

STUDIUL MĂRCII TENSOMETRICE (STRAIN GAGE) – PARTEA I

Scopul lucrării

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

Consideraţii teoretice

Printre traductoarele pentru măsurarea deformaţiilor şi tensiunilor mecanice un loc important îl ocupă traductoarele rezistive de tip tensometru. Acestea sunt traductoare analogice directe care oferă informaţii despre starea de deformare a unui corp solid, reprezentând o soluţie standard, unanim acceptată pentru măsurarea deformaţiilor, a stărilor de tensiune mecanică, a forţelor şi a cuplurilor de forţe. Tensometrul cu fir metalic se obţine prin lipirea pe un suport izolan a unui fir metalic cu rezistivitate mare, fir care constituie elementul activ al tensometrului. El se aşează în zig-zag astfel încât o parte cât mai mare din lungimea sa să fie orientată în aceeaşi direcţie. Datorită aspectului şi dimensiunilor lor, aceste tipuri de traductoare mai poartă şi denumirea sugestivă de mărci tensometrice. La tensometrul cu fir metalic factorii principali care determină variaţia rezistenţei firului sunt dimensiunile geometrice care se modifică odată cu producerea deformării, iar dintre acestea o pondere determinantă o are variaţia lungimii firului deoarece dimensiunile transversale sunt foarte mici şi variaţiile lor sunt neglijabile.

Mărimile cele mai importante prin intermediul cărora sunt caracterizate performanţele tensometrelor sunt: **sensibilitatea, coeficientul de temperatură al rezistivităţii şi liniaritatea. Sensibilitatea, S** , a unei mărci tensometrice se defineşte ca fiind raportul dintre variaţia relativă a rezistenţei şi variaţia 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 şi L_0 sunt valorile rezistenţei, respectiv lungimii pentru marca nedeformată, ε reprezintă elongaţia, iar $\Delta R=R-R_0$ şi $\Delta L=L-L_0$ reprezintă variaţia rezistenţei, respectiv lungimii.

Materiale necesare

- computer
- programul Micro-cap 12
- programul Scidavis

Metodologia efectuării lucrării

a) Studiul mărcii tensometrice ca şi senzor

În lucrarea de faţă vom studia următoarele mărci tensometrice:

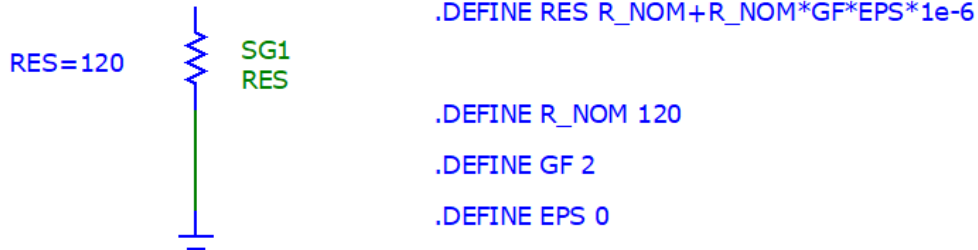
- SGD-6/120-LY13 (grupa 1).
- SGD-7/350-LY11 (grupa 2).
- SGD-7/1000-LY11 (grupa 3).
- SGD-150/240-LY40 (grupa 4).

Pentru modelarea mărcilor tensometrice în Micro-Cap va trebui să introducem nişte comenzi .DEFINE care determină variaţia rezistenţei mărcii în funcţie de ceilalţi parametri exteriori: forţă, elongaţie, deplasare.

- se notează datele de catalog ale mărcii, cu specificaţia semnificaţiei lor: materialul firului metalic, grosimea substratului, dimensiunile substratului, dimensiunile grilei metalice, rezistenţa

nominală (R_{nom}), elongația maximă (ϵ_{max}), sensibilitatea (gage factor, GF) și tensiunea maximă de alimentare (V_{exc}^{max}).

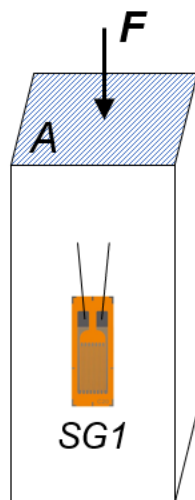
- se realizează montajul de mai jos în Micro-cap 12, SG1 reprezentând marca tensometrică. Rezistența nominală a mărcii se va alege conform datelor din catalog. În figură este reprezentată o marcă tensometrică având o rezistență nominală de 120 Ω .
- se realizează analiza DC a circuitului, variind parametrul EPS (elongația) între limitele maxime date în catalog, $\pm\epsilon_{max}$, cu pas de 100 $\mu\epsilon$. Notați faptul că în comanda .DEFINE, elongația trebuie introdusă în unități de microstrain ($\mu\epsilon$). De exemplu, o elongație de 0.01 este egală cu 10000 $\mu\epsilon$.
- se reprezintă grafic dependența rezistența mărcii $R(SG1)$ în funcție de elongația EPS .



