

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello dell' 8 maggio 2013

DOMANDE

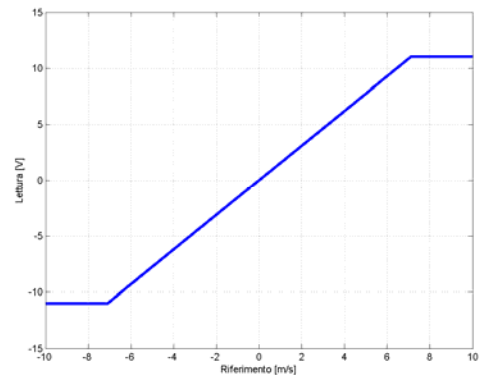
NB Ci si attendono risposte complete ed approfondite ad ogni singola domanda

1. La misura della temperatura: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Effetti della temperatura sulle misure estensimetriche e procedure per evitare gli errori conseguenti.
3. Risposta di un termometro a segnali genericamente variabili nel tempo.

PROBLEMA A

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

4. Mediante due sensori posizionati a distanza di 3,25 m, si ricava, mediante 100 misurazioni ripetute del tempo di transito, la velocità di un componente di una macchina. Se la distanza tra i sensori è stata misurata con nastro metallico di risoluzione 1 mm, e le misure di tempo hanno fornito un valore medio di 0,686934 s e uno scarto tipo di 0,0002878 s, ricavare la misura della velocità quando si desidera un livello di confidenza del 99,7 %.
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?
6. Si ha a disposizione un velocimetro laser la cui curva di taratura è riportata in figura. Valutare se convenga impiegarlo al posto del metodo riportato sopra. La linearità del velocimetro è pari al 3% della lettura. Si determinino inoltre (se possibile con i dati a disposizione) la sensibilità e la risoluzione del trasduttore.



PROBLEMA B

Si vuole acquisire il seguente segnale espresso in volt.

$$y(t) = 2 - 3 \cos\left(80\pi t + \frac{\pi}{2}\right) - 8 \sin\left(20\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$$

7. Si disegni lo spettro del segnale in modulo e fase.
8. Si tracci il modulo dello spettro del segnale utilizzando i dati ottenuti campionando a 50 Hz.
9. Si decide di impiegare un filtro anti-aliasing regolabile. Qualora si conservi la frequenza di campionamento sopra definita, indicare a che frequenza conviene impostare la frequenza di taglio.
10. Il segnale, insieme ad altri, per un totale di 32 segnali, viene acquisito tramite una scheda dotata di convertitore A/D condiviso tra tutti i canali tramite multiplexer. Quale frequenza di campionamento deve avere (come minimo) la scheda per poter effettuare le acquisizioni in modo corretto?
11. Si acquisisce il segnale alla frequenza indicata e si ottengono 1024 punti. Indicare se con tale scelta di punti si incorre in qualche problema durante le analisi con trasformata di Fourier. E in caso positivo, come è possibile rimediare? Aiuto: calcolare la risoluzione in frequenza.
12. Si esegue la FFT con Matlab di un altro segnale, proveniente da un accelerometro avente sensibilità 10 mV/(m/s²). Si è particolarmente interessati al segnale presente nell'elemento 25 del vettore risultante, e pari a 0,35+0,75 i. Indicare frequenza, modulo e fase della accelerazione misurata.

