

LUCRAREA NR.2

**MĂSURAREA INDIRECTĂ A PARAMETRILOR COMPONENTELOR PASIVE DE
CIRCUIT DIN SCHEME ELECTRICE ÎN C.C ȘI C.A.**

1. SCOPUL LUCRĂRII

Cunoașterea componentelor pasive dintr-un circuit, caracteristicile principale ale acestora, precum și metodele de măsurare ale parametrilor acestora.

2. CONSIDERAȚII TEORETICE

2.1 PREZENTAREA COMPONENTELOR

2.1.1 REZISTORUL

Rezistoarele sunt componente pasive de bază în aparatura electronică, cu impedența preponderent rezistivă până la o anumită frecvență, reprezentând aproximativ 30-40% din numărul pieselor unui aparat electronic.

Clasificarea rezistoarelor se face după mai multe criterii:

a). *după caracterul de liniaritate* se întâlnesc:

- rezistoarele liniare, care prezintă o caracteristică tensiune-curent liniară și acestea sunt la rândul lor:
 - fixe, care nu pot fi modificate după procesul de realizare;
 - reglabile, care pot fi modificate în timpul funcționării lor în circuit.
- rezistoarele neliniare (parametrice) care prezintă o caracteristică tensiune-curent neliniară și anume:
 - termistoare;
 - varistoare;
 - fotorezistoare.

b). *după procesul de fabricație* se întâlnesc:

- rezistoare bobinate;
- rezistoare peliculare;
- rezistoare de volum.

Rezistoarele cele mai frecvent utilizate în industria electronică sunt rezistoare peliculare, datorită prețului de cost scăzut.

Rezistoarele fixe sunt caracterizate printr-o serie de parametrii electrici, dintre care cei mai importanți sunt:

- rezistența nominală R_n , definită ca valoarea rezistenței care trebuie realizată prin procesul tehnologic;
- toleranța t , definită ca abaterea admisibilă a valorii reale R , față de valoarea nominală R_n

$$t = \pm \max \frac{|R - R_n|}{R_n} \times 100 \quad (2.1)$$

- puterea de disipație nominală P_n și tensiunea nominală U_n , care reprezintă puterea electrică maximă și respectiv tensiunea electrică maximă ce se poate aplica rezistorului în regim de funcționare îndelungat fără a-i schimba caracteristicile. Pentru a asigura rezistorului o funcționare cât mai îndelungată, puterea disipată de rezistor în circuit este bine să fie mai mică de $0,5P_n$.

UNST POLITEHNICA București, Centrul Universitar Pitești – FECC
SUPORT SCRIS LABORATOR

Măsurarea indirectă a parametrilor componentelor pasive de circuit din sch. el. în c.c și c.a.

Potențiometrele sunt rezistoare a căror rezistență poate fi variată continuu sau în trepte între anumite limite, prin deplasarea unui cursor pe suprafața elementului rezistiv.

Potențiometrele sunt caracterizate de o serie de parametrii specifici dintre care se amintesc:

- rezistența reziduală R_0 care este egală cu valoarea maximă admisibilă a rezistenței electrice măsurate între ieșirea cursorului și unul din terminale, când cursorul se află la una din extremitățile cursei de reglaj;
- precizia de contact între cursor și elementul rezistiv;
- legea de variație a rezistenței, care indică valoarea rezistenței electrice R ce trebuie obținută la ieșirea potențiometrului în funcție de poziția cursorului. Aceste legi pot fi: liniară, logaritmică, exponențială, invers logaritmică, invers exponențială, sinusoidală.

Termistoarele sunt rezistoare a căror rezistență depinde puternic de temperatură.

În funcție de modul de variație al rezistivității se obțin termistoare cu coeficient de temperatură negativ (NTC), la care rezistența scade cu creșterea temperaturii și termistoare cu coeficient de temperatură pozitiv (PTC), la care rezistența crește cu creșterea temperaturii.

Termistoarele cu coeficient de temperatură negativ sunt utilizate ca elemente neliniare pentru stabilizarea tensiunii sau a curentului și ca traductor de temperatură.

Termistoarele cu coeficient de temperatură pozitiv se folosesc ca traductoare de temperatură, stabilizatoare, limitatoare de curent etc.

Legile de variație ale termistoarelor cu temperatura sunt exponențiale:

- pentru termistoarele de tip NTC există relația:

$$R_T = A \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (2.2)$$

- pentru termistoarele de tip PTC există relația:

$$R_T = A + C \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (2.3)$$

unde A , B , C sunt constante de material, iar T este temperatura [K].

Varistoarele sunt rezistoare a căror rezistență este determinată de tensiunea aplicată la bornele lor.

Varistoarele se folosesc pentru protecția contactelor de rupere împotriva supratensiunilor, pentru stabilizarea tensiunii și a curentului, în circuite care lucrează în modulație de amplitudine și de frecvență.

