Problema 1

Traductorul tensometric (TER) se echivalează cu un conductor electric de lungime ***L***, diametrul firului ***D***, rezistivitatea ***ρ*** a materialului**.**

Se cere:

a) să se determine relația de calcul a variației relative a rezistenței electrice a conductorului $\frac{\Delta R}{R}$ ca urmare a parametrilor geometrici şi de material. Coeficientul lui Poisson se defineşte ca fiind $\mu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = -\frac{dD/D}{dL/L}$

b) care este deformația specifică a lungimii firului dacă:
- se neglijează variația parametrilor de material;
- variația rezistenței de valoare nominală $R = 350\ \Omega$ este $\Delta R = 1000 \cdot 10^{-6}\ \Omega$
- coeficientul lui Poisson pentru materialul firului este $\mu = 0.5$

Soluție

a) Rezistența electrică a conductorului este:

$$R = \rho\frac{L}{A} = \rho\frac{L}{\pi D^2/4} = \frac{4\rho L}{\pi D^2} \tag{1}$$

Rezistența este astfel o funcție $R = R(L, \rho, d)$ şi în consecință:

$$dR = \frac{\partial R}{\partial L}\cdot dL + \frac{\partial R}{\partial \rho}\cdot d\rho + \frac{\partial R}{\partial D}\cdot dD \tag{2}$$

unde prin utilizarea relației (1) se determină:

- $\frac{\partial R}{\partial L} = \frac{\partial}{\partial L}\left(\frac{4\rho L}{\pi D^2}\right) = \frac{4\rho}{\pi D^2}$
- $\frac{\partial R}{\partial \rho} = \frac{\partial}{\partial \rho}\left(\frac{4\rho L}{\pi D^2}\right) = \frac{4L}{\pi D^2}$ **(3)**
- $\frac{\partial R}{\partial D} = \frac{\partial}{\partial L}\left(\frac{4\rho L}{\pi D^2}\right) = -\frac{8\rho L}{\pi D^3}$

Pe baza relațiilor (3) se poate determina o nouă formă pentru relația (2):

$$dR = \frac{4\rho}{\pi D^2}\cdot dL + \frac{4L}{\pi D^2}\cdot d\rho - \frac{8\rho L}{\pi D^3}\cdot dD \tag{4}$$

Utilizând relația (4) şi (1) se obține:

$$\frac{dR}{R} = \frac{\frac{4\rho}{\pi D^2}}{\frac{4\rho L}{\pi D^2}}\cdot dL + \frac{\frac{4L}{\pi D^2}}{\frac{4\rho L}{\pi D^2}}\cdot d\rho - \frac{\frac{8\rho L}{\pi D^3}}{\frac{4\rho L}{\pi D^2}}\cdot dD = \frac{dL}{L} + \frac{d\rho}{\rho} - 2\frac{dD}{D} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dL}{L}\cdot\left(1 - \frac{2\frac{dD}{D}}{\frac{dL}{L}}\right) = \tag{5}$$

$$= \frac{d\rho}{\rho} + \varepsilon\cdot(1 + 2\mu)$$

b) Pe relației **(5)** şi a datelor inițiale se determină:

$$\varepsilon = \frac{dR/R}{1+2\mu} = \frac{\frac{1000\cdot 10^{-6}}{350}}{1 + 2\cdot 0.5} = \frac{\frac{1000\cdot 10^{-6}}{350}}{2} = \frac{1000\cdot 10^{-6}}{700} = 1.428\cdot 10^{-6}\ [m/m] = 1.428\ [\mu m/m]$$

Problema 2

Factorul de tensosensibilitate al unui traductor tensometric (TER) se defineste ca fiind:

$$K = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon} = 1 + 2\mu + \frac{\Delta\rho / \rho}{\varepsilon}$$

unde: μ – este coeficientul lui Poisson pentru materialul conductorului; ε – este deformația specifică $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$; ρ – este rezistivitatea materialului.

Se cere:

a) Să se determine valoarea coeficientului de tensosensibilitate pentru un traductor TER cu $\mu = 0.5$ şi o variație neglijabilă a parametrilor de material (variația rezistivității);

b) Să se determine deformația specifică ***ε*** dacă lungimea conductorului este $L = 50 \cdot 10^{-3}\ [m]$ iar alungirea firului $\Delta L = 50 \cdot 10^{-9}\ [m]$;

c) Să se determine variația rezistenței R în condițiile pct.**a** şi o valoare nominală a rezistenței $R = 300\ \Omega$.

