

IMPEDANȚMETRU ÎN COORDONATE CARTEZIENE

Pavel NICOLAEV

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În prezenta lucrare este descrisă structura impedanțmetrului în coordonate Carteziene care are la bază metoda rezonanței simulate. Impedanțmetru are în structura sa 3 module: Sursa de semnal, Modulul de măsurare și Modulul de comandă. Sursa de semnal asigură alimentarea circuitului de măsurare, modulul de măsurare permite compararea mărimii necunoscute cu mărimea etalon, iar modulul de comandă asigură automatizarea procesului de măsurare, interfața dispozitivului și prelucrarea datelor măsurării. Impedanțmetru propus se caracterizează prin precizie înaltă, algoritm simplu de măsurare și cost redus.

Cuvinte cheie: Impedanțmetru în coordonate Carteziene, simulator metrologic de impedanță, circuit metrologic rezonant .

1. Introducere

Reieșind din cerințele actuale ale pieței, un dispozitiv de măsurare ar trebui să dispună de următoarele caracteristici tehnice: precizie înaltă de măsurare, banda largă de valori pentru mărimile măsurate, proces de măsurare automatizat, posibilitatea de conectare la PC, masă și dimensiuni reduse, preț de cost redus, etc. De aceste cerințe s-a ținut cont la elaborarea impedanțmetrului în coordonate Carteziene care are la bază metoda rezonanței simulate de măsurare a mărimilor electrice pasive (MEP) [1,2].

2. Structura impedanțmetrului

Structural acesta este compus din trei module: sursa de semnal (SS), modulul de măsurare (MM) și modulul de comandă (MC) (figura 1).

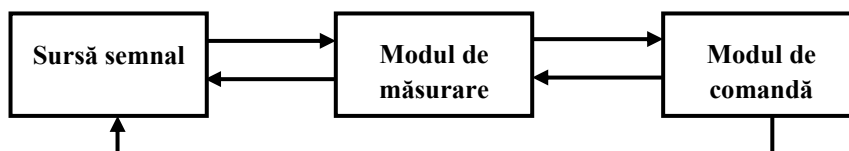


Fig. 1. Schema bloc a impedanțmetrului

SS asigură alimentarea modulului de măsurare în scopul conversiei mărimii electrice pasive măsurată în mărime electrică activă. În calitate de SS se utilizează o sursă stabilă de curent cu rezistența internă și caracter pur activ. Acest lucru se realizează prin utilizarea unei surse stabile de tensiune la ieșirea căreia se conectează o rezistență de valoare înaltă.

SS trebuie să respecte 2 condiții: de frecvență și de amplitudine. Conform primei condiții, SS trebuie să genereze un curent alternativ cu frecvență stabilă și valoare cunoscută a acesteia. A doua condiție constă în menținerea nivelului semnalului generat astfel încât să se asigure buna funcționare a tuturor blocurilor MM indiferent de valoarea impedanței măsurate. Aceste două condiții pot fi ușor îndeplinite în cazul utilizării în calitate de SS a unui generator digital cu reglarea automată a amplitudinii. Schema bloc a unei astfel de SS este reprezentată în figura 2.

Microcontrolerul asigură formarea unui semnal cu modulație a impulsurilor în durată (MID) conform legii semnalului sinusoidal. Stabilitatea înaltă a frecvenței semnalului MID este datorată utilizării elementului de cuarț. Prin intermediul magistralei „Fixare frecvență” se fixează un coeficient de multiplicare corespunzător a frecvenței de tact ceea ce duce la schimbarea frecvența semnalului MID și prin urmare se fixează una din frecvențele semnalului de măsurare: 100 Hz, 1kHz, 10kHz și 100kHz. Filtrelor trece-jos FTJ1÷FTJ4 sunt acordate la una din frecvențele și permit formarea semnalului sinusoidal din semnalul MID. Pentru asigurarea unui nivel corespunzător a semnalului de măsurare SS dispune de un bloc de reglare automată a amplitudinii RAA care în funcție de nivelul semnalului de la modulul MM reglează cu coeficientul de transfer a amplificatorului programabil AP.

