

STUDIUL MĂRCII TENSOMETRICE (STRAIN GAGE)

Scopul lucrării

- studiul mărcii tensometrice ca și senzor
- studiul unor traductoare cu mărci tensometrice

Considerații teoretice

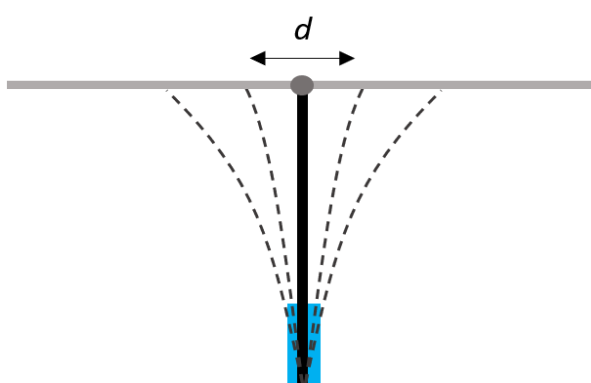
Printre traductoarele pentru măsurarea deformațiilor și tensiunilor mecanice un loc important îl ocupă traductoarele rezistive de tip tensometru. Acestea sunt traductoare analogice directe care oferă informații despre starea de deformare a unui corp solid, reprezentând o soluție standard, unanim acceptată pentru măsurarea deformațiilor, a stărilor de tensiune mecanică, a forțelor și a cuplurilor de forțe. Tensometrul cu fir metalic se obține prin lipirea pe un suport izolant a unui fir metalic cu rezistivitate mare, fir care constituie elementul activ al tensometrului. El se așează în zig-zag astfel încât o parte cât mai mare din lungimea sa să fie orientată în aceeași direcție. Datorită aspectului și dimensiunilor lor, aceste tipuri de traductoare mai poartă și denumirea sugestivă de mărci tensometrice. La tensometrul cu fir metalic factorii principali care determină variația rezistenței firului sunt dimensiunile geometrice care se modifică odată cu producerea deformării, iar dintre acestea o pondere determinantă o are variația lungimii firului deoarece dimensiunile transversale sunt foarte mici și variațiile lor sunt neglijabile.

Mărimile cele mai importante prin intermediul cărora sunt caracterizate performanțele tensometrelor sunt: **sensibilitatea, coeficientul de temperatură al rezistivității și liniaritatea.** **Sensibilitatea, S ,** a unei mărci tensometrice se definește ca fiind raportul dintre variația relativă a rezistenței și variația relativă a lungimii firului sau benzii metalice:

$$S = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{\Delta R}{R_0} \cdot \frac{L_0}{\Delta L}$$

unde R_0 și L_0 sunt valorile rezistenței, respectiv lungimii pentru marca nedeformată, ε reprezintă elongația, iar $\Delta R = R - R_0$ și $\Delta L = L - L_0$ reprezintă variația rezistenței, respectiv lungimii.

Mărcile tensometrice pot fi folosite și pentru măsurarea deplasărilor liniare dacă sistemul mecanic este construit corespunzător. În figura de mai jos este prezentată schema de principiu al traductorului de deplasare folosit în laborator. El este compus dintr-o lamelă metalică fixată la un capăt, iar capătul liber este legat de o tijă mobilă. De o parte și de alta a lamelei sunt lipite câte două mărci tensometrice, astfel încât pentru orice valoare nenulă a deplasării, d , datorită încovoierii lamelei, două mărci vor suferi compresie (elongație negativă), iar celelalte două vor suferi întindere (elongație pozitivă). Deplasarea tijei va provoca încovoierea lamelei cu o rază de curbură tot mai mică pe măsură ce valoarea deplasării crește. Dependența elongației, ε , de raza de curbură, r , poate fi scrisă astfel:



$$\varepsilon = \frac{t}{2r + t}$$

unde t reprezintă grosimea substratului mărcii. Pentru variații mici ale lui r , dependența elongației de raza de curbură poate fi considerată liniară. Pentru traductorul disponibil în laborator s-a determinat o variație de $100 \mu\epsilon$ a elongației pentru o deplasare a tijei de 1 mm. Astfel, putem să notăm dependența elongației de deplasare ca:

$$\varepsilon = kd$$

unde $k = 100 \mu\epsilon/\text{mm}$.

