

CIRCUITE ELECTRICE PENTRU CONECTAREA TRADUCTOARELOR

Traductoarele folosite pe scară largă în cercetările experimentale sunt traductoarele electronice. Datorită mărimii de intrare, la ieșirea acestora se obține un semnal care de obicei este o tensiune electrică, a cărei mărime este proporțională cu mărimea mecanică ce excită traductorul.

Pentru cercetarea proceselor, respectiv a mărimilor ce se măsoară în regim static sau dinamic, a fenomenelor din regim staționar sau tranzitoriu, aparatura de măsurare folosită, necesită în mod obișnuit un semnal de intrare destul de mare. De aceea în lanțul de măsurare, traductorul este conectat într-un circuit electric care, după cum s-a arătat, mărește sensibilitatea și precizia măsurării.

Circuitul electric în care se conectează traductoarele poate fi:

- puntea Wheatstone, pentru măsurări statice sau dinamice;
- circuitul potențiomtric, pentru măsurări dinamice.

Dintre aceste două circuite, cel mai larg utilizat este circuitul în punte Wheatstone, datorită avantajelor pe care le prezintă față de circuitul potențiomtric și anume:

- o mai mare libertate la aranjarea circuitului (conectarea traductorului) în vederea măririi semnalului de ieșire a compensării variației de temperatură și a anulării sau separării elementelor variabile;
- posibilitatea indicării exacte a mărimilor statice și dinamice suprapuse;
- eliminarea aproape completă a erorilor datorate modificărilor rezistențelor conductorilor de legătură între circuitul în punte și sursa de alimentare cu curent.

Alimentarea circuitului electric se poate face cu curent continuu sau alternativ. Fiecare din aceste alimentări prezintă avantaje și dezavantaje, a căror importanță trebuie apreciată, având în vedere și obiectul măsurării (cercetări experimentale).

Alimentarea cu curent continuu prezintă următoarele avantaje principale:

- circuitul de echilibrare este ușor de realizat, fiind un circuit simplu rezistiv;
- în cazul măsurărilor dinamice, folosind circuitul potențiomtric, se pot utiliza amplificatori obișnuiți de curent alternativ care, alegându-i corespunzător, permit măsurări de fenomene cu frecvență oricât de mare.

Dezavantajul principal al acestei alimentări apare la măsurările statice, la care se impune utilizarea amplificatorilor de curent continuu foarte stabili, deci de construcție foarte costisitoare. De asemenea, apar erori ce pot falsifica măsurările, datorită efectului de termocuplu la lipiturile dintre conductori.

La alimentarea cu curent alternativ se inversează avantajele și dezavantajele de la cea de curent continuu. Astfel, circuitul de echilibrare se complică datorită faptului că pe lângă echilibrarea rezistivă a circuitului este necesară și una de fază (capacitivă). Frecvența fenomenelor măsurate este limitată la 10 ... 20% din frecvența curentului de alimentare. În schimb se simplifică foarte mult construcția amplificatorului, iar efectul de termocuplu al lipiturilor nu are influență asupra măsurărilor.

În general, se utilizează sursele de alimentare cu tensiune constantă. La traductoarele cu

semiconductoare, deoarece au variații mari de rezistență, dacă tensiunea de alimentare este constantă, se modifică intensitatea curentului, ceea ce duce la neliniaritatea circuitului electric. Pentru a se evita acest fenomen, se recomandă utilizarea surselor de alimentare cu curent constant.

1. Circuitul electric în punte Wheatstone

Puntea Wheatstone (fig. 1) este formată din patru rezistențe, R_1 , R_2 , R_3 , R_4 care formează cele patru brațe ale punții, dintre care una, două sau toate reprezintă rezistența traductoarelor (după cum se conectează la punte, unu, două sau patru traductoare), iar celelalte sînt rezistențe fixe, avînd valori cunoscute. În montajul clasic, această punte este alimentată de la o sursă de curent continuu, la tensiunea U , iar pe diagonala de măsurare este conectat un galvanometru G avînd rezistența internă R_m (rezistența aparatului de măsurare).

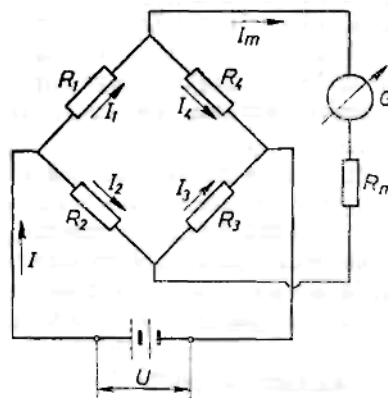


Fig. 1. Schema generală a punții Wheatstone.