- determinați sensibilitatea mărcii tensometrice studiate în $\Omega/\mu\text{strain}$, respectiv $\Omega/\text{mstrain}$.
- care este rezoluția mărcii dacă pentru măsurarea rezistenței acesteia folosim un ohmmetru cu precizie de 0.1 Ω ? Dar dacă folosim un ohmmetru cu precizie de 1 Ω ?
- comentați asupra liniarității caracteristicii rezistență-elongație. Este liniară? De ce? Folosiți-vă de cunoștințele dobândite până acum la curs/seminar.

b) Traductor de forță cu marcă tensometrică

Dacă o marcă tensometrică este lipită de una din fețele laterale ale unui solid ca în figura de mai jos, putem determina valoarea forței care acționează asupra solidului. Forța F ce acționează asupra solidului va provoca o elongație ϵ a materialului și va duce la apariția unei tensiuni mecanice σ . Dacă știm valoarea modului lui Young, E , și a ariei secțiunii transversale a corpului, A , măsurând elongația, putem să determinăm valoarea forței care acționează asupra corpului.

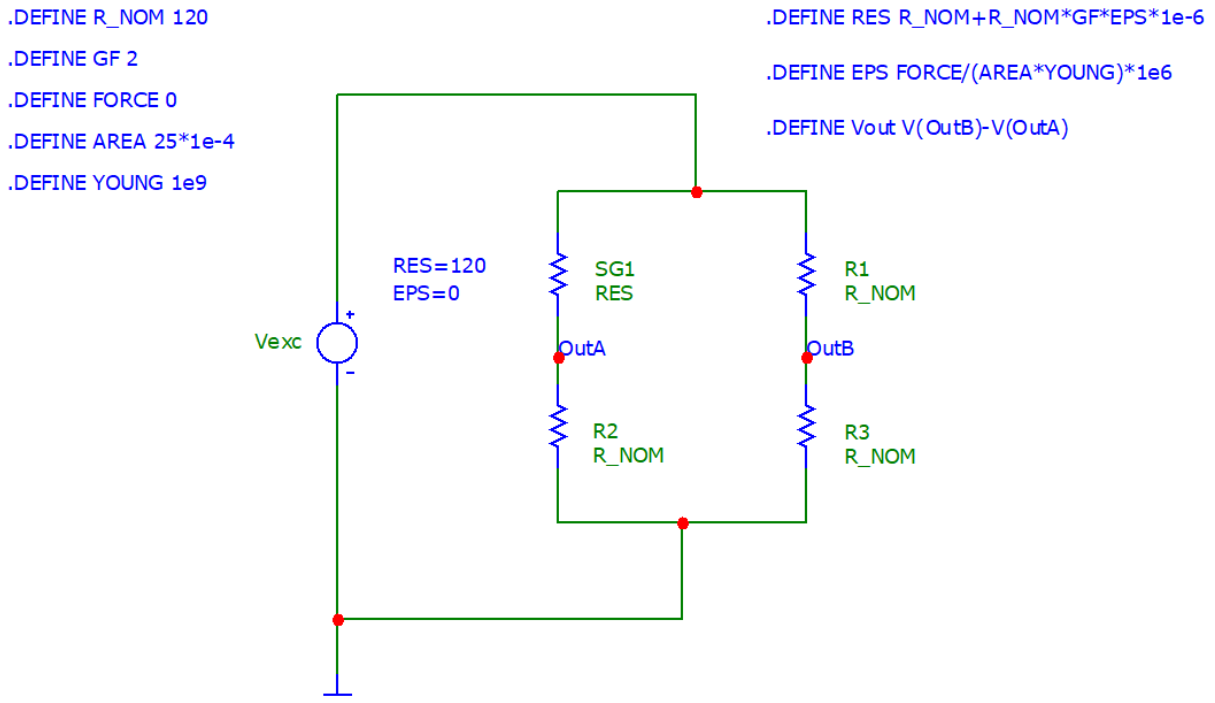


$$F = A\sigma$$

$$\sigma = E\epsilon$$

$$\epsilon = \frac{F}{AE}$$

- marca tensometrică studiată mai sus este lipită de faţa unui corp având aria secţiunii transversale $A = 25 \text{ cm}^2$ şi modul de elasticitate $E = 1 \text{ GPa}$.
- se realizează montajul de mai jos în Micro-cap 12, SG1 reprezentând marca tensometrică. Rezistenţa nominală a mărcii se va alege conform datelor din catalog. Rezistenţele R_1 , R_2 şi R_3 sunt rezistenţe fixe egale cu valoarea nominală a rezistenţei mărcii. Observaţi faptul că au fost adăugaţi câţiva parametri noi: $AREA$, $FORCE$, respectiv $YOUNG$, reprezentând aria secţiunii transversale a corpului, forţa aplicată, respectiv modulul lui Young. S-a mai adăugat şi parametrul V_{out} , reprezentând tensiunea de ieşire, acesta fiind definit ca diferenţa dintre tensiunile nodurilor OutB şi OutA.
- se realizează analiza DC a circuitului, menţinând $V_{exc} = 5 \text{ V}$ şi variind parametrul $FORCE$ între 0 şi 1000 N cu un pas de 1 N.
- se reprezintă grafic dependenţa tensiunii de ieşire V_{out} în funcţie de valoarea forţei aplicate, $FORCE$.
- determinaţi sensibilitatea traductorului în V/N.
- care este rezoluţia traductorului dacă pentru măsurarea tensiunii de ieşire folosim un milivoltmetru cu o precizie de 1 mV?

