este problematic de măsurat nemijlocit caracteristicile acestui curent, se utilizează rezistorul 2 de mărime mică, care servește ca sensor de curent. Căderea de tensiune pe acest rezistor se amplifică de către un amplificator diferențial 6, conectat cu ieșirea la indicatorul de nul 7. Măsurarea componentelor admitanței Y_X se efectuează prin reglarea componentei active și reactive ale admitanței reproduse de către simulator până la obținerea stării de echilibru în circuit.

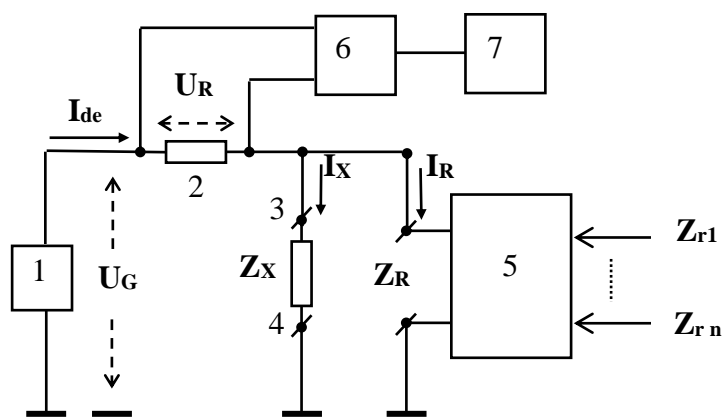


Figura 1. Structura circuitului de măsurare cu rezonanță simulată paralelă

Ecuția de echilibru a circuitului are forma:

$$I_{de} = U_G \cdot Y_s = U_G \{ [(R_X)^{-1} + (R_R)^{-1}] + j[(X_X)^{-1} + (X_R)^{-1}] \} \quad (1)$$

Condiția de echilibru: $I_{de} = 0$, de unde rezultă: (2)

$$[(R_X)^{-1} + (R_R)^{-1}] + j[(X_X)^{-1} + (X_R)^{-1}] = 0, \text{ și:} \quad (3)$$

$$R_X = -R_R, \quad X_X = -X_R \quad (4)$$

Astfel, la terminarea procesului de echilibrare a circuitului de măsurare, componentele impedanței măsurate R_X și X_X se exprimă respectiv prin componentele impedanței reproduse de simulator R_R și X_R .

3. Metoda de măsurare

Metoda de măsurare a admitanței [6] conține două etape (Fig. 2):

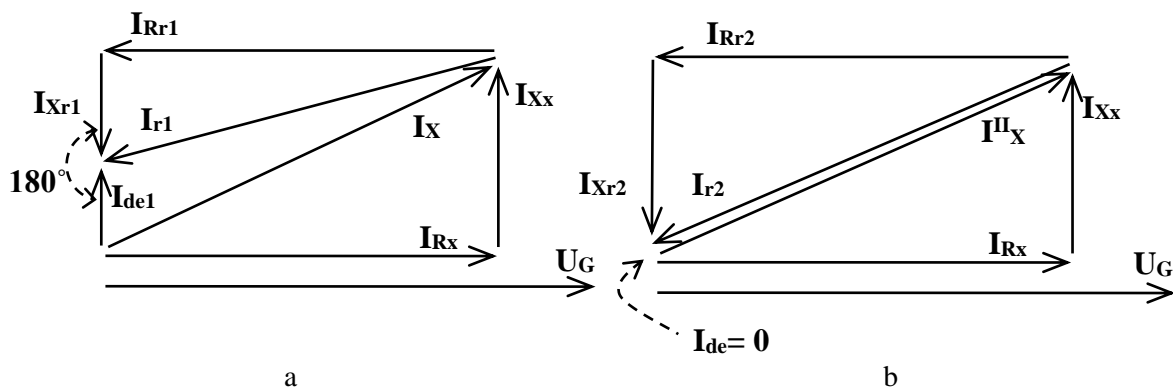


Figura 2. Etapele de echilibrare a circuitului de măsurare.

a – echilibrarea după componenta activă, b – echilibrarea după componenta reactivă

La prima etapă de echilibrare a circuitului de măsurare se reglează componenta activă a admitanței reproduse până la obținerea defazajului de 180° a semnalului de dezechilibru față de componenta reactivă (Fig. 2.a).