Structura constructivă a rezistorului bobinat este reprezentată sugestiv în figura 2.1. Pe un tronson de fibră de sticlă (1) se spiralează un fir rezistiv (2). Terminalele axiale (3) prevăzute cu căpăcelele (4) asigură contactul cu exteriorul. Protecția este asigurată cu un strat de ciment siliconic (5), peste care se aplică un strat de vopsea.

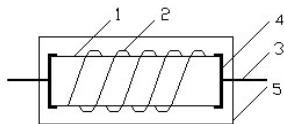


Fig. 2.1 Părțile constructive ale rezistorului bobinat

2.1.2 BOBINA

Bobina (inductorul) este o componentă pasivă de circuit pentru care în mod ideal, între tensiunea de la bornele sale $u(t)$ și curentul care o parcurge există relația:

UNST POLITEHNICA București, Centrul Universitar Pitești – FECC
SUPORT SCRIS LABORATOR

Măsurarea indirectă a parametrilor componentelor pasive de circuit din sch. el. în c.c și c.a.

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (2.4)$$

unde L este inductanța bobinei.

Clasificare bobinelor se face după mai multe criterii:

a). *din considerente constructive*, după forma/tipul carcasi, tipul bobinajului, numărul de spire, prezența sau absența miezului sau ecranului, există:

- bobine cu miez metalic sau fără miez;
- bobine cu sau fără carcasă;
- bobine cu sau fără ecran .

b) *după parametrii caracteristici*: inductivitate, factor de calitate și gama frecvențelor de lucru.

Cei mai importanți **parametri caracteristici** ai unei bobine reale, cu pierderi sunt:

- inductanța L[H] care reprezintă raportul dintre fluxul magnetic propriu Φ și curentul I care parcurge bobina:

$$L = \frac{\Phi}{I} \quad (2.5)$$

Acest parametru depinde de forma, dimensiunile, numărul de spire ale bobinei.

- rezistența totală de pierderi R[Ω] determinate de pierderile în conductor (prin efect Joule), pierderile în materialul magnetic (prin curenți turbionari și prin histerezis) și de rezistența de izolație;

- factorul de calitate Q care este definit, la o anumita frecvență de lucru ca raportul dintre energia maximă existentă în câmpul magnetic al bobinei și energia disipată de aceasta sub formă de căldură într-o perioadă;

- capacitatea parazită proprie C_p[pF];
- stabilitatea parametrilor bobinei;
- puterea, tensiunea, curentul maxim admise pentru a nu produce transformări ireversibile în bobină.

Orice bobină reală poate admite 2 tipuri de circuite echivalente:

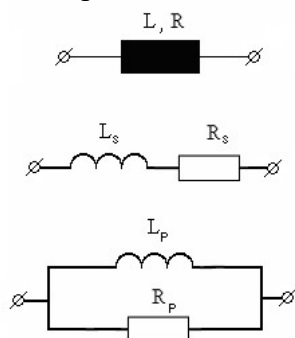


Fig. 2.2 Circuitul echivalent al unei bobine reale

- circuit serie (L_s, R_s)
- circuit paralel (L_p R_p)

Inductorul introduce în circuit o reactanță inductivă:

$$X_L = \omega L \quad (2.6)$$

iar defazajul între tensiune și curent este de 90°, curentul fiind defazat în urma tensiunii.

Elementele constructive ale bobinei sunt: carcasa, înfășurarea, miezul și ecranul.

Carcasa reprezintă suportul pe care se înfășoară bobina. Se realizează din materiale cu proprietăți izolatoare foarte bune de tipul: materiale ceramice, polietilena, textolit, carton electroizolant, etc.

Bobinajul reprezintă elementul principal al unei bobine. Caracteristicile înfășurării sunt: numărul de spire, diametrul/secțiunea conductorului. Cel mai adesea se utilizează conductoare de cupru. Protecția este realizată prin impregnare, adică umplerea interstițiilor bobinajului cu lac de impregnare electroizolant.

Miezul este de două tipuri: magnetic, realizat din materiale magnetodielectrice sau din ferite și nemagnetic, realizat din alamă sau cupru. Ecranul se utilizează pentru înlăturarea eventualelor cuplaje parazite.

2.1.3 CONDENSATORUL

Condensatorul este o componentă pasivă, pentru care dacă se aplică o tensiune variabilă în timp u_c , între tensiunea aplicată și curentul care străbate condensatorul există relația:

$$u_c = \frac{1}{C} \int i dt \quad (2.7)$$

Clasificarea condensatoarelor se face după mai multe criterii:

a) după natura dielectricului există condensatoare:

- cu dielectric gazos;
- cu dielectric lichid;
- cu dielectric solid organic și anorganic;
- cu dielectric peliculă de oxizi metalici.

b) din punct de vedere constructiv există condensatoare:

- fixe, pentru care valoarea capacității rămâne constant pe durata exploatării (exemplu condensatoare ceramice, cu hârtie, cu pelicula din material plastic, cu mica, electrolitice).

