

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello del 27 febbraio 2015

DOMANDE

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

1. La misura della energia: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Le termocoppie; leggi costitutive, circuiti di misura.
3. Le misure di massa; schemi, relazioni, accorgimenti di misura.

PROBLEMA A

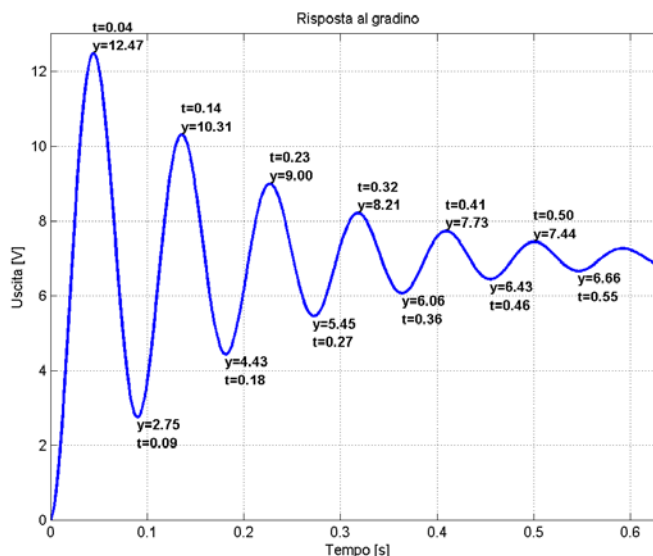
NB Ci si aspetta che vengano raggiunti tutti i risultati numerici richiesti

Si vuole misurare il momento flettente agente su una trave a sezione rettangolare di lato 40 mm e spessore 10 mm. Si richiede di utilizzare 2 estensimetri e si richiede di compensare le azioni dovute a eventuali carichi assiali. La tensione di alimentazione del ponte è di 1,5 V, il fattore di taratura degli estensimetri $G_f=2,01\pm 0,5\%$, $R_0=120\ \Omega$, il modulo elastico del materiale $E=210\ \text{GPa}$, coefficiente di temperatura per effetto interferente $k_t=2\cdot 10^{-6}\ \text{°C}^{-1}$, coefficiente di temperatura per effetto modificante $\beta_k=4\cdot 10^{-4}\ \text{°C}^{-1}$. Si ricorda che la deformazione superficiale ϵ prodotta da un momento flettente M_f si calcola con $\epsilon=M_f / (E W)$, dove $W=1/6 b h^2$ è il momento di resistenza alla flessione della sezione della trave.

4. Indicare la disposizione degli estensimetri sulla trave e sul ponte.
5. Determinare la sensibilità del dispositivo. Inoltre indicare, giustificando, se la si ritiene adeguata per misurare carichi dell'ordine di 1 N m. Indicare che cosa si può fare per migliorare la sensibilità.
6. Dopo aver effettuato gli eventuali miglioramenti al sistema, si effettua la taratura del condizionatore di segnale utilizzato per il ponte inserendo in parallelo ad un lato del ponte una resistenza da 150 k Ω ottenendo un segnale in uscita di 5,5 V. Determinare il carico corrispondente ad lettura di 0,35 V.
7. Determinare lo stesso carico nel caso in cui la taratura fosse stata effettuata a 20 °C e la misura a 70 °C.

PROBLEMA B

8. Uno strumento ha fornito la risposta ad un ingresso a gradino unitario illustrata in figura. Ipotesizzare il tipo di strumento (ordine) e valutarne i parametri dinamici.
9. Si decide di acquisire il segnale con una scheda di acquisizione con FS= $\pm 10\ \text{V}$, risoluzione 10 bit, $f_{\text{camp}}=20\ \text{Hz}$, osservando il segnale per un tempo pari a quanto in figura. Quali errori si commetteranno?
10. Quali soluzioni è possibile attuare per rimediare agli errori indicati? Se necessario indicare anche valori numerici.
11. Il segnale proviene da un velocimetro con sensibilità di 200 mV/(m/s) e si vuole misurare una vibrazione di 1 m/s, con una fase di 1 rad. Si assumano le impostazioni di acquisizione del punto 15 e la frequenza del segnale trovata dalla figura. Indicare il risultato che la FFT di Matlab fornirà per il segnale acquisito (quindi in tensione), precisando a quale elemento del vettore risultante corrisponderà e il suo valore complesso.