Pentru stabilirea curentului I_m care trece prin instrumentul de măsură, se aplică legile lui Kirchhoff, rezultatul fiind șase ecuații cu șase necunoscute (curenții I_1 , I_2 , I_3 , I_4 din fiecare braț al punții, I — curentul din diagonala de alimentare și I_m) din rezolvarea căruia se obține:

$$I_m = U \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{R_m (R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_1 R_4 (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_1 + R_4)} \quad (1)$$

Diferența de potențial dintre punctele diagonalei de măsurare este:

$$U_m = R_m I_m = U \frac{R_m (R_1 R_3 - R_2 R_4)}{R_m (R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_1 R_4 (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_1 + R_4)} \quad (2)$$

Cu ajutorul relațiilor (1) și (2) se analizează majoritatea problemelor legate de metodele de măsurare cu punțile Wheatstone.

Dacă intensitatea curentului care trece prin diagonala de măsurare este nulă ($I_m=0$), atunci puntea este echilibrată, în care caz rezistențele punții trebuie să satisfacă condiția:

$$R_1 R_3 = R_2 R_4 \quad (3)$$

Orice modificare suferită de una din cele patru rezistențe va afecta starea de echilibru a punții (va dezechilibra puntea) avînd ca urmare trecerea unui curent prin diagonala de măsurare ($I_m \neq 0$), curent care caracterizează această modificare de rezistență și a cărei mărime este exprimată prin relația (1).

Dacă puntea este alimentată cu curent alternativ, brațele punții nu mai pot fi considerate

rezistențe ohmice, ci impedanțe de forma $Z = R + jX$. În acest caz, relația curentului ce trece prin instrumentul de măsură este analoagă cu (1), în care însă se înlocuiesc rezistențele, cu impedanțele corespunzătoare.

Metodele de măsurare cu puntea Wheatstone sunt următoarele:

- metoda punții echilibrate (metoda de zero);
- metoda punții dezechilibrate;
- metoda punții de referință.

Se analizează metodele punții Wheatstone în cazul conectării în circuit a traductoarelor rezistive la care modificarea rezistenței R cu ΔR , care provoacă variația tensiunii de ieșire din punte, este exprimată de relația:

$$\Delta R = KR_\varepsilon \quad (4)$$

în care:

K este constanta traductorului,

R - rezistența traductorului,

ε - deformația specifică ($\varepsilon = \Delta l/l$) în care Δl este deformația traductorului căreia îi corespunde variația de rezistență ΔR , iar l este lungimea inițială a firului.

Metoda punții echilibrate. Inițial puntea este echilibrată, deci curentul din diagonala de măsurare este nul ($I_m=0$). Variația ΔR a rezistenței traductorului creează dezechilibrarea punții ($I_m \neq 0$) și prin instrumentul de măsură trece un curent a cărei mărime este dată de relația (1). Pentru a se reechilibra puntea, se introduce în circuit o rezistență adițională, a cărei valoare este în funcție de variația rezistenței de echilibrat.

Metoda este precisă și se folosește la măsurări statice și la etalonarea captorilor.

Din condiția de echilibrare exprimată de relația (3), în cazul alimentării cu curent continuu, rezultă:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} \quad (5)$$

Iar în cazul alimentării cu curent alternativ:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_4}{Z_3} \quad (6)$$

deci rezistențele sau impedanțele din brațele alăturate trebuie să fie proporționale. Deci, pentru ca puntea să fie echilibrată, nu este necesar ca rezistențele sau impedanțele tuturor brațelor punții să fie egale între ele, fiind posibilă utilizarea unor traductoare de diferite rezistențe sau impedanțe, în funcție de condițiile și posibilitățile concrete de măsurare.

Echilibrarea punții - atât înainte de începerea măsurării, cât și după efectuarea acesteia - se poate face cu rezistențe variabile introduse în circuitul punții sau exterioare acestuia. În cazul introducerii rezistenței variabile în interiorul punții (fig. 2, a), aceasta se leagă în paralel cu brațul punții, deoarece, în cazul când ar fi conectată în serie, rezistența contactelor poate avea variații comparabile, ca ordin de mărime, cu variațiile utile ale rezistenței traductorului. Acest mod de echilibrare se folosește mai rar în măsurări directe, utilizându-se curent la etalonarea circuitelor și la determinarea constantei traductorului.

În construcția aparatelor de măsurare se utilizează metoda echilibrării punții cu rezistențe

exterioare acesteia, adică cu rezistența variabilă nefăcând parte din unul din brațele punții. În acest caz, rezistențele de contact fiind exterioare punții, nu intervin în condiția de echilibrare, existând totodată o foarte bună liniaritate între rezistența traductorului și cea a elementului de reglaj. Printre cele mai curențe scheme pentru echilibrarea cu rezistență exterioară punții este cea la care se folosește un potențiomtru montat în nodul diagonalei de măsurare (fig. 2, b).