Condensatoarele electrolitice au următoarele caracteristici: au capacități specifice mari, sunt polarizate, deci ca urmare nu pot funcționa decât în curent continuu.

- reglabile, pentru care valoarea capacității poate fi reglată în limite reduse;

- variabile, pentru care valoarea capacității poate fi reglată în limite largi impuse de funcționarea circuitelor electronice.

Cei mai importanți *parametri* ai condensatoarelor sunt:

- capacitatea nominală C_n [F], definite ca valoarea capacității care trebuie realizată prin procesul tehnologic;

- toleranța, t [%] reprezintă abaterea maximă a valorii reale a capacității față de valoarea ei nominală;

- temperatura minimă, temperatura maximă, coeficientul de variație cu temperatura

- puterea nominală P_n , tensiunea nominală U_n ;

- rezistența de izolație R_{iz} , care este rezistența în curent continuu a condensatorului.

Condensatorul de capacitate C introduce în circuit o reactanță capacitivă:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (2.8)$$

iar defazajul între tensiune și curent este de 90° , tensiunea fiind defazată în urma curentului.

Un condensator ideal admite schema echivalentă din fig 2.3, în care r_s reprezintă rezistența terminalelor și a armăturilor, r_p rezistența care apare datorită curentului rezidual prin dielectric, R_p rezistența care exprimă pierderile în dielectric și o inductanță parazită L , care apare la trecerea curentului prin terminale, armături și dielectric.

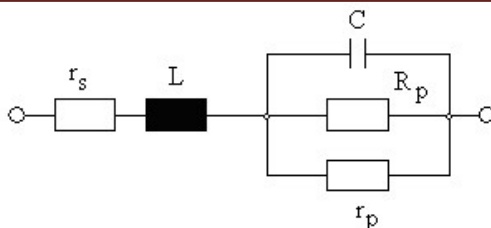


Fig. 2.3 Schema echivalentă a condensatorului tehnic real

Pentru un *condensator plan*, capacitatea C este:

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad (2.9)$$

unde: S = suprafața armăturilor plane

d = distanța între armături

ϵ = permitivitatea electrică a dielectricului

Pentru un *condensator cilindric*, capacitatea C este:

$$C = 2\pi\epsilon \frac{l}{\ln \frac{b}{a}} \quad (2.10)$$

unde l = lungimea cilindrului

a = raza cilindrului interior

b = raza cilindrului exterior

Din punct de vedere constructiv condensatorul este alcătuit din două suprafețe metalice, numite armături între care se află un mediu dielectric de permitivitate ϵ .

2.2 METODE DE MĂSURARE

În cazul rezistoarelor se cunosc mai multe metode de măsurare:

- metode directe, la care măsurarea se face cu punți, ohm-metre digitale sau analogice.
- metode indirecte:
 - metoda comparației curenților sau a tensiunilor
 - metoda industrială a ampermetrului și voltmetrului.

2.2.1 Metoda industrială a ampermetrului și voltmetrului – Montajul amonte

Denumirea montajului amonte provine de la faptul că voltmetrul este situat înaintea ampermetrului, pornind de la sursa de alimentare.

Fie schema:

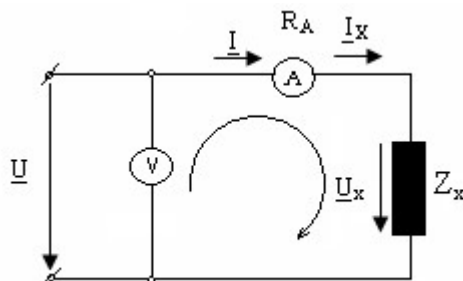


Fig. 2.4 Montajul amonte

A – ampermetru

V – voltmetru

Z_x - componenta al cărui parametru este necunoscut

Măsurarea rezistențelor

În acest caz particularizând fig.2.4 vom avea o sursă de tensiune continuă U și $Z_x = R_x$.

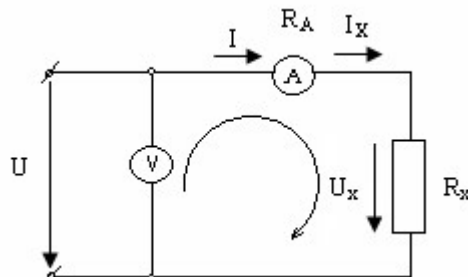


Fig. 2.5 Montajul amonte

U = tensiunea indicată de voltmetru în V

U_x = tensiunea la bornele rezistenței de măsurat, R_x , în V

I = intensitatea curentului indicată de ampermetru, în A

I_x = intensitatea curentului care parcurge rezistența de măsurat, R_x , în A

$R_A I_x$ = căderea de tensiune pe rezistența internă a ampermetrului, R_A , în V

La montajul amonte $I_x = I$.

