

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Prova in itinere del 7 maggio 2014

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 hanno a disposizione in totale un'ora e trenta minuti in quanto si prevede che la risposta alla domanda 1 richieda circa un minuto e la risposta ad ognuna delle domande 2,3,A,B richieda al massimo 20 min.

DOMANDE

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

1. La misura della forza: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Risposta di un termometro ad un segnale variabile nel tempo in maniera generica.
3. LVDT: cosa misura, come è fatto, la sua catena di misura, avvertenze al suo utilizzo.

PROBLEMA A

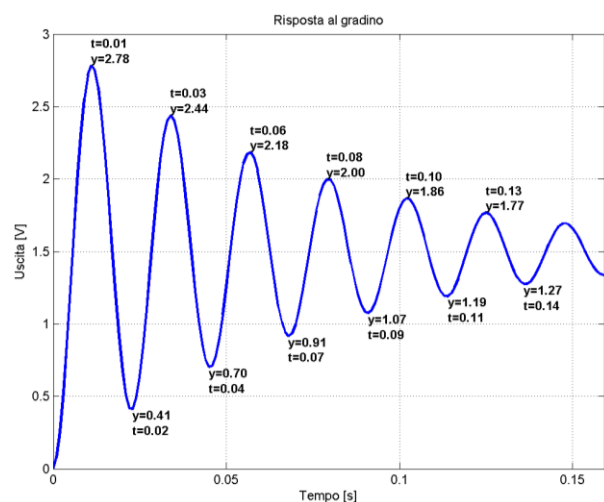
NB Ci si aspetta che vengano raggiunti tutti i risultati numerici richiesti

4. Da 30 misurazioni ripetute del tempo di transito tra due sensori si ricava la velocità di un componente di una macchina. Noto che i sensori sono posti a una distanza di 1,850 m, misurata con nastro metallico di risoluzione 1 mm, e che le misure di tempo hanno fornito un valore medio di 4,26934 s e uno scarto tipo di 0,002378 s, si scriva la misura della velocità quando si desidera un livello di confidenza del 95 %.
5. Con riferimento all'esercizio precedente quale delle due misure dovrebbe essere più accurata se si vuole ridurre l'incertezza di misura e quanto deve valere se si vuole dimezzare il valore di incertezza lasciando inalterata l'altra misura?

PROBLEMA B

In corrispondenza di un ingresso a gradino di 10 mm, un trasduttore di spostamento ha fornito l'uscita in figura.

6. Scegliere un convertitore A/D (fondo scala e numero di bit) adatto per acquisire il segnale e ottenere una risoluzione migliore di 0,01 mV.
7. Indicare il valore della frequenza di campionamento del convertitore A/D che si imposterebbe per avere un campionamento corretto. [giustificare]
8. Se si campionasse per il tempo indicato in figura (0,16 s), quale risulterebbe la risoluzione in frequenza dello spettro delle misure acquisite? Se fossero presenti due armoniche con differenza di frequenza di 1 Hz, sarebbe possibile distinguerle con una analisi FFT?
9. Indicare che tipo di strumento ha prodotto questa risposta e i valori dei parametri caratteristici.



SOLUZIONE

4. La velocità v si ricava come:

$$v_{nom} = \frac{L}{T} = \frac{1.850 \text{ m}}{4.26934 \text{ s}} = 0.433322 \text{ m/s}$$

L: distanza tra i sensori

T: tempo di transito medio

Incertezze relative:

$$i_L = \frac{10^{-3} \text{ m}}{2\sqrt{3}} = 2.88675 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$i_T = \frac{0.002378 \text{ s}}{\sqrt{30}} = 4.34161 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$i_{L,rel} = \frac{i_L}{L} = \frac{10^{-3} \text{ m}}{2\sqrt{3} \cdot 1.850 \text{ m}} = 1.6 \cdot 10^{-4}$$

$$i_{T,rel} = \frac{i_T}{T} = \frac{0.002378}{\sqrt{30} \cdot 4.26934} = 1.0 \cdot 10^{-4}$$

Incertezza combinata relativa della velocità

$$i_{v,rel} = \sqrt{(i_{L,rel})^2 + (i_{T,rel})^2} = \sqrt{(1.6 \cdot 10^{-4})^2 + (1.0 \cdot 10^{-4})^2} = 1.9 \cdot 10^{-4}$$