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

Esercizio 4

La velocità v si ricava come:

$$v=d/\Delta t=4,7311678 \text{ m/s}$$

d : distanza tra i sensori

Δt : tempo di transito medio

Incertezze relative:

$$i_{d,rel}=0,001/(2\sqrt{3}\cdot 3,25)=8,88\cdot 10^{-5}$$

$$i_{\Delta t,rel}=s/(\sqrt{n}\cdot \Delta t)=0,0002878/(\sqrt{100}\cdot 0,686934)=4,19\cdot 10^{-5} \text{ (s: scarto tipo misure; n: numero misure)}$$

Incertezza combinata relativa della velocità:

$$i_{v,rel} = \sqrt{i_{d,rel}^2 + i_{\Delta t,rel}^2} = 9,82 \cdot 10^{-5}$$

Incertezza assoluta della velocità:

$$i_v=i_{v,rel}\cdot v=9,82\cdot 10^{-5}\cdot 4,7311678 \text{ m/s}=4,65\cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Misura della velocità con incertezza tipo:

$$v=(4,73117\pm 0,00047) \text{ m/s (incertezza tipo)}$$

Se si desidera un livello di confidenza del 99,7%, considerando che la distribuzione statistica dell'incertezza combinata ottenuta è gaussiana, bisogna applicare un fattore di copertura 3.

$$i_{v,est99,7\%}=k\cdot i_v=3\cdot 4,65\cdot 10^{-4} \text{ m/s}=14,0\cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

E quindi la misura diventa

$$v=(4,7312\pm 0,0014) \text{ m/s (incertezza con livello di confidenza del 99,7\%)}$$

Esercizio 5

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 $i_{d,rel}$:

$$\frac{i_{v,rel}}{2} = \sqrt{i_{d,rel}^2 + i_{\Delta t,rel}^2}$$

ovvero

$$i_{d,rel} = \sqrt{\left(\frac{i_{v,rel}}{2}\right)^2 - i_{\Delta t,rel}^2} = 2,56 \cdot 10^{-5}$$

Quindi si dovrebbe impiegare uno strumento per la misura della distanza con risoluzione r inferiore o uguale a:

$$r=i_{d,rel}\cdot 2\sqrt{3}\cdot d=2,56\cdot 10^{-5}\cdot 2\sqrt{3}\cdot 3,25 \text{ m}=0,29 \text{ mm}$$

Oppure con incertezza inferiore o uguale a $i_d=i_{d,rel}\cdot d=2,56\cdot 10^{-5}\cdot 3,25 \text{ m}=0,083 \text{ mm}$.

Esercizio 6

Dalla figura si ricava:

- fondo scala riferimento $\pm 7 \text{ m/s}$
- fondo scala lettura $\pm 11 \text{ V}$

Siccome il fondo scala è maggiore della velocità da misurare, si può impiegare. La misura che se ne ricaverebbe avrebbe incertezza:

$$i_{v,velocim}=v\cdot \sin/\sqrt{3}=4,7312 \text{ m/s}\cdot 3/100/\sqrt{3}=0,082 \text{ m/s}$$

che risulta molto maggiore rispetto a quella ottenuta col metodo degli esercizi precedenti. Quindi non risulta conveniente impiegare il velocimetro.

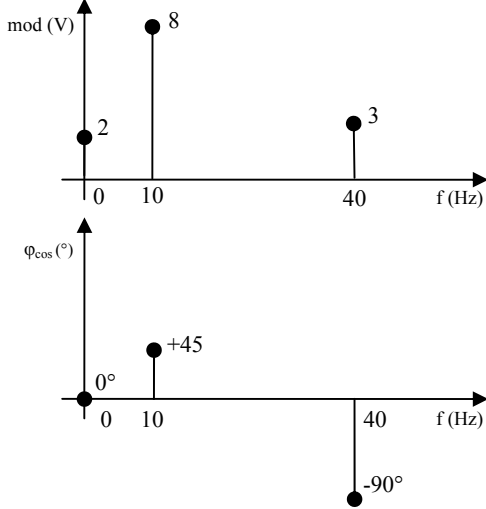
La sensibilità S risulta:

$$S=FS_{lett}/FS_{rif}=(2\cdot 11 \text{ V})/(2\cdot 7 \text{ m/s})=1,57 \text{ V/(m/s)}$$

mentre la risoluzione non è possibile determinarla in quanto, o lo strumento ha una uscita continua, o la risoluzione non risulta visibile dal grafico di taratura (come gradini).

Esercizio 7

Spettro:



Esercizio 8

Frequenza di campionamento: 50 Hz

Frequenza di Nyquist: 25 Hz

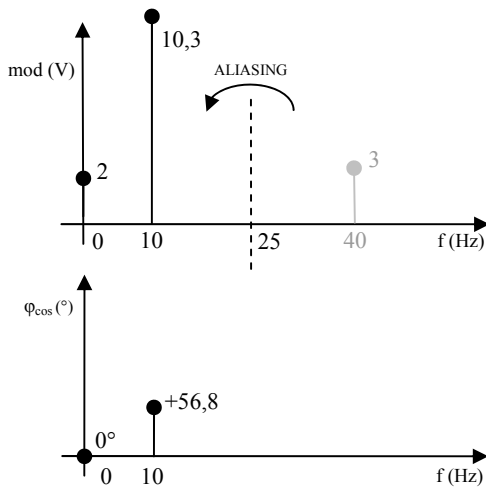
Il segnale a 40 Hz viene visto in aliasing a $f_{\text{alias}} = f_c - f_3 = (50 - 40) \text{ Hz} = 10 \text{ Hz}$ e quindi si sovrappone alla prima armonica. I segnali vanno sommati nel dominio complesso.

Segnale a 10 Hz: modulo 8 V, fase +45°

Segnale in aliasing a 10 Hz: modulo 3 V, fase +90° (cambia di 180° per l'aliasing)

Somma vettoriale: modulo 10,3, fase +56,8°

Spettro (la fase non era richiesta):



Esercizio 9

Dato che in un filtro anti-aliasing la frequenza massima del segnale (non attenuato), quella di taglio e la frequenza di Nyquist valgono solitamente rispettivamente 0,3, 0,4 e 0,5 volte la frequenza di campionamento, segue che la frequenza di taglio del filtro può essere impostata a 20 Hz. Inoltre la frequenza massima che non subirebbe alterazioni è pari a 15 Hz, superiore ai 10 Hz della prima armonica del segnale acquisito.

Esercizio 10

La scheda di acquisizione dovrebbe avere una frequenza minima di campionamento pari a $f_{c,\min}=32*50 \text{ Hz}=1600 \text{ Hz}$.

Esercizio 11

Tempo di acquisizione T:

$$T = N \cdot \frac{1}{f_s} = 1024 \cdot \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 20,48 \text{ s}$$

Risoluzione in frequenza associata al tempo di acquisizione:

$$\Delta f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20,48 \text{ s}} = 0,04882813 \text{ Hz}$$

Dato che la risoluzione in frequenza non è un sottomultiplo delle frequenze contenute nel segnale, si commette leakage.

Rimedio: se non è possibile riacquisire il segnale, si può troncare l'acquisizione già fatta a un tempo multiplo intero di tutti i periodi dei segnali, ad esempio 20 s, ovvero 1000 punti.

Esercizio 12

Componente con indice $i=25$ della FFT:

$$A(25) = 0,35 + 0,75j$$

Sensibilità dell'accelerometro:

$$S = 0,010 \frac{\text{V}}{\text{m s}^{-2}}$$

Modulo:

$$A(25) = \frac{1}{S} \cdot \frac{2}{N} \cdot \sqrt{[\text{Re}(A(25))]^2 + [\text{Im}(A(25))]^2} = \frac{1 \text{ m s}^{-2}}{0,010 \text{ V}} \cdot \frac{2}{1024} \cdot 0,828 \text{ V} = 0,162 \text{ m s}^{-2}$$

Fase:

$$\varphi = \text{atan} 2 \left(\frac{\text{Im}(A(25))}{\text{Re}(A(25))} \right) = \text{atan} 2 \left(\frac{0,75}{0,35} \right) = 65,0^\circ$$

Frequenza:

$$f(25) = \Delta f \cdot (i-1) = 0,04882813 \cdot 24 = 1,18 \text{ Hz}$$