

Determinarea rezistențelor prin metoda punții Wheatstone

Scopul lucrării:

- Determinarea rezistențelor cu ajutorul punții Wheatstone în curent continuu;
- Calculul rezistivității electrice a unor materiale;
- Calculul erorilor de măsurare în cazul măsurărilor indirecte.

Aspecte teoretice:

Puntea Wheatstone reprezintă un circuit electric ce permite determinarea rezistenței electrice necunoscute, R_x , prin balansarea a două părți ale unei punți. Metoda permite realizarea unor măsurători foarte precise.

Puntea Wheatstone a fost inventată de Samule Hunter Christie în 1833, dar a fost îmbunătățită și popularizată de Sir Charles Wheatstone în 1843.

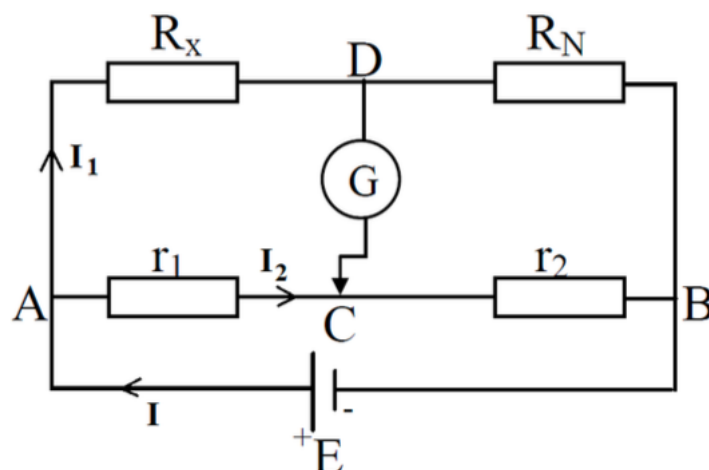


Fig. 1. Schema de principiu a punții Wheatstone

În figura 1 este reprezentată schema electrică de principiu a unei punți Wheatstone. După cum se vede, avem de a face cu un patrulater (ACBD) având 4 rezistori pe cele 4 laturi. Pe o diagonală (AB) se leagă o sursă de tensiune continuă, iar pe cealaltă diagonală (CD) se leagă un galvanometru.

Galvanometrul este un aparat de măsură pentru intensitatea curentului electric foarte sensibil și cu zero-ul la mijlocul scalei.

Cursorul din punctul C ne ajută să modificăm aportul rezistențelor r_1/r_2 , ajungând la un moment dat ca puntea să fie echilibrată și galvanometrul să indice un curent de intensitate nulă. Se utilizează un singur rezistor de rezistență cunoscută: R_N (rezistența nominală).

Folosind relația:

$$R_x = R_N \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (1)$$

putem determina valoarea rezistenței necunoscute dacă dispunem de un rezistor de rezistență cunoscută și de un instrument pentru măsurarea lungimilor (ruletă, liniar, riglă gradată etc).

Tehnica experimentală și efectuarea măsurătorilor

Dat fiind faptul că, în practică, un curent prea intens care ar trece prin galvanometru (instrument extrem de sensibil) ar putea duce la distrugerea acestuia, înseamnă că trebuie să completăm circuitul cu elemente de protecție. Vom pune pe diagonala CD, în serie cu galvanometrul, un rezistor variabil și un întrerupător.

Întrerupătorul ne va ajuta să închidem circuitul prin această diagonală pentru timpi foarte scurți, atunci când curentul este mare, sau să îl lăsăm închis atunci când curentul este mai mic decât valoarea maximă măsurabilă cu galvanometrul pe care îl avem la dispoziție, timp în care vom face un reglaj fin din cursorul C, cu scopul de a obține curent nul prin ramura CD.

Rezistorul variabil, R , permite modificarea sensibilității circuitului: dacă între punctele C și D este o diferență de potențial UCD, atunci intensitatea curentului prin această ramură, deci și indicația galvanometrului, este invers proporțională cu rezistența ramurii. Așadar vom începe experimentul utilizând o valoare mare a rezistenței R , pentru ca prin galvanometru să nu treacă un curent foarte mare. După ce echilibrăm puntea vom scădea valoarea lui R , crescând astfel sensibilitatea și putând face un reglaj mai fin al echilibrării punții.

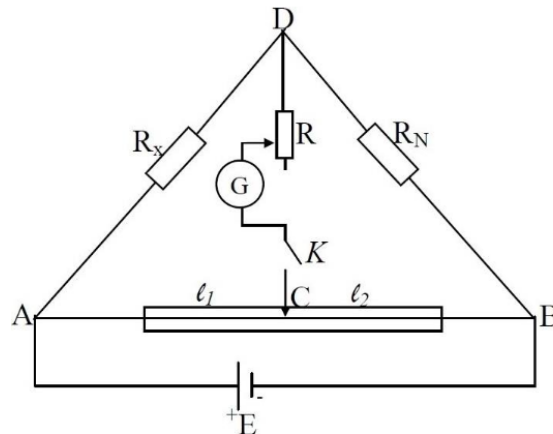


Fig. 2. Schema circuitului electric pentru determinarea rezistențelor prin metoda punții Wheatstone

Folosind (1),

$$\varepsilon(R_X) = \frac{100 * \Delta R_X}{< R_X >}$$

unde ΔR_X reprezintă diferența maximă dintre R_X și valoarea medie $< R_X >$ și

$$R = \rho * \frac{1}{\pi r^2}$$

putem completa tabelele unde au fost măsurate și calculate valorile pentru puntea Wheatstone:

R_N	l_1	l_2	R_X	ΔR_X	$< R_X >$	ρ	$< \rho >$	ε
[Ω]	[cm]	[cm]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ωm]	[Ωm]	%
0,5	53	47	0,56	0,01	0,57	0,4396	0,4494	1
0,7	45,1	54,9	0,57	0,00	0,57	0,4474	0,4494	0
0,9	39,3	60,7	0,58	0,01	0,57	0,4553	0,4494	1
1,1	34,8	65,2	0,58	0,01	0,57	0,4553	0,4494	1

Tabelul 1.0 : Valori măsurate și calculate pentru puntea Wheatstone folosind fir Konstantan de 1mm

R_N	l_1	l_2	R_X	ΔR_X	$< R_X >$	ρ	$< \rho >$	ε
[Ω]	[cm]	[cm]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ωm]	[Ωm]	%
0,5	69	30,5	1,14	0,03	1,17	0,1923	0,30	2,56
0,7	62,6	37,4	1,17	0,00	1,17	0,2692	0,30	0
0,9	56,8	43,2	1,18	0,01	1,17	0,3461	0,30	0,85
1,1	52	48	1,19	0,02	1,17	0,4231	0,30	1,7

Tabelul 1.1: Valori măsurate și calculate pentru puntea Wheatstone folosind fir Konstantan de 0,7mm

R_N	l_1	l_2	R_X	ΔR_X	$\langle R_x \rangle$	ρ	$\langle \rho \rangle$	ε
[Ω]	[cm]	[cm]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ωm]	[Ωm]	%
1	70,3	29,7	2,36	0,01	2,37	0,1962	0,2158	0,42
0,8	74,5	25,5	2,33	0,04	2,37	0,157	0,2158	1,68
1,2	66,6	33,4	2,39	0,02	2,37	0,2355	0,2158	0,84
1,4	63,2	36,8	2,40	0,03	2,37	0,2747	0,2158	1,26

Tabelul 1.2: Valori măsurate și calculate pentru puntea Wheatstone folosind fir Konstantan de 0,5mm

R_N	l_1	l_2	R_X	ΔR_X	$\langle R_x \rangle$	ρ	$\langle \rho \rangle$	ε
[Ω]	[cm]	[cm]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ωm]	[Ωm]	%
1,4	77,6	22,4	4,85	0,04	4,89	0,1346	0,2018	0,81
1,8	73,1	26,9	4,89	0,00	4,89	0,1730	0,2018	0
2,4	67,1	32,9	4,89	0,00	4,89	0,2307	0,2018	0
2,8	63,8	36,2	4,93	0,04	4,89	0,2692	0,2018	0,81

