

CIRCUITE CU REZONANȚĂ SIMULATĂ PENTRU MĂSURAREA COMPONENTELOR IMPEDANȚEI

Vitalie NASTAS, Daniela RUSU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: *The writing is dedicated to analysis of a measuring method of the components of impedance by means of the measuring circuits in which is obtained the resonance effect. Through different virtual reproductions and simulations with real and reference sizes we can transform some important disadvantages in advantages like simplifying practical implementation, extension of using domains and increasing of the measurement precision. All these operations can be implemented both for devices with the series simulated resonance and for devices with the parallel simulated resonance, which finally ensure us the precise measurement of the required components of impedance.*

Cuvinte cheie: *impedanță, admitanță, rezonanță simulată, dispozitive, circuite, serie, paralel.*

4. Introducere

Metoda de măsurare a componentelor impedanței prin rezonanță [1] constă în formarea unui circuit rezonant de măsurare din obiectul măsurat și elementul de referință, alimentarea circuitului rezonant cu un semnal de măsurare, controlul mărimii active rezultante obținute în rezultatul interacțiunii semnalului de măsurare cu circuitul rezonant și reglarea impedanței elementului de referință pînă la obținerea rezonanței între componenta reactivă a impedanței necunoscute și componenta reactivă a impedanței de referință. Valoarea componentei reactive a impedanței necunoscute se consideră egală cu valoarea componentei reactive a impedanței de referință, cu semn opus, în momentul de rezonanță a circuitului de măsurare, iar valoarea componentei active poate fi determinată după valoarea semnalului rezidual în circuitul rezonant.

Pentru efectuarea măsurării este necesară obținerea efectului de rezonanță în circuitul de măsurare. După metoda dată aceasta este posibil numai între componentele reactive ale impedanței măsurate și impedanței de referință, de aceea metoda nu permite echilibrarea circuitului de măsurare după componenta activă a impedanței și, prin urmare, măsurarea acesteia cu precizie înaltă. Astfel metoda are dezavantaje :

- precizia mică de măsurare a componentei active a impedanței din cauza măsurării acesteia prin metodă indirectă;
- influența instabilității frecvenței semnalului de măsurare asupra erorii de măsurare cauzată de dependența condiției de echilibru al circuitului de măsurare de frecvență;
- incomoditatea utilizării și precizia mică a impedanțelor de referință pentru componentele reactive ale impedanței măsurate, cauzate de utilizarea magazinelor de capacitate și inductanță în calitate de elemente de referință;
- imposibilitatea măsurării cu precizie înaltă a impedanțelor cu caracter complex din cauza lipsei unui element de referință cu caracter complex, care ar permite obținerea stării de echilibru total;
- incomoditatea dirijării mărimii impedanței de referință în procesul de echilibrare a circuitului de măsurare, ce nu permite automatizarea procesului de măsurare.

Pentru eliminarea unor dezavantaje efectuăm următoarele acțiuni: impedanța de referință o reproducem cu caracter virtual, prin conversia mărimilor reale de referință; prin intermediul reglării acestor mărimi reale de referință se reglează valoarea ei; caracterul componentelor ei se modelează invers caracterului componentelor măsurate, astfel obținem starea de rezonanță; în final, determinăm valorile componentelor măsurate ale impedanței necunoscute din dependența cunoscută a impedanței de referință de marimile reale [2].

Dupa cum rezultă, din efectuarea acțiunilor și calculelor de mai sus, metoda propusă asigură posibilitatea echilibrării circuitului de măsurare după ambele componente ale impedanței măsurate și astfel:

- ✓ mărirea preciziei măsurării componentelor impedanței datorită măsurării acestora prin metoda de nul;

- ✓ lărgirea domeniului de utilizare prin asigurarea posibilității măsurării cu precizie înaltă și a componentei active a impedanței;
- ✓ simplificarea implementării practice prin excluderea necesității utilizării magazinelor de inductanță și capacitate și prin posibilitatea utilizării impedanțelor de referință comandate prin cod digital.