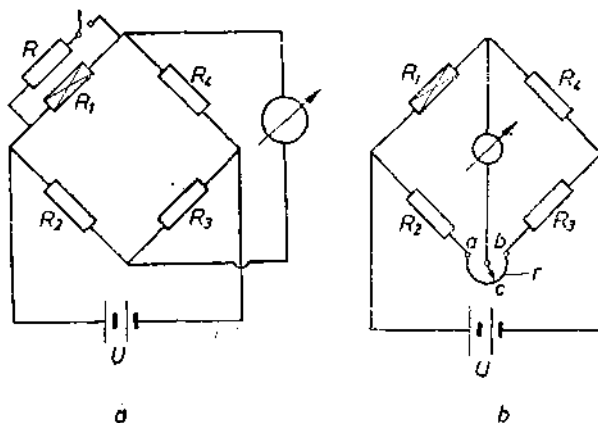


Fig. 2. Scheme de echilibrare a punții Wheatstone.

Notând cu r rezistența potențiomtrului și considerând că puntea este echilibrată când peria potențiomtrului se află în poziția a, rezultă egalitatea:

$$R_1(R_3 + r) = R_2 \cdot R_4 \quad (7)$$

Considerând rezistența traductorului R_1 , după deformarea acestuia rezistența se modifică cu ΔR_1 . Pentru ε se reechilibra puntea, peria potențiomtrului trebuie deplasată din punctul a, într-un punct notat pe figură cu c. Dacă se notează cu x rezistența potențiomtrului cuprinsă între a și c, la echilibrarea punții se obține:

$$(R_1 + \Delta R_1)(R_3 + r - x) = R_4(R_2 + x)$$

de unde:

$$x = \frac{(R_1 + \Delta R_1)(R_2 + r)}{R_1 + \Delta R_1 + R_4} \quad (8)$$

înlocuind în relația (8) egalitatea din (7), rezultă:

$$x = \Delta R_1 \frac{R_3 + r}{R_1 + \Delta R_1 + R_4} \quad (9)$$

Deoarece ΔR_1 este foarte mic față de suma $R_1 + R_4$, se poate neglija și relația (9), devine:

$$x \cong \Delta R_1 \frac{R_3 + r}{R_1 + R_4}$$

cea ce arată dependența liniară a variației ΔR_1 a rezistenței traductorului, cu rezistența de echilibrare x a potențiomtrului.

În general, pozițiile potențiomtrului sînt etalonate în funcție de mărimile rezistențelor ce formează brațele punții și de constanta traductorului, ceea ce permite determinarea directă a deformației specifice a traductorului corespunzătoare diferenței dintre poziția inițială a și cea finală c.

Metoda punții dezechilibrate. Asemănător metodei punții echilibrate și în acest caz, puntea

este inițial echilibrată, deci $I_m = 0$. Ca urmare a variației rezistenței ohmice a traductorului, în limite restrânse, apare o variație a intensității curentului ce trece prin diagonală de măsurare a punții și a diferenței de potențial dintre extremitățile acestei diagonale (fig. 3). Dacă pe diagonală de măsurare se conectează un instrument de măsură de impedanță mică (galvanometru) se măsoară intensitatea curentului ce trece prin această diagonală. Deoarece, după cum s-a precizat, variația de rezistență ΔR_1 a traductorului este foarte mică, în raport cu rezistența R_1 , neliniaritatea funcției $I_m = f(R_1)$, introduce erori de măsurare care se pot neglija. În mod practic, eroarea de neliniaritate nu depășește 0,3 ... 0,4% din valorile extreme ale domeniului de variație, ceea ce satisface cerințele de precizie ale tensometriei electrice.

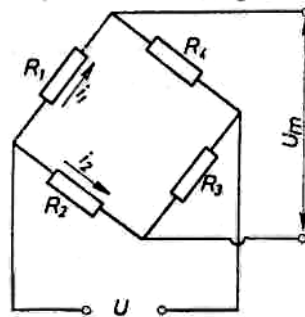


Fig. 3 Schema utilizării punții dezechilibrate

Proportionalitatea dintre alungirea (sau mărimea care o provoacă) și variația ΔR a rezistenței traductorului, pe de o parte și proportionalitatea dintre variația ΔR și intensitatea I_m , pe de altă parte, permite să se etaloneze scala instrumentului direct în valori ale mărimii de măsurat.

Dacă metoda punții dezechilibrate prezintă avantajul unei reduceri a timpului de efectuare a măsurării, deoarece nu este necesară decât o operație de echilibrare inițială a punții, în schimb are dezavantajul că valoarea curentului I_m , prin care se indică valoarea mărimii de măsurat, depinde de tensiunea U de alimentare a punții, indicațiile galvanometrului putând fi deci afectate de fluctuațiile valorii acestei tensiuni.

