

VI. ELECTRICITATE

14. MASURAREA REZISTENTELOR ELECTRICE CU PUNTEA WHEATSTONE

I. Considerații teoretice

Rezistența electrică este proprietatea materialelor de a se opune trezării curentului electric. Ea se datorează faptului că electronii, în timpul deplasării lor, se ciocnesc de atomii constituvenți ai materialului. Aceste ciocniri au ca efect micșorarea energiei cinetice a electronilor.

Rezistența unui material cu lungimea unitară și de secțiune unitară poartă numele de rezistivitate; se notează cu ρ și este o constantă de material.

Dependența rezistenței electrice de dimensiunile și natura conductorului a fost stabilită experimental și regăsită teoretic și are forma

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

unde l este lungimea conductorului considerat, iar S secțiunea lui.

Unitatea de măsură a rezistenței electrice în Sistemul Internațional este ohmul (Ω), iar a rezistivității ohm-metrul ($\Omega \cdot m$).

Pentru măsurarea rezistențelor există numeroase metode diferind după specificul și mărimea rezistenței de măsurat, precizia urmărită și aparatelor de măsură utilizate. În cazul rezistențelor metalice metodele de punte utilizate în condiții de laborator pot oferi precizia maximă, în timp ce metodele industriale, a ampermetrului și voltmetrului sau a ohmmetrelor, oferă posibilitatea unor determinări mai rapide dar și mai puțin exacte.

Metodele de punte se bazează pe metoda de comparație, fiind analoge cu metodele de compensație utilizate la măsurarea tensiunilor. Dintre metodele de punte cele mai utilizate sunt puntea Wheatstone cu care se măsoară rezistențe cuprinse între 1Ω și $1 M\Omega$ și puntea Thomson pentru rezistențe între 1Ω și $10^{-6}\Omega$.

Puntea Wheatstone are schema reprezentată în figura 1.

Este o rețea cu patru noduri, de formă unui patrulater având pe laturi rezistențe, într-o din diagonale surse și în celalătă diagonală galvanometru.

Principiul metodei de punte constă în echilibrarea schemei, adică în atingerea situației în care curentul prin diagonala galvanometrului este nul. Folosind legile lui Kirchhoff, în cazul unei punți echilibrate se obține următorul sistem de ecuații

$$\left\{ \begin{array}{l} I_2 R_x = I_1 R_1 \\ I_3 R = I_4 R_2 \\ I_2 = I_3 \\ I_1 = I_4 \end{array} \right.$$

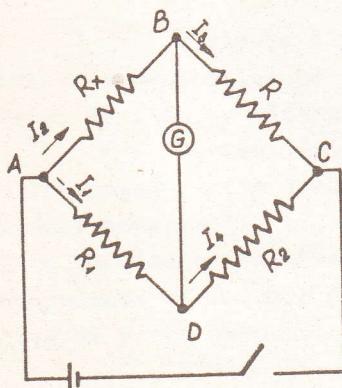


Fig. 1.

de unde

$$R_x = R \frac{R_1}{R_2} \quad (2)$$

Relația (2) constituie condiția de echilibru a punții Wheatstone și permite determinarea uneia din rezistențe cind sunt cunoscute celelalte trei. Pentru obținerea

echilibrului trebuie ca una sau mai multe dintre rezistențele R , R_1 și R_2 să fie variabile. Se deosebesc din acest punct de vedere punți cu rezistență variabilă la raport menținut constant și punți cu raport variabil la rezistență menținută constantă.

Dintre cele din urmă cea mai des întâlnită este puntea cu fir calibrat, la care raportul rezistențelor R_1/R_2 este variabil. Aceasta se realizează cu ajutorul unui rezistor cu fir calibrat AC cu cursor (fig.2).

In acest caz rezistențele R_1 și R_2 sunt proporționale cu lungimile ℓ_1 și ℓ_2 în care cursorul D împarte firul conductor AC. Relația (2) devine deci

$$R_x = R \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (3)$$

unde R , numită rezistență etalon, este o rezistență cunoscută.