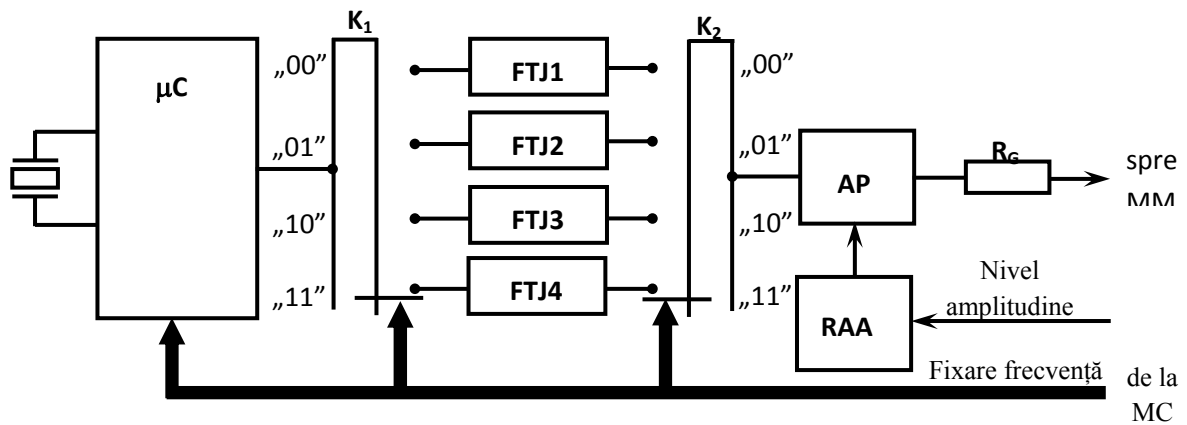


Fig. 2. Schema bloc a sursei de semnal

MM prezintă blocul ce mai important al impedanțmetrului, iar de parametri acestuia depind caracteristicile metrologice și de exploatarea ale întregului dispozitiv. Datorită metodei rezonanței simulate de măsurarea a impedanței este posibilă elaborarea unui modul de măsurare cu caracteristici metrologice mai înalte comparativ cu alte dispozitive. Schema bloc a acestui modul este reprezentată în figura 3.

Modulul de măsurare este bazat pe un circuit metrologic rezonant (CMR) de tip serie cu un simulator metrologic de impedanță (SMI) în componența sa [3]. SMI asigură reproducerea MEP etalon cu valoare și caracter reglabil. Structura SMI este descrisă în [4] și toate componentele sunt implementate pe baza AO.

Formarea componentei reactive din cea activă în cadrul SMI se realizează cu ajutorul blocului de defazoare de 90° . Acest bloc constă din 4 defazoare fiecare din ele fiind bazat pe un amplificator operațional și asigură un defazaj de 90° la frecvența corespunzătoare.