Pot fi modelate circuite pentru măsurarea componentelor impedanței prin rezonanță, atât serie, cât și paralel [3], iar avantajele rămân aceleași.

5. Circuitul cu rezonanță simulată serie pentru măsurarea componentelor admitanței

Schema bloc a dispozitivului cu rezonanță simulată serie (fig.1) conține [4]: **1** - generatorul de semnal, **2** - rezistor suplimentar cu rezistența R , **3** - obiect măsurat, **4** - indicator de nul, **5** - convertor de impedanță conectat în circuitul de măsurare cu polii de ieșire **6** și **7** și comandat de mărimile reglabile de referință

$Z_{r1} \dots Z_{rn}$.

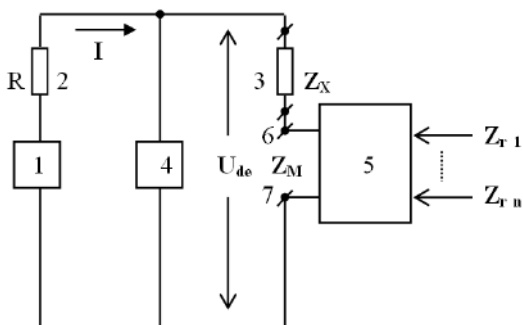


Figura 1 Schema bloc a circuitului cu rezonanță simulată serie

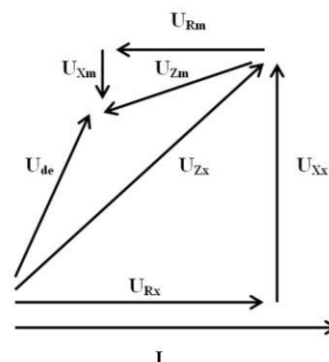


Figura 2 Diagrama vectorială a dispozitivului cu rezonanță simulată serie

Funcționarea dispozitivului este ilustrată în figura 2 și se descrie astfel:

În cazul schemei echivalente serie impedanța măsurată Z_x poate fi exprimată:

$$Z_x = R_x + jX_x \quad (1)$$

unde: R_x - componenta activă a impedanței necunoscute,
 X_x - componenta reactivă a impedanței necunoscute,
 j - unitatea imaginară.

Convertorul de impedanță 5 reproduce la polii săi de ieșire 6 și 7 o impedanță de referință Z_R mărimea căreia depinde de funcția de conversie a convertorului și de mărimile reglabile de referință $Z_{r1} \dots Z_{rn}$. Ea, de asemenea, poate fi exprimată [5]:

$$Z_R = R_R + jX_R = f(Z_{r1}, \dots, Z_{rn}) \quad (2)$$

unde: R_R - componenta activă a impedanței de referință,
 X_R - componenta reactivă a impedanței de referință,
 f - funcția de conversie a convertorului de impedanță,
 $Z_{r1} \dots Z_{rn}$ - impedanțele reglabile de referință.

Impedanța sumară Z_s a porțiunii de circuit formate din obiectul măsurat 3 și polii de ieșire ai convertorului de impedanță 5:

$$Z_s = Z_x + Z_R = R_x + jX_x + R_R + jX_R = (R_x + R_R) + j(X_x + X_R) \quad (3)$$

Generatorul de semnal 1 produce un curent de măsurare I care formează pe impedanța Z_s o cădere de tensiune U_{de} măsurată de indicatorul de nul 4:

$$U_{de} = I \cdot Z_s = U_{Zx} + U_{Zr} = U_{Rx} + U_{Xx} + U_{Rr} + U_{Xr} = I(Z_x + Z_R) = I[(R_x + jX_x) + (R_R + jX_R)] = I[(R_x + R_R) + j(X_x + X_R)] \quad (4)$$

unde: U_{Zx} , U_{Zr} - respectiv, căderile de tensiune pe impedanțele măsurată și de referință,
 U_{Rx} , U_{Xx} , U_{Rr} , U_{Xr} - respectiv, căderile de tensiune pe componentele activă și reactivă ale impedanțelor măsurată și de referință.

