

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello del 14 luglio 2014

DOMANDE

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

1. La misura degli angoli: 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. Misure di massa
4. Misure di pressione sonora

PROBLEMA A

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

Si vuole determinare tramite applicazione di estensimetri elettrici, il momento flettente su una sezione quadrata di una trave in acciaio con lato di 10 mm. Si supponga di conoscere la tensione di alimentazione del ponte di 2,5 V, il fattore di taratura degli estensimetri $k = 2,05 \pm 0.5\%$, $k_t = 2 (\mu\text{m/m})/^\circ\text{C}$, $\beta_k = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, $R_0 = 350 \Omega$ il modulo elastico del materiale $E = 210 \text{ GPa}$. Si hanno a disposizione solo 2 estensimetri.

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.

5. Indicare come si realizzerà la disposizione degli stessi sulla trave e sul ponte di misura.
6. Valutare la sensibilità del sistema.
7. Ritenendo che la sensibilità sia troppo piccola, si inserisce a valle del sistema un amplificatore. Determinare il guadagno dell'amplificatore se dalla taratura con una resistenza di Shunt di 140 k Ω si è letta un'uscita di 2,67 V.

PROBLEMA B

Si vuole effettuare una misura di temperatura in un bagno di liquido caldo. Si decide di impiegare una termocoppia con una $\tau = 5 \text{ s}$. La termocoppia si trova inizialmente a temperatura ambiente (20°C). La termocoppia dopo 12 s di immersione nel bagno fornisce il valore di 335°C .

8. Si vuole conoscere la reale temperatura del liquido.
9. Quanto tempo bisogna attendere al fine di avere una lettura che non si discosti più di 2°C dal valore di temperatura del liquido?

PROBLEMA C

Si vuole misurare le vibrazioni di un carrello ferroviario tramite 6 accelerometri capacitivi (sens. 20 mV/(m/s²)) e due trasduttori di spostamento (sens. 50 mV/mm). Le vibrazioni di interesse sono nella banda 0 - 1000 Hz. Considerando che la frequenza di campionamento deve essere la stessa per tutti i canali da acquisire, valutare:

10. Quanto deve valere la frequenza di campionamento di ciascun canale? [giustificare brevemente tutte le risposte!]

11. Si ha a disposizione una scheda dotata di un convertitore A/D e multiplexer. Quale frequenza di campionamento deve avere (come minimo) la scheda per poter effettuare le acquisizioni in modo corretto?

12. Se sono presenti vibrazioni in alta frequenza (oltre 1000 Hz), come si può modificare la catena di misura per non incorrere in errori? Indicare anche i parametri che eventualmente andrebbero impostati.

13. Si sospetta la presenza di due frequenze proprie molto vicine, si vuole quindi avere una risoluzione in frequenza nello spettro di 0,15 Hz. A tal fine quale parametro di acquisizione si deve impostare e quanto deve valere?

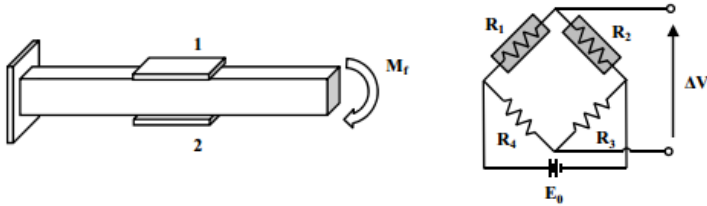
14. Si esegue la FFT con Matlab di uno dei canali di accelerazione, ottenendo il vettore riportato a lato: i valori restituiti dal programma sono direttamente le ampiezze delle componenti armoniche? Scrivere i valori di modulo e fase dello spettro per la componente a 0,3 Hz del segnale, in termini di accelerazione (utilizzando i parametri di acquisizione determinati nelle domande precedenti).

0,0015
0,2+0,3i
-0,2-0,7i
0,5-0,1i
0,25+0,1i
0,13+0,16i
-0,07-0,8i
0,1-0,01i
-0,4+0,05i
...

NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (4,7 punti), 3 (4,7 punti), 4 (4,7 punti), problema A (4,7 punti), problema B (4,7 punti), problema C (4,7 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,4,A,B,C richieda al massimo 20 min.

5.

Posizionamento degli estensimetri:



6.