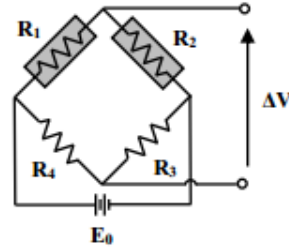
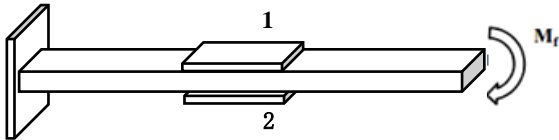
NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (7 punti), 3 (7 punti), problema A (7 punti), problema B (7 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,A,B richieda al massimo 20 min.

SOLUZIONE II PROVA IN ITINERE

PROBLEMA A

4.

- Posizionamento degli estensimetri:



5.

Sensibilità del ponte estensimetrico:

$$\Delta V = \frac{E_0}{4} \cdot \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} \right) = \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f \varepsilon = \frac{E_0}{2} \cdot G_f \frac{M_f}{EW}$$

$$S_1 = \frac{\Delta V}{M_f} = \frac{E_0 G_f}{2EW} = 1.076786 \cdot 10^{-5} \text{ V}/(\text{N m})$$

$$i_{S_1,rel} = i_{G_f,rel} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

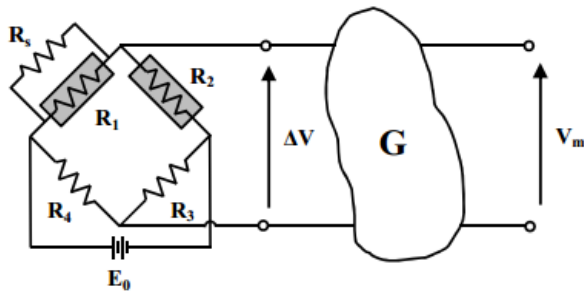
$$i_{S_1} = 3.122679 \cdot 10^{-7} \text{ V}/(\text{N m})$$

$$S_1 = (1.077 + 0.031) \cdot 10^{-5} \text{ V}/(\text{N m}) \text{ (l.c.68\%)}$$

$$V_m(1 \text{ N m}) = 1 \text{ N m} \cdot 1.077 \cdot 10^{-5} \text{ V}/(\text{N m}) = 1.077 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

La sensibilità non è adeguata: le tensioni necessarie per caratterizzare carichi dell'ordine di 1 N m non verrebbero misurate dalla comune strumentazione di laboratorio. Occorre incrementare la sensibilità tramite un opportuno amplificatore, in modo che la tensione misurata possa essere almeno dell'ordine del millivolt, meglio se maggiore. Ad esempio, si può impostare un guadagno di 10000 di modo che la tensione misurata risulti dell'ordine del volt.

6.



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

$$V_m = G \Delta V = G \frac{E_0}{4} \frac{\Delta R_1}{R_1} = 5.5 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = - \frac{R_0}{R_0 + R_s} = -7.993605 \cdot 10^{-4}$$

$$G = V_m \cdot \left(\frac{E_0}{4} \cdot \frac{\Delta R_1}{R_1} \right)^{-1} = -18348$$

Calcolo della nuova sensibilità, considerando il guadagno in modulo:

$$S_2 = G \cdot S_1 = 0.197571 \text{ V}/(\text{N m})$$

$$i_{S_2,rel} = i_{S_1,rel} = 0.29\%$$

$$i_{S_2} = 5.729567 \cdot 10^{-4} \text{ V}/(\text{N m})$$

$$S_2 = (1.9757 + 0.0057) \cdot 10^{-1} \text{ V}/(\text{N m}) \text{ (l.c.68\%)}$$