Punțile tensometrice moderne sunt prevăzute cu amplificator cu impedanță de intrare foarte mare și în acest caz, se măsoară (în loc de intensitatea curentului), diferența de potențial dintre extremitățile diagonalei de măsurare. De asemenea, prin etalonare se măsoară direct deformația sau mărimea care a creat-o.

În acest ultim caz, curentul pe diagonală de măsurare este neglijabil, iar diferența de potențial care se măsoară este exprimată de relația:

$$U_m = i_1 R_1 - i_2 R_2 \quad (10)$$

în care:

$$i_1 = \frac{U}{R_1 + R_4} \text{ și } i_2 = \frac{U}{R_2 + R_3} \quad (11)$$

Prin înlocuirea relațiilor (11) în (10) rezultă:

$$U_m = U \left(\frac{R_1}{R_1 + R_4} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \quad (12)$$

Când rezistența traductorului R_1 variază cu ΔR_1 atunci dependența exprimată prin relația (12) devine:

$$U_m + \Delta U_m = U \left(\frac{R_1 + \Delta R_1}{R_1 + \Delta R_1 + R_4} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \quad (13)$$

Ținând seama de valoarea lui U_m exprimată prin relația (12), după înlocuire și simplificări, rezultă:

$$\Delta U_m = U \frac{R_4 \Delta R_1}{(R_1 + \Delta R_1 + R_4)(R_1 + R_4)}$$

și după cum s-a precizat, ΔR_1 fiind foarte mic în comparație cu $R_1 + R_4$, se poate neglija valoarea lui de la numitor, obținându-se:

$$\Delta U_m = U \frac{R_4}{(R_1 + R_4)} \Delta R_1 \quad (14)$$

ceea ce exprimă liniaritatea funcției $\Delta U_m = f(\Delta R_1)$ dintre variația tensiunii măsurate și variația rezistenței traductorului (deci și a mărimii de măsurat sub acțiunea căreia se modifică rezistența traductorului). În majoritatea cazurilor, în cercetările experimentale, două sau toate brațele punții sînt constituite din traductoare. Cazul general este deci când cele patru brațe ale punții sînt formate din traductoare a căror rezistență variază din cauza deformației sau a variației de temperatură.

Pornind de la relația (12), dacă toate cele patru rezistențe ale punții variază, atunci U_m variază cu valoarea:

$$dU_m = \frac{\partial U_m}{\partial R_1} dR_1 + \frac{\partial U_m}{\partial R_2} dR_2 + \frac{\partial U_m}{\partial R_3} dR_3 + \frac{\partial U_m}{\partial R_4} dR_4$$

Calculând diferențiala, trecând la diferențele finite și neglijând în raport cu unitatea, valoarea coeficientului de neliniaritate (care depinde de variațiile rezistențelor R_1, R_2, R_3 și R_4) relația (15) devine:

$$\Delta U_m = U \frac{R_1 R_4}{(R_1 + R_4)} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right)$$

care este relația ce stă la baza amplasării traductoarelor pe piesa deformabilă și a conectării acestora în brațele punții. Relația (14) este un caz particular al relației (16), respectiv atunci când

$$\Delta R_2 = \Delta R_3 = \Delta R_4 = 0$$

Din relația (16) se observă că variații în același sens (pozitiv sau negativ) ale rezistențelor traductoarelor din brațele opuse ale punții (R_1 , și R_3 sau R_2 și R_4) se însumează, iar variațiile în același sens ale rezistențelor traductoarelor din brațe alăturate (R_1 și R_2) sau (R_3 , și R_4) se scad. Deci, puntea însumează deformațiile de semn contrar și scade între ele pe cele de același semn date de traductoarele conectate în brațe alăturate și respectiv adună deformațiile de același semn, iar pe cele de semn contrar le scade date de traductoarele conectate în brațe opuse.

În concluzie, folosirea a două sau mai ales a patru traductoare duce la mărirea sensibilității măsurării, dacă se conectează în brațe în mod convenabil. De asemenea, prin plasarea pe piesă și prin conectarea în punte a traductoarelor, se poate realiza nu numai mărirea sensibilității, ci și separarea unor componente ale solicitării sau compensarea deformațiilor datorate variației de temperatură a mediului ambiant.

Astfel, de exemplu, în cazul lamei încastrate solicitată la încovoiere de forțe F (fig. 4, a), dacă pe partea superioară a acesteia se aplică un traductor R_1 care se conectează într-unui din

brațele punții, celelalte brațe având rezistențe constante și egale cu R , (deci $R = R_1 = R_2 = R_3 = R_4$) pe baza relației (16) în care $\Delta R_1 = \Delta R_3 = \Delta R_4 = 0$, rezultă $\Delta U_m = \frac{1}{4} U \frac{\Delta R}{R}$ și ținând seama de relația (4) se obține $\Delta U_m = \frac{1}{4} UK$.

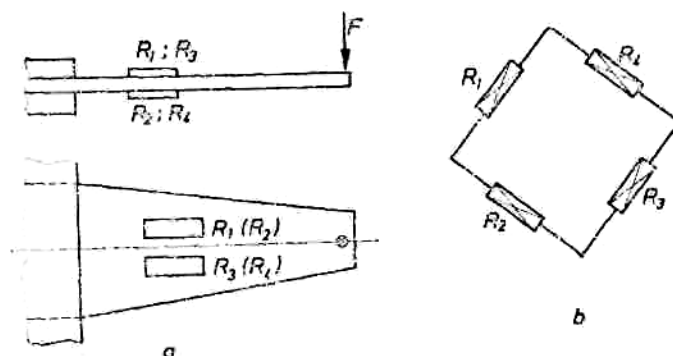


Fig. 4. Exemplu de plasare a traductoarelor și de legarea lor în punte, pentru mărirea sensibilității.

Dacă pe lamă se aplică patru traductoare, în modul arătat în figura 4, a, deci două pe suprafața superioară care vor fi supuse la întindere și două pe suprafața inferioară, care vor fi supuse la compresiune, conectarea în punte făcându-se ca în figura 4, b (traductoarele supuse la același fel de deformare sînt în brațe opuse ale punții, iar cele cu deformări de semne negative, în brațe alăturate), atunci din relația (16) rezultă $\Delta U_m = UK_\epsilon$. în condițiile când în ambele cazuri U și K au aceleași valori, pentru aceeași deformație s se obține o variație ΔU_m a tensiunii de patru ori mai mare decât în cazul precedent, sensibilitatea captorului mărindu-se deci de patru ori.

În figura 5 se dă un exemplu de selectare a mărimilor care se măsoară. Astfel, dacă lama este solicitată de forțele F și momentele M , în cazul când se urmărește măsurarea forței F , atunci se pot folosi două traductoare plasate pe cele două suprafețe și conectate în brațe opuse ale punții (fig. 5, a). Variația de tensiune, ca urmare a deformării create de forța F , este $\Delta U_m = \frac{1}{2} UK_\epsilon$, dacă rezistențele fixe ale punții se iau egale cu rezistențele traductoarelor ($R_1 = R_2 = R_3 = R_4$). Variația de tensiune ΔU_{mM} , ca urmare a deformării create de momentele M este nulă, deoarece $\Delta R_{1M} = -\Delta R_{3M}$. Pentru măsurarea momentelor M , se pot folosi două sau patru traductoare. În ultimul caz, două traductoare se aplică pe suprafața superioară, iar celelalte două pe suprafața inferioară, conectarea în punte făcându-se astfel încât traductoarele care se alungesc să fie în brațe opuse, iar cele care se comprimă să fie în celelalte două brațe ale punții (fig. 5, b).

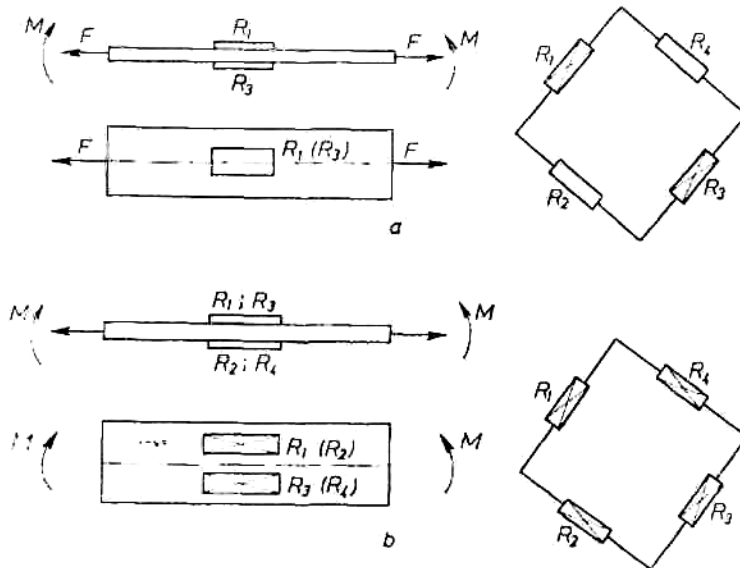


Fig. 5. Exemplu de plasare a traductoarelor și de legarea lor în punte pentru selectarea mărimilor de măsurat.