În procesul măsurării se reglează mărimile de referință Z_{r1}, \dots, Z_{rn} și, prin intermediul lor, - impedanța de referință Z_R pînă la îndeplinirea condiției de echilibru al circuitului de măsurare:

$$U_{de} = 0 \quad (5)$$

Din (4) și (5) obținem:

$$(R_X + R_R) + j(X_X + X_R) = 0 \quad (6)$$

Soluția ecuației (6) este:

$$R_X = -R_R, \quad X_X = -X_R \quad (7)$$

Din (7) rezultă că pentru satisfacerea condiției de echilibru mărimile de referință R_R și X_R trebuie să aibă caracteristici inverse mărimilor măsurate R_X și X_X .

La finalizarea procesului de măsurare conform relației 7, componentele activă R_X și reactivă X_X ale impedanței măsurate sînt egale, respective, cu componentele activă R_R și reactivă X_R ale impedanței de referință cu semne opuse și pot fi determinate din dependențele cunoscute a acestora de impedanțele reale $Z_{r1} \dots Z_{rn}$:

$$R_X = -R_R = f_1(Z_{r1}, \dots, Z_{rn}) \quad (8)$$

$$X_X = -X_R = f_2(Z_{r1}, \dots, Z_{rn}) \quad (9)$$

unde: f_1 – dependența funcțională a componentei R_R de mărimile Z_{r1}, \dots, Z_{rn} ,

f_2 – dependența funcțională a componentei X_R de mărimile Z_{r1}, \dots, Z_{rn} .

6. Circuitul cu rezonanță simulată paralelă pentru măsurarea componentelor admitanței

Pentru măsurarea componentelor admitanței se utilizează un dispozitiv pentru măsurarea cu precizie înaltă a componentelor impedanței cu circuit echivalent paralel a obiectelor legate electric cu un pol de masă.

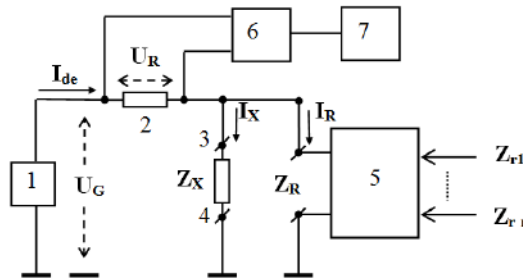


Figura 3 Schema bloc a circuitului cu rezonanță simulată

paralelă

Dispozitivul conține (fig.3) : 1 - generatorul de semnal conectat în serie cu 2 - rezistorul, 3 și 4 – două cleme pentru conectarea obiectului măsurat, 5 - convertorul de impedanță comandat de mărimile reglabile de referință $Z_{r1} \dots Z_{rn}$ și conectat cu o bornă de ieșire împreună cu clema 3 la contactul liber al rezistorului 2, iar cu a doua bornă de ieșire împreună cu clema 4 și cu cealaltă bornă a generatorului 1 la masă, precum și amplificatorul diferențial 6 conectat cu intrările paralele rezistorului 2 și cu ieșirea la intrarea indicatorului de măsură 7.

