

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

2a prova in itinere del 24 giugno 2013

DOMANDE

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

1. La misura del lavoro: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Misure di portata di fluidi.
3. Il termometro a resistenza elettrica e circuiti di misura.

PROBLEMA A

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

Si vuole misurare il carico assiale 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 momenti flettenti. La tensione di alimentazione del ponte è di 10 V, il fattore di taratura degli estensimetri $G_f=2,05\pm 0,5\%$, $R_0=120\ \Omega\pm 1\%$, il modulo elastico del materiale $E=205\ \text{GPa}$, coefficiente di temperatura per effetto interferente $k_i=2\cdot 10^{-6}\ \text{°C}^{-1}$.

4. Indicarne la disposizione 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. Eventualmente 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 100 k Ω ottenendo un segnale in uscita di 2,5 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. Si vuole misurare la prontezza di una termocoppia inserendola in un ambiente a temperatura costante pari 135 °C e partendo da temperatura ambiente pari a 20 °C. E' noto che a un tempo t_1 la temperatura misurata dalla termocoppia vale $T_1=45\ \text{°C}$ e al tempo $t_2=t_1+5\ \text{s}$ la temperatura misurata vale $T_2=95\ \text{°C}$. Determinare la prontezza dello strumento.

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.

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello del 24 giugno 2013

DOMANDE

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

1. La misura della potenza: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Misure di velocità dei fluidi.
3. Misure estensimetriche: problemi e strumentazione.
4. La misura di segnali variabili nel tempo e applicazione agli accelerometri piezoelettrici.

PROBLEMA A

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

Si vuole misurare il carico assiale 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 momenti flettenti. La tensione di alimentazione del ponte vale $E_0=(10,000\pm 0,030)$ V (incertezza estesa con livello di confidenza del 95%), il fattore di taratura degli estensimetri $G_f=2,05\pm 0,5\%$, $R_0=120\ \Omega\pm 1\%$, il modulo elastico del materiale $E=(205,0\pm 1,5)$ GPa (inc. tipo), coefficiente di temperatura per effetto interferente $k_t=2\cdot 10^{-6}\ \text{°C}^{-1}$.

5. Indicare la disposizione sulla trave e sul ponte.
6. Determinare la sensibilità del dispositivo. Inoltre indicare, giustificando, se la si ritiene adeguata per misurare carichi dell'ordine di 1 N. Eventualmente indicare che cosa si può fare per migliorare la sensibilità.
7. Determinare il carico qualora si misuri uno sbilanciamento di 3 mV, nel caso in cui la taratura fosse stata effettuata a 20 °C e la misura a 70 °C.

PROBLEMA B

8. Si vuole misurare la prontezza di una termocoppia inserendola in un ambiente a temperatura costante pari 135 °C e partendo da temperatura ambiente pari a 20 °C. E' noto che a un tempo t_1 la temperatura misurata dalla termocoppia vale $T_1=45\ \text{°C}$ e al tempo $t_2=t_1+10$ s la temperatura misurata vale $T_2=95\ \text{°C}$. Determinare la prontezza dello strumento.

PROBLEMA C

Si vuole acquisire il seguente segnale: $y(t) = -2 + 1,5 \cos(40\pi t) - 2,5 \cos(150\pi t)$ [V].

Sono disponibili i convertitori analogico-digitale descritti in tabella:

Numero	Fondo scala [V]	N° bit
1	± 10	24
2	± 5	32
3	± 10	16
4	0 - 10	16

9. Si identifichi il/i convertitore/i in grado di acquisire correttamente il segnale e garantire una risoluzione migliore di 0,25 mV.
10. Si indichi la minima frequenza di campionamento che permette di non incorrere nell'aliasing.
11. Quali frequenze sarebbero presenti nello spettro del segnale se il campionamento fosse effettuato a 200 Hz?
12. Si acquisiscono 512 punti alla frequenza indicata. Scrivere la misura della frequenza della armonica con pulsazione 40π .