Materiale necesare

- echipament TQ

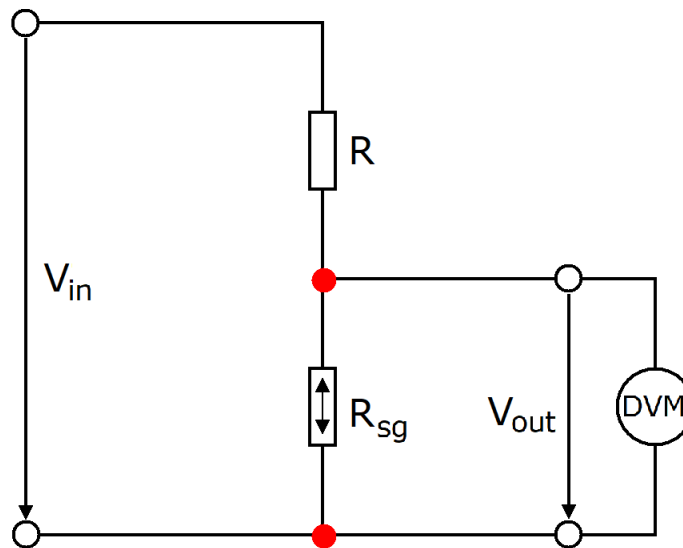
Metodologia efectuării lucrării

a) Marca tensometrică într-un divizor de tensiune

Rezistența mărcii tensometrice, R_{sg} , face parte dintr-un divizor de tensiune alimentat cu tensiunea V_{in} . Tensiunea la bornele mărcii tensometrice va fi:

$$V_{out} = \frac{V_{in}R_{sg}}{R_{sg} + R}$$

Cu alte cuvinte, ea este determinată de raportul dintre rezistența mărcii tensometrice și rezistența totală a circuitului.



- folosind conectorii, realizați montajul experimental din figura de mai sus;
- poziționați ansamblul liniar la mijlocul cursei sale, astfel încât lamela elastică pe care sunt montate mărcile tensometrice să nu fie tensionată;
- determinați valoarea rezistenței unei mărci tensometrice știind că $V_{in} = 5 \text{ V}$ și $R = 120 \Omega$.
- deplasați ansamblul liniar spre dreapta până la capăt, poziționând la 0 indicația de pe cadran. Notați valoarea tensiunii indicată de voltmetru.
- deplasați încet ansamblul liniar spre stânga, până la capătul cursei, observând variația tensiunii indicată de voltmetru.
- deplasați-l înapoi spre dreapta până la capăt observând variația tensiunii indicată de voltmetru;
- ce puteți spune despre variația tensiunii electrice pe marca tensometrică în timpul modificării poziției lamelei elastice pe care este lipită?

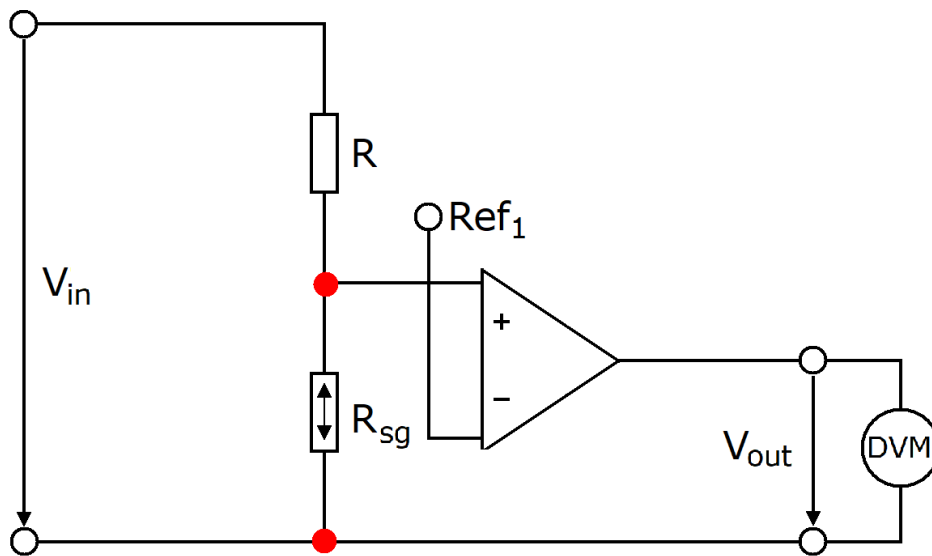
Atenție: nu forțați ansamblul liniar când ajunge la capetele cursei!