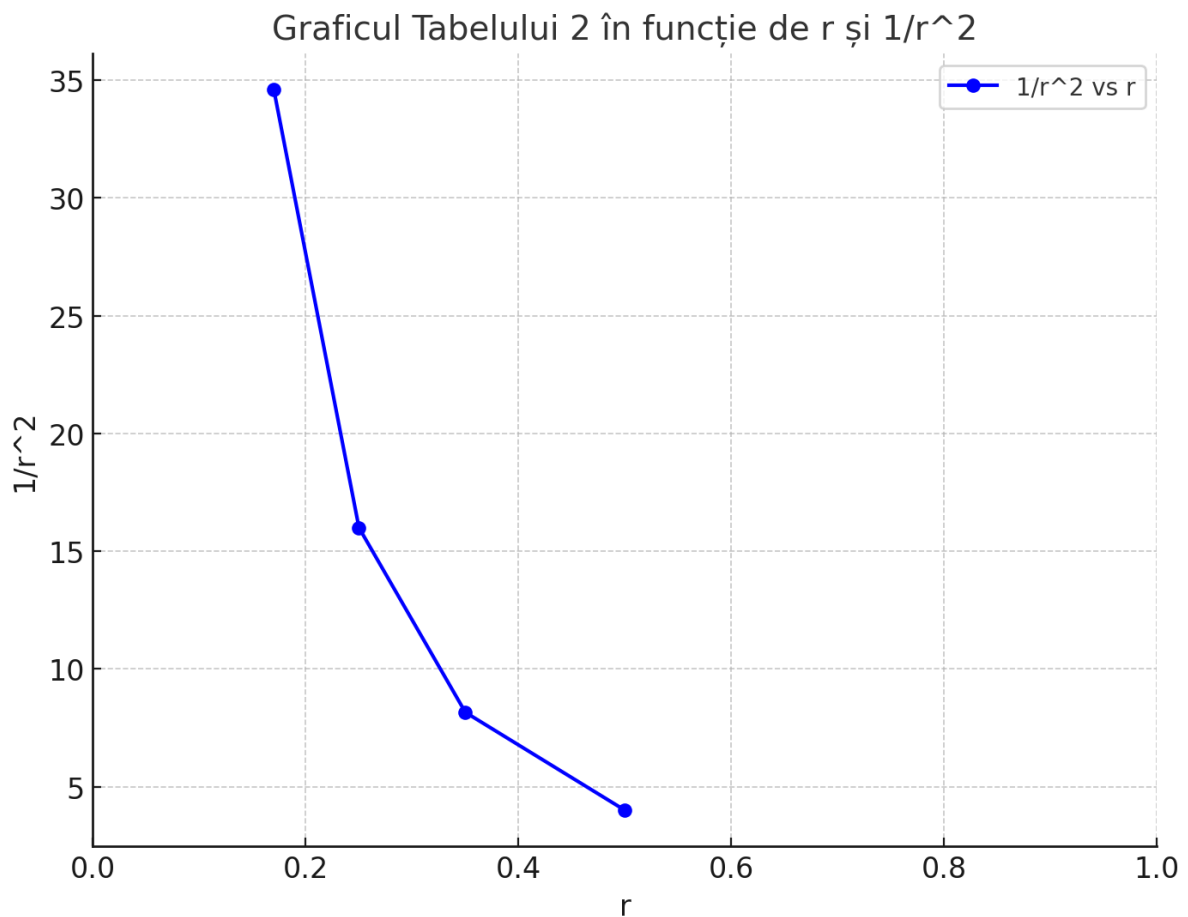
Tabelul 1.3: Valori măsurate și calculate pentru puntea Wheatstone folosind fir Konstantan de 0,35mm

R_N	l_1	l_2	R_X	ΔR_X	$\langle R_x \rangle$	ρ	$\langle \rho \rangle$	ε
[Ω]	[cm]	[cm]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ωm]	[Ωm]	%
0,8	29,9	70,1	0,34	0,02	0,32	0,1570	0,0967	6,25
0,6	35,5	64,5	0,33	0,01	0,32	0,1177	0,0967	3,12
0,4	44,2	55,8	0,31	0,01	0,32	0,0785	0,0967	3,12
0,3	50,5	49,5	0,30	0,02	0,32	0,0588	0,0967	6,25

Tabelul 1.4: Valori măsurate și calculate pentru puntea Wheatstone folosind fir Alamă de 0,5mm

d	$\langle R_x \rangle$	r	r^2	$1/r^2$
[mm]	[Ω]	[mm]	[mm^2]	[mm^{-2}]
0,35	4,89	0,17	0,03	34,6
0,50	2,37	0,25	0,06	16
0,70	1,17	0,35	0,012	8,16
1,00	0,57	0,50	0,25	4

Tabelul 2: Rezistența electrică în funcție de raza firelor de constantan



Concluzii:

Metoda punții Wheatstone este una dintre cele mai eficiente pentru măsurarea rezistențelor necunoscute și determinarea caracteristicilor materialelor. Precizia acesteia depinde de acuratețea măsurărilor și de echilibrarea atentă a punții. Rezultatele experimentale confirmă relația invers proporțională dintre rezistență și pătratul razei secțiunii transversale, iar erorile

Papp Andras Zsolt

obținute sunt minime, ceea ce indică validitatea metodei pentru aplicații practice.