La etapa a doua de echilibrare se reglează componenta reactivă până la obținerea valorii zero a semnalului de dezechilibru. Aceasta corespunde stării de rezonanță totală a circuitului de măsurare (Fig. 2.b).

4. Simulatorul de impedanță

Cel mai important element al circuitului de măsurare este simulatorul de admitanță (Fig. 3). El prezintă un simulator metrologic de mărimi pasive [3] comandat în tensiune și asigură posibilitatea reproducerii admitanțelor virtuale reprezentate în coordonate Carteziene cu reglare independentă a componentelor activă și reactivă.

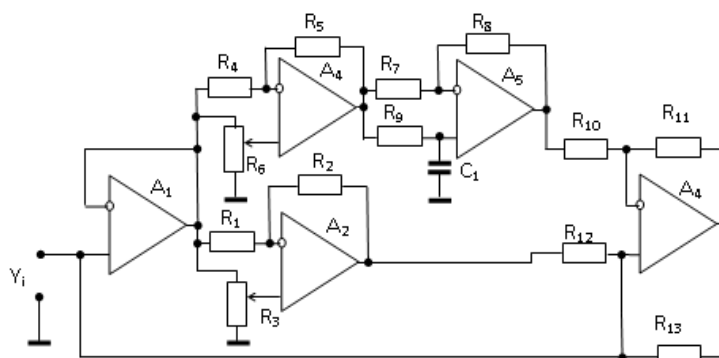


Figura 3. Structura simulatorului de admitanță

Simulatorul este compus din [4]:

- amplificatorul cu impedanță înaltă de intrare A_1 ;
- două amplificatoare operaționale programabile A_2 , A_4 (A_2 - pentru reglarea componentei active, A_4 - pentru reglarea componentei reactive);
- un defazor de 90° A_3 , pentru formarea componentei reactive;
- un convertor tensiune-curent, A_6 , cu intrări diferențiale. Curentul de ieșire se aplică la intrarea circuitului și asigură formarea admitanței reproduse.

Pentru elementele circuitului di Fig 3 admitanța de intrare constituie:

$$Y_i = \frac{I_i}{U_i} = K_{U/I} \cdot K \cdot (K_2 - jM \cdot K_1) = K_{U/I} \cdot K \cdot K_2 - jK_{U/I} \cdot K \cdot M \cdot K_1 = G_i + jB_i \quad (5)$$

După cum rezultă din (5), variația coeficientului de transfer al AO A_2 , K_2 asigură reglarea componentei active a admitanței reproduse, iar variația coeficientului K_1 al AO A_4 - reglarea componentei reactive.

5. Modelarea procesului de măsurare în MULTISIM

Procesul de măsurare cu SIM-U poate fi studiat doar în cadrul unui circuit rezonant paralel alimentat de la o sursă de tensiune. În fig 4 este prezentat un circuit rezonant paralel modelat în programul MULTISIM. Circuitul este alimentat de la un generator de tensiune V_1 . În calitate de impedanță de măsură este utilizat un rezistor $R_2=3 \text{ k}\Omega$ și un condensator $C_1=50 \text{ nF}$, care sunt conectați paralel cu generatorul V_1 și cu SIM-U. În acest caz semnalul de dezechilibru va fi curentul în punctul „1” al circuitului. Întrucât osciloscopul analizează doar tensiunea este necesară transformarea curentului în tensiune. Pentru aceasta, serie cu generatorul V_1 s-a conectat o rezistență mică $R_1=10 \Omega$ de pe care se culege căderea de tensiune cu ajutorul unui amplificator diferențial bazat pe AO U_2 și rezistențele R_7 - R_9 , R_{20} . Astfel semnalul de dezechilibru se obține de la ieșirea amplificatorului diferențial. La osciloscop pe lângă semnalul de dezechilibru se mai conectează și semnalul de la generatorul V_1 . Reglarea componentei active are loc prin modificarea valorii R_5 , iar reglarea componentei reactive are loc prin modificarea valorii R_{12} .