Pe baza relației (16), deoarece $\Delta R_{1F} = \Delta R_{2F} = \Delta R_{3F} = \Delta R_{4F}$, iar $\Delta R_{1M} = -\Delta R_{2M} = \Delta R_{3M} = -\Delta R_{4M}$, rezultă că $\Delta U_{mF} = 0$ și $\Delta U_{mM} = UK_\epsilon$. Se obține astfel măsurarea momentelor M cu maximum de sensibilitate. Dacă pe lamă se aplică numai traductoarele R_1 și R_2 , atunci $\Delta U_{mM} = \frac{1}{2}UK_\epsilon$ și de asemenea $\Delta U_{mF} = 0$.

Variația rezistenței traductorului este dată atât de alungirea ϵ a acestuia datorată alungirii piesei sub acțiunea mărimilor care o solicită, cit și de modificarea temperaturii mediului ambiant (de exemplu, pentru măsurarea forțelor de așchiere traductoarele se aplică pe un element elastic pe care se fixează cuțitul; acest element, în timpul măsurărilor își mărește temperatura, ca urmare a căldurii pe care o primește de la cuțit).

Variația rezistenței nu poate fi separată după cele două cauze care o determină. De aceea efectul variației rezistenței traductorului datorat modificării temperaturii trebuie să fie anulat, astfel încât la ieșirea din circuitul electric, semnalul transmis (tensiunea sau intensitatea curentului) să depindă numai de deformarea traductorului datorită mărimilor de măsurat. Această operație este cunoscută sub denumirea de compensarea influenței variației de temperatură și se poate realiza folosind traductoare speciale acestui scop sau numai cu ajutorul traductoarelor pentru măsurarea deformației. În primul caz se aplică traductorul de compensare, având caracteristicile identice cu traductorul de deformație, pe aceeași piesă, într-o zonă nedeformată sau pe o altă piesă având însă aceeași temperatură cu cea a zonei piesei pe care se află traductorul pentru măsurarea mărimii respective.

Acest traductor se conectează într-un braț al punții, alături de brațul în care se leagă traductorul de deformație. În felul acesta, pe baza relației (16), deoarece deformația celor două traductoare, datorată modificării temperaturii, are aceeași valoare, traductoarele fiind însă legate în brațe alăturate, variația tensiunii la capetele diagonalei de măsurare, ca urmare a modificării temperaturii mediului ambiant, va fi nulă.

Compensarea influenței variației temperaturii, fără a se utiliza traductoare speciale acestui scop, este posibilă atunci când pentru măsurarea mărimii care creează deformarea piesei se folosesc două sau patru traductoare, conectate în semipunte (în două brațe alăturate ale punții) sau în punte completă (exemplul din fig. 5, b). La bornele diagonale de măsurare, semnalul

electric datorat variației rezistenței traductoarelor ca urmare a modificării temperaturii lor, va fi nul.

Conectarea traductoarelor în punte se poate face după următoarele scheme:

- montajul în sfert de punte (fig. 6, a), când puntea este alcătuită dintr-un traductor tensometric exterior și trei rezistențe calibrate montate în aparat;
- montajul în semi-punte (fig. 6, b), când puntea este alcătuită din două traductoare tensometrice exterioare și două rezistențe calibrate aflate în aparat;
- montajul în punte completă (fig. 6, c) când în toate brațele punții se află conectate traductoare tensometrice.

Alegerea schemei de conectare se face în funcție de scopul măsurării, de natura traductoarelor și de faptul că efectele din două brațe adiacente ale punții se scad, iar efectele din două brațe opuse se adună.

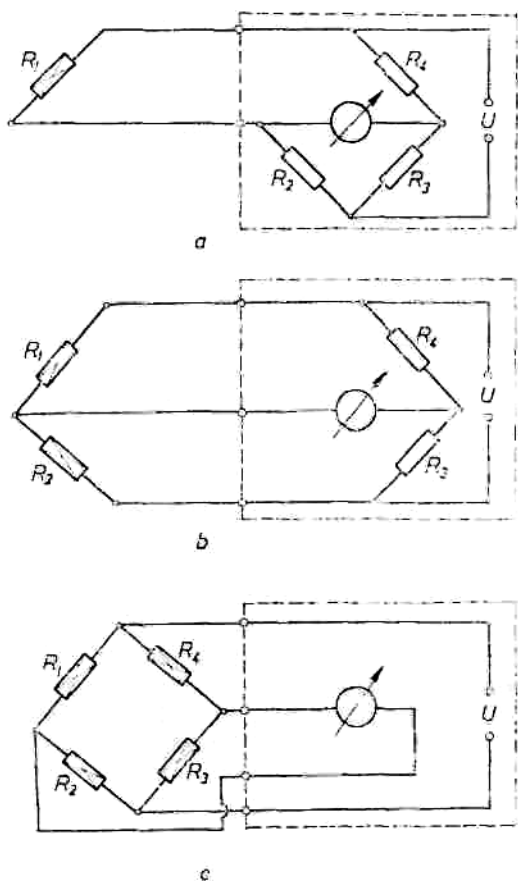


Fig. 6. Scheme de conectare a traductoarelor în punte.