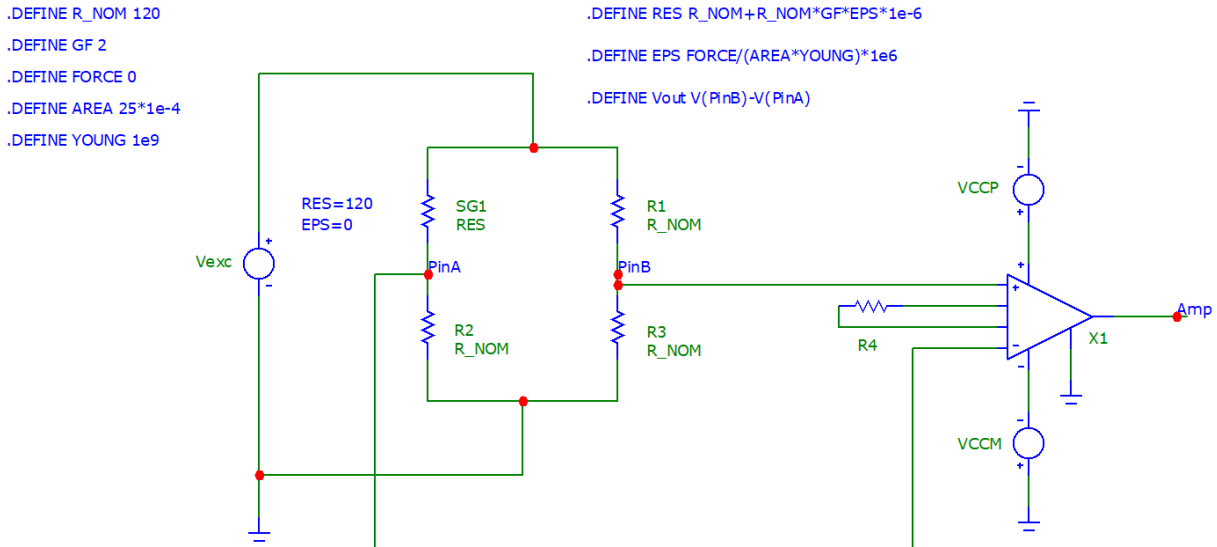


- se realizează analiza DC a circuitului de mai sus, variind în cadrul aceleiaşi analize V_{exc} între 1 V şi V_{exc}^{max} cu pas ales astfel încât să aveţi cel puţin 4 valori, respectiv parametrul $FORCE$ între 0 şi 1000 N cu pas de 1 N.
- se reprezintă grafic dependenţa sensibilităţii de V_{exc} . Încercaţi să explicaţi această dependenţă folosind cunoştinţele dobândite la curs/seminar.

Să presupunem că dorim să măsurăm forţa cu o rezoluţie de 1 N folosind acest traductor, însă avem la dispoziţie numai un voltmetru cu o precizie de 0.01 V. Pentru a rezolva această problemă vom folosi un amplificator de instrumentaţie AD620 pe care îl vom alimenta simetric cu $\pm 15 \text{ V}$.

- se realizează montajul de mai jos în Micro-cap 12. Rezistenţa nominală a mărcii se va alege conform datelor din catalog.
- determinaţi valorile optime ale tensiunii de alimentare a punţii, V_{exc} , respectiv factorului de amplificare al amplificatorului de instrumentaţie pentru a obţine rezoluţia necesară.
- determinaţi valoarea rezistenţei de gain, R_4 , pentru a obţine factorul de amplificare dorit. Dependenţa factorului de amplificare de rezistenţa de gain este dată în datasheet.

- se realizează analiza DC a circuitului de mai jos, variind parametrul *FORCE* între 0 și 1000 N cu pas de 1 N.
- reprezentați grafic dependența $V(\text{Amp})$ în funcție de parametrul *FORCE*.
- determinați sensibilitatea traductorului și rezoluția acestuia ținând cont că avem la dispoziție numai un voltmetru cu o precizie de 0.01 V.
- explicați rezultatele obținute folosindu-vă de cunoștințele dobândite la curs/seminar.



Temă Bonus (facultativă): Dorim să conectăm ieșirea acestui traductor la un sistem Arduino Uno pentru a putea face măsurători de forță asistate de calculator, care permit și achiziția automată a datelor. Sistemul Arduino Uno are un convertor analog-digital pe 10 biți (deci o precizie de 5 mV) ce poate citi o tensiune maximă de 5 V. Cum vor fi afectate limitele de măsură, respectiv rezoluția în acest caz? De ce?