

Cognome.....Nome.....Matricola.....Firma.....

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello del 18 settembre 2014

DOMANDE

NB Ci si attendono risposte complete ed approfondite ad ogni singola domanda

1. La misura della temperatura: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Studio della indicazione di un termometro per variazioni periodiche della temperatura da misurare.
3. Le misure di forza: trasduttori e loro caratteristiche

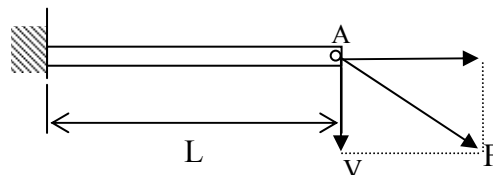
PROBLEMA A

NB Ci si aspetta che vengano raggiunti tutti i risultati numerici richiesti

Un ponte di Wheatstone è dedicato alla misura della componente verticale V della forza che agisce nel punto A (estremità) sulla trave in figura. Gli estensimetri a disposizione hanno le seguenti caratteristiche $R=120\ \Omega \pm 0.5\%$, $G_f=1.98 \pm 0.5\%$, $k_f=5.0\ \mu\text{m}/(\text{m}\ ^\circ\text{C})$. La trave è in acciaio ($E=205\ \text{GPa}$), con $L=300\ \text{mm}$, sezione rettangolare ($b=30\ \text{mm}$, $h=7\ \text{mm}$). Si supponga di avere la tensione di alimentazione del ponte di $5\ \text{V}$.

Si ricorda che la deformazione superficiale ε prodotta da un momento flettente M_f si calcola con $\varepsilon=M_f/(E W)$, dove $W=1/6 b h^2$ è il momento di resistenza alla flessione della sezione della trave.

4. Dopo aver analizzato la struttura in esame, decidere la disposizione *ottimale* degli estensimetri: il loro numero, collocazione, orientamento, collegamento sul ponte.
5. Calcolare la sensibilità del ponte realizzato.
6. Si vuole aumentare la sensibilità del ponte tramite un amplificatore di tensione di guadagno G ignoto. Pertanto si esegue la taratura del ponte con una resistenza di Shunt di $75\ \text{k}\Omega$, che produce uno sbilanciamento di $3.557\ \text{V}$. Si richiede il valore del guadagno G e la nuova sensibilità del sistema di misura.
7. Determinare la forza verticale V , avendo fatto l'azzeramento del ponte a 20°C , e misurando uno sbilanciamento di $0.57\ \text{V}$ con il ponte a 70°C .



PROBLEMA B

Si vuole acquisire il seguente segnale (espresso in volt) con una scheda a 12 bit e fondo scala $\pm 10\ \text{V}$:

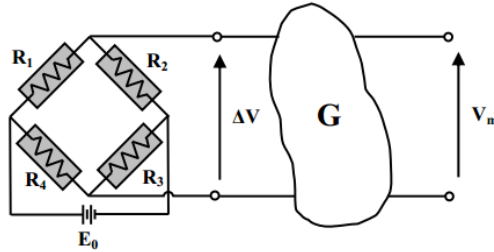
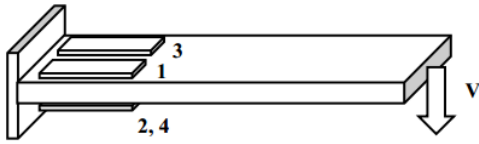
$$y(t)=4 \sin 8\pi t + 0.02 \sin 26\pi t + 3 \cos 52\pi t$$

8. Scegliere una frequenza di campionamento adeguata allo scopo.
9. Scegliere la durata minima del tempo di campionamento in modo da annullare il leakage.
10. Determinare l'LSB del sistema di acquisizione e precisare se lo si ritiene adeguato allo scopo, giustificando.
11. Se si fosse interessati ad acquisire solo l'armonica a frequenza più bassa, che soluzione si potrebbe adottare, e quanto dovrebbero valere i parametri della soluzione scelta?
12. Si esegue la trasformata di Fourier sul segnale sopra descritto. Disegnare lo spettro del segnale, in modulo e fase.

NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (7 punti), 3 (7 punti), problema A (7 punti), problema B (7 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,A,B richieda al massimo 20 min.

SOLUZIONE

4. Posizionamento degli estensimetri:



La forza verticale V viene ottenuta dalla misura del momento flettente M_f ; la sensibilità del ponte viene massimizzata scegliendo una configurazione a ponte intero e posizionando gli estensimetri in prossimità dell'incastro, a una distanza tale da minimizzarne gli effetti di bordo (es. 50 mm).