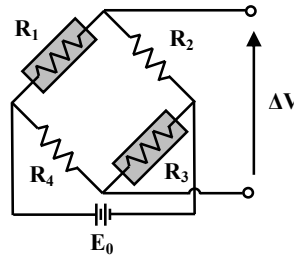
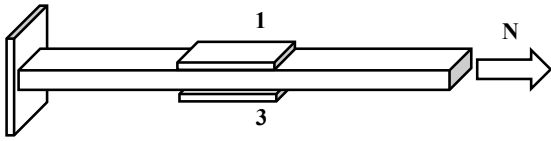
NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (4,5 punti), 3 (4,5 punti), 4 (4,5 punti), problema A (4,5 punti), problema B (4,5 punti), problema C (4,5 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,4,A,B,C richieda al massimo 20 min.

SOLUZIONE II PROVA IN ITINERE

PROBLEMA A

4.

- Posizionamento degli estensimetri:



5.

Sensibilità del ponte estensimetrico:

$$\Delta V = \frac{E_0}{4} \cdot \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_3}{R_3} \right) = \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f \varepsilon$$

$$\Delta V = \frac{E_0}{2} \cdot G_f \frac{N}{EA}$$

$$S_1 = \frac{\Delta V}{N} = \frac{E_0 G_f}{2EA} = 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ V/N}$$

$$i_{G,rel} = i_{G_f,rel} = \frac{5 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

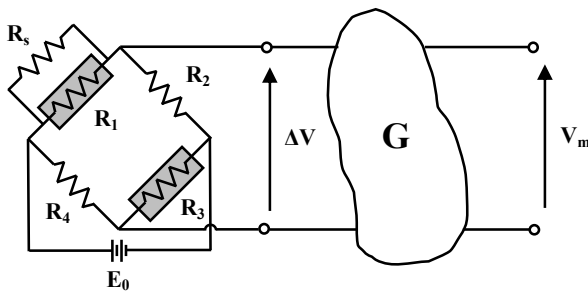
$$i_{G_2} = 3.625 \cdot 10^{-10} \text{ V/N}$$

$$S_1 = (1.2500 \pm 0.0036) \cdot 10^{-7} \text{ V/N (l.c. 68\%)}$$

$$V_m(1 \text{ N}) = 1 \text{ N} \cdot 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ (V N}^{-1}) = 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ V}$$

La sensibilità non è adeguata: le tensioni necessarie per caratterizzare carichi dell'ordine di 1 N non verrebbero misurate dalla comune strumentazione di laboratorio. Occorre incrementare la sensibilità tramite un opportuno guadagno, 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 millivolt.

6.



Inserimento della resistenza di Shunt (indifferentemente su R_1 o R_3):

$$V_m = G \Delta V = G \frac{E_0 \Delta R_1}{4 R_1} = 2.5 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = - \frac{R_1}{R_1 + R_s} = -0.0012$$

$$G = V_m \cdot \left(\frac{E_0}{4} \cdot \frac{\Delta R_1}{R_1} \right)^{-1} = -834.3333$$

$$i_{G,rel} \cong i_{R,rel} = \frac{1 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{3}} = 0.58\%$$

$$i_G = 4.81683329$$

Il guadagno risulta negativo, indice che i fili sono stati collegati al contrario; nel seguito si considera il guadagno in modulo.

$$G = 834.3 \pm 4.8 \text{ (l.c. 68\%)}$$

Calcolo della nuova sensibilità:

$$S_2 = G \cdot S_1 = 1.042875 \cdot 10^{-4} \text{ V/N}$$

$$i_{S_2, \text{rel}} = \sqrt{i_{G, \text{rel}}^2 + i_{S_1, \text{rel}}^2} = 0.65\%$$

$$i_{S_2} = 6.76262423 \cdot 10^{-7} \text{ V/N}$$

$$S_2 = (1.0429 \pm 0.0068) \cdot 10^{-4} \text{ V/N (l.c. 68\%)}$$

Carico applicato:

$$N = \frac{V_m}{S_2} = 3356.106916 \text{ N}$$

$$i_{N, \text{rel}} = i_{S_2, \text{rel}} = 0.65\%$$

$$i_N = 21.81469495 \text{ N}$$

$$N = (3356 \pm 22) \text{ N (l.c. 68\%)}$$

7.