În cazul când, în același braț al punții se montează mai multe traductoare (de exemplu n traductoare de rezistență R) nu se obține o creștere a sensibilității montajului, deoarece semnalul obținut este proporțional cu $n\Delta R/nR = \Delta R/R$.

Metoda punții de referință.

Aceasta este o metodă de zero la care echilibrarea punții de măsură I (fig. 7) nu se face printr-o rezistență variabilă, ci printr-un semnal egal și de semn contrar, dat de punte II. Este necesar ca tensiunile de alimentare ale celor două punți să fie egale, în acest scop introducându-se în circuite de alimentare rezistențele variabile R'_5 și R''_5 .

La începutul măsurării se reglează potențiometrul, astfel ca prin instrumentul de măsură să nu treacă nici un curent. Când rezistența R'_1 a traductorului își modifică valoarea, puntea se dezechilibrează. Reechilibrarea se face modificând rezistența R''_1 până ce instrumentul de măsură nu mai indică trecerea curentului.

Rezistența R'_1 este tot un traductor, lipit pe o lamelă, care poate fi deformată cu un șurub micrometric a cărei deplasare se etalonează în mod corespunzător.

Deplasarea șurubului micrometric se poate face manual sau printr-un servo-mecanism, care deplasează în același timp și un indicator pe cadranul unui aparat.

Metoda punții de referință se folosește pentru măsurări în regim static.

2. Circuitul potențiomtric

Este cel mai simplu circuit cu care se poate pune în evidență variația rezistenței ohmice a traductorului. Nu dă posibilitatea măririi sensibilității și selectării mărimii de măsurat, în modul în care se realizează acestea cu circuitul în punte. Circuitul potențiomtric este potrivit pentru măsurarea deformațiilor pur dinamice și total necorespunzător pentru măsurarea deformațiilor statice sau a componentei statice a solicitărilor combinate-statice și dinamice.

Circuitul este format din două rezistențe (fig. 7, a) din care una este rezistența de balast R_b , a cărei funcție principală este de a menține intensitatea curentului în circuit la o valoare relativ constantă și independentă de micile variații ale rezistenței traductorului R_t , care constituie cea de a doua rezistență a circuitului.

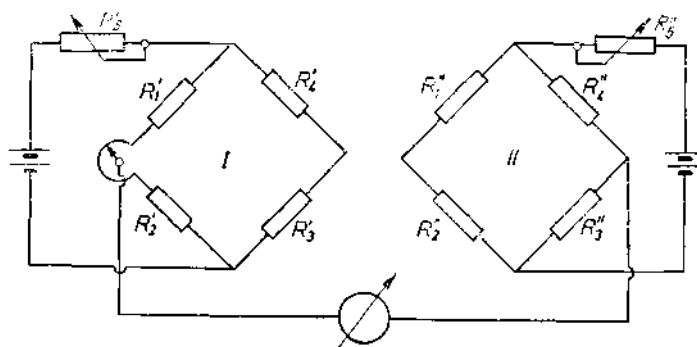


Fig. 7. Schema punții de referință.

În regim permanent, adică în condiții în care traductorul este nedeformat, tensiunea la bornele traductorului este:

$$U_m = E \frac{R_t}{R_b + R_t} \quad (17)$$

unde E este tensiunea de alimentare.

Dacă rezistența traductorului, datorită deformației specifice ε , variază cu ΔR_t , la ieșirea traductorului, pe lângă tensiunea constantă U_m apare și variația de tensiune ΔU_m . În condiții normale de măsurare ($R_t = 120 \dots 500 \Omega$, curentul care parcurge traductorul este până la 30 mA, deformația specifică este de ordinul $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-6}$ corespunzătoare oțelurilor cu efortul unitar $\sigma = 2 \cdot 10^8 \text{ daN/cm}^2$, constanta traductorului $K=2$), tensiunea constantă U_m este de $10^3 \dots 10^5$ ori mai mare decât variația de tensiune ΔU_m datorată variației rezistenței traductorului ΔR_t . Într-o astfel de situație ΔU_m nu poate fi sau este foarte greu sesizabil pe un instrument de măsurare.