Qualora ci si voglia rendere indipendenti dalla posizione del carico, si poteva adottare una configurazione a taglio; in questo modo però la sensibilità sarebbe stata inferiore.

5.

Sensibilità del ponte estensimetrico:

$$V_m = \frac{E_0}{4} \cdot \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) = \frac{E_0}{4} \cdot 4G_f \varepsilon$$

$$V_m = E_0 \cdot G_f \frac{6M_f}{Ebh^2} = \frac{6 \cdot E_0 G_f}{Ebh^2} \cdot d \cdot V$$

($d = 250$ mm, distanza dall'estremo libero)

$$S = \frac{V_m}{V} = \frac{6 E_0 G_f d}{Ebh^2} = 4.85316078 \cdot 10^{-5} \text{ V/N}$$

$$i_{S,rel} = i_{G_f,rel} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

$$i_S = 1.40741663 \cdot 10^{-7} \text{ V/N}$$

$$S = (4.853 \pm 0.014) \cdot 10^{-5} \text{ V/N} \quad (l.c. 68\%)$$

6.

Inserimento della resistenza di Shunt (indifferentemente su R_1 o R_4):

$$V_m = G \Delta V = G \frac{E_0}{4} \frac{\Delta R_1}{R_1} = 3.557 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = -\frac{R_1}{R_1 + R_S} = -1.5974 \cdot 10^{-3}$$

$$G = V_m \cdot \left(\frac{E_0}{4} \cdot \frac{\Delta R_1}{R_1} \right)^{-1} = 1781.34$$

$$i_{G,rel} \cong i_{R,rel} = \frac{0.5 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

$$i_G = 5.165886$$

$$G = 1781.3 \pm 5.2 \quad (l.c. 68\%)$$

Calcolo della nuova sensibilità:

$$S_2 = G \cdot S = 8.64484302 \cdot 10^{-2} \text{ V/N}$$

$$i_{S_2,rel} = \sqrt{i_{G,rel}^2 + i_{S,rel}^2} = 0.41\%$$

$$i_{S_2} = 3.54438564 \cdot 10^{-4} \text{ V/N}$$

$$S_2 = (8.645 \pm 0.035) \cdot 10^{-2} \text{ V/N} \quad (l.c. 68\%)$$

7.

La configurazione a ponte intero permette di compensare gli effetti interferenti.

$$V = \frac{V_m}{S_2} = 6.59352632 \text{ N}$$

$$i_{V,rel} = i_{S_2,rel} = 0.41\%$$

Il maggiore contributo all'incertezza di misura è dovuto alla risoluzione del voltmetro.

$$i_N = 0.02703345 \text{ N}$$

$$V = (65.94 \pm 0.27) \cdot 10^{-1} \text{ N (l.c. 68\%)}$$

8.

Frequenza di campionamento:

$$f_c > 2 \cdot f_{\max} = 2 \cdot 26 \text{ Hz} = 52 \text{ Hz}$$

Dunque scelgo, ad esempio, una frequenza di campionamento pari a 60 Hz.

9.

Tempo di acquisizione per non incorrere in leakage

$$m.c.m. \left(\frac{1}{f_1}, \frac{1}{f_2}, \frac{1}{f_3} \right) = m.c.m. \left(\frac{1}{4 \text{ Hz}}, \frac{1}{13 \text{ Hz}}, \frac{1}{26 \text{ Hz}} \right) = \frac{520}{520} \text{ s} = 1 \text{ s}$$

Oppure un qualunque multiplo intero del valore sopra riportato.

10.

$$LSB = \frac{20 \text{ V}}{2^{12}} = 4.88 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

La risoluzione del convertitore è quindi in grado di far apprezzare la componente di minima ampiezza del segnale perchè più piccola del segnale minore pari a 0,02 V.

11.

$$f_c > 2 \cdot f_1 = 2 \cdot 4 \text{ Hz} = 8 \text{ Hz} \rightarrow f_c = 10 \text{ Hz}$$

Dato che non si è interessati ad acquisire l'armonica in alta frequenza, è possibile ridurre ulteriormente il numero di dati acquisiti impostando una minore frequenza di campionamento, previa introduzione di un filtro passa-basso (anti-aliasing). Si decide, ad esempio, di campionare il segnale a 10 Hz dopo aver introdotto un filtro con frequenza di taglio pari a 5 Hz, che quindi non distorce apprezzabilmente il segnale a 4 Hz.

12.

Spettro:

