

Invenția se referă la domeniul măsurărilor electrice și electronice și poate fi utilizată pentru măsurarea cu precizie înaltă a componentelor impedanței.

Cea mai apropiată după esența de metoda propusă este metoda de măsurare a componentelor impedanței prin rezonanță [1]. Metoda 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 ca rezultat al interacțiunii semnalului de măsurare cu circuitul rezonant și reglarea impedanței elementului de referință până la obținerea rezonanței între componentele măsurate ale impedanței necunoscute și componentele respective ale impedanței de referință, iar impedanța de referință se reproduce virtual prin conversia mărimilor reale de referință, valoarea ei se reglează prin intermediul reglării acestor mărimi reale de referință, caracterul componentelor ei ce asigură obținerea stării de rezonanță se modelează invers caracterului componentelor respective măsurate ale impedanței necunoscute, iar valorile componentelor măsurate ale impedanței necunoscute se determină din dependența cunoscută a impedanței de mărimile reale de referință.

Principalele neajunsuri ale acestei metode sunt:

- algoritmul complicat de echilibrare a circuitului de măsurare, în cazul măsurării impedanței obiectelor cu caracter complex sau necunoscut al impedanței;
- dependența algoritmului de echilibrare de caracterul impedanței măsurate;
- necesitatea schimbării caracterului componentelor impedanței de referință la schimbarea caracterului impedanței măsurate, ceea ce necesită efectuarea comutărilor în circuitul de măsurare.

Neajunsurile remarcate complică implementarea practică a metodei și îngustează domeniul ei de utilizare.

Problema soluționată de invenție constă în lărgirea domeniului de utilizare și simplificarea implementării practice.

Problema se soluționează prin faptul că în metoda de măsurare a componentelor impedanței ce include formarea unui circuit de rezonanță de măsurare din obiectul măsurat și bornele de ieșire ale unui convertor de impedanță, alimentarea circuitului de măsurare cu semnal, controlul semnalului de dezechilibru obținut în urma interacțiunii circuitului de rezonanță cu semnalul, echilibrarea circuitului de măsurare prin reglarea impedanței reproduse de convertor și determinarea componentelor măsurate ale impedanței necunoscute în dependență de valorile de intrare ale convertorului, totodată, reglarea modulului și fazei impedanței reproduse de convertor se efectuează independent, iar echilibrarea circuitului de măsurare se efectuează în trei etape: la prima etapă, se reproduce o impedanță de probă de mărime arbitrară; la etapa a doua, se reglează faza impedanței reproduse până la obținerea valorii minime a semnalului de dezechilibru; la etapa a treia, se reglează modulul impedanței reproduse până la obținerea stării de echilibru a circuitului de măsurare.

Conform metodei produse, obiectul măsurat împreună cu bornele de ieșire ale convertorului de impedanță, se conectează la circuitul de măsurare. Impedanța ZX poate fi reprezentată în coordonate polare:

$$ZX = RX + jXX = ZX \exp(j\varphi_x), \quad (1)$$

unde

RX, XX – respectiv, componentul activ și reactiv ale impedanței ZX;

ZX,  $\varphi_x$  – respectiv, modulul și faza impedanței măsurate;

j – unitatea imaginară.

Impedanța de referință Zr, reprodusă de convertor la bornele de ieșire poate fi exprimată de asemenea în coordonate polare:

$$Z = R_r + jX_r = Z_r \exp(j\varphi_r), \quad (2)$$

unde

Zr,  $\varphi_r$  – respectiv, modulul și faza impedanței de referință.

Obiectul măsurat cu impedanța (2) și convertorul de impedanță cu impedanța de ieșire (2) formează un circuit rezonant, de exemplu – serie, alimentat cu un semnal de măsurare cu valoarea curentului I. Diagramele vectoriale care ilustrează procesul de măsurare sînt reprezentate în figurile 1, 2, 3.

Curentul I (Fig. 1) formează căderea de tensiune Ux pe impedanța măsurată și căderea de tensiune Ur pe impedanța de referință. În procesul măsurării se verifică tensiunea Ude, obținută ca rezultat al interacțiunii curentului I cu circuitul rezonant. După cum rezultă din fig. 1, această tensiune este egală cu suma căderilor de tensiune de pe componentele impedanțelor măsurată și de pe referință, ea poate fi reprezentată:

$$U_{de} = U_x + U_r = I(Z_x + Z_r) = I[Z_x \exp(j\varphi_x) + Z_r \exp(j\varphi_r)] \quad (3)$$

Impedanța de referință Zr se reproduce de convertorul de impedanță cu posibilitatea reglării independente a modulului Zr și a fazei  $\varphi_r$ .