Carico applicato:

$$M_f = \frac{V_m}{S_2} = 1.771515 \text{ N m}$$

$$i_{M_f,rel} = i_{S_2,rel} = 0.29\%$$

$$i_{M_f} = 5.137394 \cdot 10^{-3} \text{ N m}$$

$$M_f = (1.7715 \pm 0.0051) \text{ N m (l.c.68\%)}$$

7. L'effetto interferente è compensato grazie all'uso di due estensimetri su lati contigui del ponte. L'effetto modificante invece va considerato come segue.

$$S_{70^\circ\text{C}} = S_{20^\circ\text{C}} (1 + \beta_k \Delta T) = 1.7715 \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-4} \cdot 50) = 1.80693 \text{ V/(N m)}$$

$$i_{S_{70^\circ\text{C}},rel} = i_{S_2,rel} = 0.29\%$$

$$i_{S_{70^\circ\text{C}}} = 5.240079 \cdot 10^{-3} \text{ V/(N m)}$$

$$S_{70^\circ\text{C}} = (1.8069 \pm 0.0052) \text{ V/(N m)}$$

$$M_f = \frac{V_m}{S_{70^\circ\text{C}}} = 0.19370 \text{ N m}$$

$$i_{M_f} = i_{M_f,rel} \cdot M_f = 0.0029 \cdot 0.19370 = 5.617262 \cdot 10^{-4} \text{ N m}$$

$$M_f = (1.9370 \pm 0.0056) \cdot 10^{-1} \text{ N m}$$

PROBLEMA B

8. Strumento del secondo ordine sottosmorzato:

- Sensibilità statica: 7 V/(m/s) (ipotizzando un gradino unitario di 1 m/s, si tratta di un velocimetro);

- Periodo dell'oscillazione: $T = \frac{T_N - T_1}{n} = [n = 5] = \frac{(0.5 - 0.04) s}{5} = 0.092 \text{ s}$

- Frequenza dell'oscillazione: $\tilde{f}_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.092 \text{ s}} = 10.87 \text{ Hz} \sim 11 \text{ Hz}$

- Smorzamento: $\xi = \frac{1}{2\pi n} \ln \left(\frac{A_i}{A_{i+n}} \right) = [n = 5] = \frac{1}{10\pi} \ln \left(\frac{12.47 - 7}{7.44 - 7} \right) = 0.08$

- Frequenza propria: $f_n = \frac{1}{T \cdot \sqrt{1 - \xi^2}} = \frac{1}{(0.092 \cdot \sqrt{1 - 0.08^2})} = 10.90 \text{ Hz}$

9.

La scheda di acquisizione introduce due errori. Il fondoscala non è adeguato poiché i primi due picchi del segnale saranno saturati; inoltre, la frequenza di Nyquist dovuta al campionamento è inferiore alla frequenza del segnale acquisito, commettendo aliasing. Si puntualizza che la frequenza del segnale acquisito è la frequenza di oscillazione e non la frequenza propria, sebbene in questo caso la differenza sia minima.

10.

È sufficiente adottare una scheda di acquisizione con fondoscala in grado di contenere l'intero segnale (0-20 V), oppure utilizzare un sommatore di segnale per abbassare il valore medio in modo che rientri nel range $\pm 10 \text{ V}$. Infine bisogna impostare una frequenza di campionamento maggiore di 20 Hz, ad esempio 50 Hz.

11.

Segnale in tensione: $V = 1 (m/s) \cdot 0.200 (V/(m/s)) = 0.200 \text{ V}$

Numero di punti acquisiti: $n_{pti} = f_c \cdot T_{acq} = 50 \text{ Hz} \cdot 0.64 \text{ s} = 32$

Risoluzione in frequenza: $\Delta f = \frac{1}{T_{acq}} = \frac{1}{0.64 \text{ s}} = 1.56 \text{ Hz}$

Elemento della FFT: $n_{el} = \frac{f}{\Delta f} + 1 = \frac{11 \text{ Hz}}{1.56 \text{ Hz}} + 1 = 8$

Valore fornito dalla FFT:

$$\text{modulo : } m = V \cdot \frac{n_{pti}}{2} = 3.2$$

$$\text{fase : } \varphi = 1 \text{ rad}$$

Quindi il valore complesso ottenuto nell'ottavo elemento della FFT risulta: $1.730 + 2.692i$