Pornind de la a II-a teoremă a lui Kirchhoff se poate scrie următoarea relație:

$$0 = R_A I_x + U_x - U \quad (2.11)$$

$$U_x = U - R_A I_x \quad (2.12)$$

$$\text{Dar } R_x = \frac{U_x}{I_x} \Rightarrow R_x = \frac{U}{I} - R_A \quad (2.13)$$

Dacă nu s-ar ține cont de căderea de tensiune pe rezistența internă a ampermetrului rezultatul măsurătorii ar fi:

$$R_m = \frac{U}{I} \quad (2.14)$$

Se observă că la măsurarea rezistențelor **în montajul amonte** apare o **eroare sistematică de metodă la măsurarea tensiunii(2.12)**, după modul de manifestare la repetarea măsurătorilor.

Se definesc următoarele **erori de măsurare a rezistențelor**, după modul de calcul:

- eroarea absolută: $\Delta U_x = U_{mas} - U_{adev} = U - U_x = R_A I_x \quad (2.15)$

- eroarea relativă: $\varepsilon_R = \frac{\Delta U_x}{U_x} = \frac{R_A I_x}{R_x I_x} = \frac{R_A}{R_x} \quad (2.16)$

sau $\varepsilon_R [\%] = \frac{R_A}{R_x} \cdot 100 \quad (2.17)$

Se observă că eroarea relativă este cu atât mai mică cu cât R_x este mai mare față de R_A , deci **metoda este recomandată măsurării rezistențelor de valori mari.**

Impunând ca eroarea relativă:

UNST POLITEHNICA București, Centrul Universitar Pitești – FECC
SUPORT SCRIS LABORATOR

Măsurarea indirectă a parametrilor componentelor pasive de circuit din sch. el. în c.c și c.a.

$$\varepsilon_R \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{R_A}{R_x} \rightarrow 0 \Rightarrow R_A \ll R_x \quad (2.18)$$

Măsurarea inductanțelor

În acest caz Z_x , impedanța necunoscută este dată de relația:

$$Z_x = \sqrt{R_x^2 + (\omega L_x)^2} \quad (2.19)$$

unde:

R_x - rezistența proprie a înfășurării bobinei, [Ω]

L_x - inductanța de măsurat, [H]

$\omega = 2\pi f$ este pulsația tensiunii de alimentare, [rad/s]

f – frecvența tensiunii de alimentare, [Hz]

Prin urmare vor fi necesare două surse de alimentare a montajului din figura 2.4, o sursă de curent continuu pentru determinarea lui R_x și altă sursă de curent alternativ pentru determinarea lui L_x .

Din relația (2.19) rezultă:

$$Z_x = \frac{U_x}{I_x} \Rightarrow \frac{U_x^2}{I_x^2} = R_x^2 + (\omega L_x)^2 \Rightarrow L_x = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U_x^2}{I_x^2} - R_x^2} \quad (2.20)$$

unde: U_x - indicația voltmetrului

I_x - indicația ampermetrului

Din teorema a II-a a lui Kirchhoff se scrie :

$$0 = R_A I + R_x I + j\omega L_x I - U \quad (2.21)$$

$$R_A + R_x + j\omega L_x = \frac{U}{I} \quad (2.22)$$

$$(R_A + R_x)^2 + (\omega L_x)^2 = \frac{U^2}{I^2} \quad (2.23)$$

$$L_x = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - (R_A + R_x)^2} \quad (2.24)$$

Dacă nu s-ar ține cont de căderea de tensiune pe rezistența internă a ampermetrului, rezultatele măsurătorii ar fi:

$$L_m = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2} \quad (2.25)$$

Se definesc :

$$\text{- eroarea absolută } \Delta L_x = L_{mas} - L_{adev} = L_m - L_x \quad (2.26)$$

UNST POLITEHNICA București, Centrul Universitar Pitești – FECC
SUPORT SCRIS LABORATOR

Măsurarea indirectă a parametrilor componentelor pasive de circuit din sch. el. în c.c și c.a.

$$\Rightarrow \Delta L_x = \frac{1}{2\pi f} \left(\sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2} - \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - (R_A + R_x)^2} \right) \quad (2.27)$$

- eroarea relativă

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta L_x}{L_x} = \frac{\sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2} - \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - (R_A + R_x)^2}}{\sqrt{\frac{U^2}{I^2} - (R_A + R_x)^2}} \quad (2.28)$$

$$\text{sau } \varepsilon_R [\%] = \frac{\sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2} - \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - (R_A + R_x)^2}}{\sqrt{\frac{U^2}{I^2} - (R_A + R_x)^2}} \times 100 \quad (2.29)$$

Măsurarea capacităților

Măsurarea capacităților presupune o determinare în curent alternativ.