Soluție

a. Din relația de definiție se obține pentru condițiile impuse:

$$K = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon} = 1 + 2\mu + \frac{\Delta\rho / \rho}{\varepsilon} = 1 + 2 \cdot 0.5 + \frac{0}{\varepsilon} = 1 + 1 = 2$$

b. $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{50 \cdot 10^{-9}}{50 \cdot 10^{-3}} = 10^{-6}\ [m/m] = 1\ [\mu m/m]$

b. Pe baza valorii anterioare şi a relației de definiție se determină:

$$\Delta R = KR\varepsilon = 2 \cdot 300 \cdot 10^{-6} = 600 \cdot 10^{-6}\ \Omega$$

Problema 3

Un traductor TER este lipit pe un element elastic solicitat de o forță exterioară. Circuitul de măsurare a forței este în sfert de punte Wheatstone unde cele patru rezistențe sunt: $R_1 = R_{TER} = 600\ \Omega$ şi rezistențele calibrate ale aparatului de măsurare $R_2 = R_3 = R_4 = R_1$. Tensiunea de alimentare a circuitului este $U_i = 10\ V$. Semnalul de ieşire obținut este $U_e = 5\ mV = 5 \cdot 10^{-3}\ V$. Se cere să se determine:

a) Realizați schema circuitului de măsurare;

b) Variația rezistenței traductorului TER pentru condițiile date ?

c) Care este deformația specifică a elementului elastic dacă K = 2 ?

Soluție

a) *Vezi cursul*

b) Se cunoaşte (vezi problema 2) relația:

$$K = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon}$$

Se cunoaşte relația de definire a tensiunii de dezechilibru:

$$U_e = \frac{1}{4} \cdot U_i \cdot N \cdot K \cdot \varepsilon \quad [V]$$

unde: U_i – tensiunea de alimentare a circuitului de măsurare [V]; N – factorul de punte [-]; K – factorul de tensosensibilitate [-]; ε – deformaţia specifică [m/m].

Pentru montajul în sfert de punte factorul punţii este N = 1 şi ca urmare tensiunea de dezechilibru a punţii de măsură este:

$$U_e = \frac{1}{4} \cdot U_i \cdot N \cdot K \cdot \varepsilon = \frac{1}{4} \cdot U_i \cdot K \cdot \varepsilon = \frac{1}{4} \cdot U_i \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

Din relaţia anterioară se poate determina:

$$\Delta R = \frac{4R \cdot U_e}{U_i} = \frac{4 \cdot 600 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{10} = 1.2\ \Omega$$

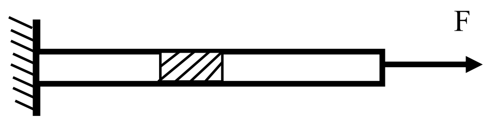
c) Deformaţia specifică se poate determina ca fiind:

$$\varepsilon = \frac{\Delta R / R}{K} = \frac{1.2 / 600}{2} = 10^{-3}\ [m/m] = 10^3\ [\mu m/m]$$

Problema 4

Un traductor TER este lipit pe o bară de secţiune dreptunghiulară (20 x 10) mm (vezi figura) (E = 10^{11} N/m^2) care este solicitată axial de o forţă F = 1 kN. Să se determine:

a) Variaţia rezistenţei traductorului TER în condiţiile date; Rezistenţa nominală este R = 350 Ω, μ = 0.5 şi K = 2.
b) Să se prezinte dispunerea traductorului pe bară şi schema de măsurare pentru varianta semi-punte Wheatstone. Care este semnalul de ieşire dacă U_i = 10 V.



Soluţie

a) Aria secţiunii transversale a barei este:

$$A = b \cdot h = 20 \cdot 5 = 100\ mm^2 = 100 \cdot 10^{-6}\ m^2 = 1 \cdot 10^{-4}\ m^2$$

Efortul de întindere în bară este:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1000}{1 \cdot 10^{-4}} = 1 \cdot 10^7\ [N/m^2]$$

şi ca urmare deformaţia specifică:

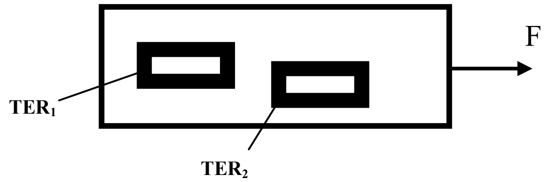
$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{10^7}{2 \cdot 10^{11}} = 0.5 \cdot 10^{-4} = 50 \cdot 10^{-6}\ [m/m] = 50\ [\mu m/m]$$

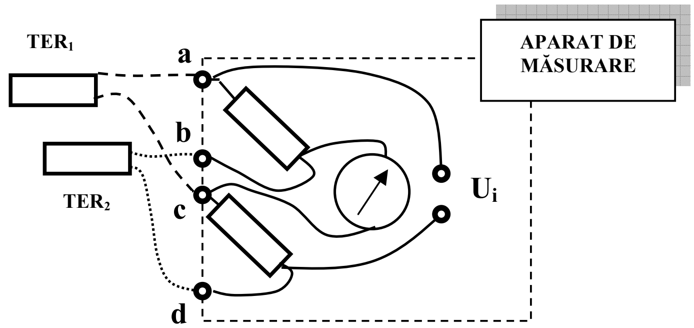
Variaţia rezistenţei este în acest caz:

$$\Delta R = KR\varepsilon = 2 \cdot 350 \cdot 0.5 \cdot 10^{-4} = 0.035\ \Omega$$

b)

