

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

E cunoscută metoda de măsurare a componentelor impedanței ce constă în conectarea obiectului măsurat într-un circuit de punte, alimentarea circuitului de punte cu semnal de măsurare, controlul semnalului de dezechilibru al punții cu un organ de nul, reglarea impedanțelor de referință până la obținerea condiției de echilibru al punții și determinarea impedanței necunoscute din dependența cunoscută a acesteia de impedanțele de referință [1].

Această metodă are următoarele neajunsuri importante:

- eroarea periodică cauzată de imposibilitatea conectării la masă în același timp a sursei de semnal și a indicatorului de nul;

- algoritmul complicat de echilibrare a punții în cazul măsurării impedanțelor cu caracter complex.

De asemenea e cunoscută metoda de măsurare a impedanțelor conform căreia obiectul măsurat se conectează într-un circuit de măsurare cu compensare, se formează un semnal de compensare a căderii de tensiune pe impedanța măsurată sau a curentului care trece prin ea, se reglează mărimea semnalului de compensare până la atingerea egalității acestui semnal cu semnalul respectiv dependent de impedanța măsurată și se determină impedanța necunoscută din relația cunoscută dintre aceasta și tensiunea sau curentul de compensare [2].

Această metodă are următoarele neajunsuri importante:

- erorile de măsurare cauzate de erorile specifice de formare a semnalului de compensare și de influența organului de nul asupra condiției de echilibru al circuitului de măsurare;

- algoritmul complicat de echilibrare a circuitului de măsurare în cazul măsurării impedanțelor cu caracter complex ce complică procesul de măsurare.

Cea mai apropiată după esență este metoda de măsurare a componentelor impedanței prin rezonanță [3]. 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 obținute ca rezultat al interacțiunii semnalului de măsurare cu circuitul rezonant și reglarea impedanței elementului de referință până 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.

Din cele expuse rezultă că condiția necesară pentru efectuarea măsurării este obținerea efectului de rezonanță în circuitul de măsurare. Deoarece conform metodei descrise aceasta este posibil numai între componentele reactive ale impedanței măsurate și impedanței de referință, metoda nu permite echilibrarea circuitului de măsurare după componenta activă a impedanței și, prin urmare, măsurarea acesteia cu precizie înaltă. În calitate de element de referință se utilizează cutii de inductanțe și de capacități.

Această metodă are următoarele neajunsuri:

- precizia mică de măsurare a componentei active a impedanței din cauza măsurării acesteia prin metodă indirectă;

- incomoditatea utilizării și precizia mică a impedanțelor de referință pentru componentele reactive ale impedanței măsurate, cauzate de utilizarea cutiilor de capacități și inductanțe în calitate de elemente de referință;

- influența instabilității frecvenței semnalului de măsurare asupra erorii de măsurare cauzată de dependența dintre condiția de echilibru al circuitului de măsurare și frecvență;

- imposibilitatea măsurării cu precizie înaltă a impedanțelor cu caracter complex cauzată de lipsa unui element de referință cu caracter complex care ar permite obținerea stării de echilibru total (după ambele componente ale impedanței) în circuitul de măsurare;

- incomoditatea dirijării mărimii impedanței de referință în procesul de echilibrare a circuitului de măsurare ce nu permite automatizarea procesului de măsurare.

Neajunsurile remarcate nu permit de a utiliza această metodă pentru măsurarea cu precizie înaltă a impedanțelor de orice caracter și complică implementarea ei.

Problema pe care o rezolvă invenția este mărirea preciziei măsurării componentelor impedanței, lărgirea domeniului de utilizare și simplificarea implementării ei.

Problema propusă se soluționează prin faptul că impedanța elementului de referință se reproduce cu caracter virtual prin conversiunea mărimilor reale de referință, valoarea ei se reglează prin intermediul reglării acestor mărimi reale de referință, caracterul componentelor ei, care asigură obținerea stării de rezonanță se modelează invers caracterului componentelor măsurate respective ale impedanței necunoscute, iar valorile componentelor măsurate ale impedanței necunoscute se determină din dependența impedanței de referință de mărimile reale de referință.

Conform metodei propuse obiectul măsurat se conectează în circuitul de măsurare. Impedanța măsurată ZX poate fi reprezentată prin expresia următoare:

$$ZX = RX + jXX \quad (1)$$

unde: RX , XX – respectiv, componentele activă și reactivă ale impedanței ZX ,
 j – unitatea imaginară.

Valoarea impedanței de referință ZR de asemenea poate fi exprimată în modul următor:

$$ZR = RR + jXR \quad (2)$$

unde: RR , XR – respectiv, părțile reală și imaginară ale impedanței de referință ZR .