Incertezza assoluta della velocità

$$i_v = v_{nom} \cdot i_{v,rel} = 8.2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Misura della velocità con incertezza tipo:

$$v = (0.433322 \pm 0.000082) \text{ m/s}$$

Se si desidera un livello di confidenza del 95%, considerando che la distribuzione statistica dell'incertezza combinata ottenuta è gaussiana, bisogna applicare un fattore di copertura 2.

$$i_{v,est95\%} = k \cdot i_v = 2 \cdot 8.2 \cdot 10^{-5} = 1.64 \cdot 10^{-4}$$

E quindi la misura diventa

$$v = (0.43332 \pm 0.00016) \text{ m/s} \quad (\text{C.I. } 95\%)$$

5. $\because i_{L,rel} > i_{T,rel}$

La misura che contribuisce maggiormente all'incertezza è quella della distanza tra i sensori. Per ricavare quanto deve valere affinché l'incertezza combinata sia dimezzata bisogna risolvere in $i_{L,rel}$

$$\frac{i_{v,rel}}{2} = \sqrt{(i_{L,rel})^2 + (i_{T,rel})^2}$$

Ovvero

$$i_{L,rel} = \sqrt{\left(\frac{i_{v,rel}}{2}\right)^2 - (i_{T,rel})^2} = \sqrt{-9.75 \cdot 10^{-10}}$$

Essendo l'argomento della radice negativo, non è possibile dimezzare l'incertezza totale migliorando soltanto uno dei due contributi.

6. Dato che il segnale proposto in figura oscilla tra 0 V e 3 V, sarebbe sufficiente adottare un fondo scala di almeno 0-5 V o qualunque altro in grado di contenere i valori del segnale.

Affinchè il convertitore abbia una risoluzione di almeno 0,01 mV si calcola il numero di bit minimi:

$$LSB = \frac{FS}{2^{bit}}$$

$$2^{bit} = \frac{FS}{LSB}$$

$$bit = \frac{\ln\left(\frac{FS}{LSB}\right)}{\ln(2)} = \frac{\ln\left(\frac{5}{10^{-5}}\right)}{\ln(2)} = 18.93$$

Siccome solitamente i convertitori sono disponibili con un numero di bit pari, si sceglie di avere almeno 20 bit.

7. Frequenza del segnale:

$$T = \frac{T_N - T_1}{N - 1} = [N = 6] = \frac{(0.13 - 0.01)s}{5} = 0.024 \text{ s}$$

$$\tilde{f}_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.024} = 41.667 \text{ Hz}$$

e quindi la frequenza di campionamento deve seguire la legge:

$$f_c > 2 \cdot f_{\max} = 2 \cdot 41.667 \text{ Hz} = 83.334 \text{ Hz}$$

Si sceglie quindi di acquisire a 100 Hz.

8. Se si campionasse il segnale per un tempo di 0.16 s, la risoluzione in frequenza dello spettro sarebbe pari a:

$$\Delta f = \frac{1}{T_{acq}} = \frac{1}{0.16} = 6.25 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = \frac{1}{T_{acq}} = \frac{1}{0.16} = 6.25 \text{ Hz} > 1 \text{ Hz}$$

Quindi non è possibile distinguere le due armoniche con una analisi FFT.

9. Il segnale è stato prodotto da uno strumento del secondo ordine sottosmorzato.

Bisogna calcolare 3 parametri: sensibilità statica, frequenza propria e smorzamento.

Sensibilità statica: 0.15 V/mm

$$\text{Periodo dell'oscillazione: } T = \frac{T_N - T_1}{N - 1} = [N = 6] = \frac{(0.13 - 0.01)s}{5} = 0.024 \text{ s}$$

$$\text{Frequenza dell'oscillazione: } \tilde{f}_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.024 \text{ s}} = 41.667 \text{ Hz}$$

$$\text{Smorzamento: } \xi = \frac{1}{2\pi n} \ln\left(\frac{A_i}{A_{i+n}}\right) = [n = 6] = \frac{1}{12\pi} \ln\left(\frac{2.78 - 1.5}{1.77 - 1.5}\right) = 0.041$$

$$\text{Frequenza propria: } f_n = \frac{1}{T \cdot \sqrt{1 - \xi^2}} = \frac{1}{(0.024 \cdot \sqrt{1 - 0.041^2})} = 41.702 \text{ Hz}$$