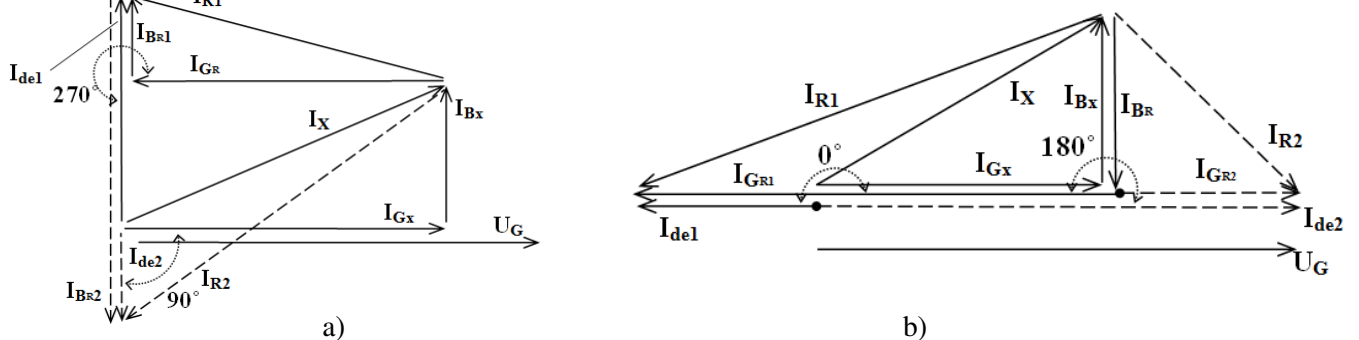


Figura 4 Diagramele vectoriale a dispozitivului rezonanță simulată paralelă

Funcționarea dispozitivului este ilustrată în figura 4 și se descrie astfel:

Impedanța măsurată Z_x poate fi reprezentată conform schemei echivalente paralele (fig.3). Pentru simplificarea analizei vom considera în locul impedanțelor, mărimile lor inverse – admitanțele.

$$Y_X = (Z_X)^{-1} = (R_X)^{-1} + j(X_X)^{-1} \quad (1)$$

unde: R_X - componenta activă a impedanței necunoscute,

X_X - componenta reactivă a impedanței necunoscute,

j - unitatea imaginară.

Convertorul de impedanță 5 reproduce la polii săi de ieșire, o impedanță de referință Z_R mărimea căreia depinde de funcția de conversie a convertorului și de mărimile reglabile de referință $Z_{r1} \dots Z_{rn}$. Admitanța Y_R , care corespunde acestei impedanțe, poate fi exprimată:

$$Y_R = (Z_R)^{-1} = (R_R)^{-1} + j(X_R)^{-1} = f(Z_{r1}, \dots, Z_{rn}) \quad (2)$$

unde: R_R - componenta activă a impedanței de referință,

X_R - componenta reactivă a impedanței de referință,

f - funcția de conversie a convertorului de impedanță,

$Z_{r1} \dots Z_{rn}$ - impedanțele reglabile de referință.

Echilibrarea circuitului de măsurare se efectuează în două operații concomitente de reglare. În prima operație (fig. 4a) se reglează componenta activă G_R a admitanței de referință reprodusă de convertor până la valoarea G_{R0} , curentul prin care obține valoarea I_{RR} . Acest moment se determină după egalitatea cu 270° (curentul I_{de1}) sau 90° (curentul I_{de2}) a defazajului între semnalul de dezechilibru I_{de} și semnalul de referință I_{RR} . În operația a doua, executată concomitent cu prima (fig. 4b), se reglează componenta reactivă B_R a admitanței de referință până la valoarea B_{R0} , curentul prin care obține valoarea I_{BR} . Acest moment se determină după egalitatea cu 180° (curentul I_{de1}) sau 0° (curentul I_{de2}) a defazajului între semnalul de dezechilibru I_{de} și semnalul de referință I_{RR} .

Efectuînd aceleași proceduri, ca în cazul circuitului cu rezonanță simulată serie, obținem [6]:

$$I_{de} = 0 \quad (3)$$

$$[(R_X)^{-1} + (R_R)^{-1}] + j[(X_X)^{-1} + (X_R)^{-1}] = 0 \quad (4)$$

$$R_X = -R_R \quad , \quad X_X = -X_R \quad (5)$$

$$R_X = -R_R = f_1(Z_{r1}, \dots, Z_{rn}) \quad (6)$$

$$X_X = -X_R = f_2(Z_{r1}, \dots, Z_{rn}) \quad (7)$$

unde : f_1 – dependența funcțională a componentei R_R de mărimile Z_{r1}, \dots, Z_{rn} ,

f_2 – dependența funcțională a componentei X_R de mărimile Z_{r1}, \dots, Z_{rn} .

Bibliografie

1. V. Nastas, M. Scînteianu. *Măsurarea impedanței prin metoda de rezonanță.*, Meridian ingineresc, nr. 2, 2001, pp. 70-74, Chișinău, ”TEHNICA-INFO”, 2001.
2. 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.