La echilibrare circuitul rezonant simulatorul reproduce o admitanță cu componenta activă și reactivă determinată de relația:

$$Y_i = R^{-1} \left(2 \cdot \frac{100\% - r\%}{100\%} - 1 \right) \quad (2)$$

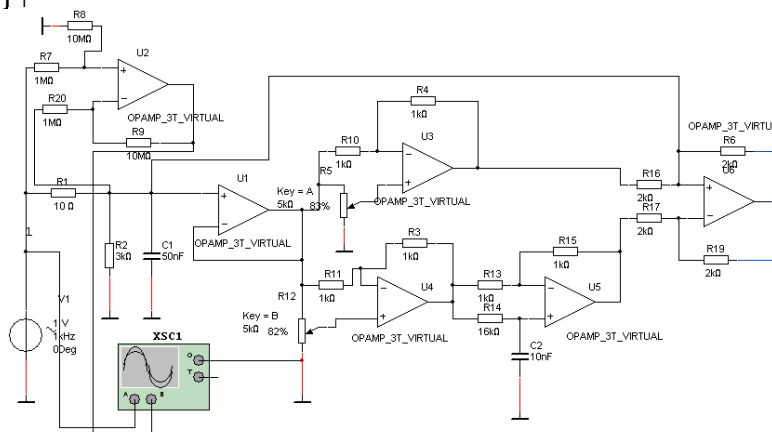


Figura 4. Circuitul de măsurare modelat în MULTISIM

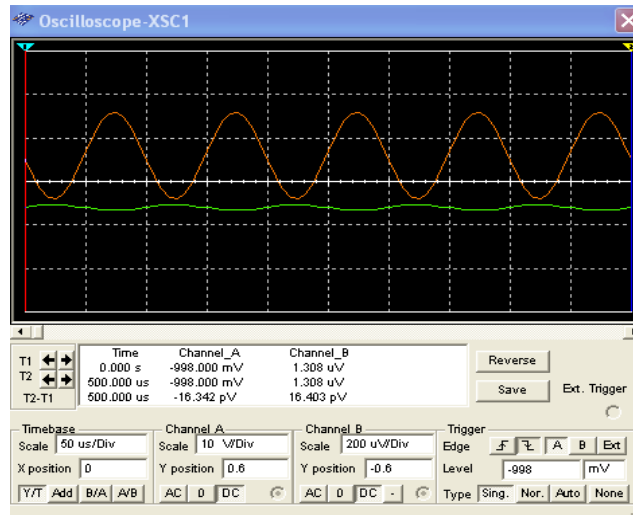


Figura 5. Rezultatele studierii circuitului de măsurare în stare de echilibru afișate pe osciloscop.

Bibliografie

7. V. Nastas, M. Scînteianu. Măsurarea impedanței prin metoda de rezonanță., Meridian ingineresc, nr. 2, 2001, pp. 70-74, Chișinău, ”TEHNICA-INFO”, (2001)
8. V. Nastas, M. Scînteianu, “Impedance measurement by method of simulated resonance” Proceedings of the 8th Int. Conf. OPTIM 2002, vol. 3, pp. 683-688, Brașov, (2002)
9. Nastas V. Metrological simulators of passive electrical values with algorithmical structure. În: *Moldavian journal of the physical sciences. Vol.9, N1, 2010*, pp. 83-102.
10. Brevet MD 3111, autor V. Nastas. Simulator de impedanță. Chishinău, 2006
11. Brevet MD 2463, autor V. Nastas. Dispozitiv pentru măsurarea componentelor admitanței. Chishinău, 2004
12. Brevet MD 490 Y, autor V. Nastas. Metodă de măsurare a componentelor admitanței. Chishinău, 2004