Pentru creșterea sensibilității și implicit a rezoluției traductorului putem amplifica semnalul de ieșire al divizorului folosind un amplificator diferențial.

- adăugați acum circuitului inițial un amplificator diferențial realizând conexiunile corespunzătoare și reglați ansamblul liniar astfel încât lamela elastică să fie netensionată;
- reglați la maximum câștigurile k_1 și k_2 ale amplificatorului;
- reglați valoarea tensiunii Ref_1 astfel încât tensiunea indicată de voltmetru să fie cât mai mică;
- din potențiometrul de compensare a tensiunii de offset aduceți tensiunea de ieșire la o valoare cât mai apropiată de 0 V;

Notă: dacă câștigul amplificatorului este maxim (100), reglajul este destul de dificil. La o diferență de potențial de 1 mV între cele două intrări, ieșirea amplificatorului va trece în saturație ($\pm 10V$).

- semnalul de ieșire va fi acum egal cu diferența dintre tensiunea pe potențiometrul și tensiunea de referință Ref_1 , amplificată foarte mult;
- variațiile tensiunii de ieșire vor fi determinate de modificarea raportului de divizare al potențiometrului ca urmare a deformării lamelei elastice și implicit a mărcii tensometrice;

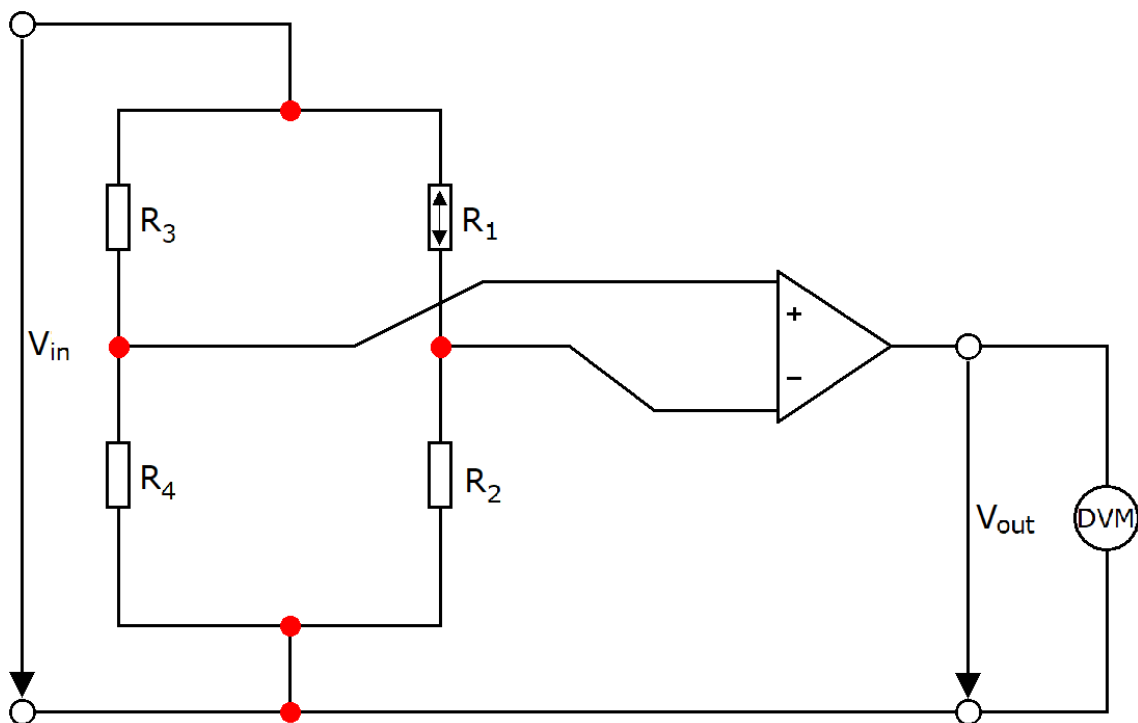


- deplasați ansamblul liniar spre dreapta, până la capătul cursei;