Echilibrarea circuitului de măsurare se efectuează în trei etape.

La prima etapă (fig. 1), la bornele de ieșire ale convertorului se reproduce o impedanță de referință arbitrară Zr1 căderea de tensiune de pe care are valoarea Ur1.

La etapa a doua (Fig. 2), prin intermediul reglării fazei  $\varphi_r$  vectorul impedanței de referință  $Z_{r1}$  se rotește până la satisfacerea condiției:

$$U_{de} = \min. \quad (4)$$

Căderea de tensiune pe impedanța de referință obține valoarea  $U_{r2}$ .

La etapa a treia (Fig. 3), prin intermediul reglării modulului  $Z_r$  se variază lungimea vectorului impedanței de referință  $Z_{r2}$ , până la satisfacerea condiției:

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

Căderea de tensiune pe impedanța de referință obține valoarea  $U_{r3}$ .

Satisfacerii condiției (5) îi corespunde starea de terminare a procesului de măsurare.

Considerând în (3), condiția (5) ia forma:

$$I[Z_x \exp(j\varphi_x) + Z_r \exp(j\varphi_r)] = 0 \quad (6)$$

Soluția ecuației (6) este:

$$Z_x = Z_r, \varphi_x = -\varphi_r \quad (7)$$

După cum rezultă din (7), finalizarea procesului măsurării modulului și fazei impedanței necunoscute se exprimă respectiv prin modulul și faza impedanței de referință.

Din expresiile (7) pot fi determinate componentele impedanței necunoscute, reprezentată prin circuit echivalent în serie sau paralel. De exemplu, pentru circuitul echivalent serie:

$$R_x = -R_r = -Z_r \cos \varphi_r, X_x = -X_r = -Z_r \sin \varphi_r \quad (8)$$

De exemplu, măsurarea componentelor unei inductanțe care conține componenta reactivă  $X_x = 10 \text{ K}\Omega$ , iar componenta activă  $R_x = 1 \text{ K}\Omega$  se efectuează în modul următor: valoarea modulului  $Z_x = 10,05 \text{ K}\Omega$ ,  $\varphi_x = \arcsin 0,995 \approx 84^\circ$ . Din inductanța măsurată și polii de ieșire ai convertorului de impedanță se formează un circuit rezonant de măsurare în serie, alimentat de un curent  $I = 1 \text{ mA}$ . La prima etapă a echilibrării circuitului de măsurare, la polii de ieșire ai convertorului de impedanță, se reproduce o impedanță de referință de probă de o mărime arbitrară, de exemplu,  $Z_r = 5 \exp(j0^\circ) \text{ K}\Omega$ . La etapa a doua se efectuează reglarea fazei impedanței de referință până la valoarea  $\varphi_r = 84^\circ + 180^\circ = 264^\circ$ . La etapa a treia se reglează modulul impedanței de referință până la satisfacerea condiției (5). Conform fig. 3, în acest caz,  $Z_r = Z_x = 10,05 \text{ K}\Omega$ . Valorile componentelor impedanței necunoscute, conform (8):  $R_x = 10,05 \cos 264^\circ = 10,05 \cdot 0,1 \approx 1 \text{ K}\Omega$ ,  $X_x = 10,05 \sin 264^\circ = 10,05 \cdot 0,995 \approx 10 \text{ K}\Omega$ , care reprezintă rezultatul măsurării.

După cum rezultă din cele expuse, ca urmare a utilizării unui convertor de impedanță cu reglare independentă a modulului și a fazei impedanței reproduse, independent de caracterul impedanței necunoscute este posibilă echilibrarea circuitului de măsurare prin trei reglări, ceea ce semnifică algoritmul de măsurare și lărgiște domeniul de utilizare.

Rezultatul invenției constă în implementarea unei metode de măsurare a componentelor impedanței care permite echilibrarea circuitului de măsurare în trei etape, ceea ce conduce simplificarea algoritmului măsurării și lărgirea domeniului de utilizare.