Prin urmare este necesară o sursă de alimentare de curent alternativ pentru montajul din figura 2.4. În acest caz Z_x , impedanța necunoscută este dată de relația:

$$Z_x = \frac{1}{\omega C_x} \quad (2.30)$$

unde: C_x - capacitatea de măsurat, [F]

$\omega = 2\pi f$ este pulsația tensiunii de alimentare, [rad/s]

f - frecvența tensiunii de alimentare, [Hz]

Aplicăm teorema a II-a a lui Kirchhoff și obținem:

$$0 = R_A \underline{I} + \frac{\underline{I}}{j\omega C_x} - \underline{U} \quad (2.31)$$

$$\frac{\underline{U}}{\underline{I}} = R_A - \frac{j}{\omega C_x} \quad (2.32)$$

$$\frac{U^2}{I^2} = R_A^2 + \frac{1}{\omega^2 C_x^2} \quad (2.33)$$

$$C_x = \frac{1}{2\pi f \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_A^2}} \quad (2.34)$$

Dacă nu s-ar ține cont de căderea de tensiune pe rezistența internă a ampermetrului, rezultatele măsurătorii ar fi:

$$C_m = \frac{I}{2\pi f U} \quad (2.35)$$

Se definesc :

$$\text{- eroarea absolută } \Delta C_x = C_{mas} - C_{adev} = C_m - C_x \quad (2.36)$$

$$\Rightarrow \Delta C_x = \frac{I}{2\pi f U} - \frac{1}{2\pi f \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_A^2}} \quad (2.37)$$

- eroarea relativă

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta C_x}{C_x} = \frac{\frac{I}{2\pi f U} - \frac{1}{2\pi f \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_A^2}}}{\frac{1}{2\pi f \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_A^2}}} \quad (2.38)$$

$$\text{sau } \varepsilon_R [\%] = \frac{\frac{I}{2\pi f U} - \frac{1}{2\pi f \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_A^2}}}{\frac{1}{2\pi f \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_A^2}}} \times 100 \quad (2.39)$$

2.2.1 Metoda industrială a ampermetrului și voltmetrului – Montajul aval

Denumirea montajului aval provine de la faptul ca voltmetrul este situat după ampermetru, pornind de la sursa de alimentare.

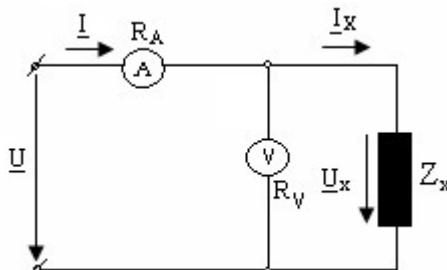


Fig. 2.6 Montajul aval

A – ampermetru

V – voltmetru

Z_x - componenta al cărui parametru este necunoscut

Măsurarea rezistențelor

În acest caz particularizând figura 2.6 vom avea o sursă de tensiune continuă U și $Z_x = R_x$.

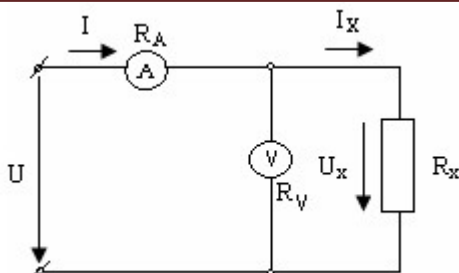


Fig. 2.7 Montajul aval

U = tensiunea indicată de voltmetru în V

U_x = tensiunea la bornele rezistenței de măsurat, R_x , în V

I = intensitatea curentului indicată de ampermetru, în A

I_x = intensitatea curentului care parcurge rezistența de măsurat, R_x , în A

$\frac{U}{R_V}$ pierderea de curent prin rezistența internă a voltmetrului, R_V , în A

La montajul aval $U_x = U$.

Pornind de la teorema I a lui Kirchhoff se poate scrie următoarea relație:

$$I = I_x + \frac{U}{R_V} \quad (2.40)$$

$$I_x = I - \frac{U}{R_V} \quad (2.41)$$

$$\text{Dar, } R_x = \frac{U_x}{I_x} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} \quad (2.42)$$

La măsurarea rezistențelor cu **montajul aval** apare o **eroare sistematică de metodă la măsurarea curentului**(2.39), după modul de manifestare la repetarea măsurătorilor.