La deformazione apparente per effetto interferente è data da $\varepsilon_{\text{app}} = k_t \Delta T$.

$$V_m = \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot (G_f(s + k_t \Delta T) + G_f(s + k_t \Delta T)) = \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot 2G_f(s + k_t \Delta T) = \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot 2G_f s + \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot 2G_f(k_t \Delta T)$$

$$V_m = V_{m, \text{mecc}} + V_{m, t}$$

$$V_{m, t} = \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot 2G_f(k_t \Delta T) = 8.551575 \cdot 10^{-1} \text{ V}$$

$$V_{m, \text{mecc}} = V_m - V_{m, t} = (3.50 - 8.551575) \cdot 10^{-1} \text{ V} = -5.051575 \cdot 10^{-1} \text{ V}$$

$$N = \frac{V_{m, \text{mecc}}}{S_2} = -4843.89 \text{ N}$$

$$i_{N, \text{rel}} = i_{S_2, \text{rel}} = 0.65\%$$

$$i_N = 31.48530505 \text{ N}$$

$$N = (-4844 \pm 31) \text{ N (l.c. 68\%)}$$

PROBLEMA B

8.

Temperatura del giunto nel tempo:

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

Forma logaritmica per il generico punto del profilo di temperatura:

$$Z_t = \ln \left(1 - \frac{T_t - T_{AMB}}{T_{FIN} - T_{AMB}} \right)$$

$$Z_1 = \ln \left(1 - \frac{T_1 - T_{AMB}}{T_{FIN} - T_{AMB}} \right) = \ln \left(1 - \frac{45 - 20}{135 - 20} \right) = -0.24512246$$

$$Z_2 = \ln \left(1 - \frac{T_2 - T_{AMB}}{T_{FIN} - T_{AMB}} \right) = \ln \left(1 - \frac{95 - 20}{135 - 20} \right) = -1.05605267$$

Prontezza dello strumento:

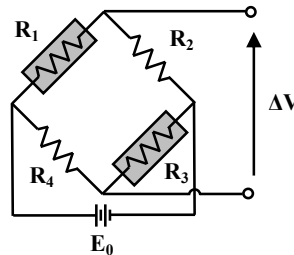
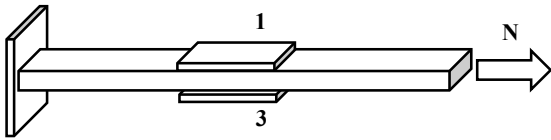
$$\tau = -\frac{\Delta t}{\Delta Z} = -\frac{t_2 - t_1}{Z_2 - Z_1} = 6.17 \text{ s}$$

SOLUZIONE APPELLO

PROBLEMA A

5.

- Posizionamento degli estensimetri:



6.

Sensibilità del ponte estensimetrico:

$$\Delta V = \frac{E_0}{4} \cdot \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_3}{R_3} \right) = \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f \varepsilon$$

$$\Delta V = \frac{E_0}{2} \cdot G_f \frac{N}{EA}$$

$$S_1 = \frac{\Delta V}{N} = \frac{E_0 G_f}{2EA} = 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ V/N}$$

$$i_{E_0, \text{rel}} = \frac{1.5}{205} = 0.73\%$$

$$i_{E_0, \text{rel}} = \frac{0.030}{2 \cdot 10} = 0.15\%$$

$$i_{G_f, \text{rel}} = \frac{5 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

$$i_{R, \text{rel}} = \frac{1 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{3}} = 0.58\%$$

$$i_{S_1, \text{rel}} = \sqrt{(i_{G_f, \text{rel}})^2 + (i_{E_0, \text{rel}})^2 + ((-1) \cdot i_{E_0, \text{rel}})^2} = 0.80\%$$

$$i_{S_1} = 9.99609298 \cdot 10^{-10} \text{ V/N}$$

$$S_1 = (1.250 \pm 0.010) \cdot 10^{-7} \text{ V/N (l.c. 68\%)}$$

$$V_m(1 \text{ N}) = 1 \text{ N} \cdot 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ (V N}^{-1}) = 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ V}$$

La sensibilità non è adeguata: le tensioni necessarie per caratterizzare carichi dell'ordine di 1 N non verrebbero misurate dalla comune strumentazione di laboratorio. Occorre incrementare la sensibilità tramite un opportuno guadagno, 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 millivolt.