Varianta 1

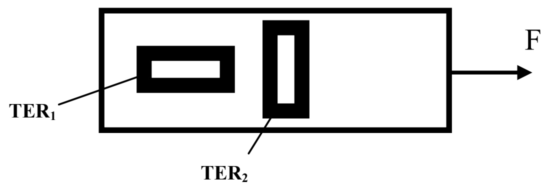


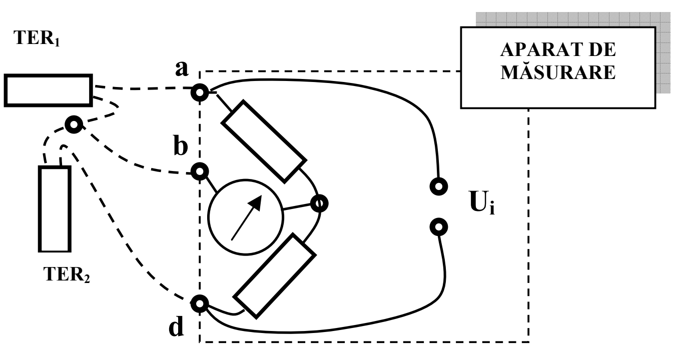


Factorul de punte în acest caz este N = 2 (două traductoare montate cu axa sensibilă longitudinală pe direcţia forţei).

$$U_e = \frac{1}{4} \cdot U_i \cdot N \cdot K \cdot \varepsilon = \frac{1}{4} \cdot 10 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0.5 \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10^{-4}\ V = 0.5\ mV$$

Varianta 2



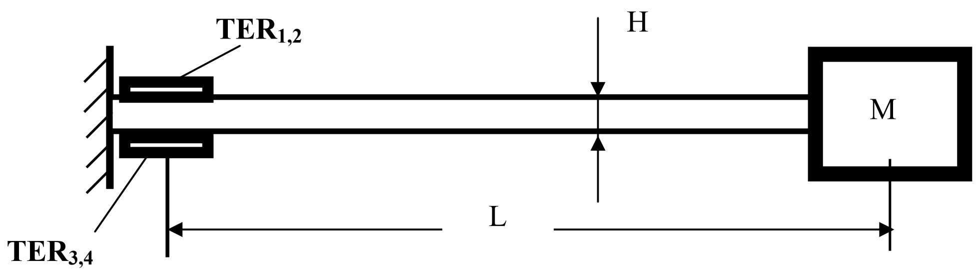


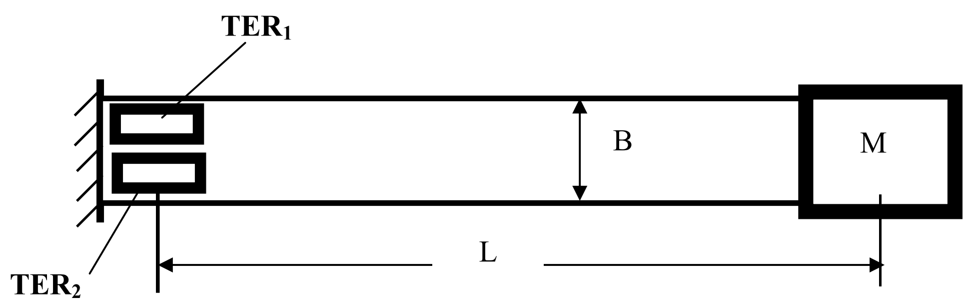
Factorul de punte în acest caz este $N = 1 + \mu = 1 + 0.5 = 1.5$ (un traductor montat cu axa sensibilă longitudinală pe direcţia forţei şi unul cu axa transversală pe direcţia forţei).

$$U_e = \frac{1}{4} \cdot U_i \cdot N \cdot K \cdot \varepsilon = \frac{1}{4} \cdot 10 \cdot 1.5 \cdot 2 \cdot 0.5 \cdot 10^{-4} = 3.75 \cdot 10^{-4}\ V = 0.375\ mV$$

Probleme propuse

1. Schema principială a unui sensor de accelerație este prezentat în figură: forța de inerție dezvoltată asupra masei M este pusă în evidență de traductoarele TER ca urmare a solicitării mecanice aasupra barei elastice. Să se determine care este semnalul de ieşire din puntea Wheastone (completă) utilizată. Utilizați notațiile uzuale necesare în mod suplimentar şi explicați rolul acestora şi unitățile de măsură.





2. Comportarea unui produs industrial (fermuar) se analizează prin determinarea efectului unei forțe asupra acestuia. Care este relația dintre rigiditatea senzorului de forță şi a produsului.