Obiectul măsurat cu impedanța (1) și elementul de referință cu impedanța (2) formează un circuit rezonant, de exemplu în serie, alimentat cu un semnal de măsurare cu valoarea curentului I . Diagrama vectorială care ilustrează procesul de măsurare e reprezentată în fig. 1

Curentul I formează căderi de tensiune pe componentele impedanței măsurate și impedanței de referință. În procesul măsurării se controlează tensiunea U_{de} 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 pe componentele impedanțelor măsurată și de referință și poate fi reprezentată în modul următor:

$$U_{de} = U_{Zx} + U_{Zr} = U_{Rx} + U_{Xx} + U_{Rr} + U_{Xr} = I[(RX + jXX) + (RR + jXR)] = I[(RX + RR) + j(XX + XR)] \quad (3)$$

unde: U_{Zx} , U_{Zr} – respectiv, căderile de tensiune pe impedanțele măsurată și de referință,

U_{Rx} , U_{Xx} – respectiv, căderile de tensiune pe componentele activă și reactivă ale impedanței măsurate,

U_{Rr} , U_{Xr} – respectiv, căderile de tensiune pe componentele activă și reactivă ale impedanței de referință.

Impedanța de referință ZR se reproduce cu caracter virtual și este dependentă de mărimile reale de referință, de exemplu de impedanțele reale $Zr1 \dots Zrn$.

$$ZR = f(Zr1 \dots Zrn) \quad (4)$$

unde: f – legea dependenței funcționale a impedanței ZR de impedanțele $Zr1 \dots Zrn$.

Pentru aceasta se utilizează un convertor de impedanță [Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах, Ленинград, 1980, стр. 147], care permite de a-i asigura impedanței ZR orice caracter necesar conform expresiei (2). În procesul măsurării se reglează valorile componentelor RR și XR ale impedanței ZR prin intermediul reglării impedanțelor $Zr1 \dots Zrn$ de care ea depinde până la echilibrarea circuitului de măsurare după componentele măsurate ale impedanței necunoscute. În cazul măsurării ambelor componente RX și XX condiția de echilibru al circuitului de măsurare este obținerea stării de rezonanță după ambele componente, activă și reactivă, ale impedanței măsurate. Acestei stări îi corespunde:

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

de unde, luând în considerație expresia (3), rezultă:

$$I[(RX + RR) + j(XX + XR)] = 0 \quad (6)$$

Soluția ecuației (6) este:

$$RX + RR = 0, \quad \Rightarrow \quad RX = -RR \quad (7)$$

$$XX + XR = 0, \quad \Rightarrow \quad XX = -XR \quad (8)$$

Din ecuațiile (7) și (8) rezultă că pentru satisfacerea condiției de echilibru (3) e necesar ca caracterul componentelor RR și XR ale impedanței ZR să fie invers caracterului componentelor respective RX și XX ale impedanței ZX . La terminarea procesului de măsurare conform expresiilor (7) și (8) componentele activă RX și reactivă XX ale impedanței măsurate sunt egale respectiv cu componentele activă RR și reactivă XR ale impedanței de referință cu semne opuse și pot fi determinate din dependența cunoscută (4) a impedanței ZR de impedanțele reale $Zr1 \dots Zr2 \dots Zrn$.

De exemplu, măsurarea impedanței cu caracter de rezistență activă, care nu e posibilă prin metoda de rezonanță clasică, se efectuează în modul următor. Impedanța măsurată $ZX = RX$ formează un circuit rezonant în serie împreună cu elementul de referință, drept care este utilizat un convertor de impedanță [Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах, Ленинград, 1980, стр. 147]. Convertorul reproduce impedanța virtuală de referință $ZR = RR$ dependentă de valorile rezistenței rezistoarelor $R1$, $R2$, $R3$ după legea $RR = -R1 R3 / R2$ și asigură obținerea caracterului invers al impedanței de referință față de impedanța măsurată RX . Pentru valorile $R2 = R3 = 1 \text{ K}\Omega$, $RR = -R1$. Circuitul rezonant se alimentează cu curentul $I_0 = 1 \text{ mA}$, care interacționează cu acesta și formează căderea de tensiune $U_{de} = I_0 \cdot 3(RX + RR) = I_0 \cdot 3(RX - R1)$. Prin intermediul reglării rezistenței $R1$ se obține starea de rezonanță, pentru care $U_{de} = 0$. Presupunem că aceasta are loc când $R1 = 10 \text{ K}\Omega$. Atunci $RX - R1 = 0$, unde $RX = R1 = 10 \text{ K}\Omega$, care prezintă rezultatul măsurării.

După cum rezultă din cele expuse metoda propusă asigură posibilitatea echilibrării circuitului de măsurare după ambele componente ale impedanței măsurate și prin urmare:

- 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 ei prin excluderea necesității utilizării magazinelor de inductanță și capacitate și prin posibilitatea utilizării impedanțelor de referință comandate prin cod digital.

Rezultatul invenției prezintă o metodă de măsurare a componentelor impedanței care permite echilibrarea circuitului de măsurare după toate componentele impedanței și, astfel mărirea preciziei măsurării, lărgirea domeniului de utilizare și simplificarea aplicării practice.