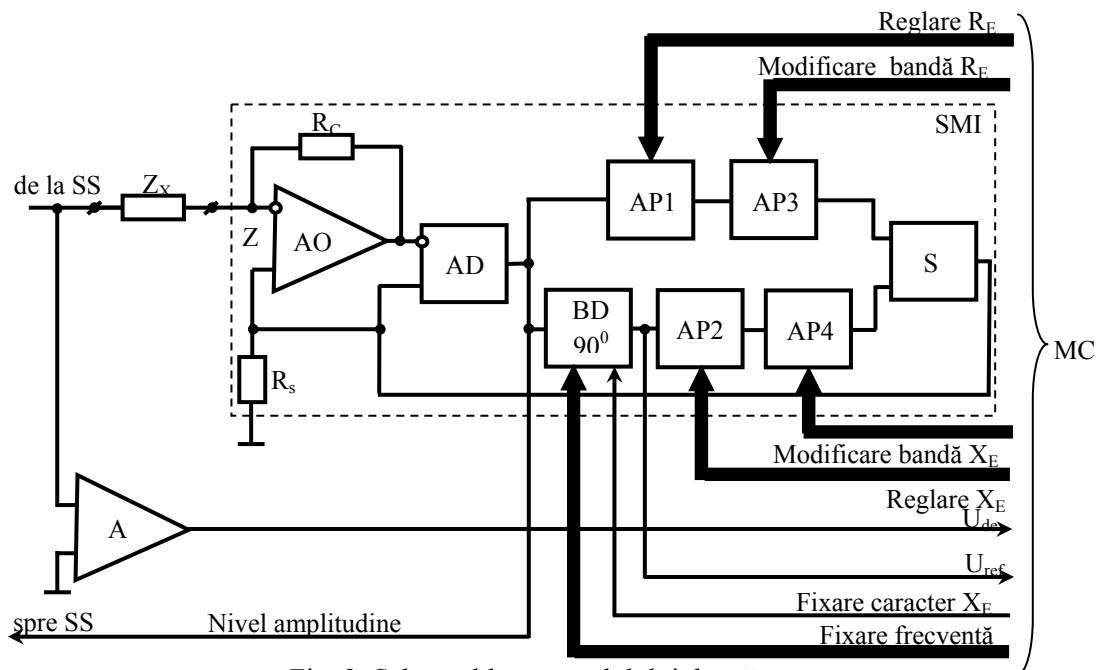


Fig. 3. Schema bloc a modulului de măsurare

Realizarea practică a AP1 și AP2 cu comandă digitală ar fi posibilă cu ajutorul AO cu utilizarea unor potențiometre digitale sau cu ajutorul unor convertoare digitalo-analogice (CDA). În primul caz ar fi nevoie de potențiometre digitale cu cod de reglare cât mai mare care în prezent au costul destul de ridicat. Mult mai eficientă este utilizarea în calitate de amplificator programabil a CDA. În acest caz semnalul de intrare a amplificatorului se va aplica la intrarea semnalului de referință a CDA, iar semnalul de ieșire se va citi de la ieșirea analogică a acestuia. Codul de reglarea a coeficientului de amplificare va constitui codul de intrarea a CDA și lungimea lui este determinat de tipul convertorului selectat. La selectarea unui CDA în calitate de amplificator programabil pentru impedanțmetru se vor lua în considerație următoarele cerințe: banda de

valori pentru tensiunea de referință, posibilitatea asigurării unui coeficient de amplificare în banda de valori $-1 \div 0$, lungimea codului de comandă, compatibilitatea cu nivelul logicii TTL, viteza de lucru și prețul de cost redus. La analiza mai multor tipuri de CDA conform cerințelor indicate mai sus a fost selectat convertorul produs de Analog Devices de tipul AD7541A. Microcircuitul AD7541A este destinat conversie codului binar de 12 biți de la intrările digitale în curent la ieșirile analogice, valoarea căruia este proporțională valorii codului și a tensiunii de referință. Conform descrierii tehnice a microcircuitului AD7541A [5], în regim limită de funcționare tensiunea de referință poate varia în banda $-25 \div +25$ V, ceea ce depășește diapazonul de valori a tensiunii de la intrarea AP.

Reglarea valorii și caracterului impedanței reproduse de SMI în interiorul benzii de valori, se efectuează de către MC prin intermediul magistralelor „Reglare R_E ” și „Reglare X_E ”, iar pentru modificarea benzii – prin intermediul magistralelor „Modificare bandă R_E ” și „Modificare bandă X_E ”.

Pentru realizarea procesului de echilibrare a circuitului de măsurare, se urmărește evoluția defazajului dintre semnalul de dezechilibru U_{de} și semnalul de referință U_{ref} . Semnalul de referință este format de SMI și reprezintă tensiunea de la ieșirea blocului de defazoare de 90° . Semnalul de dezechilibru se citește de la intrare MM, iar pentru a asigura o sensibilitate sporită la citirea acestuia acest semnal se amplifică cu ajutorul unui amplificator cu limitare A

Pentru asigurarea automatizării procesului de măsurare în componența impedanțmetrului se utilizează MC. Schema bloc a MC este prezentată în figura 4. Elementul de bază a MC, care reprezintă și „creierul” impedanțmetrului, este blocul de comandă (BC) realizat pe baza de microcontroler. MC mai conține 2 comparatoare (C_1 și C_2) pentru conversia semnalelor sinusoidale în serii de impulsuri dreptunghiulare, un bistabil de tip D dinamic (BDD) care formează semnalul de comandă a procesului de echilibrare (CE), precum și un microcontroler USB (μC USB) ce asigură interfața dintre BC și PC.