Se definesc următoarele **erori de măsurare a rezistențelor**, după modul de calcul:

- eroarea absolută $\Delta I_x = I_{mas} - I_{adev} = I - I_x = \frac{U_x}{R_V}$ (2.43)

- eroarea relativă $\varepsilon_R = \frac{\Delta I_x}{I_x} = \frac{\frac{U_x}{R_V}}{\frac{U_x}{R_x}} = \frac{R_x}{R_V}$ (2.44)

sau $\varepsilon_R [\%] = \frac{R_x}{R_V} \times 100$ (2.45)

Se observă că eroarea relativă este cu atât mai mică, cu cât R_x este mică față de R_V , deci **metoda este recomandată măsurării rezistențelor de valori mici.**

Impunând ca eroarea relativă $\varepsilon_R \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{R_x}{R_V} \rightarrow 0 \Rightarrow R_x \ll R_V$ (2.46)

Măsurarea inductanțelor

În acest caz Z_x , impedanța necunoscută este dată de relația:

$$Z_x = \sqrt{R_x^2 + (\omega L_x)^2} \quad (2.47)$$

unde: R_x - rezistența proprie a înfășurării bobinei, [Ω]

L_x - inductanța de măsurat, [H]

$\omega = 2\pi f$ este pulsația tensiunii de alimentare, [rad/s]

f - frecvența tensiunii de alimentare, [Hz]

Prin urmare vor fi necesare două surse de alimentare a montajului din fig.2.6, o sursă de curent continuu pentru determinarea lui R_x și o sursă de curent alternativ pentru determinarea lui L_x .

Din teorema I a lui Kirchhoff se scrie:

$$\underline{I} - \underline{I}_V - \underline{I}_x = 0 \quad (2.48)$$

$$\underline{U} = \underline{I}_V R_V \Rightarrow \underline{I}_V = \frac{\underline{U}}{R_V} \quad (2.49)$$

$$\underline{U} = \underline{I}_x Z_x = \underline{I}_x (R_x + j\omega L_x) \quad (2.50)$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{R_V} + \frac{\underline{U}}{R_x + j\omega L_x} \quad (2.51)$$

$$\frac{U}{I} = \frac{R_V \sqrt{R_x^2 + \omega^2 L_x^2}}{\sqrt{(R_V + R_x)^2 + \omega^2 L_x^2}} \quad (2.52)$$

$$L_x = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{\frac{U^2}{I^2} (R_x + R_V)^2 - R_V^2 R_x^2}{R_V^2 - \frac{U^2}{I^2}}} \quad (2.53)$$

Se definesc :

- eroarea absolută

$$\Delta L_x = L_{mas} - L_{adev} = L_m - L_x = \frac{1}{2\pi f} \left(\sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2} - \right. \quad (2.54)$$

$$\left. - \sqrt{\frac{\frac{U^2}{I^2} (R_x + R_V)^2 - R_V^2 R_x^2}{R_V^2 - \frac{U^2}{I^2}}} \right)$$

- eroarea relativă

UNST POLITEHNICA București, Centrul Universitar Pitești – FECC
SUPORT SCRIS LABORATOR

Măsurarea indirectă a parametrilor componentelor pasive de circuit din sch. el. în c.c și c.a.

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta L_x}{L_x} = \frac{\sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2} - \sqrt{\frac{\frac{U^2}{I^2}(R_x + R_V)^2 - R_V^2 R_x^2}{R_V^2 - \frac{U^2}{I^2}}}}{\sqrt{\frac{\frac{U^2}{I^2}(R_x + R_V)^2 - R_V^2 R_x^2}{R_V^2 - \frac{U^2}{I^2}}}} \quad (2.55)$$

$$\text{sau } \varepsilon_R [\%] = \frac{\sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2} - \sqrt{\frac{\frac{U^2}{I^2}(R_x + R_V)^2 - R_V^2 R_x^2}{R_V^2 - \frac{U^2}{I^2}}}}{\sqrt{\frac{\frac{U^2}{I^2}(R_x + R_V)^2 - R_V^2 R_x^2}{R_V^2 - \frac{U^2}{I^2}}}} \times 100 \quad (2.56)$$

Măsurarea capacităților

Măsurarea capacităților presupune o determinare în curent alternativ.

Prin urmare este necesară o sursă de alimentare de curent alternativ pentru montajul din figura 2.6. În acest caz, Z_x , impedanța necunoscută este dată de relația:

$$Z_x = \frac{1}{\omega C_x} \quad (2.57)$$

unde: C_x - capacitatea de măsurat, [F]

$\omega = 2\pi f$ este pulsația tensiunii de alimentare

f este frecvența tensiunii de alimentare.

Aplicăm teorema I-a a lui Kirchhoff și obținem:

$$\underline{I} - \underline{I}_V - \underline{I}_x = 0 \quad (2.58)$$

$$\frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \frac{\frac{R_V}{j\omega C_x}}{R_V + \frac{1}{j\omega C_x}} \quad (2.59)$$

$$C_x = \frac{1}{2\pi f U} \sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}} \quad (2.60)$$

Se definesc:

- eroarea absolută

$$\Delta C_x = C_{mas} - C_{adev} = C_m - C_x = \frac{I}{2\pi f U} - \frac{1}{2\pi f U} \sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}} \quad (2.61)$$

- eroarea relativă

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta C_x}{C_x} = \frac{\frac{I}{2\pi f U} - \frac{1}{2\pi f U} \sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}}}{\frac{1}{2\pi f U} \sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}}} = \frac{I - \sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}}}{\sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}}} \quad (2.62)$$

$$\text{sau } \varepsilon_R [\%] = \frac{I - \sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}}}{\sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}}} \times 100 \quad (2.63)$$

3. MONTAJUL ȘI APARATURA NECESARĂ

3.1. Măsurarea rezistențelor prin metoda ampermetrului și voltmetrului

Se va executa montajul din figura 2.8.

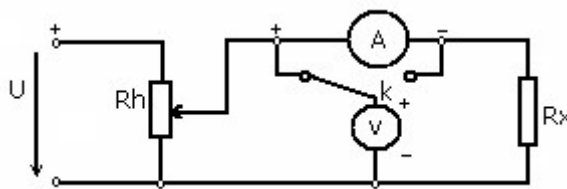


Fig. 2.8. Montajul pentru măsurarea rezistențelor prin metoda ampermetrului și voltmetrului

În care: Rh - reostat cu cursor

A - ampermetru de curent continuu

V - voltmetru de curent continuu

Rx - rezistența de măsurat

k-comutator cu două poziții: k pe poziția 1- amonte, k pe poziția 2- aval

3.2 Măsurarea inductanțelor

Se va executa montajul din figura 2.8 pentru a măsura Rx și montajul din figura 2.9 pentru determinarea lui Zx:

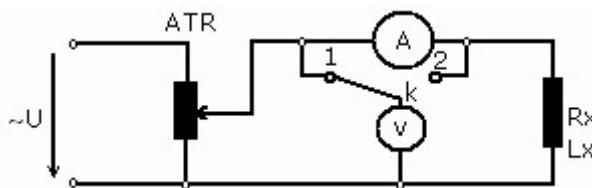


Fig. 2.9 Montaj pentru măsurarea inductanțelor

În care: ATR - autotransformator reglabil

k - comutator bipolar

A - ampermetru de curent continuu și alternativ

V - voltmetru de curent continuu și alternativ

Rx, Lx - bobina necunoscută pentru care se măsoară parametrii

3.3 Măsurarea capacităților

Se va executa următorul montaj:

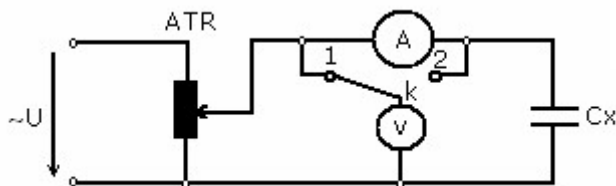


Fig. 2.10 Montaj pentru măsurarea capacităților

În care: ATR - autotransformator reglabil

k - comutator bipolar

A - ampermetru de curent alternativ

V - voltmetru de curent alternativ

C_x - condensatorul a cărui capacitate este necunoscută

4. DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

4.1 Se vor identifica tipurile de componente pasive și elementele constructive ale acestora, precum și inscripționările corespunzătoare.

4.2 Măsurarea rezistențelor prin metoda ampermetrului și voltmetrului

Pentru determinarea parametrilor unor rezistențe se va folosi mai întâi o metoda directă pentru a aprecia ordinul de mărime a rezistențelor.

Se execută montajul din fig. 2.8 și se fixează o valoare a tensiunii de alimentare, **având în vedere să nu se depășească tensiunea nominală**. Se fixează comutatorul în pozițiile 1 respectiv 2 pentru a realiza montajele amonte și aval, se citesc valorile indicate de ampermetru și voltmetru. Se vor măsura 3 rezistențe necunoscute de valori mici și 3 de valori mari și se specifică, în fiecare caz, ce metoda de măsurare cea mai potrivită.

În cazul montajului amonte se va modifica tensiunea de alimentare astfel încât curentul indicat de ampermetru să poată fi citit în același domeniu de măsură ($R_A = \text{const.}$)

În cazul montajului aval se va modifica curentul prin circuit (de la reostat) astfel încât tensiunea indicată de voltmetru să poată fi citită în același domeniu de măsură ($R_V = \text{const.}$)

Rezultatele se trec în tabelul 2.1.

4.3 Se execută montajul din figura 2.8 cu comutatorul k pe poziția 2 și se menține tensiunea continuă de alimentare constantă. Se mai realizează măsurători pentru 2 rezistențe R_x necunoscute astfel încât R_V să nu fie constantă (se pot conecta chiar voltmetre cu rezistențe interne R_V diferite). Rezultatele se trec în tabelul 2.1. Se va urmări evoluția erorii ϵ_R și se vor trage concluzii cu privire la voltmetrele utilizate.

4.4 Măsurarea inductanțelor

Se execută schema de montaj din fig. 2.9 și se execută măsurătorile în curent continuu pentru determinarea rezistenței bobinelor și în curent alternativ pentru determinarea inductanțelor, urmărindu-se indicația ampermetrului și a voltmetrului. Tensiunea de alimentare se alege între 20-30V, ca măsură de protecție a muncii, având în vedere însă și protejarea componentelor de circuit. Se efectuează măsurătorile pentru cel puțin 3 bobine diferite. Rezultatele se trec în tabele 2.2 și 2.3.

4.5 Măsurarea capacităților

Se execută schema de montaj din fig. 2.10 și se trece comutatorul k pe poziția 1 și poziția 2 succesiv, urmărindu-se indicația ampermetrului și a voltmetrului. Se efectuează măsurători pentru cel puțin 4 condensatoare diferite (având în vedere evitarea străpungerii lor), iar rezultatele se trec în tabelul 2.4.

Tabelul 2.1 Măsurarea rezistențelor

Nr. crt.	Montajul amonte						Montajul aval					
	valori măsurate			valori calculate			valori măsurate			valori calculate		
	U	I	R_A	$R_m = \frac{U}{I}$	$R_x = \frac{U}{I} - R_A$	$\varepsilon_R = \frac{R_A}{R_x} \cdot 100$	U	I	R_V	$R_m = \frac{U}{I}$	$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$	$\varepsilon_R = \frac{R_x}{R_V} \cdot 100$
UM	[V]	[A]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[%]	[V]	[A]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[%]
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

Tabelul 2.2 - Măsurarea inductanțelor - Montaj amonte

Nr. crt.	Curent continuu				Curent alternativ					
	<i>valori măsurate</i>			valori calculate	<i>valori măsurate</i>			valori calculate		
	U	I	R _A	$R_x = \frac{U}{I} - R_A$	U	I	R _A	$L_m = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2}$	$L_x = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - (R_A + R_x)^2}$	$\varepsilon = \frac{L_m - L_x}{L_x} \cdot 100$
UM	[V]	[A]	[Ω]	[Ω]	[V]	[A]	[Ω]	[H]	[H]	[%]
1										
2										
3										
4										
5										

Tabelul 2.3 – Măsurarea inductanțelor - Montaj aval

Nr. crt.	Curent continuu				Curent alternativ					
	<i>valori măsurate</i>			valori calculate	<i>valori măsurate</i>			valori calculate		
	U	I	R _V	$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$	U	I	R _V	$L_m = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_x^2}$	$L_x = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} (R_x + R_V)^2 - R_V^2 R_x^2}$	$\varepsilon = \frac{L_m - L_x}{L_x} \cdot 100$
UM	[V]	[A]	[Ω]	[Ω]	[V]	[A]	[Ω]	[H]	[H]	[%]
1										
2										
3										
4										
5										

Tabelul 2.4 Măsurarea capacităților

Nr.crt.	Montajul amonte						Montajul aval					
	valori măsurate			valori calculate			valori măsurate			valori calculate		
	U	I	R _A	C _m	C _x	$\varepsilon = \frac{C_m - C_x}{C_x} \cdot 100$	U	I	R _V	C _m	C _x	$\varepsilon = \frac{C_m - C_x}{C_x} \cdot 100$
UM	[V]	[A]	[Ω]	[F]	[F]	[%]	[V]	[A]	[Ω]	[F]	[F]	[%]
1												
2												
3												
4												
5												

în care:

$$C_m = \frac{I}{2\pi f U}$$

$$\text{La montajul amonte: } C_x = \frac{1}{2\pi f \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R_A^2}}; \text{ La montajul aval: } C_x = \frac{\sqrt{I^2 - \frac{U^2}{R_V^2}}}{2\pi f U}$$

UNST POLITEHNICA București, Centrul Universitar Pitești – FECC
SUPORT SCRIS LABORATOR

Măsurarea indirectă a parametrilor componentelor pasive de circuit din sch. el. în c.c și c.a.

5. CONȚINUTUL REFERATULUI

5.1 Clasificarea componentelor pasive de circuit. Simboluri. Principalii parametri caracteristici.

5.2 Măsurarea indirectă a rezistențelor în montaj amonte și aval: scheme de principiu, precizarea erorii sistematice de metodă care se face în fiecare caz precum și a tipurilor de rezistoare, care se măsoară în fiecare caz cu eroare relativă mică.

5.3 Se vor completa tabelele de mai sus (cu valori măsurate și calculate) și se vor face observații și interpretări asupra rezultatelor măsurărilor.

5.4 Se va răspunde la următoarele întrebări:

- a. Cum variază eroarea relativă odată cu creșterea rezistenței R_x prin metodele de măsurare amonte și aval?
- b. Cum variază eroarea relativă la creșterea inductanței și a capacității prin metodele de măsurare amonte și aval?
- c. De ce pentru determinarea parametrilor unei bobine este necesar să se realizeze măsurători în curent continuu? În cazul unei bobine ideale ar trebui realizată măsurătoarea în curent continuu?
- d. De ce pentru determinarea parametrilor unui condensator nu se fac măsurători în curent continuu?