7.

La deformazione apparente per effetto interferente è data da $\varepsilon_{app} = k_t \Delta T$.

$$\Delta V_m = \frac{E_0}{4} \cdot (G_f(s + k_t \Delta T) + G_f(s + k_t \Delta T)) = \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f(s + k_t \Delta T) = \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f s + \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f(k_t \Delta T)$$

$$\Delta V_m = \Delta V_{m,mecc} + \Delta V_{m,t}$$

$$\Delta V_{m,t} = \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f(k_t \Delta T) = 1.025 \cdot 10^{-3} V$$

$$\Delta V_{m,mecc} = \Delta V_m - \Delta V_{m,t} = (3 - 1.025) \cdot 10^{-3} V = 1.975 \cdot 10^{-3} V$$

$$N = \frac{\Delta V_{m,mecc}}{S_1} = 15800.00 N$$

$$i_{N,rel} = i_{S_1,rel} = 0.80\%$$

$$i_N = 126.40 N$$

$$N = (158.0 \pm 1.2) \cdot 10^2 N \text{ (l.c. 68\%)}$$

PROBLEMA B

8.

Temperatura del giunto nel tempo:

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

Forma logaritmica per il generico punto del profilo di temperatura:

$$Z_t = \ln \left(1 - \frac{T_t - T_{AMB}}{T_{FIN} - T_{AMB}} \right)$$

$$Z_1 = \ln \left(1 - \frac{T_1 - T_{AMB}}{T_{FIN} - T_{AMB}} \right) = \ln \left(1 - \frac{45 - 20}{135 - 20} \right) = -0.24512246$$

$$Z_2 = \ln \left(1 - \frac{T_2 - T_{AMB}}{T_{FIN} - T_{AMB}} \right) = \ln \left(1 - \frac{95 - 20}{135 - 20} \right) = -1.05605267$$

Prontezza dello strumento:

$$\tau = - \frac{\Delta t}{\Delta Z} = - \frac{t_2 - t_1}{Z_2 - Z_1} = 12.3 s$$

PROBLEMA C

9.

Numero	Fondo Scala [V]	N° bit	LSB [V]	LSB < vincolo	FS adeguato
1	±10	24	$1,19 \cdot 10^{-6}$	SI	SI
2	±5	32	$2,33 \cdot 10^{-9}$	SI	NO
3	±10	16	$3,05 \cdot 10^{-4}$	NO	SI
4	0 - 10	16	$1,53 \cdot 10^{-4}$	SI	NO

Il primo convertitore è l'unico adatto per l'acquisizione del segnale dato che non satura e rispetta il vincolo sulla risoluzione minima di 0,25 mV ($2,5 \cdot 10^{-4}$ V).

10. Frequenza di campionamento:

$$f_s \geq 2 \cdot f_{max} = 2 \cdot 75 = 150 Hz$$

Dunque scelgo, ad esempio, una frequenza di campionamento pari a 200 Hz.

11.

3 componenti con $f \in [0, 20, 150]$ Hz, $A \in [2, 1.5, 2.5]$ V, $\varphi \in [180, 0, 180]$ °, nessuna armonica in aliasing.

12.

Tempo di acquisizione: $T_{\text{acq}} = \frac{N_{\text{ptt}}}{f_s} = \frac{640}{250} (\text{Hz})^{-1} = 2.56 \text{ s}$

Risoluzione in frequenza: $\Delta f = \frac{1}{T_{\text{acq}}} = \frac{1}{2.56 \text{ s}} = 0.390625 \text{ Hz}$;

Scarto tipo associato alla risoluzione spettrale: $t_f = \frac{\Delta f}{2\sqrt{2}} = 0.11276372 \text{ Hz}$;

Misura della frequenza associata all'armonica con pulsazione 40π : $f = (20.00 \pm 0.11) \text{ Hz}$ (l.c. 68%)