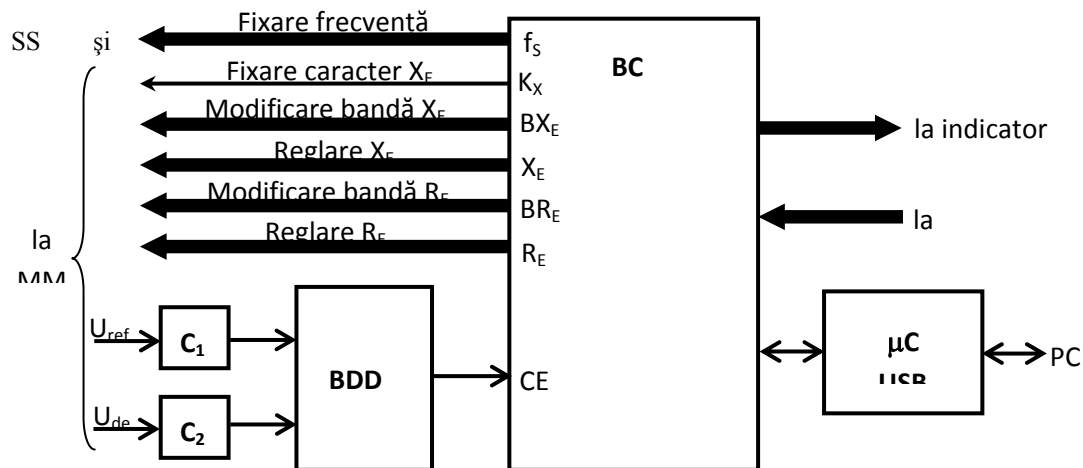


Fig. 4. Schema bloc a modului de comandă

Pentru echilibrarea CMR de tip serie se urmărește evoluția defazajului dintre semnalul de dezechilibru și semnalul de referință. În structura impedanțmetrului această funcție este realizată de BDD. Conform [6] momentul de echilibrare a CMR coincide cu apariția unui defazaj de 0° sau 180° între semnalul de referință U_{ref} și semnalul de dezechilibru U_{de} . În momentul apariției acestor valori a defazajului, BDD își schimbă starea ceea ce permite utilizarea semnalului de la ieșirea acestuia în calitate de semnal de comandă a procesului de echilibrare.

MC asigură dirijarea întregului proces de măsurare prin intermediul BC. Acest bloc asigură formarea semnalelor de comandă și prelucrarea automată a datelor. Odată cu conectarea alimentării, BC determină tipul interfeței cu operatorul. Inițial se verifică conexiunea la PC prin intermediul portului USB. Dacă impedanțmetru nu este conectat la PC, BC activează porturile la care sunt conectate indicatorul și tastatura. După fixarea interfeței cu utilizatorul, BC așteaptă introducerea valorii frecvenței semnalului. Această valoare a frecvenței se codifică și se transmite blocurile corespunzătoare din SS și MM. Impedanțmetru dispune posibilitatea de fixare a 4 valori a frecvenței semnalului de măsurare: 100 Hz, 1kHz, 10kHz și 100kHz. În funcție de valoare fixată de operator BC va transmite prin magistrala „Fixarea frecvenței” de 2

biți codul digital f_s . Totodată această valoare a frecvenței este memorizează și apoi utilizată de BC la prelucrarea rezultatelor.

După fixarea valorii frecvenței semnalului de măsurare, BC începe procesul de echilibrare a CMR. Conform [7] procesul de echilibrare se efectuează în 2 etape: echilibrarea după componenta activă și echilibrarea după componenta reactivă. Întrucât aceste 2 etape sunt independente una de alta și ele pot fi realizate ca două procese separate.