Equazione del ponte di Wheatstone:

$$\Delta V = \frac{E_0}{4} \left[\frac{\Delta R_1}{R_1} - \left(-\frac{\Delta R_2}{R_2} \right) \right]$$

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| = G_f \varepsilon = G_f \frac{M_f}{EW}$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{l^3}{6}$$

$$\Delta V = \frac{E_0}{2} G_f \frac{M_f}{EW}$$

Sensibilità del ponte

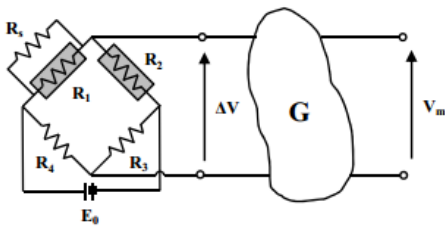
$$S = \frac{\Delta V}{M_f} = \frac{E_0 \cdot G_f}{2E \cdot W} = 7.32142857 \cdot 10^{-5} \text{ V}/(\text{N m})$$

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

$$i_S = 2.12 \cdot 10^{-7} \text{ V}/(\text{N m})$$

$$S = (7.321 \pm 0.021) \cdot 10^{-5} \text{ V}/(\text{N m}) \text{ (l.c.68\%)}$$

7.



Inserimento della resistenza di Shunt (indifferentemente su R_1 o R_2)

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

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_S} = 0.0025$$

$$G = \frac{4V_m}{E_0} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} \right)^{-1} = 1708.8$$

8. Temperatura del giunto nel tempo:

$$T(t) = T_{AMB} + (T_{FIN} - T_{AMB}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Temperatura finale

$$T_{FIN} = T_{AMB} + \frac{T(t) - T_{AMB}}{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}} = 20 + \frac{335 - 20}{1 - e^{-\frac{12}{5}}} = 366.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

9. Tempo necessario affinché la lettura si discosti di 2°C dal valore finale di temperatura:

$$t = -\tau \cdot \ln\left(1 - \frac{T(t) - T_{AMB}}{T_{FIN} - T_{AMB}}\right) = -5 \cdot \ln\left(1 - \frac{(366.4 - 2) - 20}{366.4 - 20}\right) = 25.8 \text{ s}$$

10. $f_c > 2 * f_{s,max} = 2 * 1000 \text{ Hz} = 2000 \text{ Hz}$, quindi si sceglie ad es. 3000 Hz

11. Siccome il convertitore AD è condiviso tra tutti i canali: $f_{c,max,scheda} \geq n * f_c = 8 * 3000 \text{ Hz} = 24 \text{ kHz}$

12. Si può inserire un filtro anti-aliasing (passa basso); la frequenza di taglio del filtro deve essere superiore alla frequenza massima del segnale di interesse per non distorcerlo; e contemporaneamente deve essere inferiore alla frequenza di Nyquist. Ad es. $f_f = 1200 \text{ Hz}$.

13. Il parametro interessato è il tempo totale di acquisizione: $T \geq 1/\Delta f = 6.67 \text{ s}$. Inoltre per non avere leakage bisogna acquisire per un tempo multiplo intero di questo valore.

14. Considerando un $T = 6.67 \text{ s}$ e $f_c = 3000 \text{ Hz}$, si ricava un numero di punti acquisito $N = T * f_c = 20000$. La risoluzione in frequenza $\Delta f = 0.15 \text{ Hz}$. L'elemento in cui si trova il segnale a $f = 0.3 \text{ Hz}$ è $n = (f/\Delta f) + 1 = 3$.

I valori restituiti dalla FFT di Matlab non sono direttamente le ampiezze delle componenti armoniche, per ricavarle bisogna calcolare modulo e fase e dividere il modulo per $(N/2)$ (tranne per il valor medio e Nyquist, dove bisogna dividere per N). Quindi

$$\text{mod}(V) = \frac{\sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2}}{N/2} = \frac{\sqrt{(-0.2)^2 + (-0.7)^2}}{20000/2} = 7.28 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

$$\varphi = \arctan 2\left(\frac{-0.7}{-0.2}\right) = -106^\circ$$

Il modulo in termini di accelerazione si ottiene dividendo per la sensibilità:

$$\text{mod}(acc) = \frac{\text{mod}(V)}{S_{acc}} = \frac{7.28 \cdot 10^{-5} \text{ V}}{0.020 \text{ V}/(m/s^2)} = 3.64 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$