Puntea Wheatstone poate fi construită direct din elemente dar se găsesc și punți gata fabricate. Acestea din urmă, pentru o mai bună precizie sunt de obicei cu rezistență variabilă la raport menținut constant.

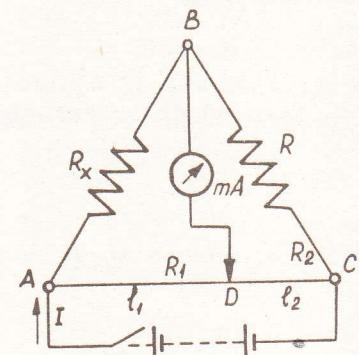


Fig.2

Domeniul de măsurare al punțiilor Wheatstone este practic limitat între 1Ω și $1M\Omega$. Rezistențele care depășesc aceste limite se măsoară cu erori prea mari datorită, în cazul rezistențelor sub 1Ω rezistențelor conductoarelor de legătură și rezistențelor de contact de la bornele de legare a rezistenței de măsurat, iar în cazul rezistențelor peste $1M\Omega$ reducerii sensibilității punții datorită micșorării curentilor prin laturile punții.

II. Metodica experimentală

a) Dispozitivul experimental

Pe o planșă de lemn este întins firul calibrat AC (fig.2) suprapus peste o riglă gradată. Ca rezistență cunoscută se folosește o cutie de rezistențe, iar rezistențele necunoscute sunt niște fire conductoare întinse pe o planșă de lemn.

b) Mod de lucru

1. Se realizează montajul din figura 2.
2. Se închide circuitul și se deplasează cursorul D pînă cînd acul galvanometrului indică zero.
3. Se citesc în această poziție valorile ℓ_1 și ℓ_2 .
4. Pentru fiecare rezistență necunoscută se fac cel puțin două determinări, folosind diferite rezistențe cunoscute. Acestea se aleg astfel ca echilibrarea punții să se realizeze cînd cursorul D se plasează în apropiere de mijlocul firului AC, eroarea relativă a determinării fiind în acest caz minimă.
5. Se măsoară lungimea l și diametrul d pentru fiecare rezistență necunoscută.
6. Se măsoară rezistențele necunoscute cu o punte universală (RLC). Descrierea acesteia se găsește în cadrul lucrării "Măsurarea inductanțelor și capacițăților cu un montaj în punte".

III. Prelucrarea datelor experimentale

a) Determinarea mărimilor fizice

1. Utilizând relația (3) se determină valorile rezistențelor necunoscute.
2. Se calculează secțiunea S a rezistențelor necunoscute.
3. Cu ajutorul relației (1) se calculează rezistivitățile conductorilor ale căror rezistențe s-au determinat.

b) Calculul erorilor

In conformitate cu regulile calculului erorilor, pornind de la relația (3) rezultă

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2}$$

Admitând că $\Delta R = 0$ și $\Delta l_1 = \Delta l_2 = \Delta l$ rezultă

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{l_1 + l_2}{l_1 l_2} \Delta l \quad (4)$$

Tinând cont că $l_1 + l_2 = L$ (lungimea totală a firului calibrat și notând $l_1 - l_2 = x$ din (4) rezultă

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{4L}{L^2 - x^2} \Delta l \quad (5)$$

Rezultă că eroarea relativă e cu atât mai mică cu cît x e mai mic, deci cu cît cursorul e mai apropiat de mijlocul firului calibrat la echilibrare.

Nr	R (Ω)	l_1 (m)	l_2 (m)	l (m)	d (m)	Δl (m)	Δd (m)	R_x (Ω)	ρ (Ωm)	$\frac{\Delta R_x}{R_x}$ (%)	$\frac{\Delta \rho}{\rho}$ (%)	R_{x-RLC} (Ω)

resis-
valo-

respec-

ja bob-
altern-
Im Sis-

exactie
ma punj-
pilei o-
ment de
asociat-

lucr. dacă