- deplasați apoi ansamblul liniar spre stânga (până la capătul cursei), cu pasul de 1 mm (o rotație completă a discului gradat), notând valorile tensiunii de ieșire;
- repetați operațiunile, deplasându-l în sens invers până la capăt;
- reprezentați pe același grafic cele două dependențe ale tensiunii de ieșire de deplasare;
- comentați liniaritatea, histerezisul și repetabilitatea rezultatelor măsurătorilor;
- comparați și comentați rezultatele măsurătorilor efectuate în cele două situații: cu și fără amplificatorul diferențial.

b) O marcă tensometrică într-o ramură a unei punți de curent continuu (Wheatstone)

Acest experiment reliefează performanțele sistemului de măsură cu marca tensometrică plasată în una din ramurile unei punți de curent continuu de tip Wheatstone, comparativ cu sistemul de măsurare cu divizor de tensiune.

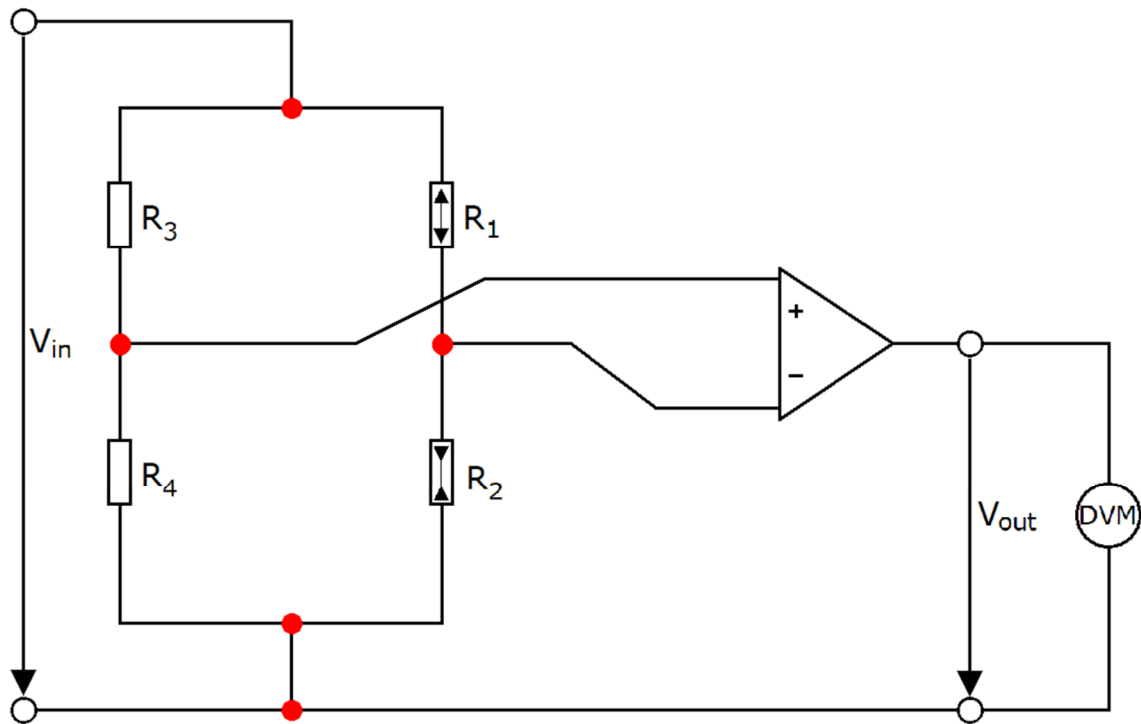
- folosind conectorii, realizați montajul experimental din figura de mai jos;
- reglați ansamblul liniar astfel încât lamela elastică să fie netensionată;
- din potențiometrul de compensare a tensiunii de offset aduceți tensiunea de ieșire la o valoare cât mai apropiată de 0 V;
- repetați succesiunea de operații descrise anterior, faceți reprezentarea grafică și comparați rezultatele cu cele precedente;
- determinați sensibilitatea sistemului de măsură.



c) Două mărci tensometrice în ramurile adiacente ale unei punți de curent continuu (Wheatstone)

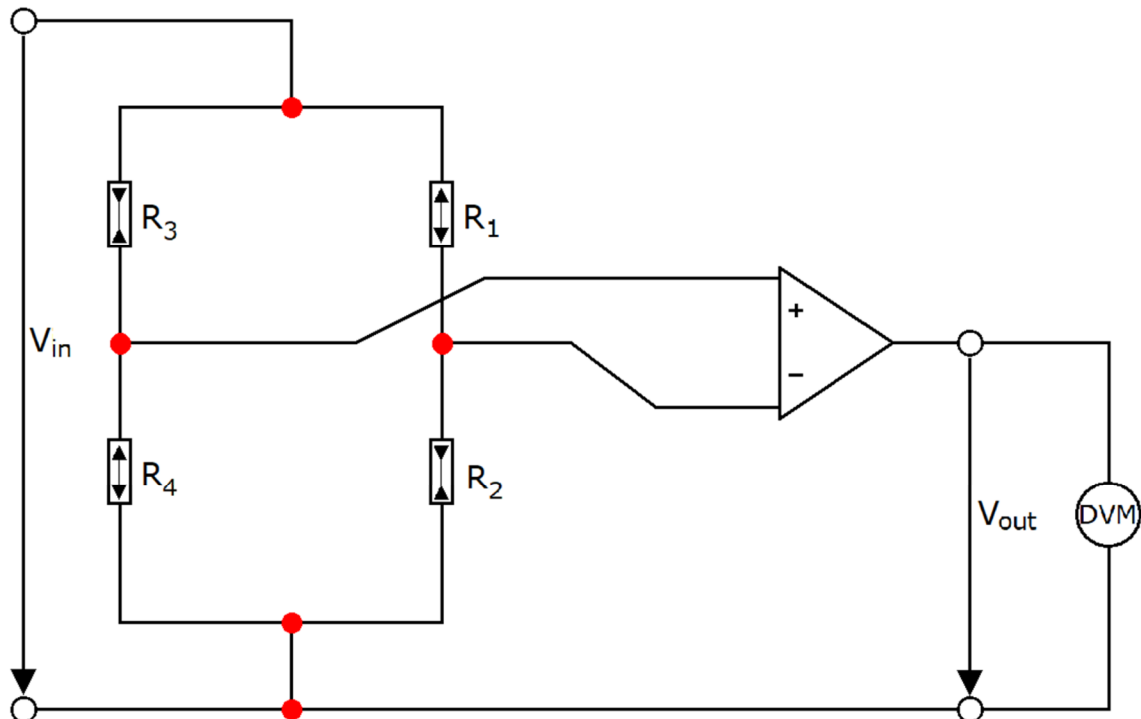
Acest experiment determină performanțele sistemului de măsură în care, în două din ramurile punții de curent continuu sunt plasate mărci tensometrice: una care se contractă și una care se dilată odată cu deformarea lamelei elastice pe care sunt lipite.

- folosind conectorii, realizați montajul experimental din figura de mai jos;
- reglați ansamblul liniar astfel încât lamela elastică să fie netensionată;
- din potențiometrul de compensare a tensiunii de offset aduceți tensiunea de ieșire la o valoare cât mai apropiată de 0 V;
- repetați succesiunea de operații descrise anterior, faceți reprezentarea grafică și comparați rezultatele cu cele precedente;
- determinați sensibilitatea sistemului de măsură și scrieți ecuația care face legătura dintre tensiune și deplasare.



d) Puntea tensometrică

Acest experiment determină performanțele sistemului de măsură în care, în toate cele patru ramuri ale punții de curent continuu sunt plasate mărci tensometrice: două care se contractă și două care se dilată odată cu deformarea lamelei elastice pe care sunt lipite.



- folosind conectorii, realizați montajul experimental din figura de mai sus;
- reglați ansamblul liniar astfel încât lamela elastică să fie netensionată;
- din potențiometrul de compensare a tensiunii de offset aduceți tensiunea de ieșire la o valoare cât mai apropiată de 0 V;
- repetați succesiunea de operații descrise anterior, faceți reprezentarea grafică și comparați rezultatele cu cele precedente;
- determinați sensibilitatea sistemului de măsură și scrieți ecuația care face legătura dintre tensiune și deplasare.