Pentru asigurarea procesului de echilibrare după componenta active, BC prin intermediul magistralelor „Reglare R_E ” și „Modificare bandă R_E ” va dirija cu valoarea componentei active a impedanței reproduse până la schimbarea valorii semnalului CE. Inițial, BC fixează valoarea minimă pentru codurile R_E și BR_E . După care citește valoare semnalului CE și o memorizează. Mai departe incrementează valoarea codului R_E , citește din nou valoarea semnalului CE și o compară cu valoarea memorizată a acestuia. Dacă valoare CE s-a modificat, atunci s-a asigurat echilibrarea circuitului și valorile respective a codurilor R_E și BR_E determină valoare componentei active a impedanței etalon. Dacă valoare semnalului CE nu s-a modificat, BC incrementează valoarea codului R_E până se asigură această modificare. Dacă valoarea codului R_E a atins valoarea maximă și nu s-a asigurat echilibrarea, atunci se trece la o bandă de valori mai mare și se repetă procesul. Pentru trecerea la o bandă de valori mai mare, BC asigură incrementarea codului BR_E . Dacă se epuizează toate benzile de valori și nu se asigură echilibrarea circuitului, atunci BC va afișa pe interfața impedanțmetrului „Valoare depășită a componentei active”.

După asigurarea procesului de echilibrare după componenta activă sau după afișarea pe interfață a mesajului „Valoare depășită a componentei active”, BC inițiază procesul de echilibrare după componentei reactive. Pentru aceasta BC dirijează valoarea componentei reactive a impedanței etalon prin intermediul magistralelor „Reglare X_E ”, „Modificare bandă X_E ” și „Fixare caracter X_E ”. Spre deosebire de procesul de echilibrarea după componentei active, pentru componenta reactivă e necesară și fixarea caracterului reactanței etalon. Acest lucru este asigurat de BC prin intermediul semnalului C_X transmis prin magistrala „Fixare caracter X_E ”. Inițial se verifică echilibrarea după componenta reactivă, fixându-se caracterul inductiv al reactanței etalon ($K_X=0$). În acest caz procesul de echilibrare este identic ca în cazul componentei active cu deosebirea că se incrementează valorile codurilor X_E și BX_E . Dacă nu s-a asigurat echilibrarea după componenta reactivă, BC fixează caracter capacitiv ($K_X=1$) și repetă procedura ca în cazul caracterului inductiv. Dacă nu are loc echilibrarea CMR nici după fixarea caracterului capacitiv a componentei reactive a impedanței etalon, atunci BC va afișa pe interfața impedanțmetrului mesajul „Valoare depășită a componentei reactive”. Dacă s-a asigurat echilibrarea CMR, atunci BC inițiază procedura de prelucrare a rezultatelor și afișarea lor. În cazul în care interfața cu operatorul este realizată prin intermediul PC-ului atunci prelucrarea rezultatelor poate fi realizată de către calculator prin intermediul aplicației instalate. În acest caz, BC transmite PC-ului valorile codurilor R_E , BR_E , X_E , BX_E , K_X și f_s . Dacă rezultatele vor fi afișate pe indicatorul impedanțmetrului, atunci BC va asigura și prelucrarea rezultatelor. Impedanțmetru va fișa pe ecran valorile următoarelor mărimi: rezistența R_X , reactanța X_X , inductanța L_X și factorul de calitate Q_X dacă $K_X=1$ sau capacitatea C_X și tangenta unchiului de pierderi $tg\delta_X$ dacă $K_X=0$.

Bibliografie

1. Nastas V., Nicolaev P., *Impedantmetru*, Brevet de invenție nr. s279, MD, G01R 27/02. Cererea depusă 26.03.2010, BOPI nr. 9/2010.
2. Nastas V., *Impedanțmetru în coordonate Carteziene*, Proc. of the 2nd International Conference Telecommunications, Electronics and Informatics, Vol. II, Chișinău, 2008, pag 207-210.
3. Nastas V., Nicolaev P., *Impedancemeter with simulated resonance*, Proc. Of. The 6nd International Conference on Electrical and Power Engineering, Vol. II, Iași, 2010, pag 297-300;
4. Nastas V., *Metrological simulators of electrical passive quantities with algorithmic structure*, Mold. J. Phys. Sci. Vol 9, Nr. 1, 2010, Chișinău, pp. 85-102
5. AD7541A, Analog Devices datasheet, 1997.
6. Nastas V., Nicolaev P., *Măsurarea impedanței în coordonate carteziene prin metoda rezonanței simulate*, Proc. Of. The 6nd International Conference „Microelectronics and Computer Science, Chișinău, 2009, pp. 65-68.
7. Nastas V., *Metodă de măsurare a componentelor impedanței*, Brevet de invenție nr. 3577, MD, G01R 27/02., Cererea depusă 21.09.2006, BOPI nr. 4/2008.