De aceea este necesar ca, alimentând circuitul cu un curent continuu, să se blocheze componenta permanentă a tensiunii (corespunzătoare situației în care traductorul este nedeformat), mărindu-se doar componenta variabilă. Aceasta se realizează introducând un condensator între ieșirea circuitului potențiomtric și intrarea aparatului de amplificare sau măsurare (fig. 8, b). În acest fel circuitul servește în exclusivitate pentru măsurarea solicitărilor dinamice pure.

Diferențiind relația (17) și introducând diferențele finite, se obține:

$$\Delta U_m = E \frac{R_b}{(R_b + R_t)^2} \Delta R_t \quad (18)$$

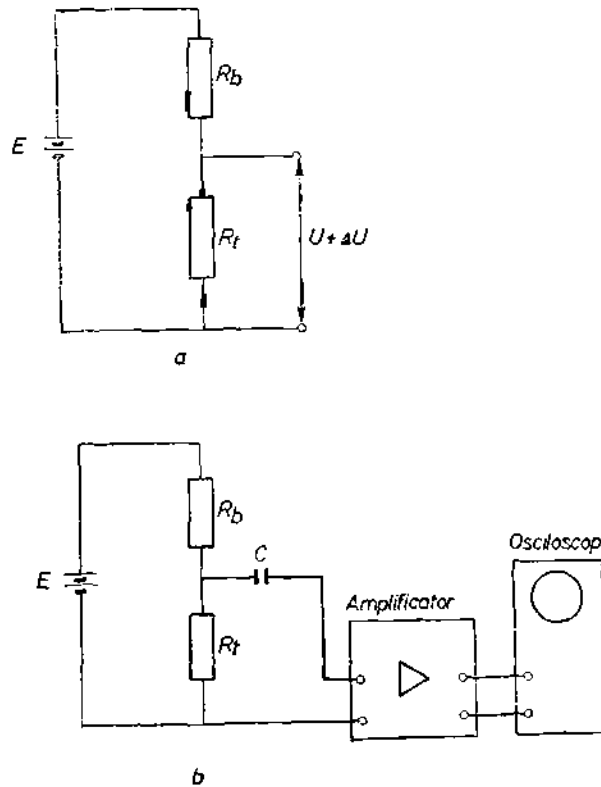


Fig. 8. Scheme ale circuitului potențiomtric.

Ținând seama de relația (4) între variația rezistenței și variația de-formației traductorului ($\Delta R_t = KRt_\varepsilon$), rezultă:

$$\Delta U_m = E \frac{R_b R_t}{(R_b + R_t)^2} K \varepsilon \quad (19)$$

care se mai poate scrie și sub forma:

$$\Delta U_m = E \frac{R_b / R_t}{(R_b / R_t + R_t)^2} K \varepsilon \quad (20)$$

Această relație care stă la baza realizării și utilizării circuitului potențiomtric, arată că variația tensiunii de ieșire este proporțională cu tensiunea de alimentare a circuitului, cu mărimea deformației specifice, cu constanta traductorului și cu o funcție de raportul R_b/R_t care este numit factor caracteristic al circuitului. În cazul particular în care R_b/R_t este egal cu unitatea, deci R_b/R_t , factorul caracteristic al a circuitului se reduce la valoarea 1/4 și variația tensiunii de ieșire devine:

$$\Delta U_m = \frac{1}{4} EK \varepsilon \quad (21)$$

Alegerea raportului R_b/R_t se face pe baza relației (20). După cum se vede, tensiunea de ieșire a circuitului potențiomtric nu variază liniar cu variația rezistenței traductorului, decât dacă această constantă este mică în raport cu rezistența de balast. Practic, neliniaritatea are valori neglijabile în cazul când raportul R_b/R_t este egal cu unitatea sau mai mare. Pe de altă parte, valoarea acestui raport este limitată în principal de tensiunea de alimentare a circuitului care trebuie să fie mult prea mare pentru a se putea menține o intensitate dată a curentului ce parcurge traductorul. În mod curent raportul R_b/R_t se află cuprins între 1 ... 3.

Dacă ceilalți parametri rămân constanți, tensiunea de ieșire variază liniar în funcție ele

intensitatea curentului I_t care parcurge traductorul, conform relației

$$E = I_t(R_b + R_t) \quad (22)$$

În consecință, valoarea semnalului ΔU_m poate fi mărită prin mărirea intensității curentului de alimentare. Acesta are însă o valoare limită superioară, dată de limita de încălzire a traductorului, care depinde de mai mulți factori ca: dimensiunile și forma traductorului, conductibilitatea termică a materialului din care se execută piesa pe care se lipește traductorul etc.

Din cele prezentate rezultă că, deși circuitul potențiomtric permite realizarea măsurărilor cu o instalație relativ simplă (amplificator și aparat de înregistrare), nu poate fi folosit decât la măsurări în regim dinamic, când interesează numai componenta variabilă a mărimii de măsurat.